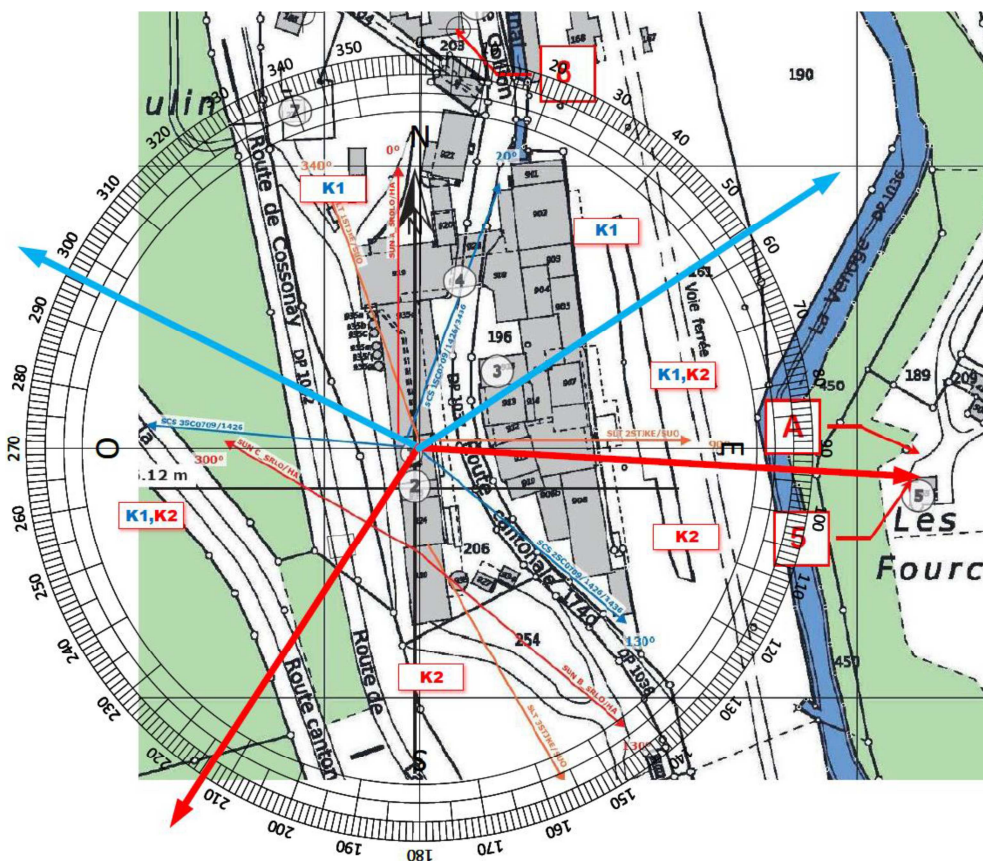


Projets-pilotes - Mesures 5G

Evaluation de la mise en pratique des recommandations de mesures de l'Institut fédéral de métrologie (METAS)

Projet
Juillet 2020 - Avril 2021



Version	1.1
Auteur	DGE/CM-BG
Date	12.05.2021

Résumé

En juillet 2020, le Département de l'environnement et de la sécurité (DES) a lancé des projets-pilotes sur des antennes de téléphonie mobile 5G avec l'objectif de vérifier sur le terrain les procédures de mesures développées par la Confédération. Le présent rapport décrit les étapes de ce projet et les résultats obtenus.

Le but était de tester la procédure permettant de vérifier que les dispositions de l'Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) étaient bien respectées grâce à la méthodologie de l'Institut fédéral de métrologie (METAS). De même, il était utile d'étudier plus finement les enjeux procéduraux qui se posent lors d'une demande de modification ou d'autorisation de construire une antenne.

Un groupe d'accompagnement composé d'experts de la Confédération, des communes, des hautes écoles et de la société civile a pu participer au projet, notamment en assistant à l'une des mesures, et a pu prendre part à l'analyse des résultats.

Deux mesures ont ainsi été établies. Dans les deux cas, la méthodologie du METAS a été mise en application, et les résultats ont permis de conclure au respect des valeurs limites de l'ORNI. Pour les autres installations qui avaient été choisies et qui n'étaient pas encore construites à la conclusion des projets-pilotes, elles ont permis de mieux appréhender les problèmes qui se posent et permettront d'améliorer la procédure d'autorisation.

Les projets-pilotes ont permis de valider les méthodes de mesure du METAS dans la pratique. Le Canton peut donc vérifier le respect des valeurs-limites sur le terrain. Cette expérience débouche sur plusieurs conclusions:

- Comme pour les antennes conventionnelles, une mesure de contrôle doit être effectuée chaque fois que les recommandations de la Confédération l'exigent, c'est-à-dire lorsque le calcul de prévision du rayonnement non ionisant atteint 80% des valeurs limites définies dans l'ORNI.
- Les méthodes du METAS doivent être appliquées systématiquement lors de ces mesures qui doivent être effectuées par des entreprises ou instituts accrédités.
- Un guide à l'attention des communes doit être établi.
- Les émoluments de l'autorisation doivent être ajustés à la complexité actuelle des dossiers et à la nécessité d'utiliser des outils spécifiques à leur traitement.
- Les procédures de délivrance d'autorisation doivent être clarifiées et uniformisées

Table des matières

1	INTRODUCTION	5
1.1	CONTEXTE	5
1.2	DEROULEMENT DU PROJET	6
2	METHODOLOGIE.....	6
2.1	CHOIX DES INSTALLATIONS.....	6
2.2	PROCEDURES APPLIQUEES POUR LA CONSTRUCTION / TRANSFORMATION DES INSTALLATIONS RETENUES	8
2.3	PROCEDURES D'AUTORISATIONS AU SENS DE L'ORNI.....	17
2.4	GROUPE D'ACCOMPAGNEMENT.....	18
3	DEROULEMENT DES MESURES.....	19
3.1	PREMIERE MESURE : PENTHALAZ	19
3.2	DEUXIEME MESURE : PAYERNE.....	22
4	ANALYSE DES RESULTATS :	24
4.1	ANALYSE DES RESULTATS DE LA MESURE A PENTHALAZ	24
4.2	ANALYSE DES RESULTATS DES MESURES A PAYERNE	25
5	EVALUATION PAR LE GROUPE D'ACCOMPAGNEMENT	26
6	CONCLUSIONS	29
7	BASES LEGALES	30
7.1	LOIS CANTONALES.....	30
7.2	LOIS FEDERALES.....	30
7.3	DOCUMENTS TECHNIQUES.....	30
8	ANNEXES	32

