

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 05 avril 2023

AVIS DU 5 DÉCEMBRE 2016 RÉVISÉ¹ de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

relatif à l'évaluation de l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis
par les compteurs communicants

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 30 septembre 2015 par la Direction générale de la santé (DGS) pour la réalisation de l'expertise suivante : évaluation de l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis par les « compteurs communicants ».

L'avis de l'Anses du 5 décembre 2016, publié le 15 décembre 2016, a été révisé une première fois afin de tenir compte des résultats d'une étude commandée par l'Anses au Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), reçus le 20 décembre 2016. Cet avis révisé du 7 juin 2017 a été publié le 20 juin 2017.

Afin de tenir compte, notamment, des résultats d'une nouvelle étude commandée par l'Anses au Centre scientifique et technique du bâtiment reçus le 2 novembre 2020, l'avis de l'Anses est à nouveau révisé.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, en modifiant le Code de l'énergie (notamment les articles L. 341-4 et L. 453-7), prévoit le déploiement national des compteurs communicants d'électricité et de gaz. Ces compteurs permettent la relève à distance des index de consommation et leur transmission journalière aux fournisseurs d'énergie. Les consommateurs devraient ainsi avoir accès quotidiennement (sur des portails internet) à leur consommation d'énergie, avec l'objectif recherché de mieux la maîtriser. Les distributeurs d'eau ont également entamé l'évolution de leur parc de compteurs avec l'installation de dispositifs permettant la télé-relève de la consommation, notamment dans l'objectif d'améliorer la détection des fuites.

Les technologies de communication choisies pour la transmission des informations sont différentes selon les types de compteurs. Les compteurs d'électricité « Linky » communiquent *via* le courant

¹ Annule et remplace l'avis révisé du 7 juin 2017, cf. suivi des révisions en Annexe 1.

porteur en ligne (CPL), sur le réseau de distribution d'électricité, alors que les compteurs de gaz « Gazpar » et les compteurs d'eau utilisent la technologie des communications radioélectriques par voie hertzienne.

L'installation de ces compteurs fait naître des inquiétudes auprès d'une partie de la population, notamment en matière de surcoût éventuel généré pour les abonnés, de respect de la vie privée, d'utilisation des données personnelles, mais aussi concernant d'éventuels risques sanitaires qui pourraient être liés à une exposition aux champs électromagnétiques émis par ces différents compteurs. Ces craintes ont ainsi conduit certains maires, collectifs locaux et associations à se mobiliser contre l'installation de ces compteurs.

Dans ce contexte, la Direction générale de la santé (DGS) a initialement chargé l'Anses, le 30 septembre 2015, de conduire une expertise relative à l'évaluation de l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis par les compteurs communicants et des effets sanitaires potentiels associés (saisine n° 2015-SA-0210 « compteurs communicants »).

Cette expertise devait permettre la rédaction d'une synthèse des caractéristiques techniques et des connaissances sur l'exposition liée aux compteurs communicants, en précisant :

- la nature des rayonnements émis par ces compteurs et les réseaux nécessaires à l'acheminement des données collectées ;
- les niveaux d'exposition de la population, notamment dans les locaux d'habitation et à proximité des compteurs, et les risques associés ;
- les axes de recherche ou de surveillance à développer, le cas échéant.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements ». L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail « Compteurs communicants », placé sous l'égide du CES. Le groupe de travail, composé de sept experts retenus pour leurs compétences scientifiques et techniques dans les domaines de la métrologie et de l'exposimétrie des champs électromagnétiques, de l'épidémiologie et des sciences humaines et sociales, a produit un rapport d'expertise intitulé *Évaluation de l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis par les « compteurs communicants »*. Les travaux du groupe ont été présentés au CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques entre le 17 novembre 2015 et le 4 novembre 2016. Ils ont été adoptés par le CES « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » lors de la séance du 4 novembre 2016 et conduit à l'avis initial du 5 décembre 2016.

La bibliographie associée à la thématique des compteurs communicants est peu fournie ; le groupe de travail « Compteurs communicants » s'était donc appuyé, pour produire son expertise, en complément de la littérature scientifique disponible, sur les éléments suivants : les normes techniques existantes, les résultats de différentes campagnes de mesures, les informations obtenues auprès des différents distributeurs d'eau et d'énergie suite à l'envoi de courriers, la presse, ainsi que des données et informations recueillies par la réalisation d'entretiens (Enedis (ex ERDF), Suez Smart solutions (ex Ondeo Systems), GRDF et l'Association des maires de France (AMF)). De plus, l'Anses a réalisé une enquête internationale par questionnaire pour recueillir des informations sur le déploiement des compteurs communicants à laquelle dix-huit pays ont répondu (cf. annexe 3 du rapport d'expertise).

Pour compléter les informations sur l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis par le CPL des compteurs Linky, et compte tenu de l'évolution des protocoles de communication, des mesures ont été réalisées par le CSTB dans le cadre de deux conventions de recherche et développement (CRD) contractées avec l'Anses.

Les résultats de la première étude², relatifs à des mesures effectuées sur des compteurs communicants de type G1 et G3, ont été publiés après la publication du premier avis et ont donc été exploités dans l'avis révisé daté du 7 juin 2017. Le CES « Évaluation des risques liés aux agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements », qui avait adopté le 3 février 2017 le complément d'information apporté par l'Anses à la partie 3 de l'avis initial, avait alors recommandé d'effectuer des mesures d'exposition complémentaires sur des grappes de compteurs communicants récents, de type G3.

Une seconde étude³ a ainsi été commandée au CSTB en 2019, après un délai nécessaire à l'installation d'un nombre conséquent de compteurs, et afin d'attendre la stabilisation du fonctionnement des infrastructures. Les résultats de l'étude ont été communiqués à l'Anses, sous la forme d'un rapport, fin 2020. La révision de l'avis de l'Anses du 7 juin 2017 a donc été engagée pour tenir compte des nouveaux éléments apportés par cette étude, ainsi que des mesures réalisées dans l'intervalle par l'Agence nationale des fréquences (ANFR). Par ailleurs, afin d'obtenir des informations actualisées sur les modalités de communication des données recueillies par les compteurs Linky, l'Anses a sollicité Enedis par courrier le 20 septembre 2022. La note d'information associée à la réponse d'Enedis du 21 octobre 2022 est disponible sur le site internet de l'Anses. Des données complémentaires issues d'une nouvelle revue bibliographique en lien avec l'exposition aux champs électromagnétiques et aux compteurs communicants ont également été intégrées par l'Anses dans le cadre du présent avis révisé.

Le CES « Évaluation des risques liés aux agents physiques et aux nouvelles technologies » a examiné et discuté les travaux de révision préparés par l'équipe de coordination de l'Anses lors de ses séances des 23 juin, 17 novembre et 15 décembre 2022 et les a adoptés le 15 décembre 2022.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

Compte tenu des deux étapes de révision successives, et en compléments des éléments habituels de traçabilité (en annexe via le tableau de suivi des modifications de l'avis, cf. annexe 1 Tableau 1), l'Agence liste ci-après les évolutions ou le maintien des différentes sections et la manière dont la lisibilité en est assurée :

Dans la partie 3 « Analyse et conclusions du CES » de cette présente révision de l'avis, la section « Contexte du déploiement des compteurs communicants » a été actualisée (septembre 2022).

La section « Les controverses associées au déploiement des compteurs communicants pour l'électricité » n'a pas été modifiée.

La section « Caractéristiques techniques des différents compteurs communicants » a été mise à jour avec les données disponibles en 2022.

La section « Exposition aux compteurs communicants » a été mise à jour avec les dernières données disponibles.

La section « Évaluation des effets sanitaires » a été complétée par l'ajout de références à des expertises publiées par l'Anses entre 2016 et 2022.

² L'étude du CSTB, intitulée Évaluation de l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis dans les logements par les compteurs communicants d'électricité « Linky » a fait l'objet d'un rapport final (convention de recherche et développement Anses – CSTB n° 2016-CRD-16) communiqué à l'Anses le 20 décembre 2016.

³ L'étude du CSTB, intitulée Évaluation in situ de l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis dans les logements par les compteurs communicants Linky G3 a fait l'objet d'un rapport final (convention de recherche et développement Anses – CSTB n° 2019-CRD-15, 2 décembre 2019) communiqué à l'Anses le 2 novembre 2020.

Les sections « Conclusions du CES » et « Recommandations du CES » ont été modifiées pour tenir compte des nouvelles données disponibles.

En pratique, les éléments complémentaires apportés à l'avis initial, ou les modifications substantielles, hormis les modifications de forme, sont identifiables par un trait plein dans la marge (révision en 2022) et par deux traits pleins (révision en 2017) et référencés dans le tableau de suivi des modifications (cf. annexe 1).

Enfin, la partie 4 « Conclusions et recommandations de l'Agence » a été mise à jour, de même que la bibliographie.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES

■ Contexte du déploiement des compteurs communicants

Le déploiement des compteurs dits de « nouvelle génération » résulte d'une impulsion de l'Union européenne, dont l'objectif était notamment d'améliorer l'efficacité énergétique et de mieux maîtriser la demande d'énergie. Ainsi, la directive 2009/72/CE du 13 juillet 2009⁴ concernant les règles communes pour le marché intérieur de l'électricité et la directive 2009/73/CE du 13 juillet 2009⁵ concernant les règles communes pour le marché intérieur du gaz naturel apportent des recommandations précises quant à la mise en place de compteurs communicants dans le domaine de l'électricité et du gaz. Ces deux directives invitent les États membres à conduire une évaluation économique à long terme pour identifier les coûts et les bénéfices pour le marché et le consommateur liés au déploiement de compteurs communicants.

Les directives qui rendent possible le déploiement de ces compteurs communicants ont été transposées en droit national par la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

Avant d'être déployés sur l'ensemble du territoire national, les projets de système communicant pour l'électricité et le gaz ont fait l'objet d'expérimentations encadrées par la Commission de régulation de l'énergie (CRE). Les expérimentations s'étant révélées positives sur le plan technique et économique, le déploiement national des compteurs communicants d'électricité et de gaz a été approuvé par le gouvernement.

Les compteurs d'eau font également l'objet d'un développement de fonctionnalités de télé-relève. Cependant, ces nouveaux compteurs répondent à des objectifs qui ne figurent pas dans le cadre réglementaire lié à l'efficacité énergétique (détection de fuite, notamment).

Le déploiement de ces nouveaux compteurs concerne beaucoup d'autres pays en Europe et ailleurs dans le monde.

Selon un rapport⁶ préparé par l'entreprise Tractebel-Engie, pour le compte de la Direction générale de l'énergie de la Commission européenne (DG ENER), daté de décembre 2019, 99 millions de compteurs communicants pour l'électricité avaient été installés en janvier 2018 dans les pays membres de l'Union européenne (34 % de l'ensemble des compteurs d'électricité).

Les premiers objectifs d'installations établis en 2013 prévoyaient 220 millions de compteurs en 2020 (particuliers ainsi que petites et moyennes entreprises). En 2018, 22 états membres sur 28 avaient débuté l'installation de compteurs communicants pour l'électricité. Cette année-là, 6 pays, contre 10 en 2013, prévoyaient d'atteindre 80 % de déploiement de compteurs communicants pour l'électricité sur leur territoire en 2020. Fin 2019, Tractebel-Engie a ainsi révisé l'estimation initiale de

⁴ Directive 2009/72/CE du Parlement européen et du Conseil du 13 juillet 2009 concernant des règles communes pour le marché intérieur de l'électricité et abrogeant la directive 2003/54/CE.

⁵ Directive 2009/73/CE du Parlement européen et du Conseil du 13 juillet 2009 concernant des règles communes pour le marché intérieur du gaz naturel et abrogeant la directive 2003/55/CE.

⁶ <https://op.europa.eu/o/opportal-service/download-handler?identifier=b397ef73-698f-11ea-b735-01aa75ed71a1&format=pdf&language=en&productionSystem=cellar&part=>

déploiement des compteurs d'électricité en Europe à 123 millions. Ce rapport souligne par ailleurs que cinq états membres n'ont pas d'objectif défini, ou affichent un objectif postérieur à 2030, pour un déploiement massif des compteurs d'électricité (> 80 % du parc de compteurs).

