

Controverses sur les dangers sanitaires de la 5G :

Pour une mise en débat démocratique des choix de société technologiques.

Résumé. Non seulement la 5G ne semble répondre à aucun besoin réel, mais de nombreuses raisons justifient que l'on s'oppose au déploiement de la 5G, du fait de son impact écologique ou des risques de cybersécurité et de surveillance généralisée¹. Un argument également souvent invoqué concerne les dangers des ondes électromagnétiques pour la santé². L'existence d'un tel risque sanitaire est cependant controversée et l'autorité scientifique peut être convoquée aussi bien pour qualifier d'irrationnelle la crainte des ondes que pour démontrer leur dangerosité. Par exemple, la *Fédération Française des Télécoms* affirme de son côté que, tant que les normes internationales sont respectées, les radiofréquences ne présentent « pas de risque pour la santé »³, alors que l'association suisse *Stop5G* écrit pour sa part que « Les milieux pro-5G donnent des arguments qui ne reflètent pas l'état de la science »⁴. Pour tenter de clarifier ce que dit « la science », nous avons consulté des revues de synthèse sur le sujet ainsi qu'un certain nombre d'articles clés. Nous n'avons pas trouvé d'argument d'autorité qui aille ni dans un sens ni dans l'autre, mais au contraire beaucoup d'incertitude et de prudence quant aux conclusions. Au regard de l'urgence de s'opposer à la 5G, on peut légitimement s'interroger sur la place à donner à l'argument sanitaire parmi les autres raisons qui justifient cette opposition.

Après une brève présentation de la 5G et des arguments consensuels invoqués contre son développement, nous proposons un état de l'art sur la dangerosité des ondes. Cet état de l'art révèle l'étendue de l'ignorance scientifique actuelle sur le sujet, ignorance qui ne justifie donc ni une position rassurante, ni une certitude alarmiste. Comme dans bien d'autres domaines où la science compose avec une part d'incertitude, le cadre de réflexion et de décision devrait mêler expertise scientifique et questionnement des choix et des valeurs. La seule issue possible réside donc en une appropriation démocratique des débats scientifiques et choix de société technologiques, qui pourrait prendre la forme d'une convention de citoyen.ne.s pour décider du déploiement ou non de la 5G, et, le cas échéant, des conditions de son déploiement. Ce texte souhaite fournir des outils de compréhension en vue d'une telle appropriation. Il se focalise sur la question des dangers des ondes électromagnétiques, non pas parce qu'il s'agirait forcément de la question la plus importante concernant la 5G, mais parce qu'il nous est apparu qu'il s'agissait de la question qui faisait le plus débat et qui à ce jour était le moins bien traitée.

¹ Voir par exemple la tribune du *Shift Project* par H. Ferreboeuf et J.M. Jancovici (2020) dans *Le Monde* et l'article de M. Amiech (2020) dans *Terrestres*.

² Par exemple dans [l'appel](#) international contre la 5G : « La 5G entraînera une augmentation considérable de l'exposition au rayonnement de radiofréquence, qui s'ajoutera au rayonnement induit par les réseaux de télécommunications 2G, 3G et 4G déjà en place. Or on a déjà la preuve des effets nocifs du rayonnement de radiofréquence pour les êtres humains et l'environnement. Le déploiement de la 5G revient à mener des expériences sur les êtres humains et l'environnement, ce qui est considéré comme un crime en vertu du droit international. »

³ « FAQ – 5G et santé », 20 décembre 2019

⁴ « [5G et contre-vérités](#) », par l'association *Stop5G*

(1) Spécificités de la 5G

La 5G désigne la famille de systèmes de téléphonie mobile de 5^{ème} génération. Son déploiement commercial a déjà commencé dans certains pays (Corée du Sud, Chine, Etats-Unis, ... et dix pays en Europe, où le nombre d'utilisateurs est cependant encore très limité)⁵ tandis que la France en est au déploiement expérimental.

Un ensemble de modifications technologiques par rapport aux systèmes précédents permet d'augmenter grandement la vitesse et le volume des communications et d'en diminuer la latence, notamment par l'utilisation de nouvelles bandes de radiofréquences. Les ondes radioélectriques (ou radiofréquences) correspondent aux ondes électromagnétiques, non ionisantes⁶, utilisées pour les communications et dont la fréquence est comprise entre 8,3 kHz et 300 GHz, selon la classification de L'Union Internationale des Télécommunications (2012). Les fréquences plus élevées correspondent au début du domaine de l'infrarouge. Les téléphones mobiles actuels utilisent plusieurs bandes de fréquence entre 800 et 2600 MHz.

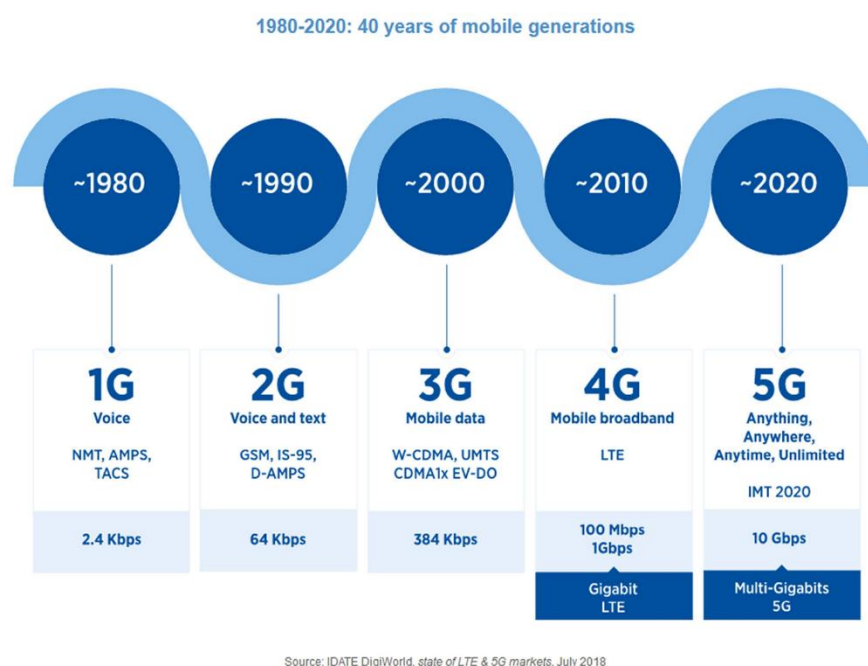


Figure 1 : cycles des générations de téléphonie mobile⁷. Kbps et Gbps indiquent le volume de données transférable par seconde (respectivement Kilobits et Gigabits par seconde).

⁵ « 5G Observatory Quarterly Report 7 », Idate Digiworld, pour la Commission Européenne (avril 2020). Voir page 18 la frise chronologique du lancement de l'exploitation commerciale dans le monde et page 19 la carte pour l'Europe.

⁶ Un rayonnement est ionisant s'il est capable de créer des ions en arrachant des électrons d'atomes de matière, créant donc des dommages dans la matière vivante traversée. Les rayonnements électromagnétiques ionisants sont les rayons gamma, rayons X et les ultraviolets extrêmes, tous de longueur d'onde inférieure à 100 nm (fréquence supérieure à 3 PHz ; le spectre de la lumière visible est entre 400 et 700 nm).

⁷ Repris de l'Agence nationale des fréquences (ANFR), 2019, « Evaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques 5G. Volet 1 : présentation générale de la 5G », p.4

La 5G prévoit d'utiliser à la fois ces bandes et des bandes de fréquences plus élevées, permettant d'augmenter la quantité d'information transmise, d'une part car ces fréquences sont plus élevées (cela correspond à une augmentation de vitesse, si l'on prend une métaphore routière), d'autre part parce que cela permet d'utiliser simultanément plusieurs bandes de fréquences car celles-ci sont plus étroites (cela correspond à augmenter le nombre de voies sur une autoroute, et donc à augmenter le trafic). Les fréquences plus élevées (longueurs d'onde plus courtes) permettent également de construire des antennes élémentaires (ou « éléments rayonnants », dont la taille est environ la moitié de la longueur d'onde) plus petites et donc d'en inclure davantage dans chaque antenne (jusqu'à 256 composantes à la fois émettrices et réceptrices, contre moins de 20 dans les antennes utilisées par la 4G LTE). La 5G combinera également les technologies mMIMO (*massive Multiple Input Multiple Output*) et la formation de faisceaux (*beam forming*) pour interagir indépendamment avec chaque utilisateur⁸. En France, l'attribution d'une première bande de fréquence est prévue⁹ autour de 3,5 GHz, donc juste un peu plus élevée que les fréquences actuelles. Les gains de performance les plus élevés ne sont attendus que pour une bande de fréquence autour de 26 GHz, pour laquelle des expérimentations ont été autorisées mais dont l'attribution n'est pas encore programmée en France. La longueur d'onde sera alors de quelques centimètres, ce qui signifie une portée réduite et un rayonnement stoppé par le moindre obstacle (feuille d'arbre par exemple), nécessitant de multiplier les mini-antennes relais toutes les centaines de mètres et réservant donc son usage aux fortes densités urbaines. L'utilisation de satellites de basse altitude permettant une couverture plus large et complémentaire des antennes au sol est également encouragée par l'agence spatiale européenne¹⁰ et a commencé aux Etats-Unis (le projet *Starlink* de la compagnie *SpaceX*).

(2) Pourquoi la 5G ?

Selon le gouvernement Français, « la 5G pourrait [...] démocratiser le streaming de vidéo 3D à 360 degrés, donner accès aux utilisateurs à une large quantité de contenus vidéo avec une qualité supérieure à la très haute définition (4K, 8K...) et permettre le développement d'applications de réalité virtuelle ou augmentée »¹¹. L'argument de santé publique est également mis en avant pour des opérations chirurgicales à distance, du fait de la vitesse et de la fiabilité des communications. Il semble cependant beaucoup plus économique et plus sûr de créer des systèmes de réseaux en fibre optique dédiés à cet usage, ou, idéalement, de former et payer davantage de chirurgiens. Il est également répété partout que la 5G est nécessaire au fonctionnement des voitures autonomes. Cela n'est pas le cas, à moins de concevoir celles-ci de façon à ce que la 5G leur soit nécessaire¹². De plus, il faudrait

⁸ Pour les explications plus détaillées, voir AFNR 2019 (*op. cit.*).

⁹ La stratégie de déploiement de la 5G est fixée au niveau Européen et est régulée en France par l'[Arcep](#), l'*Autorité de régulation des communications électroniques et des postes*. Les enchères qui devaient avoir lieu en avril 2020 ont été reportées en septembre pour cause d'épidémie Covid (communiqué de presse de l'Arcep, juin [2020](#)).