Liste des tableaux

Tableau 1 : Etapes principales du projet	6
Tableau 2 : Critères de sélection des installations	6
Tableau 3 : Liste des installations des projets-pilotes.....	7
Tableau 4 : Etat d'avancement des modifications des installations des projets-pilotes.....	8
Tableau 5 : Procédures appliquées pour l'installation de Villeneuve	9
Tableau 6 : Procédures appliquées pour l'installation d'Onnens.....	10
Tableau 7 : Procédures appliquées pour l'installation de La Chaux.....	11
Tableau 8 : Procédures appliquées pour l'installation d'Eysins	12
Tableau 9 : Procédures appliquées pour l'installation de Lausanne	14
Tableau 10 : Procédures appliquées pour l'installation de Lonay.....	15
Tableau 11 : Procédures appliquées pour l'installation de Payerne	16
Tableau 12 : Coûts liés à la mise en production et la maintenance de NISMap	17
Tableau 13 : Tâches principales lors la vérification d'un dossier en vue de son autorisation	17
Tableau 14 : Estimation du temps de traitement d'un dossier de téléphonie mobile	17
Tableau 15 : Composition du groupe d'accompagnement	18
Tableau 16: Puissances et bandes de fréquences l'installation Swisscom de Penthaz	19
Tableau 17 : Puissances et bandes de fréquences sur l'installation Salt de Penthaz.....	20
Tableau 18 : Puissances et bandes de fréquences sur l'installation Sunrise de Penthaz	20
Tableau 19 : Puissances et bandes de fréquences sur l'installation Sunrise de Payerne.....	22
Tableau 20 : Synthèse des remarques et évaluations du groupe d'accompagnement	28
Tableau 21 : Bases législatives cantonales	30
Tableau 22 : Textes législatifs fédéraux.....	30
Tableau 23 : Documents de référence pour les mesures de rayonnement non ionisant.....	31

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des installations retenues.....	7
---	---

1 Introduction

1.1 Contexte

Le domaine de la téléphonie mobile connaît une évolution extrêmement rapide qui introduit régulièrement de nouvelles technologies. Suite à l'attribution par la Confédération, au printemps 2019, de nouvelles concessions pour la téléphonie mobile, les opérateurs ont ainsi commencé à déployer la technologie 5G sur de nouveaux types d'antennes (antennes adaptatives) et de nouvelles fréquences, alors que l'ensemble des conditions-cadres liées à l'Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) n'étaient pas encore réunies.

Dans ce contexte, et suite à l'adoption par le Grand Conseil en avril 2019 de la résolution Raphaël Mahaim et consorts intitulée « Moratoire sur l'installation d'antennes 5G : il est urgent d'attendre ! », le Conseil d'Etat a suspendu toute délivrance d'autorisation pour de nouvelles antennes de téléphonie mobile 5G.

En juin 2019, l'ORNI a été modifiée pour s'adapter à l'introduction de nouvelles bandes de fréquences. Puis en février 2020, avec une mise à jour en juin de la même année, l'Institut fédéral de métrologie (METAS) publiait le document « Rapport technique : Méthode de mesure des stations de base 5G NR jusqu'à 6 GHz ».

(<https://www.metas.ch/metas/fr/home/dok/rechtliches/messempfehlung-nisv.html>)

Avant de se déterminer sur la délivrance des autorisations pour les nouvelles installations et celles notablement modifiées, le Conseil d'Etat a décidé en juillet 2020, sur proposition du Département de l'environnement et de la sécurité (DES), d'initier des projets-pilotes afin de tester sur le terrain ces méthodes de mesure.

En effet, les autorisations relatives au rayonnement non ionisant sont délivrées par l'autorité cantonale d'exécution de l'ORNI, la Direction générale de l'environnement (DGE), sur la base de calculs théoriques dans le cadre d'une procédure de permis de construire. Cependant, lorsque les valeurs calculées s'approchent des valeurs limites définies dans la législation fédérale, une mesure sur le terrain, dites mesure de réception, est exigée lors de l'octroi de l'autorisation afin de s'assurer du respect des valeurs limites d'installation.

Les antennes de téléphonie mobile actuellement utilisées en Suisse émettent essentiellement avec une répartition spatiale constante du rayonnement. En revanche, les antennes adaptatives sont capables de focaliser le signal dans la direction de l'utilisateur ou de l'appareil de téléphonie mobile et de le réduire dans les autres directions (*beamforming* ou formation de faisceaux). De telles antennes seront de plus en plus utilisées à l'avenir, notamment avec la 5^e génération de téléphonie mobile (5G), mais elles peuvent également être utilisées pour des technologies antérieures, comme la 4G. L'introduction de ces antennes adaptatives pose différentes questions pratiques dans le cadre de leur évaluation et contrôle.

Le présent rapport décrit les étapes de ce projet et les résultats obtenus.

1.2 Déroulement du projet

Les étapes principales du projet, décrites en détails dans les paragraphes ci-dessous, sont :

Action	Période
Acceptation du projet par les opérateurs, suite à la proposition de la Cheffe de Département	Juillet 2020
Choix des installations	Août 2020
Séance avec les communes concernées	Septembre 2020
Communication publique	Septembre 2020
Dépôt des dossiers de modification et application des procédures d'autorisation	Septembre 2020 à avril 2021
Création d'un groupe d'accompagnement	Janvier 2021
Mesure des installations et production de rapport de mesures	Janvier à mars 2021
Analyse des rapports de mesures et rédaction du présent rapport	Avril 2021

Tableau 1 : Etapes principales du projet

2 Méthodologie

2.1 Choix des installations

Les opérateurs ont transmis une liste d'installations potentielles à la DGE, entre juillet et août 2020. Après documentation des caractéristiques techniques des propositions faites par les opérateurs, la DGE a établi une liste de 9 installations, sur la base des critères suivants.

N°	Critère
1	3 installations par opérateur
2	Représentativité du type d'antenne planifié
3	Localisation géographique (de tissu fortement urbain à zone dégagée)
4	Procédure nécessaire (Nouvelle installation / modification)
5	Type d'implantation (Toiture, Mât, Pylône)

Tableau 2 : Critères de sélection des installations

Sur la base de ces critères, la liste d'installation suivante a été retenue :

Commune	Operateur	Site	Adresse
Villeneuve	Salt	VD_1867A	Zone industrielle D 107
La Chaux	Salt	VD_7000B	Réservoir d'eau
Onnens	Salt	VD_1207A	Zone ferroviaire
Yverdon-les-Bains	Sunrise	NE104-1	Rue du Valentin 75
Eysins	Sunrise	VD744-2	Route de Signy
Jouxten-Mézery	Sunrise	VD764-1	Gare de Jouxten
Lausanne	Swisscom	LATV	Chemin du Reposoir 2
Lonay	Swisscom	LOLM	Avenue de Morges 39
Penthalaz	Swisscom	COMO	Route de Gollion 9

