

Le directeur général

Maisons-Alfort, le

AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

relatif à l'« Exposition de la population aux champs électromagnétiques liée au déploiement de la technologie de communication « 5G » et effets sanitaires associés »

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 9 janvier 2019 par les ministères en charge de la santé, de l'environnement et de l'économie pour la réalisation de l'expertise suivante : « Exposition aux champs électromagnétiques liée au déploiement de la technologie de communication « 5G » et effets sanitaires associés ».

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Le déploiement des infrastructures de communication 5G (cinquième génération) a pour objectif de favoriser le développement de services innovants, à l'attention à la fois des particuliers et des entreprises utilisatrices, dans des domaines variés comme la santé, les médias, les transports ou encore les industries du futur. En effet, deux tendances importantes poussent les industries des technologies mobiles à développer un réseau de communication de nouvelle génération : d'une part, l'augmentation très importante de l'offre en services sans-fil, qui nécessite des réseaux plus rapides et de plus grandes capacités pour fournir des services riches en contenu, comme les vidéos et, d'autre part, les perspectives de croissance de l'internet des objets (IoT), qui alimentent le besoin d'une connectivité massive d'appareils, mais aussi d'une connectivité très fiable et à très faible latence pour des applications telles

que les voitures connectées, les automatisations industrielles ou encore certaines applications dans le domaine de la santé.

Ces évolutions nécessitent non seulement l'exploitation des fréquences d'ores et déjà utilisées par les générations actuelles de téléphonie mobile, mais également celle de nouvelles bandes de fréquences. Parmi elles, deux bandes de fréquences ont déjà été identifiées pour les déploiements en France : la bande 3,5 GHz (3,4-3,8 GHz) permettra d'assurer l'objectif de couverture en téléphonie mobile 5G à haut débit, et la bande 26 GHz (24,25-27,5 GHz) couvrira des besoins permettant des échanges entre un grand nombre d'objets et des communications à faible temps de latence, dans des zones géographiques très localisées.

Ces évolutions technologiques vont non seulement modifier les modalités d'exposition de la population, mais nécessiteront également d'adapter les méthodologies de mesure et d'estimation de ces expositions.

Afin d'accompagner le déploiement et le développement de la 5G, le Gouvernement a présenté le 16 juillet 2018 sa feuille de route nationale 5G¹. Un des quatre chantiers lancés par le Gouvernement vise à « assurer la transparence et le dialogue sur le déploiement et l'exposition du public ».

La saisine de l'Anses se décompose en trois points :

1. Une description des caractéristiques et de la nature des signaux émis.
2. Une évaluation du niveau d'exposition des personnes lié aux communications mobiles de technologie 5G.
3. Une revue des connaissances existantes sur les effets sanitaires liés à l'exposition aux champs électromagnétiques dans les bandes 3,5 GHz et 26 GHz.

Constatant la convergence de leurs préoccupations, l'Anses et l'ANFR (Agence nationale des fréquences) ont souhaité construire un programme scientifique commun afin, d'une part, de décrire les caractéristiques techniques de la technologie 5G, notamment les dispositifs rayonnants spécifiquement développés pour la 5G dans le cadre des déploiements pilotes et, d'autre part, d'évaluer les niveaux d'exposition des populations à partir des mesures effectuées sur les zones pilotes sans utilisateurs, dont les essais sont exploratoires.

La réponse à la saisine sera donc fournie sous la forme de rapports de l'Anses et de l'ANFR complémentaires :

- deux rapports de l'ANFR : le premier étant une présentation générale de la 5G abordée sous l'angle de l'exposition des personnes (ANFR, 2019)² ; le second présentant les premiers résultats de mesures d'exposition effectuées pendant les expérimentations pilotes 5G (ANFR, 2020)³.
- deux rapports de l'Anses, un rapport préliminaire publié en janvier 2020⁴ qui a permis d'identifier les études disponibles portant sur les effets sanitaires éventuels liés à

¹ https://www.economie.gouv.fr/files/files/Actus2018/Feuille_de_route_5G-DEF.pdf.

² Evaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques 5G. Volet 1 : présentation générale de la 5G. ANFR, Juillet 2019.

³ Evaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques 5G. Volet 2 : premiers résultats de mesures sur les pilotes 5G dans la bande 3400 – 3800 MHz. ANFR, avril 2020.

⁴ Exposition de la population aux champs électromagnétiques liée au déploiement de la technologie de communication « 5G » et effets sanitaires associés. Rapport préliminaire. Anses, janvier 2020.

l'exposition aux champs électromagnétiques dans les bandes 3,5 GHz et 26 GHz, et le rapport de cette présente expertise qui vise à évaluer le niveau de preuve associé aux effets étudiés dans la littérature scientifique.

Dans le rapport préliminaire publié par l'Anses le 27 janvier 2020, l'Agence présentait l'avancement de ses travaux, et notamment le recensement des études scientifiques disponibles. Elle dressait également son programme de travail scientifique en collaboration avec l'ANFR.

L'Anses avait mis en évidence un manque de données scientifiques sur les effets biologiques et sanitaires éventuels liés à l'exposition aux fréquences autour de 3,5 GHz. De ce fait, l'expertise à suivre avait pour objectif d'évaluer la possibilité d'adapter les résultats des travaux antérieurs sur les risques des diverses technologies (3G, 4G, Wi-Fi, scanners corporels, ...), qui utilisent des fréquences proches de la bande 3,5 GHz, de 0,8 à 2,45 GHz, pour les appliquer aux innovations de la 5G. Concernant les fréquences plus élevées, entre 20 et 60 GHz, les données disponibles dans la littérature sont plus nombreuses. Les travaux d'expertise devaient donc s'attacher à les analyser pour évaluer les impacts sanitaires éventuels liés aux expositions dans la bande 26 GHz.

L'Agence avait ainsi identifié deux champs d'évaluation des risques distincts correspondant aux deux nouvelles bandes de fréquences 5G, autour de 3,5 GHz d'une part et de 26 GHz d'autre part, dont les modalités d'exposition sont différentes.

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'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/>

La présente expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Agents physiques et nouvelles technologies ». L'Anses a mandaté un groupe de travail intitulé « 5G » pour réaliser cette expertise, sous l'égide du CES.

2.1. Groupe de travail

Le groupe de travail a été constitué à la suite d'un appel à candidatures public. Les experts membres de ce groupe ont été retenus pour leurs compétences scientifiques et techniques dans le domaine des champs électromagnétiques, de l'ophtalmologie, des neurosciences, de la dermatologie, de la génomique, de la biologie des membranes ainsi que des sciences sociales. Le groupe de travail a été créé en janvier 2020, il s'est réuni 14 fois en séances plénières entre janvier 2020 et mars 2021.

2.2. Contributions extérieures

L'Anses a commandité une étude⁵ auprès du Lisis (Laboratoire interdisciplinaire sciences innovations sociétés – UMR CNRS, Inrae et Université Gustave Eiffel) visant à analyser la controverse relative au déploiement de la technologie 5G et à quantifier sa médiatisation entre 2019 et 2020. Deux rapports utilisés dans le cadre de cette expertise ont été produits : Demortain, Féron 2020 ; Demortain 2021.