Pour la France, selon la Commission de régulation de l'énergie, au 31 décembre 2021, « 90 % du parc de compteurs d'Enedis sera équipé de compteurs communicants Linky, ce qui correspond à 34 millions de compteurs Linky installés entre fin 2015 et fin 2021 ». Par ailleurs, dans un courrier de réponse à une demande d'informations de l'Anses, Enedis indique, en date du 21 octobre 2022, qu'« en 2022, plus de 35 millions de compteurs Linky sont installés ».

Concernant le gaz, le rapport de Tractebel-Engie prévoyait l'installation de 31 millions de compteurs en 2020 en Europe, là aussi, comme pour les compteurs d'électricité, valeur largement en retrait par rapport aux objectifs initiaux de la Commission européenne.

■ **Les controverses associées au déploiement des compteurs communicants pour l'électricité⁷**

Malgré les aspects vertueux associés à ces compteurs par leurs promoteurs, leur déploiement s'accompagne, dans différents pays, de controverses publiques portant sur leurs possibles impacts négatifs pour les usagers. Ces controverses ont débuté en 2011 en Amérique du Nord où des citoyens, isolés ou organisés en collectifs, des associations et des élus locaux s'opposent aux programmes industriels et politiques de généralisation de l'installation résidentielle des compteurs communicants. Les problématiques soulevées sont nombreuses : économiques (surfacturation et analyse coût-bénéfices défavorable pour le consommateur), techniques (sécurité des infrastructures), éthico-juridiques (atteinte à la vie privée, propriété et exploitation des données) et, surtout, sanitaires. La question de l'exposition humaine aux ondes électromagnétiques émises par les nouveaux compteurs et celle des possibles risques pour la santé sont au cœur des débats.

La controverse éclot ensuite en Europe où le socle argumentatif demeure relativement similaire ; la question des risques sanitaires y reste centrale. En France, bien que ses prémices remontent à 2011, lors des premières installations expérimentales du compteur Linky, la controverse gagne en visibilité dans l'espace public à partir de l'été 2015.

La place des inquiétudes sanitaires dans la controverse sur le compteur d'électricité Linky et l'opposition des publics face à son déploiement n'ont pas fait l'objet de publication dans des revues scientifiques, par conséquent, une analyse du corpus d'articles de presse a été menée pour en rendre compte.

Cette analyse de la presse française, d'entretiens et observations menés au Québec, mais aussi des études de cas conduites en Amérique du Nord répertoriées dans la revue de la littérature, montrent une controverse au caractère « glissant » avec un répertoire d'arguments qui se configure et reconfigure selon les acteurs en jeu, les moments et les espaces de production.

Ainsi, si en Amérique du Nord la controverse se structure dès le départ autour de la question sanitaire, en France on y arrive progressivement, par un processus de « traductions » multiples. Dans la période précédant le déploiement général, les préoccupations affichées portent surtout sur les implications économiques pour l'utilisateur, ainsi que sur les questions de vulnérabilité des infrastructures et d'atteinte à la vie privée. Les préoccupations sanitaires sont importées dans la controverse française par les associations et collectifs qui lancent l'alerte à partir des expériences nord-américaines.

Une fois importées, les préoccupations sanitaires se structurent en interaction avec celles de controverses nationales plus anciennes concernant les ondes électromagnétiques, comme celles associées aux antennes-relais et à l'électro-hypersensibilité (EHS). Celles-ci alimentent les répertoires d'action et d'argumentaires de la controverse Linky. D'une part, les lanceurs d'alerte se mobilisent auprès des responsables institutionnels et des médias pour dénoncer et anticiper la problématique des EHS. D'autre part, l'argumentation sanitaire gagne en précision : c'est bien le

⁷ Ce paragraphe n'a pas fait l'objet de révision depuis 2016.

système compteur-concentrateur avec ses technologies CPL et GPRS⁸ qui est dénoncé comme une source importune et non voulue d'exposition humaine - domestique et environnementale - aux ondes électromagnétiques, avec des effets sanitaires non encore connus (du moins pour le CPL) mais déjà redoutés. Des expertises indépendantes sont demandées pour apporter des réponses avant que le déploiement national des compteurs soit lancé.

Mais le véritable rebond « sanitaire » de la controverse se produit au déploiement même des premiers compteurs. Le traitement médiatique de ce déploiement ne se focalise pas sur les seuls EHS mais tend à se territorialiser en mettant en lumière les communes qui s'y opposent. Cette phase de « territorialisation » tend également à diversifier la préoccupation sanitaire en y introduisant d'autres dimensions, telles que la possibilité de voir surgir de nouveaux cas d'électrohypersensibilité liés spécifiquement à l'exposition aux nouveaux compteurs, le caractère peut-être cancérigène des ondes émises ou encore la santé des populations « sensibles » (enfants et seniors principalement). En charge de la sécurité publique et des services relatifs à l'énergie (bien que dans la plupart des cas la gestion soit transférée à des Syndicats départementaux d'énergie), les maires interviennent dans la controverse et plusieurs délibèrent contre le déploiement dans leur territoire.

L'ambiguïté concernant la propriété des compteurs et la responsabilité associée contribuent à nourrir la controverse à l'échelle locale en privant les élus des moyens d'intervenir pleinement dans la gestion des conflits avec leurs administrés. Face à la contestation citoyenne, la réponse donnée par des experts et acteurs industriels ainsi que par l'État consiste à rappeler que le déploiement s'effectue dans le cadre de la loi et des normes en vigueur, et à affirmer l'absence d'effets avérés sur la santé.

L'analyse de la presse rapporte un ensemble d'arguments qui traduisent des préoccupations d'ordre principalement sanitaire mais qui n'occulent pas pour autant les autres dimensions présentes dès le début de la controverse (atteinte à la vie privée, sécurité, surfacturation, dysfonctionnement de l'équipement technique). Ces dimensions restent en arrière-plan et sont mobilisées tour à tour pour renforcer l'arsenal argumentatif face aux réponses à la question sanitaire faites par les promoteurs ou certains experts lors de réunions publiques ou à l'occasion de la publication de nouveaux rapports d'évaluation (rapports ANFR).

Au-delà de ce caractère multidimensionnel et rebondissant de la controverse, l'analyse de la presse montre également une opposition publique animée par un déficit de confiance envers un projet politique qui instrumentaliserait la dimension écologique à des fins de développement économique et industriel. À cela s'ajoute la dénonciation des procédés de prise de décision par l'acteur public et de mise en œuvre sur le terrain par les opérateurs industriels. Cette dénonciation reste relativement stable et soutenue sur la période étudiée, et elle apparaît comme transversale aux différents acteurs impliqués. Elle concerne en effet aussi bien la période antérieure au déploiement des compteurs, marquée - dans l'avis de nombreux commentateurs - par l'absence de consultation des citoyens concernés, que la phase de déploiement en elle-même, entachée de critiques relatives au manque d'information et aux pratiques des sous-traitants d'Enedis lors de la pose des compteurs (installations sans préavis, pressions sur ceux qui refusent la pose, etc.). Il en résulte qu'il apparaît aujourd'hui impossible de comprendre et de traiter cette controverse en détachant les oppositions à l'objet Linky des critiques relatives à ses modalités de déploiement.

Parmi les dimensions explicatives du rejet citoyen, la dimension intrusive ressort de façon particulièrement saillante. Parce qu'elle concerne l'espace domestique et donc la vie privée, elle pose le problème de sa violation. Les arguments développés quant au respect de la vie privée, à l'utilisation de données personnelles et risques de mésusage doivent être remis dans le contexte du rapport symbolique à l'espace privé.

Alors que la controverse sur les antennes-relais a été soulevée par l'installation de sources d'exposition dans l'espace public, la polémique sur les compteurs communicants mobilise d'autres

⁸ GPRS : *General Packet Radio Service* : système d'échange de données utilisé par le réseau de téléphonie mobile GSM de deuxième génération (2G).

processus psychosociaux dès lors que la source est imposée et implantée dans l'espace privé. Elle est interprétée comme une source de menace venant de l'intérieur du chez-soi, ce qui est difficilement acceptable. D'un point de vue psychologique, le « chez-soi » est un lieu représenté, perçu et vécu comme un espace refuge, celui de l'intime mais aussi un abri contre les agressions extérieures. Il constitue l'espace symbolique sur lequel il entend exercer son contrôle. Ce contrôle apparaît comme une dimension essentielle du bien-être et donc de la santé. L'obligation d'y implanter un objet perçu comme menaçant voire dangereux - non seulement pour la santé mais aussi pour la vie privée et la sécurité des personnes - y est donc vécue comme intrusive, comme une violation des droits individuels. La défiance vis-à-vis des arguments relatifs au confort, aux économies d'énergie et donc aux bénéfices écologiques nourrit une défiance citoyenne qui dépasse l'objet même (le compteur) pour nourrir une réflexion sur sa dimension antidémocratique. Parmi les références faites à l'expression de la controverse au Québec et en Californie, l'option de refus ou de retrait accordée aux ménages apparaît comme un levier de restauration du contrôle sur l'espace privé et, en matière d'outil de gestion de crise, comme un moyen possible de résoudre le conflit.

Cette question du libre choix ne peut par ailleurs être réduite au seul objet Linky, dans la mesure où ce dernier est souvent présenté - par ses défenseurs comme par ses détracteurs - comme le premier élément technique d'un système plus vaste de numérisation des services et des infrastructures à l'échelle des villes (*smart grid*, *smart cities*⁹, etc.). Sur ce point, les mises en garde relayées dans la presse au sujet de la multiplication des objets connectés sans fil qui pourraient à l'avenir s'interfacer avec Linky pour délivrer un certain nombre de services pour la maîtrise de l'énergie, constituent l'un des possibles « rebonds » de cette problématique sanitaire lors des prochains mois et des prochaines années.

■ **Caractéristiques techniques des différents compteurs communicants**

• **Les compteurs utilisant la technologie CPL : Linky**

Le compteur d'électricité Linky utilise le courant porteur en ligne (CPL) - superposition au courant électrique alternatif 50 Hz d'un signal à plus haute fréquence et de faible énergie - pour échanger des données et des ordres avec un concentrateur. Les compteurs de type G1 utilisent les fréquences 63,3 kHz et 74 kHz pour communiquer. Les compteurs de type G3 utilisent la bande de fréquences comprises entre 35,9 kHz et 90,6 kHz. Les concentrateurs, situés majoritairement dans le poste de distribution électrique, transmettent des demandes de télé-opérations, interrogent les compteurs, traitent et collectent les informations de consommation qu'ils reçoivent avant de les transmettre au système d'information centralisé *via* le réseau GPRS (téléphonie mobile). Selon Enedis, le compteur est sollicité une fois par jour pour la télé-relève (collecte) des index de consommation. Cette transmission se fait entre minuit et 6 heures du matin et dure moins d'une minute. Il est également sollicité plusieurs fois par jour pour vérifier son bon fonctionnement ou pour d'autres tâches (télé-opération ou fonction de répéteur¹⁰ par exemple) par le concentrateur.

Le 20 septembre 2022, l'Anses a sollicité Enedis par courrier afin d'obtenir des informations complémentaires actualisées sur le schéma de communication des données recueillies par les compteurs Linky. En particulier, les questions portaient sur la fréquence quotidienne de la télé-relève des index de consommation, la durée des trames de communication, ainsi que la fréquence, la durée et la fonction des éventuelles autres trames de communication, aussi bien pour les phases d'installation des grappes de compteur qu'en situation de fonctionnement normal. Dans sa réponse datée du 21 octobre 2022, Enedis apporte les éléments suivants (*cf.* note disponible en téléchargement associé à cet avis sur le site de l'Agence) :

⁹ Réseaux intelligents, villes intelligentes.

¹⁰ Chaque compteur peut également servir de relais (routage) en répétant les informations qui sont destinées à un compteur plus éloigné du concentrateur, pour lequel le signal reçu directement serait trop faible pour être détecté correctement.

- en fonction de la topologie et du degré d'urbanisation, un compteur peut ou non répéter le signal de son voisin, afin de garantir la bonne transmission de l'information au concentrateur ;
- l'envoi des index de consommation est effectué entre minuit et 8h00 du matin, avec des rattrapages possibles en cours de journée en cas d'échec ;
- d'autres communications que la télé-relève des index de communication sont effectuées par les compteurs :
 - vérification de l'accessibilité du compteur (toutes les 10 min pour le compteur de type G1 et toutes les 8 h pour le type G3) ;
 - vérification quotidienne de la configuration du compteur (entre 18h00 et 23h59) ;
 - synchronisation quotidienne de l'heure du compteur (entre 14h00 et 17h00) ;
 - collecte quotidienne de statistiques de fonctionnement des compteurs (entre 12h00 et 14h00) ;
 - autres services ponctuels : demandes spécifiques des clients, des fournisseurs d'électricité, des équipes de dépannage et de maintenance.