Tableau 3 : Liste des installations des projets-pilotes

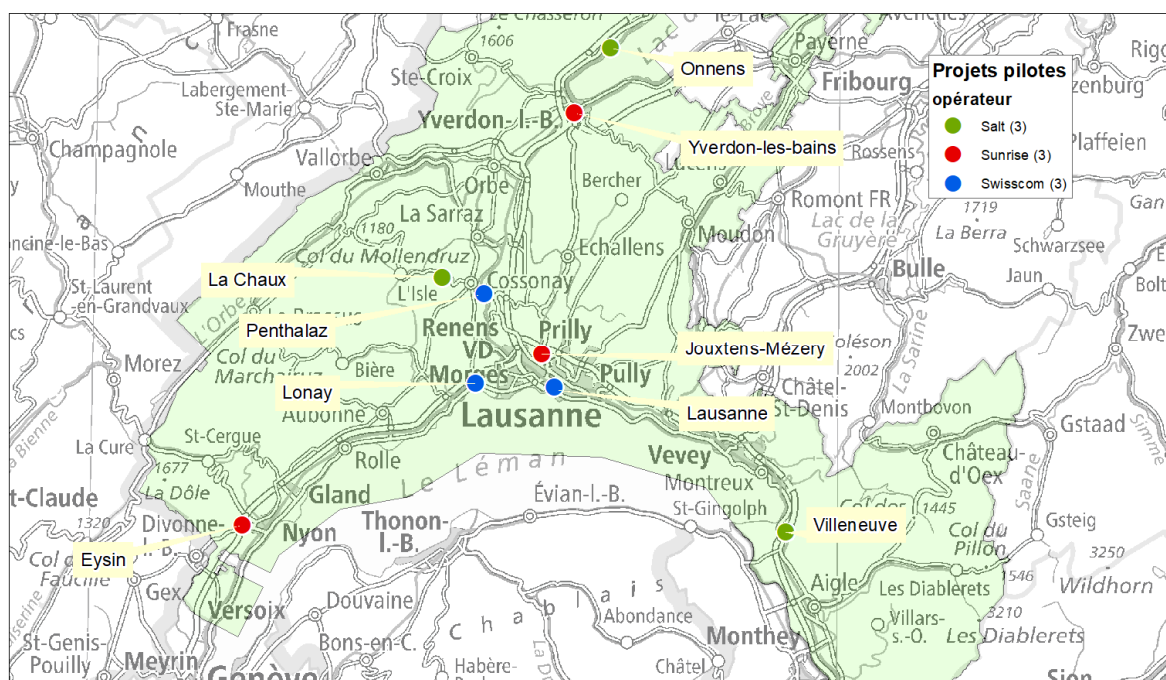


Figure 1 : Localisation des installations des projets-pilotes

2.2 Procédures appliquées pour la construction / transformation des installations retenues

Le but des projets-pilotes est de tester la mise en application des procédures de mesure des installations, développées par le METAS. A cette fin, il est nécessaire que celles-ci soient équipées avec des antennes adaptatives et émettent un signal 5G (NR - New Radio).

La délivrance d'autorisation pour de nouvelles installations 5G étant gelée par décision du Conseil d'Etat du 13 décembre 2019, il a été nécessaire de lever ce gel pour les 8 installations nécessitant une autorisation de la DGE.

Les procédures appliquées pour la transformation des installations sélectionnées sont présentées dans les paragraphes ci-dessous. Les procédures ont été effectuées usuellement et respectent le cadre légal fédéral et cantonal.

L'état d'avancement de la mise à jour des installations au moment de la rédaction du présent rapport est donné dans le tableau ci-dessous :

Commune	Opérateur	Etat d'avancement
Villeneuve	Salt	L'installation n'est pas encore en activité.
Onnens	Salt	L'autorisation n'a pas encore été délivrée par la DGE (préparation des réponses aux oppositions).
La Chaux	Salt	L'installation n'est pas encore en activité.
Eysins	Sunrise	L'installation n'est pas encore en activité.
Jouxens-Mézery	Sunrise	Le dossier de mise à l'enquête a été déposé.
Yverdon-les-Bains	Sunrise	Le dossier de mise à l'enquête n'a pas été déposé.
Lausanne	Swisscom	La commune n'a pas transmis l'acceptation ou le refus du permis de construire.
Lonay	Swisscom	La commune a refusé le permis de construire, l'opérateur a fait recours.
Penthalaz	Swisscom	Pas de modification nécessaire, l'installation a été mesurée. Le respect des valeurs limites a été démontré
<i>Payerne (site additionnel)</i>	<i>Sunrise</i>	<i>La fiche de mise en conformité suite aux mesures d'altitude in-situ a été acceptée. L'installation a été mesurée. Le respect des valeurs limites a été démontré.</i>

Tableau 4 : Etat d'avancement des modifications des installations des projets-pilotes

2.2.1 Procédures appliquées pour l'installation située sur la commune de Villeneuve

L'installation « VD_1867A » de l'opérateur Salt, située sur la commune de Villeneuve, est une nouvelle installation, planifiée sur un pylône haute tension. Une autorisation de l'Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI) a donc été nécessaire, en sus des autorisations cantonales et communales.

Une fois le permis octroyé, une demande de modification mineure a été adressée par l'opérateur à la DGE qui, après validation, l'a transmise à la commune qui l'a dispensé d'enquête. L'installation construite correspond donc à la version 1.4 de la fiche de données¹.

Au moment de la rédaction du rapport, la construction n'étant pas terminée, l'installation n'est pas encore en activité.

Procédure	N° CAMAC	Qui	Action	Date
Procédure de mise à l'enquête	183324	DGE	Transmission Autorisation RNI à la CAMAC	16.09.2020
		CAMAC	Délivrance de la synthèse CAMAC	24.09.2020
		Commune	Octroi du permis de construire	07.11.2020
Procédure de modification mineure	-	Salt	Demande de modification (installation antennes adaptatives en lieu et place des antennes prévues dans le permis), transmise à la DGE	28.08.2020
		DGE	Transmission Autorisation RNI à la Commune	17.12.2020
		Commune	Délivrance dispense d'enquête	11.01.2021

Tableau 5 : Procédures appliquées pour l'installation de Villeneuve

¹ La fiche de données spécifique au site est réalisée par l'opérateur. Elle est déposée auprès de l'autorité lors de la procédure d'autorisation et comprend les éléments décrivant l'installation pour en vérifier la conformité à l'ORNI.

2.2.2 Procédures appliquées pour l'installation située sur la commune d'Onnens

L'installation sur la commune d'Onnens est une nouvelle installation, nécessitant le démontage et la reconstruction d'un mât CFF existant.

Afin d'expliquer la portée des projets-pilotes à la population, une séance par vidéoconférence a été organisée par le président du Conseil communal avec la participation de la DGE.

Lors de la mise à l'enquête, le projet a soulevé 162 oppositions, nécessitant une analyse approfondie de la part de la DGE afin de préparer une aide pour les réponses de la Commune à ces dernières.

Au moment de la rédaction du rapport, l'autorisation de la DGE et, partant, la synthèse CAMAC, n'ont pas été délivrées.

Procédure	N° CAMAC	Qui	Action	Date
Procédure de mise à l'enquête	190723	DGE	Transmission Autorisation RNI à la CAMAC	En suspens
		CAMAC	Délivrance de la synthèse CAMAC	En suspens
		Commune	Traitement des oppositions	En suspens

Tableau 6 : Procédures appliquées pour l'installation d'Onnens

2.2.3 Procédures appliquées pour l'installation située sur la commune de La Chaux

L'installation sur le territoire de La Chaux consiste dans le déplacement d'une installation existante. Ce déplacement est rendu nécessaire par la démolition du réservoir d'eau sur lequel elle était située.

L'installation, projetée, dont le projet est mené par l'opérateur Salt, comporte des équipements (et des antennes adaptatives) pour les 2 opérateurs Salt et Sunrise.