2.3. Expertise collective

Les travaux d'expertise ont été soumis régulièrement au CES (tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques). Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires discutés avec les membres du CES. Ces travaux d'expertise sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

2.4. Méthode d'expertise

Le déploiement de la technologie 5G est prévu sur plusieurs bandes de fréquences différentes. Durant ces travaux d'expertise, aux deux bandes de fréquences initialement présentées dans les plans de déploiement des opérateurs mobiles et autres acteurs industriels de la 5G, autour de 3,5 GHz et de 26 GHz, ont été ajoutées fin 2020 des fréquences situées dans la bande entre 700 et 2 100 MHz, déjà utilisées pour la téléphonie mobile 3G et 4G notamment.

Pour étudier les effets sanitaires éventuels de l'exposition aux technologies 5G dans la bande 700 - 2 100 MHz, le groupe de travail s'est appuyé sur les expertises précédentes de l'Anses portant sur les effets sanitaires des champs électromagnétiques radiofréquences (Anses, 2013 et 2016) et sur des rapports d'expertises internationaux récents. À noter par ailleurs qu'une expertise s'intéressant aux effets cancérogènes des radiofréquences est en cours d'instruction à l'Anses (toutes bandes de fréquences confondues).

Pour la bande 3,5 GHz spécifiquement, le groupe de travail a fait le constat qu'il existait seulement un très petit nombre de publications scientifiques étudiant des effets sanitaires éventuels dans cette gamme de fréquences. De ce fait, la possibilité d'utiliser les résultats d'études obtenus à des fréquences voisines a été étudiée. Une réflexion concernant l'impact de la fréquence sur les réponses physiologiques et biologiques chez l'humain et l'animal dans les bandes de fréquences proches de la téléphonie mobile (900 MHz - 2,5 GHz, pour lesquelles il existe une littérature conséquente) a ainsi été menée. Les conclusions du groupe de travail concernant les effets sanitaires éventuels des expositions aux champs électromagnétiques dans la bande autour de 3,5 GHz s'appuient ainsi sur ces deux types de données : les quelques études scientifiques disponibles (bande 3,5 GHz) et la réflexion sur l'impact de la fréquence sur des effets biologiques ou physiologiques observés (bande 900 MHz - 2,5 GHz).

Enfin, concernant la bande de fréquences situées autour de 26 GHz, le groupe de travail a considéré toutes les publications utilisant des fréquences entre 18 et 100 GHz. Les études conduites dans cette bande de fréquences sont notamment relatives à des applications radar ou encore à des dispositifs thérapeutiques.

⁵ Convention de Recherche & Développement n° 2017-CRD-11.

■ Recherche et analyse bibliographique

La présente expertise repose principalement sur une analyse de la littérature scientifique internationale sur les effets biologiques et sanitaires liés à une exposition aux champs électromagnétiques dans les bandes de fréquences utilisées par les technologies 5G. Pour ce faire, une recherche bibliographique a été menée prenant en compte différentes sources de données :

- publications issues de l'équation de recherche bibliographique implémentée par le groupe de travail ;
- publications issues de la bibliographie du rapport intermédiaire du rapport de l'Anses (Anses, 2019)⁶ ;
- publications issues de la bibliographie de la revue de Simko et Mattsson (Simko et Mattsson, 2020)⁷ ;
- publications transmises par les membres du comité de dialogue « radiofréquences et santé ».

La recherche bibliographique a été réalisée sur la période qui s'étend de janvier 2012 à juillet 2020. Certaines études clés, parues de juillet 2020 à mars 2021 ont également été incluses lorsqu'elles ont été jugées pertinentes et de qualité satisfaisante. Les moteurs de recherche utilisés lors de cette expertise sont *Scopus*⁸ (<http://www.scopus.com/home.url>) et *PubMed*⁹.

Les documents pris en compte dans l'expertise sont des articles et des revues scientifiques publiés en langue anglaise ou française dans des revues à comité de lecture, sans préjuger de leur facteur d'impact.

Les experts du groupe de travail ont analysé et discuté collectivement les articles recensés. Chaque article a été sélectionné à partir de son titre et de son résumé afin d'évaluer sa pertinence par rapport à la question traitée. Les articles retenus ont ensuite été analysés en détail par deux experts et un troisième expert, compétent pour évaluer la qualité du système d'exposition, a complété l'analyse critique de chaque article. Ces analyses ont alors été discutées en réunions plénières, afin d'évaluer collectivement le niveau de qualité méthodologique de la publication.

Lors de l'analyse des publications, les experts ont exclu celles qui présentaient des faiblesses méthodologiques majeures, comme par exemple des facteurs de confusion trop importants non pris en compte ou des systèmes d'exposition inadéquats.

■ Évaluation du niveau de preuve d'un effet sanitaire ou biologique donné

La méthode générale d'évaluation du niveau de preuve d'un effet sanitaire, utilisée dans le cadre de cette expertise, a fait l'objet d'une mise en œuvre courante à l'Anses et d'évolutions depuis plusieurs années. On en trouvera des présentations détaillées dans les rapports

⁶ Rapport intermédiaire de l'Anses relatif à l'exposition de la population aux champs électromagnétiques liée au déploiement de la technologie de communication « 5G » et aux effets sanitaires associés, Anses, 2019.

⁷ « 5G Wireless Communication and Health Effects—A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz », Int J Environ Res Public Health. 2019 Sep; Simko et Mattsson.

⁸ *Scopus* est un outil permettant d'effectuer des recherches dans une base de données bibliographiques scientifiques pluridisciplinaire répertoriant notamment des publications biologiques, médicales mais aussi relatives aux sciences humaines et sociales.

⁹ *PubMed* est un moteur de recherche centré sur les publications du domaine médical et biologique.

d'expertise consacrés aux radiofréquences et à la santé (Anses, 2013)¹⁰, à la santé des enfants exposés aux radiofréquences (Anses, 2016)¹¹, ou encore aux effets de l'exposition aux champs électromagnétiques basses fréquences (Anses, 2019)¹².

Les résultats des études considérées par les experts du groupe de travail comme utiles à l'évaluation des effets sanitaires des technologies 5G sont présentés de manière succincte pour chaque effet étudié.

Pour un effet sanitaire donné, toutes les études disponibles sur des modèles animaux sont considérées et, à l'aide d'un arbre de décision, les éléments de preuve apportés au lien entre l'exposition à la 5G et l'effet considéré sont déterminés. Suite à cette analyse, les niveaux de preuve des effets sont qualifiés en 4 catégories :

- éléments de preuve suffisants pour conclure à l'existence d'un effet ;
- éléments de preuve limités pour conclure à l'existence d'un effet ;
- les éléments de preuve disponibles ne permettent pas de conclure à l'existence ou non d'un effet ;
- les données disponibles ne montrent pas d'effet.

■ **Caractérisation des expositions**

Pour caractériser l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis par les technologies 5G, l'expertise collective s'est principalement appuyée sur une synthèse des données publiées dans la littérature scientifique, et en particulier le rapport produit par l'ANFR (ANFR, 2020).