¹⁰ L'Agence Spatiale Européenne et l'industrie spatiale européenne ont signifié leur intention de promouvoir la 5G satellitaire en [2017](#), mais elles n'en sont encore qu'au stade de l'appel à projet en [2020](#). Les satellites de basse altitude sont plus petits que les satellites géostationnaires, ont une durée de vie limitée et chaque satellite ne peut couvrir qu'une zone géographique restreinte et définie, nécessitant le déploiement de milliers de satellites.

¹¹ Arcep ([2018](#)) 5G, « Une feuille de route ambitieuse pour la France. », p.9

¹² O. Lefebvre ([2020](#)) « 5G and Autonomous Vehicle: deconstructing the myth »

aussi discuter collectivement de la nécessité ou non de développer le véhicule autonome, en raison de sa contribution à la catastrophe écologique en cours¹³.

La futilité des « besoins »¹⁴ mis en avant pour justifier la 5G (ou leur malhonnêteté, comme pour ce qui concerne la voiture autonome ou la chirurgie à distance) contraste avec les coûts d'investissement colossaux estimés (500 milliards d'euros en Europe¹⁵). Ces coûts ont peu de chances d'être pris entièrement en charge par les entreprises de téléphonie mobile, qui peinent déjà à rentabiliser les investissements en cours dans les réseaux 4G¹⁶ – à moins d'une forte augmentation du prix des abonnements, cependant limitée par la capacité financière des utilisateurs. On peut dès lors s'interroger sur la véritable motivation des gouvernements, notamment européens, à promouvoir le développement de la 5G et leur volonté d'y investir massivement de l'argent public. Sans doute est-ce parce que ce développement se ferait « *au bénéfice de la croissance et de l'emploi dans toutes les entreprises* »¹⁷. La 5G est en effet supposée contribuer au développement massif de « *l'internet des objets* »: des milliards¹⁸ d'objets connectés dont, là encore, l'intérêt est discutable: ainsi, des réfrigérateurs intelligents informés et informant de leur contenu, ou encore des appareils de surveillance physiologique¹⁹. Ces objets ont vocation à multiplier les quantités de données sur les personnes (notamment par la systématisation des caméras à reconnaissance faciale²⁰, très gourmandes en volumes de données) et nourrir des systèmes basés sur l'« *intelligence artificielle, qui permet de transformer les données brutes en instrument de compétitivité* »²¹. La rationalité de la 5G (si elle existe, au-delà de la logique aveugle de l'innovation technologique pour l'innovation) serait donc de relancer une fois de plus la croissance économique indispensable à la survie du système capitaliste. Les géants du web, Google ou Amazon, ont tout à la fois la capacité financière nécessaire pour développer la 5G et la possibilité de retirer d'énormes bénéfices de la production massive de nouveaux objets « connectés » via le contrôle et la marchandisation du *big data*²². La promesse pour l'emploi, en

¹³ Atelier d'écologie politique de Toulouse (2019) « Lettre aux chercheurs, financeurs, industriels et aficionados du véhicule autonome », [Le Monde](#)

¹⁴ Le 1^{er} juillet au Sénat, Sébastien Soriano, président de l'Arcep, concédait qu'il ne savait pas à quoi servirait la 5G. Mais qu'une fois installée on inventerait bien des usages (cité par Sébastien Gavois pour [NextImpact](#), 2020).

¹⁵ C. Blackman & S. Forge (2019), pour la Commission de l'industrie, de la recherche et de l'énergie du Parlement Européen : « 5G Deployment », *ITRE : European Parliament*, p.6

¹⁶ G. Roussilhe (2020) « La controverse de la 5G », p.7. La synthèse de Roussilhe constitue un complément particulièrement utile au présent texte.

¹⁷ Arcep (*op. cit.*) p.4

¹⁸ L.A. Cholez (2019) *La 5G ignore les enjeux écologiques* ([Reporterre](#))

¹⁹ L.A. Cholez (2019) *Plongée dans l'univers de la 5G : merveille ou cauchemar ?* ([Reporterre](#)). A noter que tous ces objets connectés n'utiliseraient pas forcément la 5G, ou pas directement : les objets ménagers comme le réfrigérateur seraient plutôt connectés à la borne wifi locale. L'argument de l'internet des objets est-il fallacieux comme celui de la voiture autonome ? La 5G serait cependant requise pour gérer les « millions de connexions » entre les objets (ANFR 2019, *op.cit.*) ; en augmentant le débit, elle permettrait également de faire circuler plus facilement sur internet les données des objets connectés, par exemple la vidéo en direct de sa tarte dans le four...

²⁰ La crise du coronavirus ayant créé l'opportunité de promouvoir son usage, par exemple pour l'[Eurostar](#), afin d'éviter les contacts – dans une logique de thérapie du choc numérique.

²¹ Arcep (*op. cit.*) p.4

²² Il n'y a guère de doute sur la collusion d'intérêt entre les entreprises technologiques et les gouvernements : N. Klein (2020) « Screen New Deal: Under Cover of Mass Death, Andrew Cuomo Calls in the Billionaires to Build a High-Tech Dystopia », *The Intercept*. C'est bien sûr le cas également pour le capitalisme d'Etat chinois.

revanche, risque fort de ne pas être tenue, car le développement conjoint de la 5G et de l'intelligence artificielle promet justement de remplacer le travail par des machines.

(3) Impacts écologiques de la 5G

Le consensus international fixé par les Nations Unies lors des Accords de Paris en 2015, et qui oriente la politique économique européenne et française, fixe un objectif de diminution de 40 % des émissions territoriales de CO₂ en 2030 et la neutralité carbone en 2050, afin de tenter de contenir le réchauffement climatique en dessous de 2°C. Un tel objectif n'est atteignable que si tous les secteurs économiques diminuent leur impact carbone. Le numérique est déjà responsable d'environ 3,7 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES). Or ce secteur a une croissance annuelle de 9 % en énergie et de 8 % en GES²³, ce qui correspond à un doublement respectivement tous les 8 ou 9 ans. L'analyse du cycle de vie montre qu'environ la moitié des émissions sont produites lors de la fabrication des appareils numériques. Est-ce que le développement de la 5G est compatible avec une réduction de l'empreinte CO₂ du numérique ?

Ses promoteurs mettent en avant une meilleure efficacité énergétique de la 5G. En effet, ce système permet aux antennes émettrices de communiquer avec chaque utilisateur et de diffuser les informations demandées uniquement dans la direction de chaque utilisateur, et donc d'utiliser moins d'énergie. Cet argument est discutable car le gain d'efficacité à l'utilisation sera plus que contrebalancé par la nécessité de nouvelles infrastructures de réception et d'émission : il faudra renouveler les portables et les antennes relais, prévues à terme par millions dans le monde²⁴. Surtout, et comme toujours, les éventuels gains d'efficacité seront compensés par un effet rebond, causé par les nouveaux objets connectés qui induiront de nouveaux usages ainsi que l'intensification des usages existants : la multiplication du débit permettra de télécharger un film HD en quelques secondes sur son smartphone. Cette nouvelle performance augmentera évidemment le trafic et donc la consommation d'internet, les vidéos en ligne en représentant déjà plus de la moitié²⁵.

Certains défenseurs d'une croissance « verte » proposeront de n'utiliser que des sources d'électricité « décarbonée » pour le développement de l'économie numérique, grâce à des investissements massifs dans les énergies renouvelables. Cette proposition ne tient pas la route pour au moins trois raisons. (1) Malgré la croissance des énergies dites renouvelables, on n'a jamais consommé autant d'énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) qu'en 2019. Chaque nouvelle source d'énergie s'ajoute aux précédentes sans les remplacer : l'histoire des énergies est une histoire d'addition²⁶. (2) Les énergies renouvelables sont loin d'être décarbonées car elles nécessitent des ressources massives pour leur construction – notamment en béton et en acier, qui émettent du CO₂ lors de leur fabrication (quelle que soit la source

²³ Chiffres du *Shift Project* cités par Roussilhe (*op. cit.*), p.18

²⁴ Roussilhe (*op. cit.*), p.26

²⁵ Roussilhe (*op. cit.*) indique pour la vidéo un chiffre de 60 % du trafic mobile en 2016, en augmentation (p.7), et 80% du trafic internet mondial, d'après une étude de 2019 de *GreenIT* (p.19).

²⁶ Voir notamment l'analyse de J.B. Fressoz, résumée dans cette chronique au *Monde* (2018). La difficulté majeure est celle du découplage entre croissance économique et empreinte écologique, comme expliqué par F. Briens, T. Parrique et V. Liegey dans cette tribune du *Monde* (2019).

d'énergie utilisée)²⁷. (3) Même si le cours de l'histoire changeait (grâce à une action politique volontariste, ou à un basculement des investissements qui restent jusqu'à présent fidèles aux ressources fossiles), les questions d'énergie et de CO₂ ne sont pas les seules questions écologiques : l'extraction de ressources minières (comme le cuivre, les « terres rares » ou même le sable) nécessaires à la fabrication des appareils numériques et au déploiement des énergies renouvelables ont des impacts directs sur la biodiversité, contribuant à la 6^{ème} extinction des espèces actuellement en cours. Elles ont également des impacts terribles²⁸ sur les populations ayant la malchance de vivre près des mines, sans oublier les tensions foncières créées par le déploiement des champs d'éoliennes et de panneaux solaires, ou les conflits d'usage autour de l'eau.

(4) Risques informatiques de la 5G

Le déploiement de la 5G est associé à des risques de sécurité informatique. Ce risque est reconnu par les promoteurs de la 5G. Il a été mis en avant en Europe et aux Etats-Unis dans la bataille économique²⁹ contre le chinois Huawei avec un risque supposé de contrôle des données, voire une peur de prise de contrôle informatique de tous les objets connectés et de cyber-terrorisme. Le risque est également économique, si une grande partie de l'économie se met à dépendre d'objets connectés dont la fabrication est réalisée par des acteurs étrangers. La peur de l'hégémonie chinoise semble en fait utilisée de façon stratégique par les gouvernements européens et états-uniens pour promouvoir la recherche et les investissements dans la 5G, comme si une 5G basée sur une technologie européenne ou occidentale était forcément vertueuse (on en a eu pourtant l'illustration contraire avec Facebook et Cambridge Analytica). Le besoin de 5G n'est pas questionné, s'effaçant devant la « nécessité » de rentrer dans la compétition. Le déploiement de la 5G n'est en fait absolument pas inéluctable, en tout cas en France ou en Europe. Que la 5G se déploie en Chine, en Corée ou aux Etats-Unis ne devrait avoir aucune incidence sur notre territoire. En quoi cela nous concernerait-il que les citoyens de ces pays puissent télécharger des films en quelques secondes, s'abrutir d'immersion 3D ou que leurs nombreuses données personnelles soient exploitées ? L'argument de « si ce n'est pas nous, d'autres le feront » ne tient pas la route.

