

DÉCIDER AVEC LES SCIENCES



RAPPORT DES ATELIERS

meilleure analyse et prise en compte des enjeux  
sociétaux  
**PRIX SOCIÉTÉ**  
2020



# DE LA 4G A LA 5G : RÉVOLUTION, ÉVOLUTION OU INVOLUTION ?

PROMOTION WANGARI MAATHAI  
Cycle national 2019 - 2020

## LES ATELIERS DU CYCLE NATIONAL

Les ateliers sont des travaux conduits dans le cadre du cycle national sur une durée relativement courte, cinq journées, et ayant pour vocation, de conforter les dynamiques de travail collaboratif entre les auditeurs, de permettre une analyse des dynamiques d'acteurs à l'oeuvre dans les rapports science société. Cela nécessite un travail d'investigation mené avec l'aide d'un animateur et la rencontre d'un certain nombre de personnes invitées à la demande des auditeurs, en concertation avec l'animateur et d'entraîner les auditeurs à effectuer des préconisations pour éclairer la prise de décision.

les auditeurs ne sont pas spécialistes du sujet. Ils doivent, à l'issue de leurs travaux d'investigation, en effectuer une synthèse, sans prétendre ni à l'exhaustivité, ni à l'expertise. La synthèse doit en revanche dégager les principales problématiques, en choisir quelques unes à traiter, et proposer des lignes d'actions ou des pistes de solutions possibles, propres à éclairer les décideurs.

Le jour de la clôture du cycle, les auditeurs présentent leurs travaux devant un jury, rassemblé par l'IHEST.

# DE LA 4G A LA 5G : RÉVOLUTION, ÉVOLUTION OU INVOLUTION ?

## RESUMÉ

Partis d'un sujet que nous ressentions comme avant tout technique, l'évolution de la 4G à la 5G, nous avons vite perçu que la problématique était bien plus large, avec de multiples enjeux entrecroisés allant de la gouvernance technologique à la sécurité sanitaire, en passant par les impacts environnementaux du numérique et la cybersécurité. Des connexions plus rapides, plus massives et pour plus de fonctionnalités - voilà les principales promesses que la technologie 5G entend relever dans un monde transformé par l'internet des objets (IOT), notamment en matière industrielle (industrie 4.0), dans le domaine de la santé (opérations à distance) et dans notre quotidien. Ces promesses relèvent pour le moment du marketing et il faudra encore des années pour que le déploiement de la 5G révèle son plein potentiel... si toutefois le choix technologique de s'y engager est bien confirmé - car des alternatives techniques existent.

Comme nous l'avons mis en évidence à travers l'analyse de quatre étonnements, en parallèle de la promotion de cette technologie par ses partisans (en particulier les équipementiers), des controverses émergent sur la sécurité sanitaire des ondes à haute fré-

quence ou encore sur l'impact environnemental de cette bascule technologique, qui suppose un renouvellement massif du parc d'antennes et de terminaux. Pour dépasser ces débats polarisés, et le scepticisme qui a dominé nos premiers étonnements, nous nous sommes attachés à pousser notre réflexion vers la question fondamentale du pilotage des évolutions induites par la 5G, et plus largement de la transition numérique de nos sociétés.

Nous avons ainsi formulé cinq propositions pour accompagner cette transition dans un monde écologiquement contraint. Elles portent (1) sur la transparence de l'information et la mise en place d'instances associant les parties prenantes au débat ; (2) sur l'éducation et la formation au numérique, à ses enjeux dans une logique de sobriété ; (3) sur le suivi et l'évaluation de l'impact de ces innovations technologiques ; (4) ainsi que sur la régulation de cette technologie qui nous semble centrale dans un contexte de maîtrise de l'empreinte environnementale du numérique. (5) Enfin, la gouvernance plus intégrée des enjeux de la 5G dans la construction d'une politique publique plus affirmée du numérique clôture le volet de nos propositions.

## AUDITRICES ET AUDITEURS DE L'ATELIER

**Marion BARDY.** Chef du Bureau de la recherche et de l'innovation. Direction générale de l'enseignement et de la recherche. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation

**Peggy BOURDIN.** Directrice Relations Usagers Citoyenneté Jeunesse - Métropole Européenne de Lille

**Sébastien COUDERC.** Directeur des interventions - FranceAgriMer

**Renaud DORANDEU.** Professeur de Sciences Politiques - Université Paris Dauphine

**Agathe EUZEN.** Directrice adjointe scientifique, à l'Institut écologie et environnement du CNRS et directrice de recherche CNRS, rattachée au LATTS

**Isabelle ISAAC** Directrice Responsabilité Sociétale et Environnementale - Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne

**Thierry LEFRANCOIS.** Directeur du département Systèmes Biologiques - Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

**Yannick PEYSSON.** Chargé de mission auprès de la direction générale - IFP Energies Nouvelles

**Sana RONDA.** Présidente - Linguaphone France

**Yves SCIAMA.** Journaliste indépendant, président de l'Association des Journalistes Scientifiques de la Presse d'Information (AJSPI).