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES

3.1. Conclusions du CES et du groupe de travail

3.1.1. Déploiement de la 5G et cadre normatif

■ **Déploiement**

La Corée du Sud est le premier pays au monde, en avril 2019, à avoir déployé la 5G dans la bande 3,5 GHz, avec un taux de couverture de sa population en 5G annoncé aujourd'hui de l'ordre de 90 %. Les autres pays ont entamé le déploiement de la 5G à des rythmes différents et selon des stratégies propres.

Le plan d'action de la Commission européenne prévoyait un lancement commercial coordonné de la 5G en 2020. Les tensions internationales, notamment entre la Chine et les États-Unis, ainsi que les demandes de report d'une partie de la population et du monde politique (pétitions, demandes de moratoire, recours, etc.) ont pu contribuer à ralentir la mise en place des réseaux au sein de l'Union européenne (UE).

En France, des recours déposés au Conseil d'État pour s'opposer à la procédure d'attribution des nouvelles fréquences pour la 5G ont été rejetés en décembre 2020.

¹⁰ Rapport d'expertise collective « Radiofréquences et santé », mise à jour de l'expertise, Anses, 2013.

¹¹ Rapport d'expertise collective « Exposition aux radiofréquences et santé des enfants », Anses, 2016.

¹² Rapport d'expertise collective « Effets sanitaires liés à l'exposition aux champs électromagnétiques basses fréquences », Anses, 2019.

Les enchères se sont déroulées en octobre 2020, et les premières offres commerciales à destination du public ont été proposées en novembre de la même année. Au 31 janvier 2021, les bandes de fréquences concernées sont 700 MHz (Free Mobile), 2 100 MHz (Bouygues Telecom, Orange et SFR) et 3,5 GHz (les 4 opérateurs).

■ Valeurs limites d'exposition

Concernant l'exposition du public à la téléphonie mobile (antennes-relais et téléphones mobiles), de nombreux pays du monde et notamment la plupart des pays de l'Union européenne, dont la France, appliquent les lignes directrices de la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (Icnirp, 1998)¹³ en matière de limitation de l'exposition aux champs électromagnétiques. Toutefois, un certain nombre de pays d'Europe appliquent des limites plus basses par rapport aux limites recommandées par le Conseil de l'UE (Belgique, Bulgarie, Croatie, Grand-Duché de Luxembourg, Grèce, Italie, Lituanie, Pologne et Slovénie). Les réglementations diffèrent par les valeurs limites proprement dites, en fonction de la fréquence, des lieux où celles-ci s'appliquent, des procédures de contrôle et éventuellement des puissances ou des PIRE (puissance isotrope rayonnée équivalente)¹⁴ minimales en-dessous desquelles les limites ne s'appliquent pas.

L'Icnirp a publié une mise à jour de ses lignes directrices pour la limitation de l'exposition aux radiofréquences en 2020¹⁵. Les niveaux de référence (champ électrique) aux fréquences utilisées en téléphonie mobile varient entre 36,4 V/m à 700 MHz à 61 V/m à 2,6 GHz.

3.1.2. Controverse publique liée au déploiement de la 5G

Une analyse exploratoire de la controverse publique liée au déploiement de la 5G est exposée dans le rapport d'expertise ; elle s'appuie en grande partie sur des données et analyses issues de deux rapports de recherche (Demortain et Féron, 2020¹⁶ ; Demortain 2021¹⁷) réalisés au sein du Laboratoire interdisciplinaire sciences innovations sociétés (Lisis – UMR CNRS, Inrae et Université Gustave Eiffel).

La 5G n'est pas une technologie mobile comme les autres. C'est un assemblage d'évolutions techniques et d'évolutions d'usages qui prêtent à controverse. Ces évolutions sont en effet présentées dans les discours des promoteurs de la 5G comme des avancées sur les plans technique, économique et sociétal. Tout autrement, elles se chargent d'autres significations lorsqu'elles investissent la scène publique. Ici, elles prennent place dans les débats comme des sources de préoccupation notamment sur les plans sanitaire, environnemental, économique ou encore politique.

¹³ ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Published in: Health Physics 74 (4):494-522; 1998.

¹⁴ La puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) correspond à la puissance, dans la direction de l'antenne où l'émission est maximale, qu'il faudrait appliquer à une antenne isotrope pour obtenir le même champ électrique dans cette direction.

¹⁵ ICNIRP guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Published in: Health Physics 118(5): 483–524; 2020. Published ahead of print in march 2020: Health Physics 118(00):000–000; 2020.

¹⁶ « Les risques du déploiement. L'émergence d'une controverse sur la 5G en France », Demortain et Féron, Lisis, 2020.

¹⁷ « La couverture médiatique du problème de la 5G en France. Une analyse quantitative », Demortain, 2021.

Trois sources de données ont été mobilisées pour décrire la controverse : une série d'entretiens avec des acteurs impliqués à différents niveaux dans la controverse, des documents émanant de ces différents organismes et personnes ou d'autres entités impliquées dans le dossier, et portant sur la 5G ou sur la controverse, et enfin différents corpus médiatiques (presse, réseaux sociaux, vulgarisation scientifique).

L'analyse de ces corpus fait ressortir quelques spécificités majeures de cette controverse sur la 5G. Tout d'abord le caractère pluridimensionnel de la contestation publique. Trois dimensions sont visées par la critique : (1) le système technique lui-même dont les propriétés intrinsèques font l'objet de controverse en tant que sources de risques éventuels ; (2) le processus de prise de décision, avec la dénonciation d'un déploiement lancé en l'absence de consultation citoyenne et d'évaluation experte des risques ; (3) la dimension sociétale du programme, vis-à-vis duquel les opposants manifestent leur scepticisme, aussi bien sur le plan des usages que de l'efficacité énergétique.

Si la controverse sur la 5G se greffe sur celle plus globale autour des champs électromagnétiques, dont elle ne représenterait qu'une étape ultérieure après celles des antennes-relais, du Wi-Fi et des compteurs Linky, elle s'en écarte néanmoins par l'irruption de la dimension écologique. À la question des risques sanitaires s'est ajoutée celle d'une consommation d'énergie et d'une exploitation des ressources préjudiciables pour l'environnement.

Cette controverse a aussi un caractère éminemment public. Celui-ci est soutenu aussi bien par la couverture médiatique du sujet 5G que par des formes de mobilisations collectives qui se développent dans l'espace public numérique et qui engagent une multitude d'acteurs et suscitent des prises de position politiques.

Mais surtout, l'analyse de diverses arènes médiatiques (la presse et les réseaux sociaux) donne à voir la dimension politique de cette controverse. À la question des risques, pour la santé et pour l'environnement, la contestation y associe celle de la possibilité de choisir – ou de refuser – le déploiement de la technologie en question.

Cette question du libre choix ne peut par ailleurs être réduite au seul déploiement de la 5G, dans la mesure où cette technologie est souvent présentée – autant par ses défenseurs que par ses opposants – comme une étape vers un programme plus vaste de numérisation généralisée de la société. Avec la technologie 5G, c'est un type de société qui est en cause, la société du tout numérique et du tout connecté, avec ses implications en matière de saturation des espaces de vie par un cumul d'expositions aux champs électromagnétiques, de consommations énergétiques accrues par la multiplication des usages, mais aussi de surveillance généralisée. La source de la conflictualité en matière de 5G, tient donc probablement au fait que de nombreux publics ont le sentiment de se voir imposer tous ces changements sans possibilité de choix ou de participation à leur construction.