Au moment de la rédaction du rapport, la construction n'étant pas terminée, la nouvelle installation n'est pas encore en activité.

Procédure	N° CAMAC	Qui	Action	Date
Procédure de mise à l'enquête	186897	DGE	Transmission Autorisation RNI à la CAMAC	30.09.2020
		CAMAC	Délivrance de la synthèse CAMAC	12.10.2020
		Commune	Délivrance du permis de construire	19.10.2020

Tableau 7 : Procédures appliquées pour l'installation de La Chaux

2.2.4 Procédures appliquées pour l'installation située sur la commune d'Eysins

L'installation « VD744-2 » de l'opérateur Sunrise, située sur la commune d'Eysins est une nouvelle installation, planifiée sur un mât.

Afin d'expliquer la portée des projets-pilotes au Conseil communal, une séance a été organisée par la Municipalité d'Eysins avec la participation de la DGE.

Une fois le permis octroyé, une demande de modification mineure a été adressée par l'opérateur à la DGE qui, après validation, l'a transmise à la Commune qui l'a dispensé d'enquête. L'installation construite correspond donc à la version 1.1 de la fiche de donnée.

Au moment de la rédaction du rapport, la construction n'étant pas terminée, l'installation n'est pas encore en activité.

Procédure	N° CAMAC	Qui	Action	Date
Procédure de mise à l'enquête	193664	DGE	Transmission Autorisation RNI à la CAMAC	29.09.2020
		CAMAC	Délivrance de la synthèse CAMAC	02.10.2020
		Commune	Octroi du permis de construire et levée de l'opposition	09.11.2020
Procédure de modification mineure	-	Sunrise	Demande de modification (installation antennes adaptatives en lieu et place des antennes prévues dans le permis), transmise à la DGE	08.09.2020
		DGE	Transmission Autorisation RNI à la Commune	15.12.2020
		Commune	Délivrance dispense d'enquête	09.02.2021

Tableau 8 : Procédures appliquées pour l'installation d'Eysins

2.2.5 Procédures appliquées pour l'installation située sur la commune de Jouxens-Mézery

L'installation sur la commune de Jouxens-Mézery est une installation en cours de construction au moment du lancement des projets-pilotes. L'installation initiale ne comportait pas de 5G. La modification du projet initial était donc nécessaire. Sur décision de la Municipalité, la transformation nécessite une procédure de permis de construire avec mise à l'enquête publique.

Au moment de la rédaction du rapport, le dossier de modification pour la mise en place des antennes adaptatives est en cours d'enquête. Il n'y a donc pas encore eu de procédures d'autorisations.

2.2.6 Procédures appliquées pour l'installation située sur la commune d'Yverdon-les-Bains

L'installation NE104-1 de l'opérateur Sunrise sur la commune d'Yverdon-les-Bains est une installation existante, en toiture, dans un quartier urbain. L'installation comprend aussi des antennes de l'opérateur Salt.

Au moment du lancement des projets-pilotes, l'installation, actuellement active avec les technologies 2G, 3G et 4G, faisait l'objet d'une demande de modification mineure, acceptée par la DGE le 30 juillet 2020, pour l'ajout de la bande 3600 MHz (sans antennes adaptatives). Une nouvelle demande de modification était donc nécessaire pour la mise en place d'antennes adaptatives.

La Municipalité d'Yverdon-les-Bains a demandé à ce que la modification de l'installation fasse l'objet d'une mise à l'enquête.

Au moment de la rédaction du rapport, le dossier de modification pour la mise en place d'antennes adaptatives n'a pas été mis à l'enquête. Il n'y a donc pas eu de procédures d'autorisations.

2.2.7 Procédures appliquées pour l'installation située sur la commune de Lausanne

L'installation sélectionnée sur la commune de Lausanne, « LATV » de l'opérateur Swisscom, est une nouvelle installation, sur un mât en toiture d'un bâtiment existant.

Au moment de la rédaction du rapport, la décision d'octroi du permis de construire n'a pas été délivrée.

Procédure	N° CAMAC	Qui	Action	Date
Procédure de mise à l'enquête	195660	DGE	Transmission Autorisation RNI à la CAMAC	16.02.2021
		CAMAC	Délivrance de la synthèse CAMAC	16.02.2021
		Commune	Notification de l'octroi ou du refus du permis de construire	En cours

Tableau 9 : Procédures appliquées pour l'installation de Lausanne

2.2.8 Procédures appliquées pour l'installation située sur la commune de Lonay

L'installation « LOLM » sur la commune de Lonay est une nouvelle installation, de l'opérateur Swisscom, prévue sur un mât dans la zone industrielle.

La Commune n'a pas accordé le permis de construire, l'opérateur a fait recours contre cette décision.

Au moment de la rédaction du rapport, le recours est toujours pendant à la Cour de droit administratif et public du Tribunal cantonal (CDAP).

Procédure	N° CAMAC	Qui	Action	Date
Procédure de mise à l'enquête	179337	DGE	Transmission Autorisation RNI à la CAMAC	01.10.2020
		CAMAC	Délivrance de la synthèse CAMAC	01.10.2020
		Commune	Notification refus du permis de construire	18.11.2020
Recours		Opérateur	Dépôt d'un recours contre la décision de la Commune	

Tableau 10 : Procédures appliquées pour l'installation de Lonay

2.2.9 Procédures appliquées pour l'installation située sur la commune de Penthalaz

L'installation de Penthalaz n'a pas nécessité de modifications.

2.2.10 Procédures appliquées pour l'installation située sur la commune de Payerne (site additionnel)

Lorsqu'au mois de mars 2021, il est devenu évident que la mise en œuvre des procédures n'allait pas permettre d'autres mesures que celles de l'installation de Penthalaz, il a été décidé d'évaluer la possibilité d'inclure au projet une autre installation existante, afin de disposer d'une mesure complémentaire.

Après consultation de l'opérateur Sunrise, le site de Payerne, déjà équipé d'antennes adaptatives, a été retenu. Une mesure a été organisée le 22 mars 2021, en présence du groupe d'accompagnement.

Lors de cette mesure, des contrôles d'altitude ont été effectués. Ceux-ci ont mis en évidence une différence de hauteur du bâtiment sur lequel sont installées les antennes. Afin d'établir une mesure la plus pertinente possible, une nouvelle fiche de données a été établie et validée par la DGE le 23 avril 2021. Le point de mesure des projets-pilotes se situait sur un parking. Afin de le traiter comme un lieu à utilisation sensible (LUS), il a été complété avec une fiche dédiée.

Procédure	N° CAMAC	Qui	Action	Date
Demande de mise en conformité	-	Opérateur / entreprise de mesure	Soumission d'une nouvelle fiche avec hauteur mises à jour	22.04.2021
		DGE	Autorisation et transmission à la commune pour information	23.04.2021

Tableau 11 : Procédures appliquées pour l'installation de Payerne

2.3 Procédures d'autorisations au sens de l'ORNI

Les projets-pilotes ont permis d'accélérer la mise en place d'une solution de modélisation et de calcul du rayonnement non ionisant au sein de la DGE et de la mettre en œuvre.