La durée des trames de communication (collecte des index et autres fonctions) est de 150 ms pour les compteurs de type G1, et variable pour les G3 (entre 15 et 176 ms), avec dans ce dernier cas une communication en retour de 15 ms.

Le niveau d'émission des communications CPL qui circulent de façon bidirectionnelle entre concentrateurs et compteurs Linky s'exprime en niveau de tension par rapport à une impédance de ligne donnée. La norme NF EN 50065-1 (juillet 2012) fixe des gabarits de niveau de tension d'émission maximum pour une impédance normalisée. Les niveaux de tension émis par le concentrateur et par les compteurs aux fréquences CPL Linky sont situés entre 114 et 134 dB μ V (technologies G1 et G3, pour une impédance normalisée).

Actuellement, le système Linky est conçu principalement pour assurer la télé-relève du compteur électrique et la surveillance de son fonctionnement. L'ajout de fonctionnalités implique pour l'utilisateur l'installation d'un équipement radio (émetteur radio Linky ou ERL) qui peut être adjoint au compteur Linky. Cet équipement, proposé par exemple par les fournisseurs d'énergie, permet, *via* l'envoi périodique de données, de connaître l'état de sa consommation électrique ou sa grille tarifaire, « en temps réel ». Deux bandes de fréquences étaient notamment envisagées pour cet émetteur radioélectrique, l'une basée sur la bande 868 MHz et l'autre à 2,4 GHz. Compte tenu des faibles niveaux de puissance de ces dispositifs, dont certains fonctionnent selon le protocole Wi-Fi, la réception des données émises par l'ERL est limitée en pratique à l'environnement proche du compteur (domicile par exemple).

En décembre 2022, plusieurs dispositifs de type ERL pour établir une communication directe entre le compteur Linky et l'utilisateur sont désormais disponibles, soit par le biais de fournisseurs d'énergie, soit *via* des fabricants indépendants. Ils permettent de connaître la consommation en temps réel, au moyen d'afficheurs déportés ou d'applications sur *smartphones*, *via* une liaison Wi-Fi. Des mesures d'exposition aux champs électromagnétiques induits par un ERL ont été réalisées par l'ANFR, une synthèse de ces données figure dans la section suivante.

- **Les compteurs utilisant la technologie radio : Gazpar et les compteurs d'eau**

Le compteur de gaz Gazpar et certains compteurs d'eau (Suez Smart Solutions), équipés d'un module radio, utilisent la fréquence 169 MHz pour transmettre à un concentrateur les informations de consommation deux à six fois par jour, en moins d'une seconde. Installé sur un toit d'immeuble, le concentrateur envoie ensuite les données au système d'information *via* le réseau GPRS/3G.

Les compteurs d'eau installés par Véolia utilisent la bande de fréquences 868-870 MHz. Ces fréquences, ayant une portée plus courte, nécessitent l'installation de répéteurs, situés par exemple sur le mobilier urbain, entre le compteur et le concentrateur. Pour le reste, la technologie est identique aux autres compteurs utilisant la technologie radio.

En résumé, il faut donc distinguer d'une part les compteurs de gaz et d'eau, qui utilisent la transmission d'ondes radioélectriques pour leurs communications, et d'autre part les compteurs d'électricité, qui mettent en œuvre une communication filaire par les câbles du réseau électrique, qui ne sont donc pas des émetteurs radioélectriques (mis à part l'extension ERL). Cette communication filaire, cependant, comme pour tout câble traversé par un courant électrique, émet de façon non intentionnelle un champ électromagnétique.

■ Exposition aux compteurs communicants

• Données sur l'exposition liée aux compteurs utilisant le CPL

Les compteurs Linky, en l'absence du module radioélectrique (ERL) optionnel, ne sont pas des émetteurs radioélectriques car ils ne rayonnent pas de façon intentionnelle. Comme dans tout appareil électrique ou électronique, la circulation de courant et l'existence de tensions électriques génèrent des champs électromagnétiques. Le rayonnement créé par le CPL n'est pas exploité pour la transmission de l'information et son niveau maximal a été défini afin de respecter les normes de compatibilité électromagnétique.

En pratique, le compteur lui-même produit un rayonnement électromagnétique. En effet, la communication CPL, par le courant qui parcourt les câbles électriques, en amont du compteur vers le concentrateur et en aval vers les appareils dans le réseau électrique domestique, produit également un champ électromagnétique, à proximité des câbles et des prises.

Différentes campagnes de mesures ont été réalisées afin de caractériser l'exposition liée au compteur Linky. Cependant, les configurations de mesures sont très hétérogènes et il est difficile de comparer les résultats entre eux. En effet, certaines mesures sont réalisées en laboratoire, d'autres sont faites *in situ*, soit à proximité du compteur, soit à proximité d'une prise ou d'un câble électrique. Lorsque les mesures sont faites à proximité du compteur, la distance entre celui-ci et la sonde de mesure est également variable. Par ailleurs, il existe aujourd'hui deux générations de protocoles de communication Linky (G1 et G3) qui n'ont pas les mêmes caractéristiques (*cf.* plus haut les données complémentaires sur les caractéristiques techniques des compteurs).

Les figures 1 et 2 représentent la distribution des valeurs de champs électrique et magnétique mesurées lors de ces campagnes.

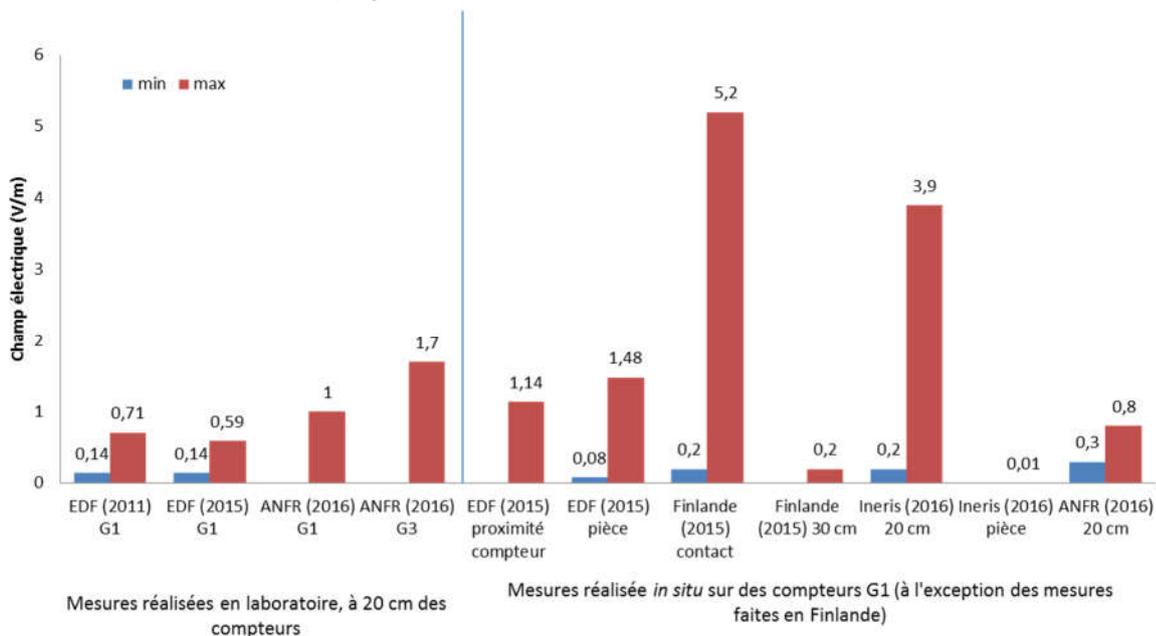


Figure 1 : valeurs de champ électrique obtenues lors des différentes campagnes de mesures recensées (jusqu'en 2016)

La valeur maximale du champ électrique mesurée (5,2 V/m) correspond à une mesure effectuée en Finlande, au contact d'un compteur qui utilise un protocole CPL différent de celui du Linky.

Si l'on considère les mesures spécifiques au Linky, la valeur maximale de champ électrique mesurée est de 3,9 V/m à 20 cm du compteur (Ineris, 2016), c'est-à-dire 22 fois moins que la valeur limite d'exposition réglementaire (appelée « niveau de référence ») de 87 V/m.

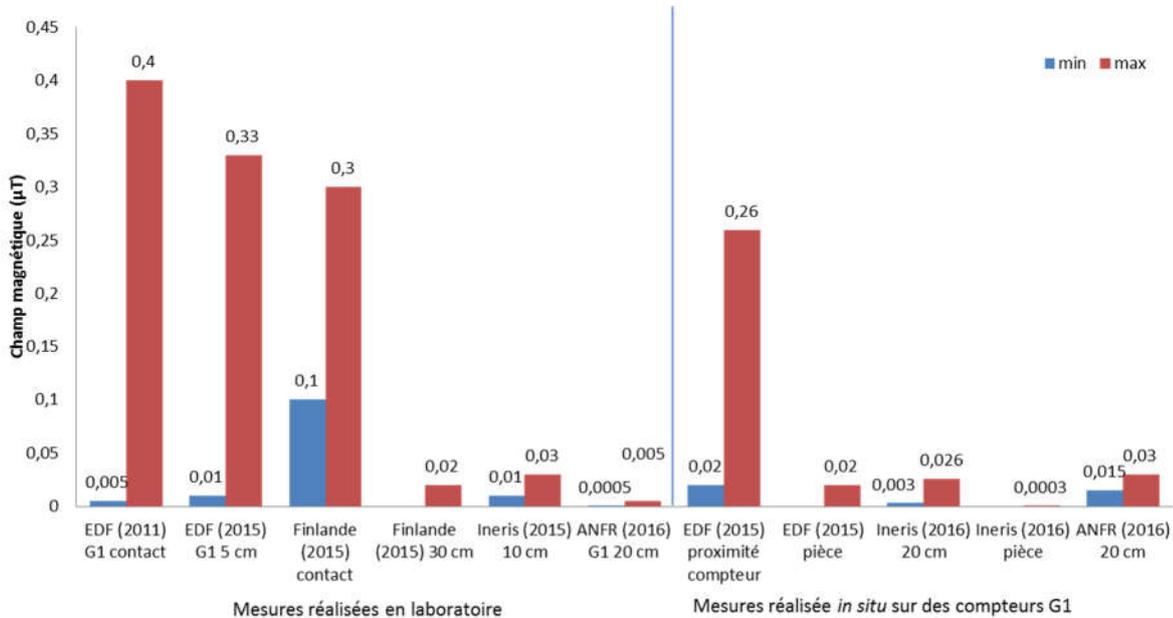


Figure 2 : valeurs de champ magnétique obtenues lors des différentes campagnes de mesures recensées (jusqu'en 2016)

Concernant le champ magnétique, les valeurs mesurées en laboratoire sont majoritairement supérieures à celles retrouvées en condition réelle. La valeur de champ maximale *in situ* a été mesurée par EDF à proximité d'un compteur. Elle est de 0,26 µT, c'est-à-dire 24 fois moins que la valeur limite d'exposition réglementaire de 6,25 µT. Dans les autres campagnes de mesures *in situ*, les valeurs retrouvées sont plutôt de l'ordre de 0,03 µT (à 20 cm du compteur ou au milieu d'une pièce), c'est-à-dire plus de 200 fois moins que la valeur limite d'exposition réglementaire. Il est à noter que la distance de mesure contribue au premier ordre à la valeur du champ magnétique.

Par ailleurs, l'ANFR, dans son premier volet de mesures, a comparé les niveaux de champs électromagnétiques émis par les compteurs Linky à ceux d'autres équipements électriques domestiques (écrans de télévision, plaques à induction, etc.). Les mesures ont été réalisées à 30 cm, comme recommandé dans la norme IEC 62233, dans la bande 1,2 kHz-100 kHz. Les compteurs Linky, que ce soit en champ électrique ou magnétique, sont à l'origine d'une exposition comparable à celle d'autres équipements électriques déjà utilisés dans les foyers depuis de nombreuses années (*cf.* figures 3 et 4).