3.1.3. Évaluation des effets sanitaires éventuels liés au déploiement de la 5G

Les conclusions des travaux d'expertise sont présentées ci-dessous en considérant séparément les questions spécifiques à chacune des trois bandes de fréquences concernées par le déploiement de la technologie 5G en France : d'une part les fréquences déjà utilisées par les technologies de téléphonie mobile 3G et 4G (bandes 700, 800, 1 800 et 2 100 MHz), et d'autre part les nouvelles bandes exploitées spécifiquement pour la 5G : les fréquences autour de 3,5 GHz (3,4 GHz à 3,8 GHz) et celles autour de 26 GHz.

Aucun résultat d'étude scientifique s'intéressant aux effets éventuels sur la santé de l'exposition aux champs électromagnétiques spécifiquement dans ces nouvelles bandes de fréquences prévues pour la 5G n'est actuellement disponible. Le groupe de travail s'est donc appuyé, pour cette expertise, à la fois sur les données bibliographiques existantes dans des bandes de fréquences plus larges, et sur les résultats d'expertises menées dans des bandes de fréquences voisines. Les expertises menées par l'Anses au cours des précédentes années sur les effets éventuels liés à l'exposition aux radiofréquences (notamment dans la bande de fréquences 8,3 kHz – 2,5 GHz) indiquent que les seuls effets avérés (lien de cause à effet démontré) des radiofréquences sont des effets thermiques, c'est-à-dire liés à l'échauffement des tissus biologiques.

■ **Effets sur la santé du déploiement de la 5G dans les bandes comprises entre 700 et 2 100 MHz**

Pour étudier les effets sanitaires éventuels de l'exposition aux technologies 5G dans la bande 700-2 100 MHz, le groupe de travail s'est appuyé sur les expertises précédentes de l'Anses portant sur les effets sanitaires des champs électromagnétiques radiofréquences (Anses, 2013 et 2016) et sur des rapports d'expertises internationaux récents.

Quelles sont les sources de données disponibles ?

En France, le déploiement de réseaux mobiles utilisant les technologies 5G dans les bandes de fréquences comprises de 700 à 2 100 MHz s'est concrétisé¹⁸ à l'automne 2020, donc après le début des travaux de la présente expertise. L'Anses ayant déjà produit, à plusieurs reprises, des travaux d'expertise concernant les effets sanitaires des champs électromagnétiques couvrant ces fréquences, le groupe de travail s'est appuyé sur les expertises précédentes de l'Anses publiées récemment (Anses, 2013 et 2016), ainsi que sur des rapports d'expertises publiés récemment par des organismes étrangers et internationaux.

Que peut-on dire de l'exposition à la 5G à ces fréquences ?

A priori, compte tenu des données techniques dont le groupe de travail a eu connaissance, concernant les infrastructures et le fonctionnement des réseaux mobiles 5G, les niveaux d'exposition dans l'environnement liés aux émissions des antennes relais, dans des conditions identiques (densité d'utilisateurs, trafic, etc.) devraient peu varier, que les antennes émettent des signaux 3G, 4G ou 5G (cf. chapitre 4.3 du rapport d'expertise).

Quels effets sanitaires éventuels ont été étudiés et évalués ?

Dans la littérature scientifique et les travaux d'expertise, les principaux effets sanitaires de l'exposition aux champs électromagnétiques recherchés et évalués chez l'humain dans cette bande de fréquences sont : le risque de cancer, les modifications du fonctionnement cérébral (cognition, mémoire, activité électrique), l'impact sur la baisse de la fertilité ou encore certains symptômes évoqués dans l'électrohypersensibilité.

Chez l'animal, les effets étudiés concernent principalement le cerveau (comportement, cognition, mémoire), le stress oxydant, la génotoxicité et la cancérogenèse. Enfin, les études

¹⁸De nombreuses demandes d'installation ou modification d'antennes ont été déposées à cette période auprès de l'ANFR, pour des émissions 5G dans les bandes de fréquences 700 ou 2 100 MHz.

in vitro sur des cellules issues de tissus animaux, parfois humains, sont focalisées surtout sur la mort cellulaire par apoptose, le stress oxydant et la génotoxicité.

Le déploiement de la 5G à ces fréquences présente-t-il un risque pour la santé ?

Les résultats des expertises précédentes conduites par l'Anses concernant les effets sanitaires de l'exposition aux radiofréquences (bande 8,3 kHz– 2,5 GHz) sont pertinents pour la 5G déployée dans la bande 700 - 2 100 MHz, bien qu'aucune étude n'a été identifiée par le groupe de travail concernant spécifiquement la fréquence de 700 MHz. Par ailleurs, les niveaux d'exposition dans l'environnement seront vraisemblablement comparables entre la 5G et les précédentes technologies de téléphonie mobile pour les fréquences de 700 à 2 100 MHz.

Les rapports institutionnels étrangers publiés depuis les dernières expertises de l'Anses concernant ces fréquences ne mettent pas en évidence de lien de causalité entre l'exposition aux champs électromagnétiques émis par les technologies mobiles et l'apparition d'effets sanitaires¹⁹.

■ Effets sur la santé du déploiement de la 5G dans la bande 3,5 GHz

Pour la bande de fréquences autour de 3,5 GHz, le groupe de travail a fait le constat qu'il existait seulement un très petit nombre de publications scientifiques étudiant des effets sanitaires éventuels dans cette gamme de fréquences. De ce fait, la possibilité d'utiliser les résultats d'études obtenus à des fréquences voisines a été étudiée. Une réflexion concernant l'impact de la fréquence sur les réponses physiologiques et biologiques chez l'humain et l'animal dans les bandes de fréquences proches de la téléphonie mobile (900 MHz- 2,5 GHz, pour lesquelles il existe une littérature conséquente) a ainsi été menée. Les conclusions du groupe de travail concernant les effets sanitaires éventuels des expositions aux champs électromagnétiques dans la bande autour de 3,5 GHz s'appuient ainsi sur ces deux types de données : les quelques études scientifiques disponibles (bande 3,5 GHz) et la réflexion sur l'impact de la fréquence sur des effets biologiques ou physiologiques observés (bande 900 MHz- 2,5 GHz).

Existe-t-il des données d'exposition à la 5G dans cette bande de fréquences ?

Le réseau de téléphonie mobile 5G dans la bande de fréquences autour de 3,5 GHz est ouvert commercialement depuis peu en France (1 594 sites au 31 janvier 2021²⁰), l'exposition aux champs électromagnétiques qui en résulte n'est donc pas représentative aujourd'hui de ce qu'elle sera lorsque de nombreux utilisateurs seront connectés.

Des simulations ont cependant été menées (ANFR, 2020)²¹ afin d'évaluer le niveau de champ moyen en divers environnements, comme en milieu urbain par exemple. Compte tenu de l'hypothèse émise concernant l'évolution des flux de données échangées, fondée sur une extrapolation de la consommation 4G actuelle, le niveau d'exposition moyen au champ

¹⁹ On pourra se reporter aux rapports d'expertise publiés par l'Anses sur les effets des radiofréquences pour une définition des termes utilisés (Anses, 2013).