Un autre risque informatique du déploiement de la 5G, celui-ci mis en avant par ses détracteurs, est celui d'un contrôle et d'une surveillance encore plus renforcée des personnes³⁰. Les informations de consommation horaire d'électricité transmises par les compteurs Linky ont suscité un fort mouvement de résistance contre cette intrusion dans la vie privée, même si les données transmises sont sans commune mesure avec celles transmises par les smartphones, les cartes bancaires et l'usage d'internet, en particulier celui – volontaire et involontaire – des réseaux sociaux. La multiplication des objets connectés et générateurs de données nous ferait entrer dans une nouvelle dimension permettant toutes les dérives déjà envisagées dans les ouvrages de science-fiction. Et, contrairement

²⁷ L'atelier d'écologie politique avait abordé ces questions lors d'un séminaire (2019). Voir également C. Bataille, « Low and zero emissions in the steel and cement industries », OECD (2019).

²⁸ V. Kolinjivadi & A. Kothari (2020) No Harm Here is Still Harm There: The Green New Deal and the Global South. Voir également l'[Atlas de justice environnementale](#).

²⁹ Résumée par exemple dans cet article de L. Minamo dans *Bastamag* (2019).

³⁰ L.A. Cholez (2019) *Avec la 5G, demain, tous surveillés* (Reporterre)

aux réseaux sociaux, dont on peut encore en principe s'abstenir (en principe seulement, car en réalité les pressions sociales à leur utilisation est souvent trop forte pour pouvoir y résister, par exemple chez les adolescent-e-s), il est prévu que les objets connectés deviennent obligatoires pour un nombre grandissant d'usages, notamment pour des questions de « sécurité » (par exemple, la quasi obligation de smartphones pour des opérations bancaires, du fait de la directive européenne DSP2 requérant une « vérification forte » et qui devrait s'appliquer en France au plus tard en 2022 ; la prochaine étape est sans doute la reconnaissance faciale systématique) ; ou, tout simplement, l'impossibilité d'acheter des objets neufs non connectés.

(5) Risques sanitaires de la 5G

Les ondes électromagnétiques de la 5G sont-elles dangereuses pour la santé ? La réponse est simple, formulée en 2019 autant par l'agence de santé française (Anses)³¹ que par des experts mandatés par la Commission de l'industrie, de la recherche et de l'énergie du Parlement Européen³², deux organismes peu susceptibles de militantisme anti-ondes : on n'en sait rien. Une conséquence logique serait de ne pas déployer la 5G tant que des études de nocivité ne sont pas faites (études d'ailleurs demandées par ces deux organismes) en vertu du principe de précaution (principe cardinal du droit européen de l'environnement, mais dont l'application est ambiguë du fait de sa pondération par le « coût économiquement acceptable » – sachant que le non déploiement de la 5G ne représenterait pas un coût mais des économies dans un premier temps, et un éventuel manque à gagner pour certains acteurs dans un second temps).

Pourtant, des déploiements expérimentaux sont déjà en cours, avec 22 sites autorisés en France dès 2018³³. La justification de ces essais est l'impossibilité de prédire les niveaux d'exposition de la 5G, du fait de la complexité des systèmes d'émission et du développement continu de leurs modalités technologiques³⁴. Quant aux effets physiologiques éventuels spécifiques aux nouvelles fréquences utilisées et à leur modalité d'émission, on ne peut évidemment guère les étudier si on ne connaît même pas les expositions physiques. Cependant, de nouvelles études sur d'éventuels effets physiologiques ne seraient pas nécessaires, d'après des défenseurs de la 5G³⁵, car, affirment-ils, des « milliers

³¹ Anses (2019) « Exposition de la population aux champs électromagnétiques liée au déploiement de la technologie de communication « 5G » et effets sanitaires associés. » Ce rapport préliminaire conclut à « un manque important voire à une absence de données scientifiques sur les effets biologiques et sanitaires potentiels liés aux fréquences autour de 3,5 GHz ».

³² Blackman & Forge (*op. cit.*): « *One aspect, for example, that is not well understood today is the unpredictable propagation patterns that could result in unacceptable levels of human exposure to electromagnetic radiation* » (p.6).

³³ Arcep (*op. cit.*). L'Arcep met à jour la liste des [expérimentations](#) 5G, et le site officiel [cartoradio](#) de l'AFNR a une carte interactive répertoriant toutes les antennes, dont les antennes 5G en expérimentation.

³⁴ Blackman & Forge (*op. cit.*): « *While the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) issues guidelines for limiting exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (EMF), and EU member states are subject to Council Recommendation 1999/519/EC which follows ICNIRP guidelines, the problem is that currently it is not possible to accurately simulate or measure 5G emissions in the real world* » (p.12).

³⁵ Par exemple la [Fédération Française des Télécoms](#) « FAQ – 5G et santé », 20 décembre 2019.

d'études »³⁶ existent déjà, et tant que les normes internationales sont respectées (exposition inférieure à 61 V/m), les radiofréquences ne présentent « *pas de risque pour la santé* »³⁷. Il suffirait donc, toujours selon eux, de se borner à vérifier, lors de ces expérimentations, que les nouvelles installations ne dépassent pas ces normes. Un tel argument est-il valide ?

Les dangers que représentent les ondes électromagnétiques pour les organismes vivants dépendent de leurs interactions possibles avec ceux-ci. Ces interactions varient en fonction de l'intensité du champ électromagnétique et de la fréquence des ondes (ainsi que potentiellement de la modulation du signal dans le temps), et dépendent de la forme, taille et structure physico-chimique de l'organisme vivant, ainsi que de ses mécanismes biologiques et physiologiques. Pour l'exposition dans l'espace public, la réglementation ne retient qu'un seul critère : le niveau d'intensité doit être inférieur à 61 V/m, car, lorsqu'ils sont exposés à de fortes intensités, les tissus biologiques humains peuvent s'échauffer au-delà des capacités physiologiques de régulation thermique, du fait de l'agitation des molécules d'eau par les ondes (c'est le principe du fonctionnement du four à micro-ondes, dont la fréquence est de 2,45 GHz) :

Normes réglementaires de l'exposition aux radiofréquences.

La mesure physique de l'intensité du champ électromagnétique ne permet pas de connaître l'échauffement d'un tissu biologique. Celui-ci dépend des caractéristiques biologiques et physiologiques très précises des tissus, du fait de leur teneur différente en eau, et les réactions varient en fonction de la fréquence. « Entre 100 kHz et 10 GHz, les ondes sont plus ou moins pénétrantes et sont transformées, pour l'essentiel, en chaleur. C'est le débit d'absorption spécifique (DAS [...]) qui rend compte de l'énergie absorbée/dissipée sous forme de chaleur dans l'organisme par unité de temps et de masse. » (Anses 2019, *op. cit.*, page 72). L'estimation du DAS est basée sur des modélisations fines du corps humain. Signalons que, pour la 5G, dans la bande de fréquence de 26 GHz, le DAS ne sera plus la bonne mesure : « la pénétration des ondes dans l'organisme est très limitée entre 10 GHz et 300 GHz. Les effets sont donc essentiellement surfaciques. Le DAS est alors remplacé par la densité superficielle de puissance (DSP) ». Le DAS est la mesure réglementaire retenue par l'ICNIRP (voir note 37) pour limiter l'exposition aux rayonnements non-ionisants. Le DAS est indirectement lié à l'intensité du champ car « cette énergie est proportionnelle au carré de la valeur efficace du champ électrique appliqué » (il s'agit de la « valeur crête », exprimée en V/m), mais l'énergie dépend du temps d'exposition. Puissance (en V/m) et énergie thermique (DAS) ne sont donc pas équivalentes. Pour la réglementation française, « les valeurs limites sont de 41 V/m pour la téléphonie mobile 2G de type GSM 900, 58 V/m pour la 2G de type GSM 1800 et 61 V/m pour la téléphonie 3G de type UMTS. » (Anses 2013, page 451). Il s'agit de valeurs de références, plus faciles à contrôler, qui sont censées garantir que les valeurs de DAS ne sont jamais dépassées. Leur calcul étant basé sur des simulations et des données dépendant de technologies spécifiques, il doit être révisé en fonction des nouvelles technologies. L'ICNIRP a publié ses nouvelles recommandations en mars 2020, mais qui ne peuvent que partiellement intégrer les nouvelles technologies 5G pour lesquelles on ne dispose guère encore de données expérimentales.

³⁶ Chiffre mentionné dans un article « [Les décodeurs](#) » du *Monde*, citant l'Organisation mondiale de la santé : « Les connaissances scientifiques acquises dans ce domaine sont désormais plus complètes que celles que l'on possède sur la plupart des produits chimiques ». *Le Monde* laisse entendre, à tort, que cette citation concerne la 5G. Cette citation est surtout à remettre dans le contexte de l'absence ou quasi absence d'études de nocivité concernant la plupart des centaines de milliers de produits chimiques jusqu'à la lente et insuffisante mise en place du programme REACH en 2007.

³⁷ *Fédération Française des Télécoms, op.cit*, qui cite l'ICNIRP (note 34), l'institution qui fixe les normes en la matière. L'ICNIRP n'est pourtant pas une agence internationale de santé mais une ONG, et elle fait l'objet de suspicions de conflits d'intérêts, y compris par le Conseil de l'Europe en 2011 (Roussilhe, *op. cit.* page 37). L'Organisation Mondiale pour la Santé base ses recommandations sur celles de l'ICNIRP.

La littérature scientifique sur les effets possibles des radiofréquences a également cherché à savoir si des rayonnements d'intensité inférieure à 61 V/m, et ne générant guère d'effet thermique, pouvaient néanmoins avoir des effets néfastes sur la santé³⁸. Répondre à la question de la dangerosité de la 5G demande donc de répondre à trois questions :

(1) Est-ce que l'exposition va rester en-dessous de la norme réglementaire de 61 V/m ? (2) Est-ce que les études scientifiques ont démontré l'absence d'effets sanitaires des radiofréquences émises par l'usage de la téléphonie mobile 2G, 3G et 4G ? (3) Est-ce que ces résultats sont généralisables à la 5G ?

(5.1) Intensité des champs radiofréquences des systèmes 5G

La bande de fréquence 3,5 GHz est en cours d'expérimentation en France et les premières mesures d'exposition aux antennes relais ont été publiées en avril 2020³⁹ par l'Agence Nationale des Fréquences (ANFR), l'organisme chargé par l'Etat de l'autorisation des émetteurs et de la vérification de leur conformité réglementaire.