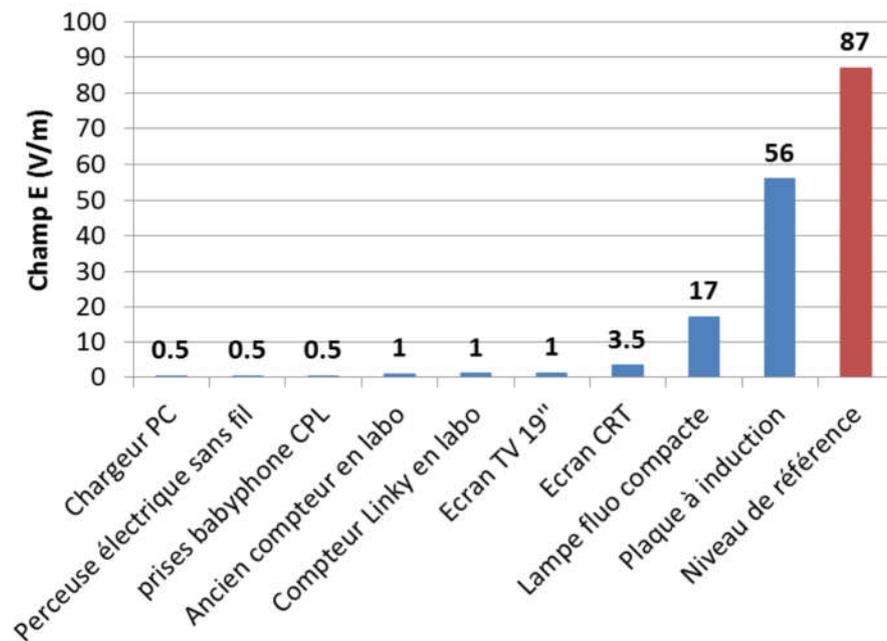


Figure 3 : comparaison des niveaux de champ électrique à 30 cm d'un compteur Linky avec d'autres équipements domestiques¹¹

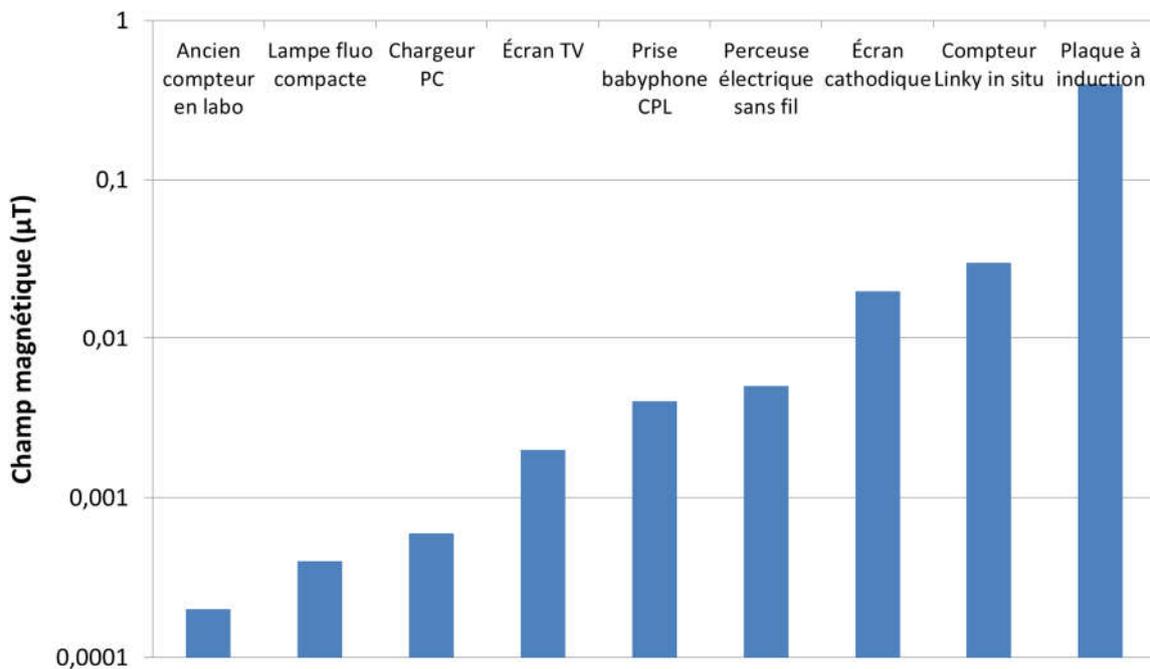


Figure 4 : comparaison des niveaux de champ magnétique à 30 cm d'un compteur Linky avec d'autres équipements domestiques¹²

- Rapport d'étude du CSTB (2016)

¹¹ La valeur limite d'exposition réglementaire pour le champ électrique (niveau de référence), est égale à 87 V/m dans la bande de fréquences du compteur Linky.

¹² Pour rappel, la valeur limite d'exposition réglementaire pour le champ magnétique dans la gamme de fréquences [3-150] kHz est égale à 6,25 μT.

À la demande de l'Anses (convention de recherche et développement Anses – CSTB n° 2016-CRD-16), le CSTB a réalisé une étude qui visait à :

- caractériser les rayonnements des câbles électriques dans lesquels circulent les courants CPL émis par les compteurs Linky, dans le réseau électrique des logements (en aval du compteur) et vers le concentrateur (en amont) ;
- identifier et caractériser, dans un logement, sans intervention d'Enedis, les communications CPL Linky (type, fréquence des trames, etc.) ;
- mesurer les niveaux d'exposition aux champs électromagnétiques liés à l'installation d'un compteur Linky dans un logement.

1. Caractérisation du rayonnement des câbles par des mesures en laboratoire

Les mesures réalisées en laboratoire par le CSTB sur des compteurs G1 et G3 permettent de mettre en avant les conclusions suivantes :

- le type de charge, c'est-à-dire les appareils connectés au réseau électrique d'un logement, modifie l'intensité du courant électrique des communications, et donc le niveau de champ électromagnétique émis. Avec des charges essentiellement résistives (lampes à incandescence, radiateurs, ...), les niveaux de courant et de champ sont plus faibles en aval qu'en amont du compteur. Avec des charges essentiellement capacitives (chargeurs et alimentations d'appareils électroniques par exemple), à l'inverse, les niveaux de courant et de champ sont plus élevés en aval qu'en amont du compteur ;
- le champ rayonné par les communications Linky autour d'un câble électrique décroît très rapidement avec la distance (d'un facteur 10 en passant de 10 cm à 1 m de distance) ;
- en raison de l'atténuation du signal dans les câbles, le champ rayonné au voisinage d'un câble électrique par une communication Linky diminue avec la distance par rapport au compteur (d'un facteur 2 en passant de 5 m à 55 m de longueur de câble par rapport au compteur).

2. Identification des communications CPL dans un logement

Les mesures de courant réalisées *in situ* par le CSTB, dans des logements, sans intervention d'Enedis, ont permis de mettre en évidence la présence de trames de communication Linky, sans qu'il soit toutefois possible d'en identifier la fonction précise (tâches cycliques d'interrogation, trames issues de compteurs utilisés comme répéteurs, trames de télé-opération ou d'alarme, etc.). Pendant la période de mesure (30 min), en journée, dans un logement avec compteur Linky G1 installé depuis environ 4 mois, une moyenne de 4 à 6 trames (durée 140 millisecondes) par minute a été enregistrée.

Toujours dans le même logement, des mesures ont été réalisées la nuit, afin d'essayer d'identifier la trame de collecte de l'index de communication journalier. Si à certaines périodes de la nuit on observe une augmentation significative du nombre et de la durée des trames, il n'a pas été possible d'isoler la trame de collecte, en raison notamment du trafic important de communications Linky.

3. Mesure des niveaux d'exposition dans des logements

Des mesures de courant et de champ magnétique ont été réalisées dans les différentes pièces d'un logement, avant et après installation d'un compteur Linky de type G1. Des mesures ont été réalisées à 5 reprises (dont 3 sans intervention d'Enedis) : 2 avant la mise en place du compteur, et 3 après. Ces mesures ont notamment permis de retrouver la fréquence de communications Linky observée lors des mesures d'identification des communications CPL.

Les niveaux de champ magnétique mesurés à proximité des compteurs (55 cm) sont très faibles, comparables par exemple aux niveaux émis par un chargeur d'ordinateur portable. Au centre des pièces, les niveaux de champ magnétique dus aux communications Linky sont du même ordre de grandeur que ceux émis par des éclairages fluorescents ou à LED, des chargeurs d'appareils électroniques ou encore des écrans.

Toutes configurations de mesure confondues, le niveau maximum de champ magnétique mesuré *in situ* est environ 6 000 fois inférieur à la valeur limite d'exposition réglementaire.

Dans un logement non équipé de compteur Linky, mais situé à proximité d'autres logements déjà pourvus, l'exposition aux signaux CPL existe, avec cependant des niveaux d'exposition plus faibles.

De nouvelles données concernant l'exposition aux champs électromagnétiques émis par les compteurs communicants CPL, rendues disponibles après la publication de l'avis du 7 juin 2017, ont été prises en compte :

- les résultats de l'étude réalisée par le CSTB en 2020 (CSTB, 2020) concernant l'exposition aux champs électromagnétiques liés au fonctionnement des compteurs Linky de type G3 ;
- les rapports d'étude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques publiés par l'ANFR (2019, 2020 et 2021) ;

À noter qu'une recherche bibliographique (publications scientifiques) s'intéressant spécifiquement à l'exposition des personnes aux compteurs communicants de type CPL n'a pas permis d'identifier d'article pertinent (*cf.* p. 16).

- Rapport d'étude du CSTB (2020)

À la demande de l'Anses (convention de recherche et développement Anses – CSTB n° N°2019-CRD-15), le CSTB a réalisé une étude qui visait à :

- mettre en évidence le trafic des communications CPL Linky G3 dans un logement avec des mesures de courant électrique ;
- et évaluer les niveaux d'exposition aux champs électromagnétiques émis par le fonctionnement des compteurs d'électricité communicants Linky de type G3, dans différentes pièces de logements.

Toutes les mesures ont été réalisées sans l'intervention d'Enedis.

1. Mise en évidence des communications CPL dans un logement

Une étude préliminaire réalisée dans un appartement, sur plusieurs jours, a permis au CSTB de mettre en évidence le nombre de trames émises par un compteur Linky de type G3 (situé sur le palier). Ces trames ont été identifiées au moyen de mesures du courant électrique circulant dans une rallonge électrique reliée à plusieurs chargeurs d'ordinateurs portables. Entre 20 et 50 trames de niveau de courant significatif ont ainsi été enregistrées chaque jour, avec une répartition temporelle très irrégulière. En parallèle, le CSTB a réalisé des mesures de l'intensité du champ magnétique émis par les câbles électriques lors de l'émission de trames CPL, afin de valider le protocole de mesure. Le CSTB a constaté que les intensités de champ magnétique émis au passage d'une trame CPL (compteur Linky G3) sont très faibles. En pratique, elles ne sont pas différenciables du niveau ambiant dès lors que l'on s'éloigne des câbles électriques de quelques mètres (au milieu d'une pièce par exemple).

D'autres mesures ont ensuite été réalisées par le CSTB dans 7 logements disposant d'un compteur Linky de type G3 depuis plus de 6 mois, selon un protocole similaire à l'étude réalisée en 2016. Ces sites ont été sélectionnés afin de représenter différentes situations d'installations

des compteurs Linky : à l'intérieur ou à l'extérieur d'un logement, en appartement ou maison individuelle, en milieu urbain plus ou moins dense, installations électriques mono ou tri-phasées... Les mesures ont été effectuées durant la journée, sur des durées de plusieurs heures.

Dans l'étude réalisée en 2016, les trames Linky G1 circulant sur le réseau étaient très nombreuses (plusieurs par minute). Le CSTB indique dans la synthèse de son rapport 2020 que ce n'est plus le cas dans cette campagne de mesure effectuée sur des compteurs de type G3. Les trames circulant sur le réseau sont moins nombreuses, avec parfois de longues périodes (plusieurs heures) sans circulation de trames CPL. Ceci illustre la difficulté à réaliser des mesures pertinentes d'exposition sur site, lorsque la durée d'intervention est limitée.

Par ailleurs, bien que les mesures aient eu lieu en semaine et dans des tranches horaires similaires, une très forte variabilité du nombre de trames circulant sur le réseau électrique a été observée en fonction des logements (chaque logement était lié à un concentrateur et une grappe de compteurs distincts).