²⁰<https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-cartes/deploiement-5g/observatoire-du-deploiement-5g-fevrier-2021.html>.

²¹ « Evaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques 5G. Volet 2 : premiers résultats de mesures sur les pilotes 5G dans la bande 3400 – 3800 MHz ». ANFR, avril 2020.

électrique serait de l'ordre de 1,5 V/m (ANFR, 2020). Ce niveau est comparable à celui du réseau 4G actuel, en particulier en raison d'un meilleur débit de la 5G (notamment grâce à des faisceaux directifs). Néanmoins, ces simulations montrent que le nombre de points atypiques (exposition aux champs électromagnétiques supérieure à 6 V/m) pourrait augmenter par rapport à la 4G (de 0,6 à 1,1 %).

Des mesures effectuées dans divers pays (notamment en Corée et au Royaume-Uni) où la 5G est déjà implémentée tendent à confirmer les valeurs de ces simulations, mais ces mesures sont encore peu nombreuses. Par exemple, en Corée du Sud, où la 5G est déployée depuis plusieurs mois, en zone urbaine dense, le champ électrique le plus élevé a été mesuré à 2,1 V/m, bien en dessous de la valeur limite d'exposition réglementaire fixée à cette fréquence à 61 V/m.

Pour ce qui concerne le cumul des expositions aux différentes technologies 3G, 4G et 5G en France, des résultats de simulations (ANFR, 2020) dans différents scénarios de déploiement de la 5G montrent, dans le cadre de ces hypothèses, que l'introduction de la 5G provoque une augmentation limitée de l'exposition moyenne aux champs électromagnétiques, qui passerait de 1,3 V/m à 1,7 V/m²².

Quelles données sur d'éventuels effets sanitaires sont disponibles dans cette gamme de fréquences dans la littérature scientifique ?

La littérature scientifique ne fournit pas suffisamment d'études à 3,5 GHz ou dans des fréquences voisines (seulement 5 études et dans des domaines très disparates) pour pouvoir procéder à une évaluation du niveau de preuve d'effets sanitaires éventuels à cette fréquence spécifique.

En matière d'effets sanitaires, peut-on adapter à la fréquence de 3,5 GHz les connaissances disponibles aux fréquences inférieures à 2,5 GHz ?

- ▶ *Existe-t-il une différence notable concernant l'absorption d'énergie électromagnétique (notamment en ce qui concerne la profondeur de pénétration) à 3,5 GHz par rapport aux systèmes mobiles sans fil de générations précédentes (par exemple 2G-4G) ?*

La profondeur de pénétration d'un champ électromagnétique dans le corps est plus faible à 3,5 GHz qu'aux fréquences inférieures utilisées par les technologies mobiles actuelles. À titre d'exemple, à 3,5 GHz, la profondeur de pénétration est réduite d'environ 40 % par rapport à 900 MHz. Par ailleurs, en raison des longueurs d'onde plus courtes à 3,5 GHz, l'hétérogénéité de la répartition de la puissance absorbée dans les tissus pourrait être plus importante.

Dans le cas d'une exposition locale du corps (à des sources proches, par exemple un téléphone mobile), la variabilité de l'absorption due aux variations des paramètres influant sur l'exposition (modèles de téléphones, distance d'utilisation, à la tête, près du tronc ou des membres, contrôle adaptatif de la puissance du téléphone, etc.) est *a priori* plus importante que celle liée à la différence de fréquences. Cependant, peu d'études dosimétriques proposant une analyse fine de l'exposition des différents tissus aux champs électromagnétiques émis par les téléphones mobiles dans la bande de fréquences autour de 3,5 GHz sont disponibles à ce jour.

²² La valeur limite d'exposition à 3,5 GHz est fixée réglementairement à 61 V/m.

- ▶ *Existe-t-il des différences concernant les signaux radiofréquences des systèmes 5G à 3,5 GHz par rapport aux précédents systèmes mobiles sans fil (par exemple 2G-4G) qui pourraient avoir une conséquence sur les interactions avec le corps ?*

Les caractéristiques des signaux radiofréquences utilisés par la technologie 5G sont complexes, mais similaires à celles des signaux de la technologie 4G. Cependant, le rôle éventuel de l'intermittence des signaux radiofréquences utilisés par les communications mobiles sur les interactions biophysiques, intermittence qui dépend du mode de transmission et de la gamme de fréquences, mériterait d'être mieux étudié.

- ▶ *L'existence d'effets biologiques parfois observés est-elle liée à la fréquence des champs électromagnétiques ?*

Le groupe de travail a tenté de répondre à la question de savoir si dans la gamme de fréquences proches de 3,5 GHz (845 à 2 450 MHz), il pourrait exister un lien entre la fréquence porteuse des champs électromagnétiques et l'apparition d'effets biologiques. À partir d'une bibliographie regroupant des articles ayant étudié au moins deux fréquences et montrant un effet biologique des radiofréquences, les études ciblant des effets cellulaires et moléculaires tendent souvent à montrer que l'intensité des effets augmente avec la fréquence. Par contre, les études sur les effets comportementaux et neurophysiologiques chez l'animal ou chez l'Homme ne montrent pas de lien entre la fréquence et l'existence des effets étudiés. Il existe donc une incertitude quant au rôle de la fréquence sur l'apparition d'effets biologiques et physiologiques chez l'Homme.

Le déploiement de la 5G dans la bande 3,5 GHz présente-t-il un risque pour la santé ?

À ce jour, les données disponibles n'ont pas permis de conclure quant à l'existence d'effets sanitaires associés à des fréquences utilisées par les technologies mobiles actuelles. Il paraît difficile d'extrapoler les résultats d'études scientifiques obtenus à des fréquences différentes, même proches, pour en tirer des conclusions sur les effets biologiques, physiologiques, comportementaux et *a fortiori* sanitaires potentiels dans la bande de fréquences autour de 3,5 GHz.

Néanmoins, compte tenu

- des données disponibles sur les effets sanitaires dans des bandes de fréquences pour lesquelles la profondeur de pénétration est du même ordre de grandeur que dans la bande de fréquences autour de 3,5 GHz, et
- des premières données d'exposition disponibles dans les pays où la 5G est déjà déployée dans la bande 3,5 GHz ne montrant pas, à l'heure actuelle, d'augmentation importante de l'exposition moyenne de la population liée au grand nombre de sources de champs électromagnétiques,

le groupe de travail considère qu'il est peu vraisemblable, à ce stade, que le déploiement de la 5G dans la bande de fréquences autour de 3,5 GHz constitue un nouveau risque pour la santé.

Cependant, l'intermittence des signaux des technologies sans-fil pourrait influencer l'ensemble des réponses biologiques. Ceci n'a été jusqu'à présent que peu investigué, et reste un questionnement dans l'évaluation des risques sanitaires.

■ Effets sur la santé du déploiement de la 5G dans la bande de fréquences autour de 26 GHz

En l'absence de données d'exposition et de travaux scientifiques sur les effets sanitaires éventuels dans la bande des fréquences de la 5G situées autour de 26 GHz, le groupe de travail a considéré toutes les publications utilisant des fréquences entre 18 et 100 GHz.