La solution retenue, soit le logiciel NISMap, déjà utilisé par de nombreux cantons et par les offices fédéraux (OFEV et OFCOM), a été configurée afin de permettre les premiers calculs en août 2020.

Coûts d'achat et de mise en œuvre de NISMap	CHF 65'000.-
Coûts de licences et de maintenance	CHF 12'000.-/an

Tableau 12 : Coûts liés à la mise en production et la maintenance de NISMap

Les autorisations délivrées pour les installations des projets-pilotes ont fait l'objet d'une modélisation dans le logiciel, et d'un calcul du rayonnement sur la base de la configuration physique des antennes et d'un modèle 3D.

Cette manière de faire permet à la DGE de vérifier les résultats des calculs présentés dans les documents mis à l'enquête par les opérateurs.

Malgré le gain d'efficacité que représente le nouveau système, il faut constater que le traitement complet d'un dossier d'installation de téléphonie est une tâche qui nécessite un effort conséquent de la part de la DGE.

Les tâches principales de l'évaluation d'un dossier sont :

- La vérification de la définition et de l'exhaustivité des lieux à usage sensible (LUS) définis dans le dossier : cette tâche reste la plus conséquente.
- La vérification de l'emplacement et de la configuration des antennes.
- La vérification du calcul : cette tâche est celle qui est le plus largement améliorée par l'introduction de NISMap (auparavant, la vérification était faite de manière manuelle).

Tableau 13 : Tâches principales lors la vérification d'un dossier en vue de son autorisation

Au final, il est constaté que pour la DGE, il n'y a pas de différence significative dans le temps de traitement entre un dossier mis à l'enquête ou un cas bagatelle. Les contrôles effectués sont identiques dans les deux cas.

Après analyse du temps consacré, l'effort nécessaire pour le traitement d'un dossier de modification d'installation de téléphonie mobile peut être évalué comme suit selon la complexité du dossier :

Temps de traitement « ingénieur »	entre 6 et 8 heures
Temps de traitement « administratif »	environ 3 heures

Tableau 14 : Estimation du temps de traitement d'un dossier de téléphonie mobile

2.4 Groupe d'accompagnement

Un groupe d'accompagnement a été validé et constitué par le DES.

Trois tâches principales ont été données aux membres du groupe d'accompagnement :

- validation des lieux à utilisation sensible (LUS) ;
- participation à une mesure sur le terrain et rapport sur son déroulement ;
- analyse et commentaires des rapports de mesure.

Une invitation de la Cheffe du DES a été envoyée à tous les membres le 19 janvier 2021. Tous ont répondu favorablement. Ainsi, le groupe d'accompagnement se compose des entités et personnes suivantes :

Entités	Qui
OFEV	Joseph Al Ahmar, section RNI
OFCOM	André Trabold, chef du groupe RNI
METAS	Frédéric Pythoud, chef de laboratoire
Cantons	Manfred Portmann (FR), membre du Cerc'Air et du GR-ORNI
Hautes écoles	Jürgen Ehrensberger, directeur de l'Institut IICT, HEIG-VD (Institut des Technologies de l'Information et de la Communication)
Société civile	Olivier Bodenmann, expert en mesures de rayonnement
Communes	Urso Fathen, cheffe du service technique de Rolle

Tableau 15 : Composition du groupe d'accompagnement

3 Déroulement des mesures

3.1 Mesure de Penthaz

L'installation COMO, de l'opérateur Swisscom, est active avec de la 5G sur la bande 3600 MHz depuis l'utilisation de la version 1.74 de la fiche de données, autorisée par procédure de modification mineure le 1^{er} novembre 2018.

Par la suite, l'installation a fait l'objet d'une annonce de NIS-Shift (*version 1.76 - Répartition de puissance entre bandes de fréquence en fonction et de nouvelles bandes de fréquence*). Cette dernière version était en production au moment de la mesure.

Les 3 opérateurs, Salt, Sunrise et Swisscom, sont présents sur l'installation. Seule l'installation de Swisscom comprend des antennes adaptatives.

3.1.1 Résumé des bandes de fréquences autorisées et en activité sur l'installation au moment de la mesure

Pour aider la compréhension des différents niveaux calculés, un aperçu des technologies et des puissances autorisées sur l'installation de Penthaz est donné ci-dessous.

Les autorisations délivrées ne spécifient qu'une puissance maximale par groupe de bandes de fréquences (bande haute, soit une gamme de fréquence > 1800 MHz et bande basse, soit une gamme de fréquence autour de 900 MHz). Toutefois, pour effectuer les mesures, l'entreprise de mesure doit connaître les détails de chaque technologie utilisée.

La dernière colonne du tableau présente, par groupe de bande fréquence, le pourcentage de puissance autorisée effectivement configurée sur l'installation.

Swisscom

Bande de Fréq (MHz)	Technologie	Puissance active (W)	Puissance autorisée (W)	Utilisation de la puissance autorisée (%)
700-900	UMTS900	872		
	LTE800	1334		
	LTE700	1439		
	Total	3644	4215	86%
1400-2600	LTE2100	1567		
	LTE2600	2560		
	LTE1800	1236		
	Total	5364	11630	46%
3600	NR	1977	2000	99%
Total		10984	17845	62%

Tableau 16 : Puissances et bandes de fréquences de l'installation Swisscom de Penthaz

Salt

Bande de Fréq (MHz)	Technologie	Puissance active (W)	Puissance autorisée (W)	Utilisation de la puissance autorisée (%)
700-900	UMTS0900	1149	2070	98%
	LTE0800	884		
	Total	2033		
1800-2600	UMTS2100	1180	4410	98%
	LTE1800	1805		
	LTE2100	1355		
	Total	4341		
Total		6374	6480	98%

Tableau 17 : Puissances et bandes de fréquences sur l'installation Salt de Penthalaz

Sunrise

Bande de Fréq (MHz)	Technologie	Puissance active (W)	Puissance autorisée (W)	Utilisation de la puissance autorisée (%)
800-900	GSM0900	1791	7500	62%
	UMTS0900	1079		
	LTE0800	1813		
	Total	4683		
1800-2100	LTE1800	2173	2400	97%
	LTE2100	159		
	Total	2332		
Total		7016	9900	71%

Tableau 18 : Puissances et bandes de fréquences sur l'installation Sunrise de Penthalaz

3.1.2 Préparation de la mesure

Dans son document « [Station de base de téléphonie mobile, Recommandations sur les mesures, VU-5800-F, 2002](#) » (§ 4.3 page 20), la Confédération spécifie que :

« *Les mesures faites selon la présente recommandation doivent être effectuées par des spécialistes. Pour le laboratoire effectuant des mesures selon la présente recommandation, l'accréditation est un avantage, mais pas une condition.* ».

Le Canton de Vaud n'accepte, pour les mesures de réceptions, que les mesures effectuées par des entreprises accréditées par la Confédération.

L'entreprise chargée de la mesure par Swisscom est l'entreprise Enkom dont le siège est à Berne, via sa filiale de Bussigny.