Dans ce court rapport, l'ANFR explique les difficultés de mesure car « *contrairement aux technologies précédentes, l'exposition aux ondes créées par les antennes relais de la téléphonie mobile est susceptible de varier en fonction de l'emplacement des utilisateurs en communication et de leurs usages* ». En l'absence d'usagers, l'ANFR publie quelques mesures obtenues lorsqu'une antenne émet en direction d'un seul appareil de réception, en faisceau bloqué continu ou pour du téléchargement à la demande. L'exposition atteint 6 à 9 V/m en faisceau bloqué pour trois des six sites testés, et 4 à 8 V/m sur les trois sites testés avec téléchargement continu. Rien ne semble exclure cependant que des niveaux d'exposition plus élevés, voire dépassant les 61 V/m, puissent être observés avec des appareils ou configurations différentes, y compris en utilisant le même protocole de mesure. L'ANFR indique en effet que leurs tests ont été réalisés « *sans pour autant que toutes les fonctionnalités possibles de la 5G y aient été implémentées* », et que le standard 5G est « *très ouvert* », avec « *une très grande flexibilité dans le choix des nombreux paramètres caractérisant le signal* ».

L'ANFR remarque également que le signal 5G se caractérise par des niveaux beaucoup plus élevés de *modulation* que les signaux précédents, c'est-à-dire que les amplitudes maximales instantanées du signal sont beaucoup plus élevées que le niveau moyen⁴⁰. Or les mesures sont moyennées sur six minutes, suivant la réglementation en vigueur. La mesure de signal moyen de la 5G ne devrait donc pas nécessairement être interprétée de la même façon que celle du signal moyen de la 3G ou 4G. Cette question de la mesure est fondamentale, car toute norme réglementaire se base sur des chiffres ; or ici, les chiffres ne reflètent plus la même réalité physique, parce que la nature du signal est modifiée. La mesure moyenne masque ce changement de nature du signal, et le changement de technologie correspond donc à une modification réglementaire de fait mais non reconnue. Nous proposons ci-

³⁸ Voir par exemple le rapport de l'Anses (2013) sur « Radiofréquences et santé ».

³⁹ ANFR (Avril 2020) « Premiers résultats de mesures sur les pilotes 5G dans la bande 3400- 3800 MHz »

⁴⁰ ANFR (2019, *op.cit.*). La 5G utilise la modulation mutliplexée du type OFMDA (*orthogonal frequency division multiple access*), qui « consiste à transmettre simultanément des signaux sur plusieurs porteuses différentes ce qui résulte en de fortes variabilités des niveaux instantanés du fait d'interférences constructives et destructives ».

dessous des pistes de réflexion pour tenter de comprendre les raisons et éventuelles limites des méthodes de mesure proposées par l'AFNR.

Contrairement aux antennes précédentes, les antennes 5G n'émettent pas en continu mais en fonction des interactions avec les objets connectés. Les faisceaux directionnels ne sont par ailleurs jamais continus, car ils doivent balayer l'ensemble d'un secteur. Une exposition en conditions réelles devrait donc être inférieure à celle d'un faisceau bloqué. L'AFNR propose donc pour la 5G d'appliquer un facteur de réduction par rapport à la puissance maximale théorique des antennes. Ce facteur correspond à l'envoi d'un Go de données toutes les six minutes, pour un temps de transfert autour de quinze secondes (4 % du temps, donc 4 % de la puissance maximale). L'AFNR propose d'utiliser ce facteur de réduction pour fixer les périmètres de sécurité lors d'installation d'antennes 5G, au lieu de la puissance crête (maximale), comme actuellement. La mesure moyenne sur six minutes, à l'intérieur d'un bâtiment, serait alors entre 1 et 2 V/m à 100 m de l'antenne, très comparable à ce qui serait obtenu pour la 4G en appliquant la même méthodologie (avec un facteur de diminution de seulement 40% de la puissance maximale, pour tenir compte des variations sur 6 min beaucoup plus faibles que pour la 5G⁴¹). Ce niveau est en outre proche des niveaux d'exposition mesurés en conditions réelles en France, en majorité inférieurs à 1 V/m et très rarement au-dessus de 6 V/m⁴².

Le résultat des mesures se veut donc rassurant, mais on ne peut s'empêcher de questionner l'arbitraire des paramètres choisis pour refléter les conditions réelles, et la signification du changement de mesure réglementaire proposé (*estimation* de l'exposition réelle au lieu de la *mesure* de l'exposition maximale). La moyenne sur 6 minutes correspond à l'estimation de la constante de temps physiologique pour la diffusion de chaleur au sein des tissus⁴³. La valeur de référence est censée garantir que jamais les valeurs dangereuses d'absorption de chaleur ne soient atteintes, même en cas de « pire scénario » d'utilisation. « 1 Go de données toutes les 6 minutes » correspond-il vraiment au « pire scénario », ou bien à une évaluation superficielle de ce que pourrait être une exposition moyenne ? De simples calculs de coin de table suggèrent que les mesures effectuées dans cette étude correspondent à des niveaux de 20 à 50 V/m durant le temps où le téléphone reçoit effectivement les données⁴⁴. L'AFNR indique également que, pour la 4G, la mesure concerne uniquement la direction principale de l'antenne, le champ étant plus faible en dehors. Pour la 5G et ses faisceaux orientables,

⁴¹ Les variations de champ sont typiquement inférieures à 30% au cours de la journée (AFNR 2020, *op. cit.*, page 31).

⁴² Afsset (2009) « Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences »

⁴³ La définition de la durée de référence (6 min) est en outre l'objet de nombreuses études scientifiques, par exemple celle de Foster, K. R., et al. (2018. Thermal analysis of averaging times in radio-frequency exposure limits above 1 GHz. *IEEE Access*, 6, 74536-74546), qui tentent de modéliser quelle est la meilleure façon de moyenniser le signal, en fonction de la fréquence et de l'irrégularité, afin d'estimer au mieux les effets thermiques physiologiques (voir encart « Normes réglementaires de l'exposition aux radiofréquences »). Cette étude, basée sur des modélisations, insiste bien que ces calculs ne concernent que les effets thermiques.

⁴⁴ On peut ainsi recalculer les valeurs du Tableau 6, où l'exposition moyenne sur 6 min (360 s) est de 0,2 V/m en absence de téléchargement, de 0,5 V/m pour 150 Mo téléchargés en 2 s, ou 0,8 V/m pour 500 Mo téléchargés en 7 s. L'exposition moyenne correspond respectivement à $((360 - 2) * 0,2 + x_1 * 2) / 360 = 0,5$ et $((360 - 7) * 0,2 + x_2 * 7) / 360 = 0,8$, soit une exposition de $x_1 = 54,2$ V/m pendant 2 s et $x_2 = 31,1$ V/m pendant 7 s. Pour les deux autres sites testés (tableau 7 et 8), on peut atteindre respectivement des valeurs atteignant 25,3 V/m pendant 19 s pour 1 Go et 21 V/m pendant 7 s pour 500 Mo. Correction (avril 2021) : la taille du fichier est en fait proportionnelle au carré du champ électrique (c'est-à-dire la puissance moyenne).

le champ serait aussi élevé dans toutes les directions. Ceci questionne donc la possibilité d'extrapoler les résultats de cette étude aux conditions d'exposition réelle, où s'ajouteraient toutes les réflexions sur les bâtiments et le sol générées par des signaux envoyés vers des utilisateurs multiples⁴⁵. Sans compter que l'exposition, mesurée dans une largeur de bande de 100 MHz, pourrait augmenter si plusieurs opérateurs installaient des antennes proches les unes des autres, fonctionnant dans des bandes de fréquences différentes (lors des enchères prévues chaque opérateur obtiendra des licences pour des bandes spécifiques), expositions auxquelles s'ajouteraient également celles des émetteurs 3G et 4G⁴⁶, qu'il n'est pas prévu de supprimer pour l'instant.

Les considérations ci-dessus donnent l'impression désagréable que le « facteur de réduction » proposé par l'AFNR pour effectuer les mesures d'exposition lors de l'installation des futures antennes 5G, et donc fixer les distances de sécurité autour des antennes, est une méthode adaptée à la nouvelle technologie pour que celle-ci puisse rester conforme à la législation sans pour autant entraîner des distances de sécurité trop importantes (car, dans le cas contraire, cela rendrait le développement massif d'antennes dans l'espace urbain quasi impossible). La conclusion de l'étude est en effet que « les niveaux des champs mesurés sont tous très en-dessous de la valeur limite réglementaire qui est de 61 V/m dans la bande de fréquences 3,4 - 3,8 GHz. » Cette conclusion paraît abusive, car ~~nous l'avons vu, en fonction de la méthode de calcul, les valeurs peuvent se rapprocher de la limite réglementaire. Il n'y a dès lors aucune garantie que cette valeur ne soit pas aisément dépassée lors de conditions réelles.~~ On peut s'attendre en tout cas à des valeurs très supérieures à celles mesurées aujourd'hui en conditions réelles (inférieures à 2V/m)⁴⁷. Il est enfin particulièrement préoccupant que la complexité des signaux émis rende en fait très difficiles et variables les mesures réelles, et ce même une fois que le réseau sera entièrement déployé (si cela arrive un jour), et sollicité par de nombreux utilisateurs. Nous nous trouvons typiquement dans la situation de complexité technologique où « *ce que nous produisons excède notre capacité de représentation* »⁴⁸, et même notre capacité de mesure.

(5.2) Risques sanitaires de la téléphonie mobile (avant la 5G)

L'Anses a publié plusieurs synthèses de la littérature scientifique, la dernière analyse complète datant de 2013 et ayant pour objet « radiofréquences et santé ». Bien que l'objet de l'étude concerne les effets possibles de l'exposition aux champs radiofréquences, l'Anses commence par résumer les effets

⁴⁵ Voir les figures 9, 10 ou 13 de l'étude pilote pour des effets très importants des réflexions même dans les conditions expérimentales très simplifiées de l'étude : ce n'est donc pas forcément la personne téléchargeant des données qui serait la plus exposée.

⁴⁶ L. Chiaraviglio et al. (2018) Planning 5G Networks Under EMF Constraints: State of the Art and Vision, *IEEE Access*, 6, 51021-51037

⁴⁷ Que la 5G entraîne des niveaux d'exposition plus élevés que les niveaux actuels ne semble guère faire de doutes, comme le montre la polémique à Bruxelles lorsqu'il a été question d'élever les niveaux réglementaires, qui y sont de seulement 6 V/m, à 14,5 V/m, pour permettre l'expérimentation des antennes 5G (journal *L'Echo*, 29 mars [2019](#)).