Quelles sources de données dans la bande de fréquences autour de 26 GHz ?

Concernant l'exposition, aucune donnée d'exposition dans la bande de fréquences autour de 26 GHz n'est aujourd'hui disponible, le déploiement d'applications 5G étant encore à l'état de projet. Le groupe de travail a cependant engagé une réflexion sur les caractéristiques possibles des futures expositions aux systèmes 5G dans la bande de fréquences autour de 26 GHz, afin de formuler une première appréciation qualitative de l'exposition probable dans cette bande de fréquences (cf. question suivante).

Concernant les effets sanitaires éventuels, il n'existe pas à ce jour de travaux publiés visant à examiner les effets de la 5G dans la bande 26 GHz. C'est pour cette raison que le groupe de travail a considéré une bande de fréquences élargie, de 18 à 100 GHz. Les données recueillies sont ainsi très disparates en matière de fréquences, de technologies et de types d'effets étudiés.

Quelles hypothèses peut-on formuler sur les expositions futures aux systèmes 5G dans la bande de fréquences autour de 26 GHz ?

L'exposition aux champs électromagnétiques liés aux applications 5G dans la bande 26 GHz se différencie de celle des autres bandes de fréquences (700 MHz à 3,5 GHz) par une profondeur de pénétration des ondes de l'ordre du millimètre, ce qui conduit à une exposition des couches superficielles de la peau ou de l'œil. L'analyse prédictive des données expérimentales et de simulations concernant l'exposition à des sources lointaines (distances de plusieurs mètres entre la source et la personne) montre que les densités de puissance absorbées au niveau de la peau ou de l'œil seront faibles et n'occasionneront que de très faibles élévations de température (de l'ordre du millième de degré Celsius).

Concernant l'exposition à des sources proches (par exemple les téléphones mobiles), les simulations électromagnétiques réalisées sur le couplage entre la tête ou les mains et les antennes miniatures intégrées laissent présager que les niveaux d'exposition en champ proche seront inférieurs à ceux des technologies 3G/4G.

L'ensemble de ces résultats devra être confirmé par exemple par les données expérimentales issues des 14 sites d'expérimentation que l'Arcep²³ a autorisés sur une période de 3 ans et dont les premiers retours sont attendus d'ici à 2022.

Quels sont les effets sanitaires étudiés dans la bande autour de 26 GHz (18 à 100 GHz) ?

La littérature scientifique disponible a principalement étudié les effets sur la peau, l'œil, les membranes, le système nerveux central et les cellules issues de divers tissus humains ou animaux (peau, neurones, cornée...).

²³ Arcep : Autorité de régulation des communications électroniques des Postes et de la distribution de la Presse).

► *Peau*

Les études disponibles sont trop diverses et trop peu nombreuses pour conclure à un effet sanitaire de la gamme de fréquences 18 – 100 GHz sur la peau humaine. Ces études ne montrent pas d'effet génotoxique, mais l'une d'elles observe une aneuploïdie²⁴. Aucun effet global sur le transcriptome n'a été détecté, mis à part un effet transitoire (de l'ordre de quelques heures) sur la quantité de transcrits de quelques gènes impliqués dans la réponse des cellules au stress. L'interprétation de ces résultats est très délicate.

► *Œil*

Les travaux effectués sur des lignées cellulaires de cornée et de cristallin ne montrent pas d'effet de l'exposition aux radiofréquences à 40 et 60 GHz. Une étude *in vivo* sur les lapins montre des effets thermiques sur la cornée lors d'une exposition, mais à une très forte puissance²⁵ (10 à 600 mW/cm²).

► *Système nerveux central*

Sur la base d'études orientées pour l'essentiel sur les effets antidouleurs éventuels des radiofréquences (42, 60 et 94 GHz) et leurs mécanismes, les données disponibles (une étude chez l'Homme) ne permettent pas de conclure à l'existence ou non d'un effet sur la nociception ou l'analgésie. De plus, les données *in vitro* sur des neurones en culture de plusieurs espèces animales ne permettent pas de conclure quant à un mécanisme particulier. À noter que les effets éventuels des ondes millimétriques sur le système nerveux central ou périphérique peuvent être envisagés par la stimulation des terminaisons nerveuses situées au niveau de la peau, des effets qui restent à démontrer.

► *Effets génotoxiques*

Quatre études *ex vivo* ont étudié l'exposition à des champs électromagnétiques avec des fréquences entre 25 et 60 GHz de lignées cellulaires humaines (fibroblastes, cellules du cristallin, cellules de la cornée) et de leucocytes de rat. Ces études n'ont pas permis de détecter d'effet génotoxique. Néanmoins, une étude déjà citée dans la section « Peau » a détecté des aneuploïdies dans les fibroblastes exposés aux radiofréquences. Les éléments de preuve disponibles ne permettent pas de conclure à l'existence ou non d'un effet.

► *Effets sur les membranes*

Les études menées sur les membranes cellulaires sont trop peu nombreuses et trop hétérogènes pour conclure à l'existence ou non d'un effet biologique. Cependant, les travaux sur membranes artificielles²⁶ dans des bandes de fréquences entre 52 et 78 GHz mettent en évidence des modifications à la fois structurales et fonctionnelles (changement structural des phospholipides et de l'ordre des molécules d'eau liées à l'interface ; déplacement de la température de transition de phase).

Etant donné les résultats des études existantes sur les membranes artificielles, l'augmentation de la perméabilité membranaire observée sur une lignée cellulaire et l'importance des

²⁴ État d'une cellule qui présente un nombre anormal de chromosomes.

²⁵ à comparer à la valeur limite de 1 mW/cm².

²⁶ Membranes artificielles vs membranes cellulaires : les membranes artificielles sont des modèles simplifiés de membranes.

membranes dans les fonctions cellulaires, le CES considère que les effets des champs électromagnétiques sur les membranes présentent un niveau de preuve limité.

Le déploiement de la 5G dans la bande 26 GHz présente-t-il un risque pour la santé ?

À l'heure actuelle, les données ne sont pas suffisantes pour conclure à l'existence ou non d'effets sanitaires liés à l'exposition aux champs électromagnétiques dans la bande de fréquences autour de 26 GHz.

3.2. Recommandations du CES et du groupe de travail

Le CES, s'appuyant sur le rapport d'expertise préparé par le groupe de travail « 5G », et notamment ses conclusions et recommandations, formule les recommandations suivantes en matière d'études et de recherche.

■ Études visant à améliorer la caractérisation des expositions

Considérant que :

- il existe très peu de données d'exposition liées aux antennes relais et aux téléphones mobiles en situation réelle ;
- seuls des indicateurs d'exposition fondés sur des simulations numériques sont actuellement disponibles ;
- ces indicateurs n'ont pas été jusqu'à présent validés ou infirmés par des mesures sur le terrain faute de déploiement du réseau 5G ;

le CES recommande de :

- procéder à des mesures d'exposition due au téléphone mobile en situation d'usage réel dans les différentes bandes prévues pour le déploiement de la 5G ;
- évaluer des situations d'exposition maximale en particulier lors de l'implantation de nouvelles stations de base de téléphonie mobile ;
- réaliser des campagnes de mesure pour chiffrer l'augmentation des niveaux de champ électromagnétique liée à un nombre important d'utilisateurs connectés simultanément au réseau 5G ;
- mettre en place un programme de surveillance de l'exposition aux champs électromagnétiques afin de suivre les niveaux d'exposition actuels et futurs notamment dans des situations où la 5G se superposera aux signaux 3G/4G pré-existants.