L'entreprise est accréditée sous la référence STS 0353 auprès du Service d'accréditation suisse (SAS).

Avant d'effectuer la mesure, l'entreprise en charge doit collecter les données opérationnelles auprès des opérateurs. Ces données sont disponibles en annexe, dans le rapport de mesure.

Sur la base des informations transmises par les opérateurs, il est alors possible d'établir le type et les fréquences qui devront être mesurées (voir tableaux récapitulatifs ci-dessus).

Au moment de la mesure, seule la méthode de mesure « en sélection de fréquence » était disponible pour le matériel utilisé (SRM 3006 du constructeur NARDA). C'est donc cette méthode, correspondant au chapitre 8 et suivants du document « *Rapport technique : Méthode de mesure des stations de base 5G NR jusqu'à 6 GHz* » du METAS qui a été appliquée.

3.1.3 Déroulement de la mesure

La mesure a eu lieu le jeudi 28 janvier 2021 à 14 h00.

Lors de l'octroi de l'autorisation pour l'installation COMO, une mesure de contrôle a été exigée pour un lieu à usage sensible exposé à plus de 80% des valeurs limites d'installation selon le calcul de la fiche de données spécifiques de l'installation. Cette mesure a été effectuée en début de journée par le technicien de l'entreprise Enkom et est aussi documentée dans le rapport en annexe.

Pour la mesure « projets-pilotes », les circonstances sanitaires ont empêché la tenue d'une mesure avec le groupe d'accompagnement. La mesure a donc eu lieu en présence de l'opérateur et de la DGE.

La mesure planifiée pour les projets-pilotes a eu lieu sur le parking de l'habitation, au chemin de la Lisière 2 à Penthalaz, à proximité immédiate d'un lieu à usage sensible (LUS) qui a été ajouté à la liste de mesure à des fins de comparaison avec la mesure en extérieur et mesuré le matin-même.

Lors de la mesure, tous les services actifs des 3 opérateurs ont été mesurés avec, à chaque fois, la recherche d'un maximum local pour chaque mesure.

3.2 Mesure de Payerne

L'installation VD329-1 de l'opérateur Sunrise est active avec de la 5G (NR) sur la bande 3600 MHz depuis la version 1.4, autorisée par procédure de cas bagatelle en date du 29 juillet 2020. Seul l'opérateur Sunrise est présent sur l'installation.

La technologie 5G (NR) est active sur les bandes de fréquence 700 MHz et 3600 MHz. Seule cette technologie sur ces bandes de fréquences a été mesurée lors de la mesure spécifique pour les projets-pilotes.

3.2.1 Résumé des bandes de fréquences autorisées et en activité sur l'installation au moment de la mesure

Pour aider la compréhension des différents niveaux calculés, un aperçu des technologies et des puissances autorisées sur l'installation de Payerne est donné ci-dessous.

Les autorisations délivrées ne spécifient qu'une puissance maximale par groupe de bandes de fréquences (bande haute et bande basse). Mais pour pouvoir effectuer les mesures, l'entreprise de mesure doit connaître les détails de chaque technologie utilisée.

La dernière colonne du tableau présente, par groupe de bande fréquence le pourcentage de puissance autorisée effectivement configuré sur l'installation.

Sunrise

Bande de Fréq (MHz)	Technologie	Puissance active (W)	Puissance autorisée (W)	Utilisation de la puissance autorisée (%)
700-900	NR700	196	1000	99%
	LTE0800	640		
	GSM0900	71		
	UMTS0900	87		
	Total	994		
1400-2600	LTE1800	1716	3390	99%
	LTE2100	535		
	LTE2600	1100		
	Total	3351		
3600	NR	3351	3390	99%
Total		5334	5390	99%

Tableau 19 : Puissances et bandes de fréquences sur l'installation Sunrise de Payerne

3.2.2 Préparation de la mesure

Afin d'élargir le champ de l'étude, il a été demandé à l'opérateur de confier la mesure à une autre entreprise que celle responsable de la mesure à Penthalaz.

L'entreprise chargée de la mesure par Sunrise est l'entreprise Axians dont le siège est à Ittigen, via sa filiale du Mont-sur-Lausanne.

L'entreprise est accréditée sous la référence STS 0625 auprès du Service d'accréditation suisse (SAS).

Avant d'effectuer la mesure, l'entreprise en charge doit collecter les données opérationnelles auprès des opérateurs. Ces données sont disponibles en annexe, dans le rapport de mesure.

Sur la base des informations transmises par les opérateurs, il est alors possible d'établir le type et les fréquences qui devront être mesurées.

Dans le cadre de la mesure spécifique pour les projets-pilotes, seules les fréquences avec la technologie 5G active, soit les bandes 700 et 3600 MHz ont été mesurées, puisqu'il s'agissait là du sujet du projet.

Au moment de la mesure, seule la méthode mesure « en sélection de fréquence » était disponible pour le matériel utilisé (SRM 3006 du constructeur NARDA). C'est donc cette méthode, correspondant au chapitre 8 et suivants du document « *Rapport technique : Méthode de mesure des stations de base 5G NR jusqu'à 6 GHz* » du METAS qui a été appliquée.

3.2.3 Déroulement de la mesure

La mesure a eu lieu le lundi 22 mars 2021 à 14h00 en présence du groupe d'accompagnement.

Lors de la mesure, les bandes de fréquences 700 MHz et 3600 MHz ont été mesurées avec, à chaque fois, la recherche d'un maximum local pour chaque mesure.

La situation, avec vue directe sur l'installation et quasiment en face de l'une des antennes, a permis d'établir facilement le signal mesuré.

4 Analyse des résultats

4.1 Analyse des résultats de la mesure à Penthalaz

Le point de mesure de Penthalaz a été spécialement calculé dans une version spécifique de la fiche de données.

Le point de mesure retenu a été choisi en extérieur, afin de permettre la tenue d'une mesure avec le groupe d'accompagnement. En raison de la crise sanitaire, le groupe d'accompagnement n'a pas pu participer à cette mesure. La situation du point retenu, à proximité immédiate d'un LUS dont la mesure a été exigée par la DGE, permet une analyse de l'impact de la différence de hauteur dans une mesure de ce type.

Au paragraphe 3.1.1, il est constaté que la puissance actuellement définie sur l'installation est inférieure à la puissance autorisée. Cela signifie que même à pleine puissance les antennes ne fonctionneraient pas à la valeur autorisée.

Ceci est vérifiable dans les résultats de mesures, puisque la valeur extrapolée aux limites actuelles de l'installation est de 2.14 V/m, alors que la valeur extrapolée aux valeurs limites autorisées serait de 2.37 V/m.

En comparaison avec la valeur calculée de 2.40 V/m à la valeur maximale autorisée, on voit que dans une situation extérieure, les valeurs mesurées sont tout à fait comparables aux valeurs calculées. Dans les situations en intérieur, comme c'est le cas du LUS situé à proximité, il est constaté que les mesures sont souvent inférieures aux calculs. Dès lors que l'amortissement des bâtiments n'est pas suffisamment connu, cette approche prudente est adaptée.

La situation a permis de tester la procédure dans ses moindres détails, puisqu'une analyse du secteur prépondérant a été effectuée (mesure en sélection de fréquence).