⁴⁸ G. Anders (2011) *L'Obsolescence de l'homme, t. 2 : Sur la destruction de la vie à l'époque de la troisième révolution industrielle*, trad. C. David, Paris, Éditions Fario. Anders a en tête le risque nucléaire. Pour lui, « c'est uniquement parce que nous sommes incapables de représenter nos produits et leurs effets, que rien ne nous retient de fabriquer des bombes atomiques » (entretien avec F.J. Raddatz : *Die Zeit*, n°13 du 22 mars [1985](#)).

sanitaires « autres » des téléphones mobiles et liés à leur usage (page 53 du rapport). Ces effets sont parfaitement avérés : objet porteur de pathogènes ; accidents de la circulation (voiture, deux-roues et piétons) dus à des défauts d'attention, tout autant en mode « mains-libres » ; troubles liés à la demande de disponibilité accrue (stress, sommeil, dépression) ; politesse et civilité oubliées ; troubles musculo-squelettiques (inclinaison de la tête) et dangers de l'usage intensif des jeux vidéo chez les adolescents. Ce bilan n'est pas très bon et n'a jamais fait l'objet de controverses ; il n'a pourtant jamais été pris en considération par les industriels et gouvernements pour questionner le bien-fondé du développement continu des technologies mobiles.

Plusieurs séries d'études ont été consacrées aux effets possibles des radiofréquences sur la santé, à savoir aux effets non-thermiques, correspondant donc à des expositions conformes aux seuils légaux. On distinguera ici deux types d'études : les études épidémiologiques sur la population humaine, forcément rétrospectives, qui tentent de déterminer si l'utilisation du téléphone portable ou l'exposition aux antennes émettrices ont augmenté l'incidence de pathologies ; les études expérimentales portant sur des modèles biologiques (par exemple des animaux) où le facteur « radiofréquence » est contrôlé et peut être testé à des intensités plus fortes que celles auxquelles la population est exposée. La majorité de ces études s'interroge sur les risques de cancer, qui restent débattus. Une controverse a également émergé plus récemment, sur la question de l'électrohypersensibilité.

(5.2.1) Radiofréquences et cancer : études épidémiologiques

En 2016, environ 30% de la population anglaise pensait que les téléphones portables pouvaient causer des cancers⁴⁹, et des textes et pétitions circulent affirmant que le risque est démontré scientifiquement⁵⁰, contrairement à ce qu'affirment les promoteurs de la téléphonie mobile. La controverse qui agite l'arène publique ne semble pourtant guère exister dans le milieu scientifique. Le risque cancérigène y a toujours été pris très au sérieux : de très nombreuses études ont été publiées, avec des résultats parfois divergents (comme il arrive toujours en science, sans que l'on parle de controverses pour autant), et les conclusions dans les revues de synthèse comme celle de l'Anses restent très prudentes : les niveaux de preuves sont soit « insuffisants » soit « limités »⁵¹, ce qui signifie que, même si aucun risque de cancer n'a été à ce jour démontré, on ne peut pas non plus prouver l'innocuité des téléphones portables sur ce point.

L'une des principales études réalisées sur l'association entre utilisation du téléphone mobile et tumeurs est l'étude internationale *Interphone*, pilotée par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), agence spécialisée de l'Organisation Mondiale de la Santé, et finalisée en 2012⁵². Des

⁴⁹ Shahab, et al. (2018). Prevalence of beliefs about actual and mythical causes of cancer and their association with socio-demographic and health-related characteristics: Findings from a cross-sectional survey in England. *European Journal of Cancer*, 103, 308-316.

⁵⁰ Par exemple dans *L'appel international contre la 5G (op. cit.)*

⁵¹ Anses 2013 (*op. cit.*): Tableau 3 pp 18-19

⁵² <https://interphone.iarc.fr/> et The INTERPHONE Study Group (2010) Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *International Journal of Epidemiology* 39: 675-694; INTERPHONE Study Group (2011) Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Cancer epidemiology* 35: 453-464.

chercheurs de 13 pays ont interviewé 5117 patients diagnostiqués pour des tumeurs au cerveau (sur 7416 patients répertoriés entre 2000 et 2004, âgés de 30 à 59 ans) et 1105 patients pour des tumeurs (neurinomes) du nerf vestibulo-acoustique (sur 2145 répertoriés). Ils ont comparé leur usage du téléphone portable à celui d'une population témoin (ou « contrôle ») échantillonnée au hasard afin d'avoir pour chaque patient au moins un sujet contrôle sain à peu près du même âge, du même sexe et provenant de la même région (7658 personnes ont accepté de participer, sur 14354 contactées). Le résultat général est que les patients rapportent en moyenne une moindre utilisation des téléphones portables dans les années précédant leur hospitalisation que le groupe témoin (un résultat donc inverse à celui attendu si les tumeurs étaient dues à un usage plus intensif des téléphones portables). Ce résultat semble s'expliquer principalement par un biais d'échantillonnage du groupe témoin, les faibles utilisateurs de téléphone portable s'étant révélés plus réticents à accepter de participer à l'étude. Les auteurs suggèrent également que des manifestations physiologiques liées au développement des tumeurs (par exemple épilepsies ou début de surdité) avant leur diagnostic auraient pu inciter les patients à moins utiliser leur téléphone portable. Les auteurs notent que la seule exception à cette tendance générale concerne les utilisateurs les plus fréquents, un peu plus nombreux chez les patients porteurs de tumeurs cérébrales de type gliomes (mais pas de type méningiome) et de neurinomes du nerf vestibulo-acoustique que chez les témoins. Les auteurs sont prudents dans l'interprétation, notamment car les statistiques ne se basent alors que sur quelques dizaines de personnes, et que l'on n'observe aucune tendance dans ce sens pour les utilisateurs juste un peu moins fréquents (ce à quoi on s'attendrait en cas d'un effet dose/réponse classique). Ils concluent que ces résultats pourraient être dus soit au hasard, soit à un biais, soit à un effet réel. Cette conclusion modeste devrait interdire les conclusions péremptoires dans un sens ou dans l'autre⁵³.

Discussion de l'étude Interphone.

Il est important également de noter quelques limites inhérentes à ce type d'étude : (1) La grande majorité des patients avaient utilisé des téléphones portables pendant moins de 10 ans, moins d'une heure par jour. Cette étude ne dit donc rien des effets possibles d'une exposition tout au long de la vie, qui commencerait dès l'enfance, et de niveaux d'utilisation plus élevés, sachant que les tumeurs étudiées sont particulièrement longues à se développer⁵⁴. (2) Cette étude n'a testé que l'hypothèse spécifique d'effets qui seraient liés à l'intensité la plus forte des radiofréquences émises par les téléphones lors de leur utilisation, c'est-à-dire près de la tête (les utilisations avec écouteurs ont été exclues de l'analyse). L'exposition aux radiofréquences hors utilisation du téléphone ou sur l'ensemble du corps ne sont pas prises en compte. (3) Les résultats dépendent de façon critique de la constitution du groupe témoin, comme illustré ici par le biais général. (4) Le groupe témoin avait pu utiliser des combinés sans fils de téléphone fixe. Or Hardell et ses collègues, dans des études réalisées en Suède et similaires à *Interphone*, ont rapporté un risque accru de gliomes et de neurinomes du nerf vestibulo-acoustique, une fois et demi

⁵³ Par exemple dans un sens optimiste par la Fédération Française des Télécoms (*op. cit.*) ou pessimiste dans l'appel international contre la 5G (*op. cit.*). « *Similar to any oracle it tolerates diametrically opposite readings* ». Saracci, R., & Samet, J. (2010) Commentary: Call me on my mobile phone... or better not?—a look at the INTERPHONE study results. *International journal of epidemiology* 39: 695-698.

⁵⁴ « *For slow-growing tumors such as meningioma and acoustic neuroma, as well as for glioma among long-term users, the absence of association reported thus far is less conclusive because the observation period [10 years of use] has been too short.* » Ahlbom, A. et al. (2009) Epidemiologic evidence on mobile phones and tumor risk: a review. *Epidemiology* 20: 639-652, revue coécrite par l'ICNIRP (voir note 37).

à deux fois plus important, autant chez les utilisateurs de téléphones sans fil (qui utilisent des radiofréquences dans les bandes 800-900 MHz et 1900 MHz) que de téléphone portable⁵⁵.

Les études *Interphone* et suédoise ont amené le CIRC à classer en 2011 les radiofréquences comme « possiblement cancérigènes pour l'Homme » (2B), ce qui signifie simplement qu'on ne sait pas. Depuis, d'autres types d'études épidémiologiques, se basant cette fois sur les registres des cancers des 20 dernières années, n'ont pas confirmé le risque associé pour ces tumeurs. En effet, un risque accru dû à l'usage du téléphone portable, tel qu'estimé par Hardell et mentionné ci-dessus⁵⁶, devrait se traduire par une augmentation de ces tumeurs au cours des années dans les registres statistiques. Or, les taux de gliomes, par exemple, sont relativement constants au cours des 10 ou 30 dernières années, malgré le développement généralisé des téléphones portables. Les revues de synthèse rappellent cependant que les études épidémiologiques menées sur l'ensemble de la population ne permettent pas d'exclure la possibilité d'effets cancérigènes pour certaines expositions et/ou certaines populations⁵⁷, ainsi qu'à très long terme.

En conclusion, les études épidémiologiques ne peuvent pas répondre à la question générale : « Est-ce que les radiofréquences peuvent causer des cancers ? », car (1) seuls certains types de tumeurs ont été étudiés à ce jour et (2) ce ne sont pas les radiofréquences en général qui ont fait l'objet de l'étude, mais l'usage de téléphones portables utilisant des technologies déjà obsolètes.

(5.2.2) Radiofréquences et cancer : études sur l'animal

Les études expérimentales, effectuées notamment sur des animaux, permettent de tester si les champs radioélectriques ont des effets sur les mécanismes biologiques (changements d'ordre biochimique, physiologique ou comportemental), et si ces *effets biologiques* dépassent les limites d'adaptation du système biologique et ont alors des *effets sanitaires* (risques pour la santé)⁵⁸.

Si de nombreuses études ont été réalisées à ce jour, les connaissances scientifiques actuelles sur les effets biologiques possibles des radiofréquences restent très lacunaires. Ainsi, en 2020, le *National Toxicology Program (NTP)* du département américain de la santé (le *NIH, National Institutes of Health*) indiquait, à propos des radiations des radiofréquences (RFR) des téléphones portables, que « les connaissances sont limitées sur les effets potentiels sur la santé des expositions à long terme »⁵⁹ : le point important ici est « à long terme ». Le *NTP* présentait ainsi l'une des rares études ayant exposé

⁵⁵ Hardell, L. et al. (2013) Pooled analysis of case-control studies on acoustic neuroma diagnosed 1997-2003 and 2007-2009 and use of mobile and cordless phones. *International journal of oncology* 43: 1036-1044. Hardell, L., and Carlberg, M. (2015) Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma—Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997–2003 and 2007–2009. *Pathophysiology* 2: 1-13.