■ Études expérimentales chez l'Homme et chez l'animal

S'agissant des bandes 700 MHz, 2,1 GHz et 3,5 GHz :

Considérant que :

- il existe très peu de publications qui ont examiné les effets biologiques ou sanitaires des ondes électromagnétiques dans ces bandes de fréquences sur des modèles cellulaires *in vitro*, chez l'animal ou chez l'Homme ;
- les ondes de fréquence 3,5 GHz ont une plus faible pénétration dans les tissus que celles de fréquences plus basses ;

Le CES recommande :

- de réaliser des études ciblant les effets biologiques, physiologiques ou comportementaux, notamment dans les domaines de la cancérogenèse, du fonctionnement cérébral (ex : cognition, mémoire, activité électrique), de la fertilité ou encore de l'électrohypersensibilité en particulier dans la bande 3,5 GHz dans des situations d'exposition chronique ou aiguë ; pour l'étude des risques à long terme chez l'Homme, il faudra favoriser des études longitudinales ;
- de promouvoir des études sur des cellules en culture et des organoïdes afin de mesurer des paramètres tels que la viabilité cellulaire et la génotoxicité. Il serait intéressant d'utiliser des approches « omiques » globales sans hypothèse ciblée (transcriptome, protéome, métabolome, ...).

► S'agissant de la bande de fréquences autour de 26 GHz :

Considérant que :

- peu d'études se sont intéressées à la bande 26 GHz ;
- la faible pénétration des ondes et le dépôt d'énergie localisé en surface dans cette bande de fréquences ;

le CES recommande de :

- réaliser de nouvelles études dans la bande de fréquences 26 GHz dans des situations d'exposition chronique ou aiguë ;
- d'analyser les effets biologiques et sanitaires chez l'animal en ciblant les organes les plus exposés, par exemple, la peau ou l'œil ;
- promouvoir les études sur les effets des ondes sur la flore cutanée qui fait partie du système immunitaire et contribue à la bonne santé de la peau et de l'organisme en formant une barrière protectrice contre les germes pathogènes ; d'étudier la réponse immunitaire adaptative ; d'étudier le micro-environnement cellulaire ;
- réaliser des études approfondies pour relier les observations sur des membranes artificielles aux observations faites sur des cellules ;
- promouvoir des études sur des modèles *in vitro* (de la peau, de la cornée, de la conjonctive, ...) afin de mesurer des paramètres tels que la viabilité cellulaire et la génotoxicité. Il serait intéressant d'utiliser des approches « omiques » globales sans hypothèse ciblée (transcriptome, protéome, métabolome, ...) ;
- analyser chez l'Homme et/ou sur modèle animal les effets à long terme des radiofréquences sur le système nerveux (comportement, neurophysiologie, nociception).

De plus, pour l'ensemble des bandes de fréquences considérées, la question des éventuels effets biologiques qui pourraient être liés à l'intermittence des signaux de certaines technologies sans-fil requiert davantage d'études avec des méthodes de qualité rigoureuse (par exemple incluant un groupe contrôle « effet thermique » simple).

Par ailleurs, le CES préconise la réalisation d'études prenant en compte les co-expositions de quelque nature que ce soit, et mentionne qu'au-delà de la question des effets sanitaires chez l'Homme, il pourrait être intéressant d'étudier les effets éventuels des radiofréquences sur la faune et la flore.

Enfin, de façon générale, le CES souligne qu'il serait souhaitable d'encourager la réalisation d'études et d'évaluations d'éventuels effets et impacts sanitaires préalablement au déploiement de nouvelles technologies.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

Dans le contexte du déploiement, au niveau national, de la technologie de 5^e génération (5G) pour les échanges de communications et de données par ondes électromagnétiques dans la gamme des radiofréquences, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a été saisie par les ministères en charge de la santé, de l'environnement et de l'économie pour la réalisation d'une expertise sur l'exposition aux champs électromagnétiques et les effets sanitaires associés. La nature des travaux demandés a mobilisé simultanément les compétences de l'Agence nationale des fréquences (ANFR) et de l'Anses.

De ce fait, la réponse se matérialise sous la forme de plusieurs documents complémentaires de l'Anses et de l'ANFR :

- deux rapports de l'ANFR : le premier étant une présentation générale de la 5G abordée sous l'angle de l'exposition des personnes (ANFR, 2019) ; le second donnant des premiers résultats de mesures d'exposition effectuées pendant les expérimentations pilotes 5G (ANFR, 2020) ;
- un rapport préliminaire de l'Anses, publié le 27 janvier 2020, qui avait recensé les études disponibles portant sur les effets sanitaires éventuels liés à l'exposition aux champs électromagnétiques dans les bandes 3,5 GHz et 26 GHz, et le rapport en support au présent avis, qui évalue le niveau de preuve associé aux effets étudiés dans la littérature scientifique.

Par ailleurs, l'Anses rappelle qu'elle mène dans la durée, et actualise périodiquement, ses expertises sur les liens entre l'exposition aux radiofréquences et la santé, en particulier dans le cadre de leur utilisation pour la téléphonie et les terminaux mobiles. Les dernières expertises de référence sur le sujet sont l'actualisation de 2013 (Anses, 2013) pour la population générale, le rapport de 2016 (Anses, 2016) spécifique à l'exposition aux radiofréquences et à la santé des enfants. À cet égard, l'agence souligne qu'elle a entamé une expertise pour actualiser l'état des connaissances sur le lien éventuel entre l'exposition aux champs électromagnétiques et la survenue de cancers.

Les travaux existants menés par l'Anses sur les effets liés à l'exposition aux radiofréquences (notamment dans la bande de fréquences 8,3 kHz – 2,5 GHz) indiquent que les seuls effets sanitaires avérés, c'est-à-dire conduisant à l'identification d'un lien de cause à effet démontré au sens du poids des preuves, sont les effets thermiques, liés à l'échauffement des tissus biologiques. L'agence rappelle que ces effets servent donc, en l'état des connaissances, de base à la définition des valeurs limites d'exposition réglementaires pour la protection des populations. Elle mentionne de plus que, dans ses avis et rapports précédents, elle avait recommandé des études et investigations complémentaires pour certains types d'effets, qu'elle pourra être amené à ré-examiner en fonction de l'avancée des connaissances.

Sur un plan méthodologique et pour la présente expertise, l'Agence a évalué le poids des preuves associé aux effets sanitaires liés à l'exposition aux ondes électromagnétiques dans les bandes de fréquences d'intérêt à partir des publications recueillies dans la littérature scientifique.

L'Anses endosse les conclusions et recommandations du GT « 5G » et du CES « Agents physiques et nouvelles technologies ».

S'agissant des trois bandes de fréquences d'intérêt pour le déploiement actuellement envisagé des technologies 5G, l'agence note en particulier les points suivants.