La mesure a pu être effectuée sans problème. La méthodologie du METAS est applicable à cette situation. Les résultats des mesures sont inférieurs aux valeurs limites fixées par l'ORNI et correspondent aux évaluations théoriques effectuées dans le cadre de la demande de permis de construire.

4.2 Analyse des résultats des mesures à Payerne

Le point de mesure de Payerne a été spécialement calculé dans une version spécifique de la fiche de donnée.

La mesure n'a porté que sur les bandes de fréquences comportant la technologie 5G, soit les bandes de fréquences 700 MHz et 3600 MHz.

Au paragraphe 3.2.1, il est constaté que la puissance actuellement définie sur l'installation est légèrement inférieure à la puissance autorisée (99%). Ce qui signifie, que même à pleine puissance, les antennes ne fonctionneraient pas à la valeur autorisée.

Ceci est vérifiable dans les résultats de mesures, puisque la valeur extrapolée aux limites actuelles de l'installation est de 0.40 V/m, alors que la valeur extrapolée aux valeurs limites autorisées serait de 0.41 V/m.

En comparaison avec la valeur calculée de 1.72 V/m à la valeur maximale autorisée, on voit que dans une situation extérieure, les valeurs mesurées sont largement inférieures aux valeurs calculées.

La mesure a pu être effectuée sans problème, la méthodologie du METAS est applicable à cette situation. Les résultats des mesures sont inférieurs aux valeurs limites fixées par l'ORNI et correspondent aux évaluations théoriques effectuées dans le cadre de la demande de permis de construire.

Dans le cadre de cette mesure, une vérification des paramètres physiques des antennes, notamment des hauteurs, et des différents lieux à usage sensible (LUS) a été effectuée. Cette mesure a permis de mettre en évidence, que même si l'installation elle-même a bien été construite sur le bâtiment selon les plans déposés, le bâtiment lui, n'était pas à l'altitude planifiée.

Une nouvelle fiche a donc été établie et soumise à la DGE pour mise en conformité.

Après analyse, cette fiche a été validée, et a servi de base pour le calcul et les comparaisons des mesures effectués.

5 Evaluation par le groupe d'accompagnement

Le groupe d'accompagnement a participé à la mesure du 22 mars 2021 à Payerne, à l'exception de M. Jürgen Ehrensberger (HEIG-VD) qui n'était pas disponible à cette date.

Les rapports de mesures et les fiches d'installation pour les installations de Penthalez et de Payerne ont été transmis aux membres du groupe d'accompagnement. Ces derniers ont été invités à faire part de leurs évaluations et remarques.

Entités	Qui
OFEV	Joseph Al Ahmar, section RNI
<p>Les mesures sont documentées de façon correcte, claire et compréhensible et nous n'avons pas de remarques à soumettre concernant les rapports envoyés.</p> <p>Les résultats démontrent que la méthode de mesure du rapport technique de METAS permet de vérifier le respect des valeurs limites fixées dans l'Ordonnance fédérale sur la protection contre le rayonnement non ionisant pour les stations de base 5G.</p>	
OFCOM	André Trabold, chef du groupe RNI
<p>Le rapport reçu et les informations notées sont conformes aux informations données sur place.</p> <p>Aux pages 13, 14 et 16, le point de mesure 12 est mentionné par erreur au lieu du point de mesure 16.</p>	
METAS	Frédéric Pythoud, chef de laboratoire
<p>Les rapports sont clairs et précis. Ils contiennent toutes les informations requises par le rapport technique de METAS ainsi que par les exigences de l'accréditation documentées dans la norme ISO 17025. Les calculs des facteurs d'extrapolation sont documentés et correctement mis en œuvre.</p> <p>En résumé, les mesures effectuées et la documentation fournie montrent que la méthode de mesure du rapport technique de METAS pour les stations de base 5G est mise en œuvre correctement.</p>	
Cantons	Manfred Portmann (FR), membre du Cerc'Air et du GR-ORNI
<p>Dans le tableau 3.1 de la mesure de Payerne, la référence à la fiche de donnée 1.8 n'est pas la bonne puisque elle a spécialement été produite pour ce LUS/LSM.</p> <p>Au chapitre 4.1, il est indiqué que « le nombre, les types, les hauteurs et les directions émettrices des antennes ont été comparés aux indications sur la fiche ». Qu'est-ce qui a effectivement été fait ? A-t-on réellement été vérifié le type des antennes ou est-ce une simple appréciation visuelle quant à la forme et à la taille ?</p>	
Haute école	Jürgen Ehrensberger, directeur de l'Institut IICT, HEIG-VD (Institut des Technologies de l'Information et de la Communication)
Pas de remarque	

Société civile	Olivier Bodenmann, expert en mesures de rayonnement
<p><i>Remarques sur la mesure</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Les mesures sont effectuées avec l'hypothèse qu'aucune connexion 5G n'était en cours sur l'installation Sunrise. Je ne sais si cette condition pouvait être vérifiée, soit via l'opérateur, soit via la mesure. 2. Les mesures ont dû être faites par la méthode de sélection de fréquence et non par sélection de code, l'option n'étant pas encore disponible au niveau de l'appareil de mesure (NARDA). Quel aurait été le résultat d'une mesure par sélection de code, cela n'est pas connu. 3. La mesure d'intensité a été faite sur le signal de synchronisation (signal pilote), l'intensité du signal de données étant déduite par extrapolation selon la méthode décrite par le METAS dans leur document « 5G NR Measurement methods ». Il aurait été utile d'explicitier dans le rapport de mesure l'application des formules décrites dans le document du METAS et qui ont servi à établir le tableau § 6.1.3 « Calcul du facteur 5G ». Le calcul de la valeur de ce facteur d'extrapolation n'est en ce qui me concerne, pas clair (ce qui ne veut pas dire qu'il soit faux ni même que je le mette en doute). Le calcul de la puissance maximale ERP avec les facteurs de réduction n'est pas clair non plus, de mon point de vue. 4. Je n'ai pas trouvé de description des réglages de l'appareil NARDA utilisé, les valeurs mesurées en V/m sont-elles des valeurs maximales ou moyennées ? 5. Les valeurs mesurées me paraissent faibles si on les compare aux mesures faites en France par l'ANFR (voir ci-après). Certes les puissances des antennes peuvent être différentes mais la différence reste très significative. <p><i>Remarques générales</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comment peut-on être certain que le réglage de puissance de l'antenne corresponde bien à ce qu'il est censé être en mode opératoire normal ? J'imagine qu'il est aisé de le modifier à distance. Je ne prétends certes pas que l'opérateur ait modifié cette valeur en sachant qu'on allait faire la mesure, mais il est important qu'on ait un moyen de pouvoir être certain des réglages qui avaient été faits sur cette antenne lors de la mesure et que ces réglages ne changeront pas ensuite. 2. Il me paraît nécessaire d'attirer l'attention sur le fait que ces mesures et le calcul d'exposition au rayonnement par extrapolation qui leur est associé risque fort de ne pas être en adéquation avec l'exposition réelle à laquelle les personnes seront exposées dans les LUS, particulièrement à l'avenir si les objets connectés se multiplient et peuvent conduire à une grave sous-estimation dudit rayonnement, mettant ainsi à risque la santé de la population exposée. 	