2. Évaluation des niveaux d'exposition aux champs électromagnétiques dans des logements

Des mesures de champ magnétique ont été réalisées en trois points au moins dans les logements (au centre du salon et de la chambre, et près du compteur). Les mesures ont été effectuées durant la journée et sur un intervalle de temps de plusieurs heures.

Toutes configurations de mesure *in situ* confondues, le niveau maximum de champ magnétique mesuré ($1,9 \times 10^{-3} \mu\text{T}$) est plusieurs milliers de fois inférieur à la valeur limite d'exposition ($6,25 \mu\text{T}$).

Le CSTB note en synthèse que les niveaux de champ magnétique rayonné mesurés au passage d'une trame Linky sont du même ordre de grandeur, voire inférieurs par rapport au niveau de champ magnétique ambiant dans la bande de fréquence CPL des compteurs de type G3.

Les conditions et résultats des mesures sont synthétisés dans le Tableau 1 présenté en annexe 2.

- **Rapports d'étude de l'ANFR (2018 à 2020)**

1. Données sur l'exposition aux compteurs utilisant le CPL

Le protocole de mesure de l'exposition aux ondes électromagnétiques élaboré par l'ANFR (ANFR DR15¹³) a été actualisé en septembre 2016 pour mieux caractériser les niveaux de champs créés par certains objets du quotidien et pour permettre l'évaluation des niveaux d'exposition dans la bande 9 kHz – 100 kHz. Pour les compteurs communicants, le protocole indique que les mesures doivent être réalisées par défaut à 20 centimètres du compteur. La distance de mesure peut cependant être plus grande si le demandeur de la mesure le souhaite ou si des contraintes liées à l'installation de l'équipement ne permettent pas la mesure à 20 centimètres. Les composantes électrique et magnétique du champ électromagnétique sont mesurées en niveaux instantanés maximaux (niveaux crêtes) dans la bande de fréquences du compteur, c'est-à-dire 35 kHz – 91 kHz, pour être comparées aux valeurs limites réglementaires en champ électrique et magnétique respectivement de 87 V/m et $6,25 \mu\text{T}$.

Entre 2018 et 2020, l'ANFR a réalisé 794 mesures de champs électrique et magnétique émis par les compteurs communicants Linky chez des particuliers, en intérieur, et principalement en milieu urbain. Ces mesures réalisées dans le cadre du dispositif national de surveillance de l'exposition

¹³ <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expance/Protocole-mesure-15-4.1.pdf>. Ce protocole, référencé au Journal Officiel, constitue le texte de référence des laboratoires accrédités qui réalisent des mesures sur le terrain.

aux champs électromagnétiques sont analysées dans 3 rapports d'étude publiés par l'ANFR (2019, 2020 et 2021).

Les niveaux crêtes médians et maximaux mesurés dans la bande 9 kHz – 100 kHz, pour toutes les mesures réalisées en 2018, 2019 et 2020, sont indiqués dans les

Tableau 2 et Tableau 3, en distinguant les cas où des émissions CPL étaient présentes ou non. L'ANFR précise que les niveaux de champ électromagnétique mesurés en absence d'émission CPL montrent que des sources de rayonnement autres que les compteurs Linky existent dans cette bande de fréquences, produisant des intensités de champs électromagnétiques comparables.

Dans plus de la moitié des cas, aucune émission CPL n'a été détectée, malgré un temps de mesure moyen d'une heure. En effet, les compteurs Linky ne communiquent pas en permanence. Les envois de trames CPL pendant la journée durent en théorie entre 0,1 et 0,2 seconde et la période d'envoi de ces trames est très variable en fonction du paramétrage du réseau et de la taille de la grappe à laquelle le compteur est rattaché. La répartition temporelle aléatoire des émissions de trames CPL a également été soulignée par le CSTB (CSTB, 2020), un compteur pouvant rester inactif pendant plusieurs heures d'affilée.

Lorsque des transmissions CPL ont été identifiées, une analyse détaillée dans la bande de fréquences spécifiques du compteur Linky (35 – 91 kHz) a été menée. Celle-ci indique que des niveaux de champ crête maximaux entre 3,5 et 4,4 V/m (champ électrique) et 0,17 et 0,27 μ T (champ magnétique) ont été mesurés (entre 2018 et 2020), soit des valeurs respectivement 20 fois et 23 fois inférieures aux valeurs limites réglementaires de 87 V/m et 6,25 μ T (cf. Tableau 4, Tableau 5 et Tableau 6).

Les mesures réalisées à plus de 40 cm du compteur montrent des niveaux de champs plus faibles qu'à proximité du compteur, ce qui illustre que la distance est un paramètre majeur pour l'exposition. Dès que l'on s'éloigne de quelques dizaines de centimètres de la source de rayonnement, le niveau d'exposition diminue fortement (environ d'un facteur 10 pour le champ magnétique).

2. Données sur l'exposition aux modules ERL des compteurs Linky

En juillet 2019, l'ANFR a complété ses travaux par un nouveau rapport (ANFR, 2019a) présentant les résultats de l'analyse des émissions radio d'un « émetteur radio Linky » (ERL), une « clé » nommée « Atome » du fournisseur d'énergie Direct Energie installée sur le compteur Linky chez un particulier.

Ce module ERL utilise la technologie Wi-Fi dans la bande 2,4 GHz pour transmettre toutes les 1 à 2 secondes les données de consommation à la box internet du domicile, ou à un terminal de type *smartphone* ou tablette.

Des mesures sur site ont été réalisées par le Centre de contrôle international de l'ANFR¹⁴, selon le protocole ANFR DR15-4. Le niveau de champ électromagnétique a été mesuré à 50 cm du compteur Linky équipé de la clé « Atome ».

Le niveau maximal de champ électrique a été mesuré à 4,99 V/m, et la valeur moyenne (sur 6 minutes) évaluée à 0,18 V/m, ce qui est très inférieur à la valeur limite réglementaire de 61 V/m dans cette bande de fréquences.

Des enregistrements complémentaires effectués sur une période de 24 heures ont montré que les émissions ne sont pas permanentes : le module n'émet que pendant environ 1 % du temps.

¹⁴ Le CCI est un laboratoire sous accréditation COFRAC pour la mesure de l'exposition électromagnétique *in situ*.

À titre de comparaison, l'ANFR souligne que le niveau de champ électrique moyenné sur une durée de 6 minutes (environ 0,18 V/m), mesuré à 50 cm de distance, s'est révélé plus faible que celui d'une box Wi-Fi en activité mesuré à la même distance (2,8 V/m¹⁵).

- **Données sur l'exposition liée aux compteurs utilisant les ondes radioélectriques et aux concentrateurs**

L'exposition à proximité d'un compteur de gaz (Gazpar) ou d'eau (type Suez) est très faible, compte tenu de la faible puissance d'émission et de la forme impulsionnelle utilisée (quelques impulsions toutes les 6 heures). Les mesures de puissance émise permettent d'évaluer le niveau de champ électrique à 25 cm du compteur. Les mesures de puissance d'émission ont montré que pour une même distance, le champ électrique maximal émis par les compteurs et les concentrateurs est plus faible que celui d'un téléphone mobile GSM.

À proximité des concentrateurs, les valeurs de débit d'absorption spécifique (DAS) local maximales mesurées sont de 2,7 W/kg dans la bande GSM 900 MHz et 1,2 W/kg dans la bande GSM 1800 MHz. Ces valeurs sont en dessous de la limite réglementaire de DAS local pour les membres¹⁶, fixée à 4 W/kg.

À 50 cm d'un concentrateur, les niveaux de champ électrique relevés en fonctionnement réel sont autour de 0,5 V/m (niveaux moyennés sur 6 minutes). Ces niveaux mesurés sont très faibles comparés aux valeurs limites réglementaires qui varient entre 28 V/m et 87 V/m selon les fréquences.

En résumé, les niveaux d'émission de champs électromagnétiques créés par un concentrateur sont comparables à ceux créés par un téléphone mobile, mais les modalités d'exposition ne sont pas de même nature. En effet, le téléphone est proche du corps, voire en contact avec lui, induisant une exposition potentiellement plus importante que celle des concentrateurs pour lesquels l'antenne est intégrée à une armoire industrielle.

Une recherche bibliographique concernant l'exposition aux champs électromagnétiques émis par les compteurs communicants a été menée. Deux bases de données ont été interrogées, PubMed et Scopus, en utilisant le même algorithme de recherche que celui construit pour l'expertise publiée en 2016. La période d'inclusion des articles concerne cette fois les années 2016 à 2021. Vingt-huit articles en lien avec l'exposition aux radiofréquences émises par des compteurs communicants ont été identifiés. Tous ces articles concernaient des compteurs communiquant par ondes radioélectriques ; aucun ne traitait des compteurs CPL. La pertinence de ces publications pour l'expertise a été évaluée par la lecture de leur titre, de leur résumé et le cas échéant par la lecture de l'article intégral. Au final, 4 articles consacrés à l'exposition aux radiofréquences émises par des compteurs communiquant par ondes radioélectriques ont été inclus dans la révision de cet avis.

En 2020, Aerts *et al.* ont conduit une étude dans le but d'évaluer l'intensité maximale du champ électrique émis par des compteurs communicants de type « radio », émettant dans la bande de fréquences libres à 915 MHz, aux États-Unis. Différentes configurations ont été testées en laboratoire : un compteur unique, ainsi que des groupes de 24 ou 48 compteurs. D'autres mesures ont été réalisées *in situ* dans cinq environnements urbains différents : maisons mitoyennes et habitats collectifs disposant de groupements de compteurs (20, 48 et 81). Le niveau maximal de champ électrique mesuré, à 30 cm d'un compteur unique, se situe selon les configurations de test entre 10 et 13 V/m. Pour les groupes de compteurs (entre 20 et 81), le niveau maximal, à 30 cm, se situe selon les installations entre 18 et 38 V/m, ce qui est inférieur aux valeurs limites d'exposition préconisées par l'Icnirp (42 V/m). La durée totale d'émission radioélectrique, sur des périodes de 6

¹⁵ Voir la « maison ANFR » : <https://maison.anfr.fr/>.

¹⁶ Dans le cas d'un concentrateur, qui n'est pas un équipement destiné à être porté près du corps, et notamment de la tête, la valeur limite réglementaire appliquée est considérée comme la limite du DAS localisé dans les membres, c'est-à-dire 4 W/kg.

minutes, a été évaluée à 0,01% du temps pour un compteur unique, et 13% du temps pour un groupe de 81 compteurs.

En Grande-Bretagne, des études ont été réalisées par l'Agence sanitaire anglaise¹⁷ pour quantifier l'exposition de la population aux compteurs communicants émettant dans la bande de fréquences 2,4 GHz. Ce projet a été réalisé en deux phases visant, la première, à tester des compteurs communicants dans des conditions de laboratoire, afin d'évaluer la densité de puissance rayonnée en fonction de la distance autour de ces compteurs, et la seconde à calculer le DAS produit par un compteur communicant placé à proximité du corps humain, au moyen de simulations numériques. Peyman *et al.*, (2017) ont ainsi réalisé des mesures en laboratoire sur une sélection de 39 compteurs communicants (gaz et électricité) fournis par divers fabricants et sociétés de services publics au cours de la période 2013-2015. Hormis pour un compteur particulier mesuré à 91 mW/m², la densité de puissance équivalente maximale mesurée pendant les phases de transmission des compteurs, à 50 cm de distance, était inférieure à 15 mW/m² (le niveau de référence préconisé par l'Icnirp est de 10 W/m²). La durée des émissions radioélectriques a été mesurée à 1 % du temps.

Pour compléter ces mesures réalisées en laboratoire, Qureshi *et al.* (2018) ont effectué des calculs de DAS sur des modèles numériques de corps humain : une femme de 23 ans, un homme de 34 ans et un enfant de 7 ans. Vingt-quatre scénarios différents ont été étudiés : positions des mannequins debout ou allongée, positionnement des compteurs à différentes hauteurs et distances par rapport au corps, en faisant également varier l'orientation des antennes d'émission. La configuration la plus pénalisante a été obtenue pour l'exposition du modèle d'enfant avec un compteur fonctionnant à 2,45 GHz placé à 15 cm de distance (DAS = 1,9 mW/kg). Toutes les valeurs de DAS obtenues sont très faibles, et très inférieures aux valeurs limites d'exposition réglementaires (2 W/kg).