⁵⁶ Anses 2013 (*op. cit.*). Voir par exemple les figures 54 et 55, pp. 293-294. Une revue plus récente va dans le même sens. Röösl, M., et al. (2019) Brain and salivary gland tumors and mobile phone use: evaluating the evidence from various epidemiological study designs. *Annual review of public health* 40: 221-238.

⁵⁷ Il est par exemple possible que les radiofréquences aient des effets spécifiques en interaction avec certaines pathologies, par exemple des inflammations, comme démontré chez le rat par Ocelli et al. (2018). A single exposure to GSM-1800 MHz signals in the course of an acute neuroinflammatory reaction can alter neuronal responses and microglial morphology in the rat primary auditory cortex. *Neuroscience*, 385, 11-24.

⁵⁸ Anses 2013 (*op. cit.*) pp6-7 de l'Avis

⁵⁹ « *limited knowledge about potential health effects from long-term exposure* », dans le [premier paragraphe de présentation](#) de l'étude du *NTP*, consultée le 4/4/2020.

des animaux aux radiofréquences (correspondant aux technologies 2G et 3G) toute leur vie, soit deux ans pour des rats et des souris. Ils se sont focalisés sur de possibles effets cancérigènes en comparant le nombre et le type de tumeurs chez des animaux exposés à différentes intensités par rapport à des animaux non exposés (groupes contrôles), intensités comparables ou supérieures à celles auxquelles sont exposés les utilisateurs humains de téléphone portable, mais suffisamment faibles pour ne pas provoquer d'effet thermique (réchauffement des tissus)⁶⁰. Le résultat principal tel que formulé par les auteurs est une « preuve claire » (*clear evidence*) du développement de davantage de tumeurs cardiaques malignes chez les rats mâles : 5 et 6 rats présentant ces tumeurs dans deux groupes de 90 rats exposés à la dose la plus forte testée, alors qu'aucun rat du groupe contrôle (non exposé) ne présentait ce type de tumeurs. Quelques tumeurs ont été également détectées dans les groupes de rats testés aux valeurs intermédiaires, mais sans que l'on puisse conclure si leur nombre était plus important ou pas que ce qu'on aurait pu observer par chance dans des groupes non exposés.

Cette étude suggère que des effets physiologiques nocifs des RFRs sont possibles, alors même que les intensités sont suffisamment faibles pour ne pas provoquer d'échauffement des tissus. Ce résultat est mis en avant par le *NTP* car le seul cas de nocivité envisagé par les normes réglementaires est l'échauffement. Cependant, les auteurs de l'étude ne disposent pas de théorie⁶¹ leur permettant d'expliquer par quels mécanismes physiologiques l'exposition à long terme aurait pu entraîner l'augmentation de tumeurs et cancers. Ils ne peuvent expliquer non plus pourquoi l'effet a été observé uniquement chez les rats mâles, et non chez les rats femelles ni chez les souris. En l'absence de théorie, ils ne peuvent s'assurer que le modèle expérimental est valide pour l'humain, compte tenu des conditions d'exposition et des particularités physiologiques très différentes. Enfin, il n'est pas possible de trancher si un tel effet cancérigène est possible avec les intensités réglementaires, qui sont plus faibles.

Une seule étude, aussi sérieuse soit-elle, apporte rarement de conclusion définitive. Les conclusions sont fondées sur des calculs statistiques – donc probabilistes – qui ont leurs limites et peuvent être discutables, surtout quand le résultat dépend de nombres si petits : seulement 5 ou 6 rats avec des tumeurs détectées.

Trois points de discussion à propos de l'étude NTP.

(1) Un peu comme les études épidémiologiques, l'interprétation dépend de façon cruciale des résultats du groupe contrôle. Seul un groupe contrôle (sans exposition aux radiofréquences) de 90 rats a été testé. Or ce groupe est celui où le taux de survie à deux ans a été le plus faible (28 %), à cause principalement

⁶⁰ L'exposition des rats et souris était estimée par la mesure du débit d'absorption spécifique (DAS), qui prend en compte les caractéristiques physiques et physiologiques différentes des caractéristiques humaines. Aux Etats-Unis, l'exposition réglementaire maximale du public en termes de DAS est de 0.08 W/kg, moyennée sur l'ensemble du corps, 1.6 W/kg lorsque moyennée sur un gramme de tissu biologique. Ces normes sont respectivement de 0.4 W/kg et 8 W/kg pour les professionnels. Les niveaux d'exposition des animaux étaient 0, 1.5, 3 ou 6 W/kg, moyennés sur l'ensemble du corps.

⁶¹ Des théories n'existent que pour les effets thermiques. Le [rapport NTP](#) indique page 25, paragraphe « Toxicity », que le débat scientifique est en cours concernant des effets non thermiques, avec d'un côté l'absence de mécanismes biologiques « plausibles » (c'est-à-dire connus actuellement), de l'autre la présence d'« observations nombreuses » indiquant des effets biologiques, pour lesquels des mécanismes physiologiques ont été « proposés ». Le paragraphe suivant « Carcinogenicity » précise que les scientifiques ayant mis en avant le risque de cancers par exposition aux RFRs, sans effet thermique, invoquent seulement ces effets toxiques possibles (« *these studies have advanced the knowledge of the potential toxicity of RFR* »).

de maladies rénales typiques des rats âgés. Ce taux n'est pas anormal et est dû au hasard (la mortalité à deux ans de cette espèce de rats varie beaucoup, entre 24 % et 72 %), mais il est plus faible que les taux de survie des rats exposés (entre 50 % et 68 %). Une durée de vie réduite diminue la probabilité de développer d'autres pathologies, ce qui peut expliquer l'absence de tumeurs cardiaques dans ce groupe. Une autre façon d'analyser le résultat peut se baser non pas sur le groupe contrôle, mais sur la proportion de tumeurs observées en général chez cette espèce de rats. Le rapport du NTP, sans proposer cette analyse statistique, indique néanmoins que cette proportion est de l'ordre de 1,3 % (9 cas répertoriés sur 699 rats). En se basant sur ce chiffre il reste peu probable d'avoir plus de quatre rats atteint par groupe. Mais il n'est pas sûr que la probabilité de 1,3 % soit homogène entre les groupes testés. Le NTP indique également que la proportion maximum, par groupe, de rats porteurs de ce type de tumeurs dans un groupe contrôle était de 2 %, ce qui reste toujours en dessous de la proportion de tumeurs dans les groupes exposés aux RFR les plus fortes. Il est cependant troublant que le NTP cite également, en note de bas de page, une publication de synthèse rapportant une proportion variant entre 0 % et 6 %, lorsque des études non publiées étaient prises en compte. On peut s'interroger pourquoi le chiffre de 2% est privilégié à celui de 6%, alors que les conclusions de l'étude s'en trouveraient changées.

(2) Un nombre très important de comparaisons statistiques a été effectué (plusieurs centaines) dans l'étude NTP, qui a mesuré de nombreux signaux physiologiques pour chaque groupe de rats et de souris. Cela rend plus probable d'observer quelques résultats « surprenants » au sens statistique, uniquement par chance : si on effectue 100 comparaisons en utilisant un critère statistique de 5% de chances de conclure à une différence alors qu'il n'y en pas, on s'attend à avoir un résultat « significatif » pour 5 de ces comparaisons même si aucune différence n'existe. Il est donc difficile d'évaluer à quel point le nombre de tumeurs observées dans les groupes les plus exposés est vraiment étonnant.

(3) D'un autre côté, il est également possible que le nombre de tumeurs observées dans les groupes testés soit, « par chance », sous-estimé : dans ce cas l'effet pathogène pourrait être encore plus important. Les valeurs de 1 à 3 tumeurs détectées dans chacun des groupes de 90 rats testés aux expositions intermédiaires sont ainsi autant compatibles avec des incidences réelles de 6 à 9%, bien au-dessus de l'incidence moyenne pour des rats non-exposés, que compatibles avec l'incidence moyenne.

Cette étude n'apporte donc pas de conclusion définitive, mais une mise en garde à confirmer ou infirmer par d'autres études. Or une étude avec des conclusions similaires a été publiée en 2018 par l'institut Ramazzini de Bologne⁶², qui a détecté un nombre de tumeurs cardiaques malignes plus élevé uniquement dans le groupe de rats mâles exposé au champ électromagnétique le plus élevé. Cette réplication indépendante semble justifier la demande faite au CIRC par ces auteurs et d'autres de classer désormais les RFRs comme « probablement cancérigènes pour l'Homme » (et non seulement « possiblement »). La lecture de cette publication montre cependant que les résultats sont beaucoup moins convaincants qu'annoncés.

Discussion de l'étude de l'institut Ramazzini.

Le résultat principal est le suivant : les nombres (et proportions) de tumeurs détectées sont, pour les intensités de 0, 5, 25 et 50 V/m : 0/412 (0 %), 3/401 (0,7 %), 1/209 (0,5 %), 3/207 (1,4 %). Les proportions sont plus faibles que celles de l'étude NTP et comparables à celles observées en général dans des groupes non exposés. Les auteurs défendent leur conclusion car la différence entre 0/410 et 3/207 est « statistiquement significative ». Ici, cela signifie que la probabilité d'observer par hasard une différence au moins aussi grande entre les deux groupes est de 3,8 %, ce qui est faible (inférieur à 5 %, critère arbitraire mais utilisé en science pour considérer que cela vaut la peine de s'y intéresser car peu probable d'être obtenu par chance). Le choix de ce test statistique est cependant discutable. En effet, le calcul de probabilité devant être basé sur l'hypothèse de l'absence d'effet (hypothèse à éventuellement réfuter), il devrait interroger si les différences observées entre les quatre groupes peuvent être dues au hasard (les quatre groupes sont équivalents du point de vue du calcul statistique). Le test sur ces quatre groupes (qui aurait donc dû être fait par les auteurs ou demandé par les relecteurs, car il s'agit de la procédure

⁶² Falcioni, L., et al. Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission. *Environmental research*, 165, 496-503.

statistique standard) indique que la probabilité d'obtenir des différences au moins aussi grandes entre ces quatre groupes est de 9 %, une probabilité trop élevée pour rejeter l'hypothèse du hasard.