Pour le déploiement de la technologie 5G dans des bandes de fréquences d'ores et déjà utilisées par les technologies 3G et 4G, à savoir comprises entre 0,7 et 2,1 GHz, l'agence constate que les niveaux d'expositions sont peu documentés, mais que les travaux à ce jour, en particulier menés par l'ANFR, conduisent à estimer que les niveaux d'exposition seront vraisemblablement comparables entre la 5G et les technologies précédentes. S'agissant des effets sanitaires, seuls des effets thermiques sont avérés, associés à des niveaux d'exposition élevés qui ne se rencontrent pas dans les usages courants des technologies mobiles. L'examen d'autres effets potentiels (cancer, fonctionnement cérébral, fertilité, électrohypersensibilité,...) continue de faire l'objet de travaux de recherche et d'évaluation. Dans l'état actuel des connaissances, les différents rapports publiés depuis les dernières expertises de l'Anses ne mettent pas en évidence d'autres liens de causalité entre l'exposition aux champs électromagnétiques émis par les technologies mobiles et l'apparition d'effets sanitaires.

S'agissant de la bande de fréquences autour de 3,5 GHz, les niveaux d'exposition documentés, également peu nombreux, proviennent des travaux de l'ANFR (simulation, mesures sur sites expérimentaux) et de quelques données à l'étranger où la technologie est déployée. Ces éléments mettent en évidence des augmentations limitées des niveaux d'exposition, qui restent en tout état de cause très inférieurs aux valeurs limites réglementaires. En l'absence de données scientifiques suffisantes, déjà soulignée dans le rapport préliminaire de l'Anses de 2020, aucune évaluation du niveau de preuve sur le lien entre exposition et effets sanitaires éventuels n'a été possible dans cette bande de fréquences. De ce fait, l'expertise a examiné les adaptations possibles à partir des données existantes à d'autres fréquences. Les experts ont jugé difficile d'extrapoler à cette bande de fréquences les conclusions antérieures sur les effets biologiques, physiologiques, comportementaux et *a fortiori* sanitaires. Cependant, au vu de l'ordre de grandeur comparable de la profondeur de pénétration des champs électromagnétique dans le corps, d'une part, et de la non mise en évidence d'augmentation importante de l'exposition moyenne, d'autre part, ils ont considéré qu'il était peu vraisemblable que le déploiement de la 5G dans la bande de fréquences autour de 3,5 GHz constitue un nouveau facteur de risque pour la santé.

S'agissant enfin de la bande de fréquences autour de 26 GHz, les données existantes un peu plus nombreuses que pour la bande 3,5 GHz résultent de travaux très variés, dont aucun n'est spécifique aux radiofréquences pour une utilisation de type transferts de données à l'instar de la 5G. De ce fait, les investigations menées ont été élargies aux publications portant sur une large gamme de fréquences de 18 à 100 GHz. L'agence note que l'exposition dans cette bande, qui n'est pas encore exploitée à l'heure actuelle pour l'expérimentation ou le déploiement de la 5G, va concerner des couches plus superficielles de l'organisme, et que les simulations disponibles laissent présager des niveaux d'exposition faibles. Ces éléments seront à confirmer dans le cadre de mesures accompagnant les expérimentations 5G dans la bande de fréquences considérée. Pour les différents effets étudiés (peau, œil, système nerveux central, génotoxicité, perméabilité des membranes), il n'existe pas d'éléments permettant de conclure, positivement ou négativement, sur les effets sanitaires, distincts des effets thermiques précédemment mentionnés, qui seraient associés à l'exposition aux

radiofréquences dans la bande 26 GHz, à l'exception d'un niveau de preuve limité pour l'effet sur les membranes cellulaires.

Il ressort donc des conclusions relatives aux différentes bandes de fréquence – pour des raisons différentes compte tenu de la disponibilité des données – que la situation en matière de lien entre exposition aux radiofréquences et effets sanitaires pour les fréquences d'intérêt pour le déploiement de la technologie 5G est, en l'état des connaissances, comparable aux bandes utilisées par les générations précédentes.

Par rapport à la poursuite des travaux sur les autres familles d'effets dont l'investigation doit être poursuivie, l'expertise menée a conduit à identifier quelques points d'attention spécifiques : la question du rôle éventuel de l'intermittence des signaux utilisés par les communications mobiles sur les interactions biophysiques mériterait d'être mieux étudiée ; de même que le niveau de preuve limité sur la perméabilité des membranes cellulaires nécessiterait, lui aussi, d'être investigué par rapport aux conditions d'exposition et des éventuelles conséquences biologiques.

À cet égard, l'Anses met en exergue les recommandations à la fois nombreuses et structurées des experts pour que soient menées des études et travaux relatifs, tant à la caractérisation des expositions qu'à celle des liens entre exposition et effets par des études expérimentales chez l'Homme et chez l'animal. Ces études et travaux sont nécessaires pour progresser, de manière spécifique dans les différentes bandes de fréquences d'intérêt, en prenant notamment en compte les particularités de l'exposition des couches superficielles caractéristique de la bande 26 GHz.

Au vu des résultats apportés par ces études, et plus largement des productions nouvelles de connaissances scientifiques sur les liens entre exposition aux radiofréquences et effets sanitaires, l'Anses pourra faire évoluer son avis ou engager de nouvelles expertises.

Dans l'immédiat, l'Agence a souhaité mener une consultation publique sur le présent avis et le rapport associé, principalement dans la perspective de recueillir des données et commentaires éventuels. Cette consultation est à la fois motivée par l'intérêt sociétal pour le sujet et la possible émergence rapide de données nouvelles compte tenu du déploiement commercial ou expérimental engagé de la technologie 5G.

L'analyse et l'exploitation des retours de cette consultation seront menées selon le même processus d'expertise que celui mis en œuvre pour l'élaboration du rapport et pourra donner lieu, le cas échéant, à des compléments de ce document, voire le cas échéant du présent avis²⁷.

Par ailleurs et de façon générale, compte tenu notamment du peu de données spécifiques à la 5G dont elle a pu disposer pour mener son expertise, l'Anses rappelle qu'il est souhaitable que le déploiement de technologies nouvelles soit soutenu par la réalisation d'études ou un recueil documenté de la littérature des liens entre exposition et impacts sanitaires préalablement à leur déploiement.

Dr Roger Genet

²⁷ La notion d'avis et/ou de rapport complété/s renvoie à une modalité prévue dans la procédure d'expertise de l'Anses qui prévoit qu'un tel document puisse être adopté à partir d'une version antérieure, tout en garantissant la traçabilité des évolutions apportées.

MOTS-CLÉS

Technologie de communication 5G, cinquième génération, ondes millimétriques, exposition, évaluation des risques sanitaires.

5G communication technology, fifth generation, millimeter waves, exposure, risk assessment.

CITATION SUGGÉRÉE

Anses. (2021). « Exposition de la population aux champs électromagnétiques liée au déploiement de la technologie de communication « 5G » et effets sanitaires associés ». (saisine 2019-SA-0006). Maisons-Alfort : Anses 14 p.

DOCUMENT EN CONSULTATION PUBLIQUE