En complément à ces deux études, la même équipe a effectué des mesures sur un échantillon de 20 habitations (individuelles et appartements) équipées de compteurs communicants qui opèrent dans la bande 2,4 GHz, conçus par 8 fabricants différents, dans différentes régions de Grande Bretagne (Calderon *et al.*, 2019).

Les résultats montrent que la densité de puissance efficace maximale, dans les maisons individuelles, est de 0,26 mW/m² à 50 cm de distance. Dans le cas des groupes de compteurs en habitat collectif, la densité de puissance efficace maximale moyennée sur 6 minutes est de 12,1 mW/m² à 50 cm. Toutes ces valeurs sont inférieures aux niveaux de référence préconisés par l'Icnirp pour l'exposition du grand public. À noter que les valeurs mesurées dans le cas des groupes de compteurs sont inférieures à celles mesurées en laboratoire (Peyman *et al.* 2017).

Les résultats des mesures d'exposition aux radiofréquences dans les habitations montrent, selon les auteurs, que l'exposition moyenne aux compteurs communicant dans la bande des 2 GHz est inférieure à celle liée au Wi-Fi (ce qui peut s'expliquer en partie par le fait que la durée globale de communication ne dépassait pas 1,2 % du temps, contre 12 % par exemple pour les réseaux locaux de type Wi-Fi) ; les auteurs de l'étude ajoutent qu'il est ainsi difficile d'isoler la contribution des compteurs communicants à l'exposition globale dans une maison.

Les données de la littérature indiquent que l'exposition liée aux compteurs communicants utilisant des ondes radioélectriques est faible, et très inférieure aux valeurs limites d'exposition réglementaires.

¹⁷ Radiation Dosimetry Department, Public Health England.

■ Évaluation des effets sanitaires

Trois expertises globales sur les effets sanitaires potentiels des radiofréquences ont été réalisées par l'Anses : en 2009 (Afsset, 2009b), en 2013 (Anses, 2013) et en 2016 spécifiquement sur l'exposition des enfants (Anses 2016)¹⁸.

En ce qui concerne l'expertise publiée en 2009, qui avait notamment étudié la bande 9 kHz-10 MHz dans laquelle évoluent les émissions CPL des compteurs Linky, les experts ont conclu que :

« Peu d'études expérimentales et épidémiologiques sont disponibles concernant les effets des champs électromagnétiques des fréquences intermédiaires sur la santé. L'analyse de ces études ne permet pas de conclure définitivement quant à l'existence ou non d'effet délétère lié à des expositions aux radiofréquences dans la bande 9 kHz – 10 MHz à des niveaux non thermiques. »

En ce qui concerne l'expertise publiée par l'Anses en 2013, qui n'a concerné que les gammes de radiofréquences au-dessus de 400 MHz, les éléments suivants ont été soulignés :

« Concernant l'étude des effets non cancérogènes, on distingue d'une part les études sur le système nerveux central (SNC) et d'autre part celles qui excluent le SNC.

S'agissant des études sur les effets sur le SNC, dans les conditions expérimentales testées (sur modèles cellulaires et animaux d'une part et dans les études cliniques d'autre part), le niveau de preuve est insuffisant pour conclure qu'une exposition aux radiofréquences a un effet chez l'Homme :

- *sur les fonctions cognitives ;*
- *à court terme sur le sommeil (après une exposition aiguë) ;*
- *sur les rythmes circadiens (sur la base d'un nombre limité d'études) ;*
- *à court terme sur les fonctions auditives (après une exposition aiguë) ;*
- *sur les maladies neurologiques et neurodégénératives (sclérose en plaque et sclérose amyotrophique, épilepsie et maladie d'Alzheimer) (sur la base d'un nombre limité d'études).*

Les éléments suivants émergent :

- *chez l'Homme, un effet à court terme a été observé sur le sommeil. Ces modifications physiologiques ne s'accompagnent ni de modifications subjectives du sommeil, ni de perturbations des tâches cognitives associées aux enregistrements polysomnographiques.*

Concernant les autres effets non cancérogènes à l'exclusion de ceux sur le SNC, le niveau de preuve est insuffisant pour conclure qu'une exposition aux radiofréquences aurait chez l'Homme un impact sanitaire.

Concernant les effets cancérogènes :

- *l'ensemble des résultats disponibles suggère qu'il est possible qu'une exposition aux RF puisse favoriser l'oxydation de l'ADN. À chaque fois, les résultats positifs ont été corrélés avec une augmentation du stress oxydant dans la cellule ou l'organisme ;*
- *aucun effet pérenne des radiofréquences sur la perte de l'intégrité de l'ADN n'a été mis en évidence à un faible niveau d'exposition ;*
- *il n'existe pas de données convaincantes concernant les modifications du cycle cellulaire pouvant être impliquées dans l'apparition de tumeurs ;*
- *l'ensemble des études disponibles sur un possible effet co-cancérogène des radiofréquences n'apporte pas la preuve qu'elles puissent potentialiser les effets d'agents génotoxiques connus (pas d'effet co-cancérogène).*

¹⁸ D'autres expertises concernant les effets éventuels d'applications utilisant des radiofréquences ont par ailleurs été publiées, par exemple sur la compatibilité électromagnétique des dispositifs médicaux (2016), l'électrohypersensibilité (2018), les téléphones mobiles de DAS élevés (2019), ou encore l'exposition aux technologies 5G (2020 et 2022).

Chez l'Homme, l'ensemble des études publiées conduit à juger les preuves d'association entre radiofréquences et tumeurs comme insuffisantes à l'exception des neurinomes de l'acoustique pour lesquels ces niveaux de preuve sont limités ainsi que pour les gliomes chez les gros utilisateurs de téléphone mobile. »

La plupart des études épidémiologiques portaient sur des expositions aux fréquences utilisées pour la téléphonie mobile (900 MHz et plus).

Par ailleurs, l'expertise publiée par l'Anses en 2016, qui concernait l'exposition des enfants aux radiofréquences, a souligné les éléments suivants :

[...] d'après les études disponibles analysées portant sur les effets sanitaires des radiofréquences, les travaux d'expertise collective permettent de conclure à un effet possible des radiofréquences sur :

- les fonctions cognitives : les résultats montrant des effets aigus se basent sur des études expérimentales dont la méthodologie est bien maîtrisée ;
- le bien-être : ces effets pourraient cependant être liés à l'usage du téléphone mobile plutôt qu'aux radiofréquences qu'il émet.

En revanche, les données actuelles ne permettent pas de conclure à l'existence ou non d'un effet des radiofréquences chez l'enfant sur :

- le comportement ;
- les fonctions auditives ;
- les effets tératogènes et le développement ;
- le système reproducteur mâle et femelle ;
- les effets cancérogènes ;
- le système immunitaire ;
- la toxicité systémique.

Il n'existe pratiquement aucune littérature scientifique traitant des effets sanitaires spécifiques de l'exposition aux compteurs communicants, à l'exception d'une description de plaintes auto-déclarées en Australie, dans l'État de Victoria (Lamech, 2014). Aucune conclusion sanitaire ne peut cependant être tirée de ce travail, qui repose sur des déclarations spontanées, et ne donne pas de renseignements sur la relation temporelle entre l'exposition et la survenue des symptômes, qui ressemblent à ceux rapportés par des personnes exposées à d'autres sources de radiofréquences. Cependant, il attire l'attention sur l'existence de ces plaintes. Il est possible que l'effet nocebo¹⁹, c'est-à-dire le rôle négatif de la croyance en un possible effet néfaste des compteurs, ait joué un rôle. Cet effet pourrait être exacerbé lorsque l'exposition est vécue comme imposée par une entité extérieure.

En outre, il faut noter que les compteurs de type Linky produisent sur le réseau domestique des signaux qui peuvent se comparer à des parasites (courants transitoires à haute fréquence – « *high frequency voltage transients* »), générés sur les circuits domestiques notamment par la mise en route d'appareils (extra courants de rupture, etc.), car ils sont susceptibles de créer des rayonnements dans la bande de fréquences Linky. Actuellement, il n'existe aucune donnée suggérant que l'exposition à des courants transitoires à haute fréquence puisse affecter la santé. En particulier, il n'y a pas de tentative d'investigation utilisant une approche épidémiologique robuste telle qu'un essai contrôlé, randomisé en double insu.

¹⁹ L'effet nocebo se définit comme l'ensemble des symptômes « négatifs » ressentis par un sujet soumis à une intervention réelle ou factice qui peut être un médicament, une thérapeutique non médicamenteuse ou l'exposition aux ondes électromagnétiques par exemple.

À notre connaissance, aucune étude de provocation n'a été menée sur des expositions aux compteurs et/ou aux fréquences utilisées pour les compteurs d'électricité qui, en France, se situent dans la bande de fréquences 50-100 kHz. Par ailleurs, ces fréquences ont jusqu'à présent été principalement utilisées dans des usages industriels (OMS, 2007).

■ Conclusions du CES

Principes de fonctionnement

Pour transmettre des informations, les compteurs communicants mettent en œuvre une transmission radioélectrique ou par courant porteur en ligne (pour Linky). Le principe commun à tous les compteurs est *a minima* de transmettre automatiquement et à distance l'index de consommation (télé-relève). Les techniques de transmission utilisées sont classiques, à la fois pour la radioélectricité et le courant porteur en ligne, déjà largement répandu à l'intérieur des domiciles, sur une bande de fréquences différente (CPL haut débit pour des applications multimédia ou de domotique, par exemple).

Niveaux d'exposition

Les niveaux d'exposition engendrés par les émissions (intentionnelles pour les compteurs radio eau et gaz, non intentionnelles pour le compteur CPL pour l'électricité) sont très faibles vis-à-vis des valeurs limites réglementaires. Les dispositifs radioélectriques fonctionnent en effet sur pile, avec une longévité représentant un enjeu pour les fournisseurs d'énergie. Leur sobriété énergétique implique ainsi de faibles niveaux d'émission radioélectrique. Par ailleurs, dans le cas de Linky, la tension des signaux CPL est limitée à quelques Volts pour des raisons de compatibilité électromagnétique avec l'environnement, ce qui limite également les niveaux d'exposition.

Les données d'index de consommation envoyées par les compteurs sont recueillies par des concentrateurs, qui à leur tour les font parvenir à une plateforme informatique par le biais du réseau de téléphonie mobile en GPRS ou en 3G. L'exposition créée par le concentrateur est comparable à celle d'un téléphone mobile, mais dans des conditions différentes. En effet, en utilisation habituelle, un téléphone est proche, voire en contact avec le corps, induisant une exposition pour l'utilisateur potentiellement plus importante que dans le cas des concentrateurs, généralement situés hors d'atteinte (l'antenne est intégrée à une armoire industrielle, placée par exemple en hauteur).

Les nouvelles données permettent d'identifier un trafic plus important que celui initialement annoncé par l'opérateur du déploiement des compteurs Linky, entraînant une durée d'exposition plus longue que prévue, sans que les niveaux de champ électromagnétique soient plus élevés.

Toutefois, les niveaux d'exposition restent faibles et ne remettent pas en cause les conclusions initiales sur les effets sanitaires.

Les nouvelles données concernant l'identification des trames de communication des compteurs Linky montrent une très forte variabilité horaire. Les trames détectées pour des compteurs de type G3 lors des campagnes du CSTB en 2020 semblent moins nombreuses que pour les compteurs G1 testés en 2016, ce qui est cohérent avec les mesures réalisées par l'ANFR depuis 2018. Le trafic reste cependant plus important que celui initialement annoncé par l'opérateur du déploiement des compteurs Linky, avec une durée globale d'exposition plus longue que prévue. Les informations apportées par Enedis lors d'échanges avec l'Anses confirment les observations du CSTB : à la télé-relève des index de consommation s'ajoutent de nombreuses trames de communications CPL, par exemple pour surveiller l'état de fonctionnement des compteurs et leur bonne configuration, ou encore pour récolter des statistiques de fonctionnement et fournir des services à des opérateurs tiers, communiquer lors d'opérations de maintenance du réseau.... Les niveaux d'exposition aux champs électromagnétiques émis lors des communications initiées par les compteurs Linky, tels que mesurés dans de nombreuses situations chez des particuliers (mesures CSTB et ANFR), sont cependant très faibles et très inférieurs aux valeurs limites d'exposition réglementaires. Il en est de

même pour l'exposition aux champs électromagnétiques émis par le module ERL optionnel (équipement radio local).