Les données de Falcioni *et al.* ne confirment donc pas du tout celles de l'étude *NTP*, contrairement à ce qu'affirment leurs auteurs. Elles ne les contredisent pas non plus, d'autant plus que les valeurs de champ électromagnétique testées étaient 10 à 100 fois inférieures à celles de l'étude *NTP*⁶³. La synthèse prudente de l'Anses en 2013 semble donc toujours valide : il n'existe pas d'évidence solide démontrant des effets biologiques cancérogènes des radiofréquences telles qu'elles sont déployées actuellement, mais sans qu'on puisse prouver non plus leur innocuité.

(5.2.3) Risques sanitaires des ondes radioélectriques : Electro-hypersensibilité (EHS)

L'existence d'une « hypersensibilité électromagnétique » se fonde sur l'auto-déclaration de personnes ayant des souffrances réelles, peu caractéristiques (maux de têtes, troubles du sommeil, symptômes cutanés ...), sans cause apparente, et qu'elles attribuent aux champs électromagnétiques. Elle toucherait entre 1,2 et 8,8 % de la population (Anses 2018). Les difficultés de caractérisation expliquent la prudence de l'Anses dans l'interprétation des résultats disponibles. L'Anses a ainsi analysé une quarantaine d'études dites de « provocation », qui consistent à exposer à l'aveugle des personnes EHS à des champs électromagnétiques ou pas. Les études réalisées n'ont pas mis en évidence de façon fiable et reproductible l'apparition de symptômes. Cela pourrait être dû à l'absence de causalité des RFRs. Mais, comme le précise bien l'Anses, cela pourrait être également dû aux limites méthodologiques des expériences : recrutement des patients, conditions d'exposition rarement reproduites de façon satisfaisante dans l'expérience, ou effets qui ne se manifestent pas de façon immédiate. On estime en effet que ce n'est pas parce que des patients EHS pensent que c'est la présence immédiate de champs magnétiques qui leur causent des troubles que cela constitue le seul mécanisme possible ; on peut tout à fait envisager que les symptômes soient dues à l'exposition prolongée, dans ce qui est appelé de façon métaphorique un « brouillard électromagnétique » : les symptômes n'apparaîtraient ainsi que dans certaines circonstances difficiles à caractériser, comme l'état général de fatigue ou de stress ; dans de telles conditions, le processus causal serait très difficile à reproduire expérimentalement. Une quinzaine d'études ont également mis en évidence l'existence d'effets nocebo : la croyance dans l'exposition aux champs magnétiques peut déclencher les symptômes. Ceci dit, comme le précise encore fort justement l'Anses, l'existence d'un effet nocebo, classique, n'est pas incompatible avec des effets réels dans d'autres conditions. Il est important de prendre en compte toutes ces précautions, car ces études sont parfois citées pour affirmer que l'absence de responsabilité des RFRs dans l'EHS est démontrée.

La conclusion qui s'impose est donc que, à ce jour, un lien de causalité entre RFRs et EHS n'a pas été scientifiquement démontré⁶⁴. Si l'EHS n'est pas due à l'exposition aux RFRs, elle pourrait avoir une cause cognitive (fausse croyance créant des symptômes réels – explication de type nocebo) ou une

⁶³ L'exposition était comprise entre 0.0001 et 0.1 W/Kg.

⁶⁴ Une autre revue de la littérature scientifique conclut également à l'absence de causalité démontrée, tout en critiquant les limites méthodologiques de la majorité des études, ce qui en limite la portée autant pour conclure à la présence qu'à l'absence d'effet : Schmiedchen, K., et al. (2019). Methodological limitations in experimental studies on symptom development in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF)—a systematic review. *Environmental Health*, 18(1), 88.

cause attributive (l'attribution aux RFR de douleurs non expliquées permet de mieux les supporter). Ces explications ont également leurs limites et elles ne sont pas mutuellement exclusives⁶⁵.

(5.3) Bilan sur les risques sanitaires des ondes radioélectriques : quid de la 5G ?

Le retour d'expérience sur l'exposition aux RFRs depuis plus de 20 ans n'a pas *démontré* à ce jour de risque pour la santé, mais l'état des connaissances ne permet pas non plus de prouver l'innocuité des champs radiofréquences produits par les technologies actuelles. Les RFRs peuvent interagir avec les tissus biologiques et des processus physiologiques à des degrés divers en fonction de leur intensité, fréquence ou variabilité de l'intensité du signal dans le temps. La compréhension de ces interactions et des processus n'est pas suffisante à ce jour pour expliquer pourquoi ces interactions ne semblent pas pathologiques⁶⁶. Ce manque de connaissances doit nous mettre en garde contre la multiplication actuelle des sources d'exposition, et surtout interdit que l'on puisse généraliser les observations actuelles à la technologie 5G. Comme on l'a vu précédemment, la nature des signaux radiofréquences de la 5G diffère de celle produite par les technologies précédentes, et l'intensité du champ, mesurée autour de 3,5 GHz, semble pouvoir être supérieure à celle à laquelle la population a été exposée depuis 20 à 30 ans, surtout si on ne moyenne pas les signaux sur 6 minutes (procédure éventuellement justifiée pour les effets thermiques, mais aucunement pour d'autres effets potentiels dont on ignore le mécanisme). Pour les futures fréquences autour de 26 GHz (« 5G millimétrique »), les risques seraient très différents, car seuls la peau et les yeux seraient exposés (les ondes courtes sont arrêtées par les obstacles), du moins chez les animaux de taille importante comme les humains. La question de risques spécifiques aux hautes fréquences a néanmoins été posée pour de petits animaux ou insectes⁶⁷, voire des plantes. Ces risques devraient être pris au sérieux, particulièrement en période de sixième extinction des espèces et de dégradation massive des écosystèmes terrestres, même si la portée réduite de la 5G millimétrique la condamne sans doute à n'être déployée que dans les zones de forte densité urbaine.

⁶⁵ Dieudonné, M. (2020). Electromagnetic hypersensitivity: a critical review of explanatory hypotheses. *Environmental Health*, 19, 1-12.

⁶⁶ Exemple de l'une des conclusions de l'Anses (*op. cit.*) en 2013 : « Quelques études montrent des effets biologiques dans des voies peu étudiées pour l'instant et dont les résultats doivent être validés (ADN mitochondrial, co-cancérogénicité, signaux modulés, etc.). À ce jour, la plupart des effets semblent transitoires ou correspondre à une simple variation biologique démontrant une capacité de réparation ou de rétablissement de l'homéostasie des systèmes biologiques. Il est donc impossible de conclure que les effets biologiques observés sont générateurs d'effets sanitaires. »

⁶⁷ L'absorption d'énergie par les insectes sera plus importante pour les fréquences 5G, sans que l'on connaisse encore l'augmentation de température résultante et si elle sera dangereuse (Thielens, A., et al. (2018). Exposure of insects to radio-frequency electromagnetic fields from 2 to 120 GHz. *Scientific reports*, 8(1), 1-10 ; Thielens, A., et al. (2020). Radio-Frequency Electromagnetic Field Exposure of Western Honey Bees. *Scientific Reports*, 10(1), 1-14).

(6) Conclusions

Une des questions qui nous intéressait était de savoir si les luttes contre le déploiement de la 5G devaient mettre en avant le risque sanitaire des ondes radiofréquences. Ce risque est systématiquement minimisé par les organismes et instances gouvernementales qui permettent ou stimulent le développement de la 5G. On peut s'interroger sur le bien-fondé de leurs discours rassurants du fait de possibles conflits d'intérêt⁶⁸. Les puissances financières en jeu sont bien sûr colossales. L'histoire récente n'a que trop démontré le poids des lobbies dans la négation de risques sanitaires, et des « marchands de doute », jouant de la complexité et de la pratique du doute qui sont au cœur de la méthode scientifique, ont trop longtemps retardé la prise au sérieux des dangers du tabagisme ou du réchauffement climatique. En cas de risque sanitaire avéré des radiofréquences, on peut s'attendre à ce que des lobbies puissants cherchent à les nier. Mais la comparaison des littératures scientifiques de ces trois domaines, pour se limiter à ces exemples paradigmatiques, montre que les trois cas sont très différents.

Dans le cas des effets cancérogènes du tabac, la fabrique du doute a consisté à chercher à complexifier ce qui était une évidence épidémiologique : la forte augmentation de probabilité de cancers, en particulier du poumon. Le financement orienté d'études scientifiques a procédé par déplacements, en cherchant à développer la cigarette « propre » (non nocive), en insistant sur les différences de susceptibilité génétique, ou en cherchant des causes alternatives aux effets du tabagisme passif. Les financements par les lobbies ont entretenu ces controverses à l'intérieur du champ scientifique, ce qui a retardé de plusieurs dizaines d'années les mesures d'hygiène publique.

Pour le réchauffement climatique, en revanche, le consensus scientifique s'est créé très vite à la fois sur sa réalité et sur ses causes anthropogéniques. Dans le rapport Charney, en 1979, la seule question était alors de savoir exactement quand et à quelle vitesse le réchauffement climatique dû aux émissions de CO₂ se produirait. Le second rapport du GIEC en 1995 prenait note du consensus scientifique que le réchauffement dû au CO₂ anthropogénique était déjà mesurable. Les controverses violentes du début du XXI^{ème} siècle, là aussi orchestrées grâce à l'argent de lobbies, se sont jouées principalement depuis la sphère médiatique, s'appuyant sur quelques scientifiques marginaux et des économistes, non spécialistes du domaine, pour donner l'illusion d'un débat scientifique qui n'existait pas. Aucune de ces deux situations ne semble devoir s'appliquer au domaine des radiofréquences. Il n'existe en effet à ce jour aucun consensus scientifique ayant prouvé la dangerosité des ondes. La situation est donc presque inverse à celle où se sont jouées les polémiques sur le réchauffement climatique, mais avec le même attrait de certains publics pour ceux qui prétendent avoir raison seuls contre tous. Il est cependant essentiel de rappeler qu'il n'y a également aucune certitude affichée sur l'innocuité des ondes (contrairement à ce qu'affirment les lobbyistes pro-5G ou des scientifiques de tendance scientiste⁶⁹) : ce qui peut être déroutant, c'est à quel point nombre de scientifiques de ce domaine mettent en avant qu'ils ne savent pas.