Communes	Urso Fathen, cheffe du service technique de Rolle
<p>En ce qui concerne les rapports des deux stations mesurées. Il est constaté que ces derniers sont d'une part, clairs, précis et qu'ils contiennent toutes les informations requises par le rapport du METAS, d'autre part, sont documentés dans la norme ISO 17025, selon les exigences de ladite norme. Tous les facteurs ont par conséquent été documentés et correctement mis en œuvre.</p> <p>Le déroulement des mesures s'est effectué selon le rapport technique de METAS. En résumé, les mesures effectuées et la documentation fournie démontrent que la méthode de mesure pour les stations de base 5G est mis en œuvre correctement.</p> <p>Cependant, l'attention de la DGE est attirée sur la non transparence des opérateurs de téléphonie mobile qui lors leur demande de permis de construire ne spécifient pas qu'il s'agit d'une demande pour une antenne 5G. Ceci par crainte d'oppositions de la part de citoyens.</p>	

Tableau 20 : Synthèse des remarques et évaluations du groupe d'accompagnement

Pour le groupe d'accompagnement, les mesures ont été effectuées conformément à la méthode du METAS qui n'a pas été remise en question. Quant aux autres remarques, elles n'appellent pas des modifications de la pratique prévue ni ne remettent en cause la méthodologie appliquée aux projets-pilotes

6 Conclusions

Bien que portant sur un échantillon restreint d'installations, les projets-pilotes ont permis de faire les constats suivants :

- La méthode de mesure du METAS est applicable en pratique et ses résultats sont exploitables. En ce sens, l'objectif principal des projets-pilotes est atteint.
- La mesure de Payerne confirme que le respect de la valeur limite d'installation doit être contrôlé non seulement en théorie lors de la délivrance de l'autorisation, mais aussi par des mesures sur le terrain dans les conditions réelles d'exploitation.
- La mise en œuvre du logiciel NISMap permet un gain d'efficacité et de sécurité dans la vérification des dossiers de demandes d'autorisation.
- Le traitement des dossiers de demandes d'autorisation nécessitent à la DGE en moyenne 10 heures de travail. Actuellement, un émoluments administratif unique de Fr. 180.- est perçu.
- Les communes doivent traiter de nombreuses questions ou oppositions dans le cadre de l'introduction de la 5G, alors que les procédures sont compliquées et parfois peu claires.
- Toutes les autorisations relatives à l'ORNI délivrées par la DGE dans le cadre des projets-pilotes respectent la législation. Elles sont définitives et perdurent après la fin des projets-pilotes.

Suite à ces constatations, les mesures suivantes seront mises en œuvre par la DGE :

- Comme pour les antennes conventionnelles, une mesure de contrôle doit être effectuée chaque fois que les recommandations de la Confédération l'exigent, c'est-à-dire lorsque le calcul de prévision du rayonnement non ionisant atteint 80% des valeurs limites définies dans l'ORNI.
- Les méthodes du METAS doivent être appliquées systématiquement lors de ces mesures qui doivent être effectuées par des entreprises ou instituts accrédités.
- Un guide à l'attention des communes doit être établi.
- Les émoluments de l'autorisation doivent être ajustés à la complexité actuelle des dossiers et à la nécessité d'utiliser des outils spécifiques à leur traitement.
- Les procédures d'autorisation doivent être clarifiées et uniformisées

7 Bases légales

7.1 Lois cantonales

Titre	Lien
RÈGLEMENT d'application de la loi du 4 décembre 1985 sur l'aménagement du territoire et les constructions (RLATC) du 19 septembre 1986 Annexe II RLATC	https://prestations.vd.ch/pub/blv-publication/actes/consolide/700.11.1?key=1620636081039&id=12fdc2a6-5c95-4ad5-9433-0801702d6d2b

Tableau 21 : Bases législatives cantonales

7.2 Lois fédérales

Les bases légales applicables à l'évaluation du rayonnement non ionisant sont la Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE), ainsi que l'Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI).

Titre	Lien
Loi sur la protection de l'environnement (LPE) du 7 octobre 1983 Màj le 1 ^{er} janvier 2021	https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1984/1122_1122_1122/fr
Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) du 23 décembre 1999 Màj le 1 ^{er} juin 2019	https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2000/38/fr

Tableau 22 : Textes législatifs fédéraux

7.3 Documents techniques

Les mesures de rayonnement sont encadrées par les documents suivants :

Titre	Lien
Stations de base téléphonie mobile (GSM) Recommandation de mesure. Publié par : OFEFP et METAS, 2002, dont l'avenant à la recommandation de 2003	https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/electrosmog/publications-etudes/publications/stations-de-base-telephonie-mobile-fil-wll.html
Mesures de réception RNI pour les stations de base GSM à exploitation Publié par : OFEFP et METAS, Projet du 28 novembre 2005	http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01117/index.html?lang=fr&download=NHZLpZeg7t,lnp6l0NTU042l2Z6ln1ae2lZn4Z2gZpnO2Yug2Z6gpJCDfHt8fGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--

Rayonnement non ionisant: Stations de base pour téléphonie mobile (UMTS – FDD) Recommandation de mesure. Publié par : OFEFP et METAS, projet du 17 septembre 2003	https://www.metas.ch/dam/metas/de/data/dokumentation/rechtliches/nisv/complement-a-la-recommandation-gsm.pdf.download.pdf/complement-a-la-recommandation-gsm.pdf
Rayonnement non ionisant: Rapport technique: Méthode de mesure pour les stations de base LTE. Publié par : METAS, 13 janvier 2014. Texte original en anglais, traduit par METAS	https://www.metas.ch/dam/metas/de/data/dokumentation/metas-publikationen/berichte-metas-publikationen/technical-report.pdf.download.pdf/technical-report.pdf
Technical Report: Measurement Method for 5G NR Base Stations up to 6 GHz. Publié : METAS, le 18 février 2020	https://www.metas.ch/dam/metas/de/data/dokumentation/rechtliches/nisv/Nr_measurement_methods_2_1_fr.pdf.download.pdf/Nr_measurement_methods_2_1_fr.pdf
Rayonnement non ionisant: stations de base téléphonie mobile et WLL, recommandation d'exécution de l'ORNI. Publié par : OFEFP, 2002	http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00685/index.html?lang=fr
Avenant du 15 juin 2020 au rapport technique Méthode pour les stations de base 5G-NR jusqu'à 6 GHz [version 2.1 20 avril 2020]	https://www.metas.ch/dam/metas/de/data/dokumentation/rechtliches/nisv/Nachtrag_nr_%20measurement%20methods_2.1.pdf.download.pdf/Nachtrag_nr_%20measurement%20methods_2.1.pdf

Tableau 23 : Documents de référence pour les mesures de rayonnement non ionisant

8 ANNEXES

- Rapport de mesures de l'installation COMO à Penthalaz (sans photos de LUS)
- Rapport de mesures de l'installation VD329-1 à Payerne