Ces nouveaux éléments ne remettent donc pas en cause les conclusions formulées en juin 2017 sur les effets sanitaires (voir ci-après).

Effets sanitaires

Actuellement, il n'existe pas de littérature scientifique²⁰ traitant spécifiquement des effets sanitaires à court ou long terme de l'exposition aux compteurs communicants.

S'agissant des effets sanitaires potentiels de l'exposition aux champs électromagnétiques émis par les compteurs communicants Linky utilisant des bandes de fréquences dans la gamme de quelques dizaines de kilohertz, compte tenu des faibles niveaux d'exposition (très inférieurs aux valeurs limites réglementaires) retrouvés lors des différentes campagnes de mesures, aucun effet sanitaire à court terme n'est attendu (Afsset, 2009a ; Anses, 2013 ; Anses, 2016). Concernant les effets à long terme, les conclusions du rapport de l'Agence publié en 2009 (Afsset, 2009b) sont toujours d'actualité : *« Peu d'études expérimentales et épidémiologiques sont disponibles concernant les effets des champs électromagnétiques des fréquences [utilisées par le CPL] sur la santé. L'analyse [des études [disponibles] ne permet pas de conclure définitivement quant à l'existence ou non d'effet délétère lié à des expositions aux radiofréquences dans la bande 9 kHz – 10 MHz à des niveaux non thermiques ».*

Par ailleurs, les compteurs de type Linky produisent sur le réseau domestique des signaux qui peuvent être équivalents à ceux des parasites créés notamment par la mise en route d'appareils domestiques (courants transitoires à haute fréquence). Actuellement, il n'existe aucune donnée suggérant que les courants transitoires à haute fréquence puissent affecter la santé aux niveaux d'exposition mesurés.

S'agissant des effets sanitaires potentiels de l'exposition aux champs électromagnétiques émis par les compteurs communicants et les concentrateurs utilisant des radiofréquences supérieures à 100 MHz (compteurs pour le gaz et l'eau, émetteur radio Linky (ERL)), la mise à jour de l'expertise « Radiofréquences et santé » publiée par l'Anses en 2013 et l'expertise spécifique sur l'exposition des enfants ne mettent pas en évidence d'effets sanitaires avérés pour ces gammes de fréquences (Anses, 2013, 2016). De plus, compte tenu des faibles niveaux d'exposition engendrés par les compteurs et concentrateurs, il est peu vraisemblable que ces appareils représentent un risque pour la santé à court ou long terme.

■ **Recommandations du CES**

Les recommandations formulées dans les précédents avis publiés en décembre 2016 et juin 2017, en particulier concernant la caractérisation de l'exposition, ont pour la plupart d'entre elles donné lieu à la réalisation de nouveaux travaux, dont les résultats sont à présent disponibles. Les recommandations présentées ci-dessous rassemblent donc celles exprimées en 2016 et 2017 toujours d'actualité, ainsi que celles qui tiennent compte de nouveaux éléments de connaissance disponibles en 2022.

²⁰ Il n'existe qu'une enquête en ligne en Australie (où les compteurs utilisent des radiofréquences supérieures à 100 MHz) de symptômes auto-déclarés semblables à ceux rapportés par des personnes qui les attribuent à d'autres sources de radiofréquences. Mais, en l'absence de relation temporelle entre l'exposition et la survenue des symptômes, aucune conclusion ne peut en être tirée. Il est notamment possible qu'un effet nocebo associé à une exposition vécue comme imposée ait joué un rôle.

S'agissant des recommandations en matière de caractérisation de l'exposition :

Considérant en particulier :

- le déploiement sur le territoire national des compteurs Linky (35 millions de foyers) ;
- la complexité et la diversité, en matière de nombre et de durée, des communications entre un compteur Linky et son concentrateur ;
- la présence, notamment au domicile, de nombreuses sources de rayonnement électromagnétique dans des bandes de fréquences voisines du CPL, et plus encore dans celles des compteurs à ondes radioélectriques, en particulier liée au développement des objets connectés ;
- le peu de connaissance des autres signaux véhiculés sur le réseau électrique dans la bande de fréquence Linky ;

le CES recommande :

- de réaliser des simulations ou des mesures permettant d'estimer l'exposition maximale, au fur et à mesure des évolutions des technologies et des usages, dans des scénarios potentiellement les plus défavorables, impliquant par exemple :
 - un compteur Linky (ou autre dispositif) ou un câble électrique supportant une communication en CPL émettant en continu et placé proche d'une personne ;
 - une combinaison de dispositifs électriques utilisés très proches du corps humain (fauteuils, lits à commandes électriques, etc.) ;
- de prévoir une durée d'observation suffisante à la mise en évidence de trames CPL Linky, dans le cadre des mesures de l'exposition aux champs électromagnétiques.

En complément, le CES recommande d'étudier l'efficacité de filtres permettant d'éviter la propagation des signaux CPL à l'intérieur des logements.

S'agissant des recommandations en matière d'études et de recherche :

Considérant en particulier :

- le manque de données sur les effets sanitaires éventuels dus à une exposition aux champs électromagnétiques dans la gamme de fréquences aux alentours du kilohertz ;
- l'absence d'études épidémiologiques s'intéressant spécifiquement aux compteurs communicants ;
- la place de la préoccupation sanitaire dans la controverse publique liée au déploiement des compteurs communicants ;
- le développement et la diffusion croissante des objets connectés ;

le CES recommande :

- d'encourager des travaux portant sur l'adéquation des normes de compatibilité électromagnétique (CEM) actuelles avec les valeurs limites d'exposition des personnes, en prenant en compte le développement des objets communicants. Les aspects cumulatifs des champs rayonnés par ces objets pourraient également être étudiés ;
- de poursuivre l'étude des effets sanitaires éventuels des expositions aux champs électromagnétiques dans la gamme de fréquences entre 1 kHz et 30 MHz, notamment en milieu professionnel ;
- de recenser, sur le terrain, tout effet perçu sur le bien-être ou la santé à la suite de l'installation des compteurs communicants et de mener des études pour distinguer de possibles effets sanitaires directement liés à l'exposition de ceux dus à un effet nocebo ;

- que, suite à la suppression en 2019 de la taxe additionnelle à l'IFER (imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux), qui finançait le programme annuel de recherche « radiofréquences et santé », les entreprises déployant les compteurs communicants portent les coûts associés à l'ensemble des recommandations en matière d'études et de recherche ;
- de manière générale, de réaliser des études préalablement au déploiement massif de nouvelles technologies susceptibles d'augmenter l'exposition humaine aux champs électromagnétiques. Ces études doivent permettre d'évaluer les niveaux d'exposition et, si possible, leur impact éventuel sur la santé et le bien-être.

Dans un souci de transparence vis-à-vis des différents acteurs, le CES souligne l'importance de rendre accessibles les caractéristiques techniques des compteurs communicants et les résultats des études scientifiques portant sur l'exposition aux champs électromagnétiques émis par les communications CPL.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Anses reprend l'ensemble des conclusions et recommandations de son comité d'experts spécialisé « Agents physiques et nouvelles technologies », exprimées au paragraphe 3 du présent avis.

L'Agence, questionnée par la Direction générale de la santé sur les niveaux d'exposition engendrés par le déploiement des compteurs communicants et leurs effets sanitaires potentiels, souligne les différentes problématiques soulevées dans la controverse publique autour de ces compteurs : économiques, techniques, sanitaires, éthiques et juridiques.

L'expertise réalisée permet de dégager deux situations différentes :

- celle relative aux compteurs pour le gaz et l'eau qui communiquent au moyen d'émissions radioélectriques pour lesquels les technologies de communication radio et les expositions associées sont connues ;
- celle propre aux compteurs d'électricité Linky, impliquant une communication par courant porteur en ligne (CPL).

Pour ces derniers, les mesures d'exposition aux champs électromagnétiques émis par les signaux CPL des compteurs Linky de troisième génération (G3) effectuées d'une part par le CSTB, à la demande de l'Anses, et par l'Agence nationale des fréquences (ANFR) d'autre part, mettent en évidence une très forte variabilité horaire des signaux de communication sur le réseau électrique. L'opérateur du déploiement de ces compteurs, Enedis, précise qu'en complément du relevé quotidien de l'index de consommation, les compteurs Linky envoient d'autres signaux de communication. En pratique, si la durée totale quotidienne des émissions des compteurs Linky est plus élevée qu'anticipée à l'origine, les niveaux d'exposition aux champs électromagnétiques émis par les câbles électriques lors de ces communications, tels que mesurés dans de nombreuses situations chez des particuliers, sont cependant très faibles et très inférieurs aux valeurs limites d'exposition réglementaires. Il en est de même pour l'exposition aux champs électromagnétiques émis par le module ERL (émetteur radio Linky) optionnel.

L'ANFR a par ailleurs actualisé son protocole de mesure de l'exposition aux radiofréquences, et intégré dans le dispositif national de mesure la possibilité pour les particuliers de solliciter des mesures d'expositions aux champs électromagnétiques émis par les compteurs communicants. L'ANFR a ainsi publié trois rapports de synthèse des mesures concernant les compteurs Linky, en 2018, 2019 et 2020. Ces campagnes de mesure ont également mis en évidence des niveaux d'exposition très faibles, comparables à ceux émis par les dispositifs électriques ou électroniques domestiques (lampes fluo-compactes, chargeurs d'appareils multimédia, écrans, tables à induction etc.).

Compte tenu des résultats des campagnes de mesure de l'exposition engendrée au domicile par les compteurs Linky, réalisées par le CSTB et l'ANFR, et des nouvelles données bibliographiques récoltées, l'Anses indique que les conclusions formulées dans les précédentes versions de cet avis restent valables.

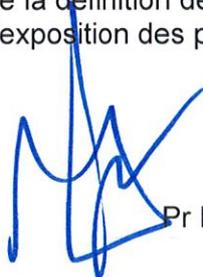
Ainsi, même s'il n'existe à l'heure actuelle que peu de données concernant les effets sanitaires potentiels liés à l'exposition aux champs électromagnétiques dans les bandes de fréquences relatives au CPL (50 – 150 kHz environ), compte tenu des très faibles niveaux d'exposition mesurés ainsi que des conclusions des expertises précédentes (Afsset 2009, Anses 2013, Anses 2016) : il est très peu probable que l'exposition aux champs électromagnétiques émis, tant par les compteurs communicants radioélectriques que par les autres (CPL), puisse engendrer des effets sanitaires à court ou long terme.

L'Agence ne peut cependant qu'engager les opérateurs impliqués dans le déploiement de ces nouvelles technologies à fournir une meilleure information au public quant à leurs modalités de fonctionnement actuel et raisonnablement prévisible, s'agissant en particulier de la fréquence et de la durée des expositions aux champs électromagnétiques auxquelles ces technologies peuvent conduire.

Au-delà, compte tenu des incertitudes sur les effets sanitaires pour les fréquences mises en œuvre, l'Agence appelle à poursuivre l'étude de ces effets éventuels dans la gamme de fréquences autour du kilohertz. Dans cet objectif, l'Anses rappelle les limites de l'enveloppe budgétaire dont elle dispose pour financer des projets de recherche sur le thème « Radiofréquences et santé » dans le cadre du programme national de recherche environnement santé travail (PNR EST) ; elle note à cet égard la recommandation des experts d'une implication des entreprises concernées pour le financement de tels travaux. Elle recommande donc aux pouvoirs publics de réfléchir à un mécanisme permettant d'accroître les financements au bénéfice du progrès des connaissances.

Enfin, l'Agence note que le déploiement des compteurs communicants intervient au moment où les objets connectés se multiplient pour des applications diverses, les infrastructures de communication (antennes relais notamment) étant déjà pour l'essentiel en place. Ces développements, associés en particulier à l'essor de la 5G, concerneront dans les prochaines années la numérisation des services et des infrastructures à l'échelle des individus, des habitations et des villes, dans les domaines de l'énergie, des transports et de la santé en particulier (réseaux ou villes dits « intelligents », etc.).

La question de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques devrait alors être anticipée et systématisée dans cet environnement évolutif. Aussi, l'agence recommande que le développement des objets connectés s'accompagne de la définition de méthodes et outils (normes techniques) propres à assurer une caractérisation de l'exposition des personnes.