⁶⁸ Voir par exemple Roussilhe (*op. cit.*)

⁶⁹ Par exemple au sein de l'AFIS, l'Association Française pour l'Information Scientifique : S. Point (2020), « Dangers de la 5G : la pseudo-science... en haut débit ». Dans cet article très clair, l'auteur démonte fort justement quelques mythes ou absurdités diffusées sur certains sites web anti-5G, et pointe les limites statistiques ou méthodologiques de certaines études scientifiques, comme nous l'avons fait ici. Mais en ne prenant que le point

Les incertitudes sur la dangerosité présente et future des radiofréquences constituent certainement un argument suffisant pour s'opposer à leur intensification. Mais sur le fond, il n'y a guère de raison sanitaire de préférer la 2G à la 4G ou à la 5G – à part sans doute que les niveaux d'exposition risquent d'être plus forts avec la 5G et que la différence de technologie nous lance une fois de plus dans l'inconnu. Les effets sanitaires néfastes de la téléphonie mobile et de la multiplication des écrans restent cependant bien réels, quelles que soient les spécificités technologiques.

L'examen du risque sanitaire lié aux RFRs a en outre révélé un problème profond : l'évaluation scientifique et exhaustive de ce risque n'est en fait pas possible en l'état de nos connaissances de base sur l'interaction entre les ondes électromagnétiques et les organismes vivants. Sans théorie, sans connaissance des dispositifs techniques qui évoluent très rapidement, et sans possibilité de mesures réelles des niveaux d'exposition, la méthode scientifique expérimentale classique se trouve démunie. Les études répertoriées dans des synthèses comme celles effectuées par l'Anses ont chacune un potentiel explicatif faible, quelle que soit leur ambition ou leur rigueur (on l'a vu pour les grandes études *Interphone* et du *NTP*), du fait du manque de connaissances théoriques solides. Elles permettent d'écarter l'éventualité d'effets nocifs majeurs et immédiats, ce qui en soit est une bonne nouvelle, mais au prix de dizaines d'années de travail par de très nombreux centres de recherche. La très grande majorité des conclusions ont « un niveau de preuve insuffisant pour conclure », et cela pour l'ensemble des effets envisagés, cancérigènes ou non, sur le système nerveux central et en dehors (comme par exemple la fertilité). Ainsi, à propos des études génétiques, l'Anses indique que « *seule une partie de la globalité des événements impliqués dans le contrôle de l'expression génétique a été explorée. Tous les événements pouvant être impliqués dans des effets à plus long terme restent encore à étudier* » (page 229). On peut également se poser la question de savoir si on est réellement capable d'effectuer les études requises. La méthode scientifique expérimentale, pour contrôler les variables, doit utiliser des conditions simplifiées, que l'on ne peut souvent mettre en place que sur un modèle animal. Il est par exemple tout à fait possible que les RFRs aient des effets néfastes uniquement en interaction avec d'autres facteurs – un analogue des effets cocktails pour les substances chimiques toxiques, comme les pesticides, effets désormais reconnus mais très difficiles à étudier de façon expérimentale⁷⁰.

On peut sans doute se rassurer en se disant que si les RFRs étaient vraiment dangereuses (comme les radiations ionisantes, l'amiante ou le tabac), leur multiplication depuis trente ans aurait permis qu'on s'en rende compte dans les études épidémiologiques ou par sérendipité. Ce raisonnement a cependant deux limites majeures : (1) en cas de latence très longue de 20 à 40 ans, comme pour certains cancers ou des maladies neurodégénératives, par exemple combinée à une période sensible dans la jeunesse, les effets ne se seraient pas encore manifestés ; même si des effets existent, il pourraient ne pas être

de vue de la physique, il ignore toute l'incertitude autour des études biologiques et épidémiologiques, que nous avons explicitée ici. Il est ironique que l'AFIS s'appuie ici sur le consensus scientifique alors qu'elle a pu par ailleurs défendre l'idée qu'en science on pourrait avoir raison seul contre tous (la vieille histoire de Galilée) pour relayer les doutes sur le changement climatique en [2010](#) (« Quant au « consensus », je ne crois guère qu'il constitue une fin en soi en science : je crois davantage aux vertus du doute », écrit Benoît Rittaud), certes de façon contradictoire, mais en validant l'idée d'une controverse scientifique qui n'existait alors pas.

⁷⁰ Voir par exemple un communiqué de presse de L'INSERM en [2015](#). Pour une analyse socio-historique de l'effet cocktail : F. Chateauraynaud & J. Debaz (2017) *Aux Bords de l'Irréversible*, Paris : Pétra, pp 361-371 ; rapport de l'Anses ([2015](#)) : *Une pragmatique des alertes et des controverses en appui à l'évaluation publique des risques*.

identifiables : par exemple les proportions de cancers et de maladies neurodégénératives ont globalement augmenté depuis l'apparition du téléphone portable, mais l'ensemble de « l'environnement » a également beaucoup changé en même temps (alimentation, modes de vie, pollutions diverses, mais aussi détection et qualification des pathologies). Toute « observation » ne peut qu'être construite grâce à des théories. (2) Les « ondes » des radiofréquences ne sont pas un objet identifié et fixe : la technologie et les modes d'exposition n'ont cessé de changer. Si seulement une ou quelques modalités spécifiques des fréquences ou de l'utilisation des téléphones mobiles est vraiment dangereuse, cela aurait pu facilement échapper à la détection. Comment garantir dès lors que les techniques et utilisations futures ne partageraient pas ces caractéristiques dangereuses ?

L'absence de théorie signifie qu'il faudrait en toute rigueur recommencer l'ensemble des travaux expérimentaux et épidémiologiques à chaque modification technologique. Très clairement, le calendrier de déploiement de la 5G ne prévoit pas d'attendre 10 à 30 ans que les études nécessaires soient réalisées. La demande que des études de risque⁷¹ soient réalisées très rapidement afin de permettre la délivrance d'autorisations d'installation d'antennes est impossible à satisfaire – ou alors seulement pour la forme. Ni les autorités économique, législative ou sanitaire, ni les opposants à la 5G, ne semblent réaliser qu'on se trouve face à un domaine qui relève de la « science post-normale », c'est-à-dire face à des questions pour lesquelles la science est complexe et incertaine, les enjeux importants, les valeurs en conflit, et la réponse urgente⁷². Dans ce contexte, la méthode promue notamment par le gouvernement français, demandant de fonder la décision politique « sur des preuves » fournies de façon neutre et indépendante par les scientifiques, est totalement inadéquate⁷³. La science post-normale n'est pas une nouvelle science mais elle définit une méthodologie pour combiner expertise et décision, impliquant bien sûr les scientifiques, mais de façon plus humble et en interaction avec d'autres acteurs de la société civile, et si possible la majorité d'entre eux si l'on veut continuer à partager un minimum d'ambition démocratique⁷⁴.

L'application du cadre de la science post-normale pour évaluer le déploiement de la 5G pourrait prendre la forme de la convocation d'une conférence de citoyen.ne.s. Sa mission serait de mettre en évidence et discuter les enjeux et les valeurs impliqués ainsi que l'urgence. Contrairement à d'autres domaines relevant de la science post-normale, comme le réchauffement climatique ou la 6^{ème} extinction des espèces, la 5G n'est pas un problème déjà existant auquel il faudrait donner une réponse urgente. Le travail de la convention ne consisterait qu'à mettre en balance les intérêts possibles des

⁷¹ Blackman & Forge (*op. cit.*). Cela est inclus dans la première recommandation de l'étude : « *Increasing long-term R&D efforts on 5G is essential to understand multiple propagation unknowns (e.g. measuring and controlling RF EMF exposure with MIMO at mmWave frequencies).* » (p.6).

⁷² Post-normal science (PNS) represents a novel approach for the use of science on issues where « *facts [are] uncertain, values in dispute, stakes high and decisions urgent* » (Funtowicz, S. and Ravetz, J. (1993) *Science for the post-normal age. Futures* 31: 735-755). G. D'Alisa et G. Kallis (2016) *Qu'est-ce que la science post-normale ?*

⁷³ Saltelli, A. and Giampietro, M. (2017) *What is wrong with evidence based policy, and how can it be improved? Futures* 91: 62-71.

⁷⁴ « *The theory of Post-Normal Science, highlighting uncertainty and value-loading in policy-related science, and calling for an extension of the peer-community beyond its traditional elite base, has cut through the inherited false-consciousness of science and has provided an initial basis for systematic criticism.* » (Ravetz, J. (2011) *Postnormal Science and the maturing of the structural contradictions of modern European science. Futures* 43: 142-148).

différents publics pour la 5G et les dangers, compte tenu des incertitudes. Au vu du travail scientifique conséquent déjà effectué et évoqué ici, il devrait y avoir facilement consensus sur les dangers de la 5G : nocivité écologique avérée, nocivité sanitaire de la téléphonie mobile avérée, nocivité des ondes impossible à réfuter, risques informatiques et risque totalitaire de surveillance généralisée. Quant aux bénéfices attendus par la société, cela ne peut être à nous de le dire, même si notre point de vue est qu'il n'y en a guère⁷⁵. Il est possible que le déploiement de la 5G résulte surtout du lobbying d'intérêts financiers puissants du côté des GAFAM. Mais il est encore plus probable que le moteur principal de ce déploiement soit la dynamique autonome et propre au système technicien, tel que décrit par Ellul⁷⁶. Un cadre de science post-normale mis en pratique dans une convention de citoyens serait un moyen efficace de mettre un coup d'arrêt à cette logique de fuite en avant suicidaire. Ce qui vaut pour la 5G vaut également pour l'ensemble des innovations technologiques.

Ce texte a été nourri par les réflexions de l'Atelier d'Ecologie Politique de Toulouse (<https://atecopol.hypotheses.org/>) qui réunit des chercheur.ses de toutes disciplines réfléchissant ensemble aux ravages écologiques en cours et à venir : écrit par Jean-Michel Hupé, avec les remarques de Julian Carrey, Jérémie Cavé, Mickaël Coriat, Marion Desquilbet, Rémi Douvenot, Adeline Grand-Clément, Steve Hagimont, Béatrice Roure et Laure Teulières.

Licence Creative Commons : Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification



Citation : Jean-Michel Hupé, Atelier d'Ecologie Politique (Juillet 2020). Controverses sur les dangers sanitaires de la 5G : Pour une mise en débat démocratique des choix de société technologiques.

⁷⁵ Point de vue renforcé par la lecture d'une tribune du président de l'Arcep dans Reporterre ([2020](#)), qui ne propose comme justification de l'engagement de l'Arcep pour la 5G que leur « devoir de développer les possibilités d'échange et de partage du pays par l'évolution constante de ses infrastructures de communication » - c'est-à-dire explicitement un impératif de changement technologique pour le changement. Le président de l'Arcep ose également citer Wikipedia en exemple, l'une des rares réussites du monde des réseaux, mais sans rappeler que Wikipedia est extrêmement sobre en données (équivalent à moins d'un film) et n'a nul besoin ni de smartphone ni de 5G.

⁷⁶ J. Ellul. *Le Système Technicien*, 2012 : Le Cherche Midi (Première édition : 1977)