Pr Benoit Vallet

MOTS-CLES

Compteurs communicants, champs électromagnétiques, exposition, nouvelles technologies, santé
Smart meters, electromagnetic fields, exposure, health

BIBLIOGRAPHIE

Aerts, S., Van den Bossche, M., Vergara, X., Odie, S., Verloock, L., Martens, L., Joseph, W., 2020. Spatial and temporal assessment of radiofrequency electromagnetic fields emitted by smart meters and smart meter banks in urban environments. *Environ. Res.* 183. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109196>

Afsset, 2009a - Évaluation des impacts sanitaires des systèmes d'identification par radiofréquences (RFID) – Janvier 2009.

Afsset, 2009b - Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences – Octobre 2009.

ANFR 2019a - Rapport technique sur les niveaux de champs électromagnétiques créés par un Equipement Radio Linky (ERL) (accès : <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expacement/20190712-rapport-equipement-radio-linky.pdf>)

ANFR 2019b - Etude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques – Octobre 2019 (accès : <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expacement/2019-10-Analyse-mesures-Linky-2018.pdf>)

ANFR 2020 - Etude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques – Mai 2020 (accès : <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expacement/20200514-analyse-mesures-Linky-2019.pdf>)

ANFR 2021 - Etude de l'exposition du public aux ondes radioélectriques – Juillet 2021 (accès : <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expacement/20210709-analyse-mesures-Linky-2020.pdf>)

Anses 2013 - Mise à jour de l'expertise « radiofréquences et santé » – Octobre 2013.

Anses 2016 – Exposition aux radiofréquences et santé des enfants – Juin 2016.

Calderon, C., Addison, D., Chopra, N., Mann, S., Maslanyj, M., Peyman, A., 2019. Exposure to Electromagnetic Fields From Smart Utility Meters in GB; Part III) On-Site Measurements in Homes. *Bioelectromagnetics* 40, 434–440. <https://doi.org/10.1002/bem.22202>

CSTB 2016 - *Évaluation de l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis dans les logements par les compteurs communicants d'électricité « Linky »*, convention de recherche et développement Anses – CSTB n° 2016-CRD-16.

CSTB 2020 - *Évaluation in situ de l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis dans les logements par les compteurs communicants Linky G3*, convention de recherche et développement Anses – CSTB n° 2019-CRD-15.

Lamech, F. 2014 - *Self-Reporting of Symptom Development from Exposure to Radiofrequency Fields of Wireless Smart Meters in Victoria, Australia: A Case Series*. *Alternative Therapies in Health and Medicine* 20 (6): 28–39.

OMS, 2007 - *Environmental Health Criteria 238. Extremely Low Frequency Fields*.

Peyman, A., Addison, D., Mee, T., Goiceanu, C., Maslanyj, M., Mann, S., 2017. Exposure to electromagnetic fields from smart utility meters in GB; part I) laboratory measurements. *Bioelectromagnetics* 38, 280–294. <https://doi.org/10.1002/bem.22044>

Qureshi, M.R.A., Alfadhl, Y., Chen, X., Peyman, A., Maslanyj, M., Mann, S., 2018. Assessment of exposure to radio frequency electromagnetic fields from smart utility meters in GB; part II) numerical assessment of induced SAR within the human body. *Bioelectromagnetics* 39, 200–216. <https://doi.org/10.1002/bem.22094>

ANNEXE 1 : SUIVI DE LA REVISION DE L'AVIS

Le tableau de suivi des modifications de l'avis est disponible en téléchargement sur le site internet de l'Anses.

ANNEXE 2 : MESURES D'EXPOSITION REALISEES PAR LE CSTB – 2020

Tableau 1 : Niveaux de champ magnétique relevés dans la bande de fréquences 35 – 91 kHz_ compteur G3 (rapport CSTB 2020)

Localisation des mesures		Présence de trames CPL	Distance et conditions de mesure	Niveau d'induction magnétique	
Logement n° 1 (appartement)	Point 1A (couloir)	Oui	à 20 cm en face du compteur, dans le couloir à côté de la porte d'entrée de l'appartement.	instantané maximum	$5,1 \times 10^{-4} \mu\text{T}$
				moyen*	$8,4 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
	Point 1B (séjour)	Oui	1,5 m de hauteur, au milieu de la pièce.	instantané maximum	$5,3 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
				moyen	$1,1 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
	Point 1C (chambre)	Oui	1,5 m de hauteur, au milieu de la chambre.	instantané maximum	$5,4 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
				moyen	$1,1 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
Logement n° 2 (maison)	Point 2A (extérieur)	Oui	20 cm en face du compteur, dans la rue, le long de la clôture, à côté du portail de la maison.	instantané maximum	$4,4 \times 10^{-4} \mu\text{T}$
				moyen	$4,2 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
	Point 2B (séjour)	Oui	1,5 m de hauteur, entre le canapé et la table à manger	instantané maximum	$1,5 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
				moyen	$1,7 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
	Point 2C (chambre)	Oui	1,5 m de hauteur, à côté du lit.	instantané maximum	$1,5 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
				moyen	$2,2 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
Point 2D (chambre)	Oui	1,5 m de hauteur, au milieu de la chambre.	instantané maximum	$1,4 \times 10^{-5} \mu\text{T}$	
			moyen	$1,6 \times 10^{-6} \mu\text{T}$	
Logement n° 3 (maison)	Point 3A (garage)	Oui	20 cm en face du compteur, dans le garage au rez-de-chaussée de la maison.	instantané maximum	$1,9 \times 10^{-3} \mu\text{T}$
				moyen	$2,9 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
	Point 3B (séjour)	Non	1,5 m de hauteur, au milieu du salon.	instantané maximum	$1,7 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
				moyen	$1,6 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
	Point 3C (chambre)	Non	1,5 m de hauteur, au milieu de la chambre.	instantané maximum	$1,6 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
				moyen	$1,6 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
Point 3D (chambre)	Non	1,5 m de hauteur, au milieu de la chambre.	instantané maximum	$1,8 \times 10^{-5} \mu\text{T}$	
			moyen	$1,5 \times 10^{-6} \mu\text{T}$	
Logement n° 4 (maison)	Point 4A (extérieur)	Oui	20 cm en face du compteur, à l'extérieur, à côté de la porte d'entrée.	instantané maximum	$2,5 \times 10^{-4} \mu\text{T}$
				moyen	$5,1 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
	Point 4B (cuisine)	Oui	1,5 m de hauteur, devant le plan de travail dans la cuisine.	instantané maximum	$1,1 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
				moyen	$1,6 \times 10^{-6} \mu\text{T}$

Avis de l'Anses
Saisine n° « 2015-SA-0210 »

Localisation des mesures		Présence de trames CPL	Distance et conditions de mesure	Niveau d'induction magnétique	
				instantané maximum	moyen
	Point 4C (chambre)	Oui	1,5 m de hauteur, à côté du lit.	instantané maximum	$9,4 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
				moyen	$1,6 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
Logement n° 5 (appartement)	Point 5A (salon)	Oui	1,5 m de hauteur, au milieu du salon.	instantané maximum	$2,4 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
				moyen	$1,8 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
	Point 5B (chambre 2)	Non	1,5 m de hauteur, à côté du lit.	instantané maximum	$8,9 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
				moyen	$1,6 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
	Point 5C (chambre 1)	Non	1,5 m de hauteur, au milieu de la chambre.	instantané maximum	$8,9 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
				moyen	$1,6 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
Logement n° 6 (appartement)	Point 6A (palier)	Non	20 cm en face du compteur, dans le couloir, sur le palier du 1er étage	instantané maximum	$2,1 \times 10^{-4} \mu\text{T}$
				moyen	$3,8 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
	Point 6B (cuisine)	Non	1,5 m de hauteur, devant le plan de travail.	instantané maximum	$6,1 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
				moyen	$1,1 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
	Point 6C (chambre 1)	Oui	1,5 m de hauteur, au milieu de la chambre, à côté du lit.	instantané maximum	$1,4 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
				moyen	$2,9 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
	Point 6D (chambre 2)	Non	1,5 m de hauteur, à côté du lit.	instantané maximum	$1,3 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
				moyen	$2,3 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
Logement n° 7 (appartement)	Point 7A (palier)	Oui	20 cm en face des compteurs, dans le couloir sur le palier des appartements	instantané maximum	$1,6 \times 10^{-3} \mu\text{T}$
				moyen	$3,8 \times 10^{-5} \mu\text{T}$
	Point 7B (séjour)	Oui	1,5 m de hauteur, près de la porte fenêtre dans la pièce de vie séjour / cuisine.	instantané maximum	$4,9 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
				moyen	$1,1 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
	Point 7C (chambre)	Oui	1,5 m de hauteur, au milieu de la chambre	instantané maximum	$4,9 \times 10^{-6} \mu\text{T}$
				moyen	$1,0 \times 10^{-6} \mu\text{T}$

*Moyenne glissante sur 6 minutes pendant la durée de l'enregistrement

ANNEXE 3 : SYNTHÈSE DES MESURES D'EXPOSITION COLLECTÉES PAR L'ANFR

Tableau 2 : principaux résultats de mesure des niveaux d'exposition dans la bande 9 kHz – 100 kHz (champ électrique)

	Niveau crête médian		Niveau crête maximal	
	En absence de CPL	En présence de CPL	En absence de CPL	En présence de CPL
2018	0,50 V/m	0,66 V/m	2,2 V/m	3,7 V/m
2019	0,64 V/m	0,97 V/m	3,8 V/m	3,8 V/m
2020	0,55 V/m	1,1 V/m	7,5 V/m	4,4 V/m

Tableau 3 : principaux résultats de mesure des niveaux d'exposition dans la bande 9 kHz – 100 kHz (champ magnétique)

	Niveau crête médian		Niveau crête maximal	
	En absence de CPL	En présence de CPL	En absence de CPL	En présence de CPL
2018	0,007 µT	0,016 µT	0,11 µT	0,7 µT
2019	0,008 µT	0,021 µT	0,15 µT	0,27 µT
2020	0,009 µT	0,015 µT	0,31 µT	0,26 µT

Tableau 4 : principaux résultats de mesure des niveaux d'exposition mesurés en présence de CPL dans la bande 35 kHz – 91 kHz (champ électrique)

	Niveau crête médian en présence de CPL		Niveau crête maximal en présence de CPL	
	d ≤ 40 cm	d > 40 cm ou non renseignée	d ≤ 40 cm	d > 40 cm ou non renseignée
	2018	0,63 V/m	0,35 V/m	3,5 V/m
2019	0,94 V/m	0,43 V/m	3,7 V/m	2,8 V/m
2020	0,89 V/m	0,53 V/m	3,5 V/m	4,4 V/m

Tableau 5 : principaux résultats de mesure des niveaux d'exposition mesurés en présence de CPL dans la bande 35 kHz – 91 kHz (champ magnétique)

	Niveau crête médian en présence de CPL		Niveau crête maximal en présence de CPL	
	d ≤ 40 cm	d > 40 cm ou non renseignée	d ≤ 40 cm	d > 40 cm ou non renseignée
	2018	0,011 µT	0,005 µT	0,17 µT
2019	0,02 µT	0,007 µT	0,27 µT	0,04 µT
2020	0,02 µT	0,001 µT	0,25 µT	0,02 µT

Tableau 6 : principaux résultats de mesure des niveaux d'exposition mesurés en présence de CPL dans la bande 35 kHz – 91 kHz

Conditions de mesures			Distance entre la sonde et le compteur	Niveau d'induction magnétique		Niveau de champ électrique	
ANFR	2018*	Compteurs G3 et G1	d ≤ 40 cm	maximum	0,17 µT	maximum	3,5 V/m
				médian	0,011 µT	médian	0,63 V/m
		Compteurs G3	d > 40 cm ou non renseignée.	maximum	0,09 µT	maximum	0,88 V/m
				médian	0,005 µT	médian	0,35 V/m
	2019	Compteurs G3	d ≤ 40 cm	maximum	0,27 µT	maximum	3,7 V/m
				médian	0,02 µT	médian	0,94 V/m
		Compteurs G3	d > 40 cm ou non renseignée.	maximum	0,04 µT	maximum	2,8 V/m
				médian	0,007 µT	médian	0,43 V/m
	2020	Compteurs G3	d ≤ 40 cm	maximum	0,25 µT	maximum	3,5 V/m
				médian	0,02 µT	médian	0,89 V/m
		Compteurs G3	d > 40 cm ou non renseignée.	maximum	0,02 µT	maximum	4,4 V/m
				médian	0,001 µT	médian	0,53 V/m

*année de mesure