## ANIMATION DE L'ATELIER

**Etienne Armand AMATO.** Enseignant-chercheur, auteur et conseiller, laboratoire DICEN-IDF. Maître de conférences en Sciences de l'Information et de la Communication à l'Université Gustave Eiffel [[www.univ-gustave-eiffel.fr](http://www.univ-gustave-eiffel.fr)], IFIS & IUT de Meaux. animateur pour l'IHEST et co-fondateur de l'OMNSH ([omnsh.org](http://omnsh.org))

## PERSONNALITÉS RENCONTRÉES

**Serge ABITEBOUL,** Chercheur ENS Paris et Directeur de recherche à l'INRIA, membre du collège de l'ARCEP (17 octobre 2019)

**Laurence ALLARD,** Maîtresse de Conférences en Sciences de la Communication, chercheuse à l'Université Paris III, IRCAV (21 novembre 2019)

**Thierry BONHOMME,** Académie des Technologies, conseiller du président du groupe Orange (17 octobre 2019)

**Hugues FERREBOEUF,** Chef de projet, The Shift Project (10 mars 2020)

**Marie LARNAUDIE**, Chargée de mission, Délégation générale de l'écologie urbaine, Plaine Commune (10 mars 2020)  
**Gilbert MARCIANO**, Directeur du Marketing, NOKIA France (21 novembre 2019)  
**Olivier MERCKEL**, Chef de l'Unité Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements, ANSES (21 novembre 2019)  
**Alain SIBILLE**, Professeur d'électronique physique à Télécom Paris et secrétaire général de l'URSI-France (Union Radio Scientifique Internationale) (21 novembre 2019)  
**Alain VAUCELLE**, Chargé de mission Technologies de l'Information et de la Communication, Département développement économique, PLAINE COMMUNE (10 mars 2020)  
Autres personnalités auditionnées :  
**Maxence DEMERLE**, Directrice du numérique du MEDEF (9 mars 2020).  
**Dimitri MANCHUELLE**, Chef de la mission Aménagement du Numérique à la Métropole Européenne de Lille (3 février 2020). L'entretien a porté sur la mise en place des expérimentations et l'organisation territoriale en matière d'aménagement numérique  
**Akim OURAL**, Conseiller délégué au numérique Métropole Européenne de Lille (4 février 2020). L'entretien a porté sur le pilotage mis en place au plan local pour le déploiement de la 5G et les principaux enjeux identifiés.  
**Benoît JACQUEMIN**, Vice-président Innovation Schneider Electric (17 mars 2020)  
**René DE-SEZE**, Docteur en médecine et en biologie de l'INERIS, mandaté par le MTES (4 mars 2020)

## AVANT - PROPOS

### S'appuyer sur notre intelligence collective : démarche et méthodologie

Ce rapport est le fruit d'un exercice d'intelligence collective, un moment fort d'échanges et d'apprentissage mutuel entre dix auditeurs de l'IHEST aux profils différents et tous assez éloignés du sujet de la 5G en particulier, et du monde du numérique plus généralement. En s'appuyant sur ses premiers étonnements, sa sensibilité, son expertise et ses savoirs, chacun des participants à cet atelier a mobilisé différents registres d'observation et d'analyse pour contribuer à ce « processus inventif » (Landrieu, 2001). Loin de toute forme d'expertise, ce rapport a pour ambition d'apporter un éclairage spécifique sur la 5G, un sujet au cœur de l'actualité et des enjeux de société.

Ce cheminement collectif s'est déroulé en trois phases principales : (1) une phase d'étonnements, d'acquisition et de partage de connaissances ; (2) une phase de synthèse de l'état de l'art qui a permis de faire émerger des questionnements partagés lors de la session de restitution aux autres groupes thématiques de la

promotion Wangari Maathai de l'IHEST ; (3) une phase d'analyse s'appuyant notamment sur l'élaboration d'une cartographie des acteurs (cf Annexe 3) et permettant de prioriser les propositions que nous souhaitons intégrer à notre rapport (Cf. Annexe 1). Au fil des semaines, le groupe s'est réuni non seulement lors des ateliers programmés, mais aussi à plusieurs reprises à distance, les rencontres physiques ayant laissé progressivement place aux réunions virtuelles, compte tenu des mesures de confinement imposées par la crise sanitaire de la Covid-19. Il est d'ailleurs à noter que cette situation inédite a nécessité une mobilisation toute particulière des membres du groupe, tant d'un point de vue personnel que professionnel, au regard de leurs responsabilités pour la gérer, l'accompagner et y faire face. C'est par conséquent, dans ce contexte spécifique que doit être considéré ce document, dont nous espérons que les propositions qu'il suggère pourraient alimenter les débats dans la co-construction de l'"après Covid-19".

## PROLOGUE

Lucie est une trentenaire épanouie. Née dans les années 2000, smartphones, réseaux sociaux et univers numérique l'ont toujours accompagnée. Elle se souvient pourtant que l'arrivée de la 5G a marqué un tournant dans son quotidien. Car la 5G permet d'obtenir des débits beaucoup plus élevés qu'avant, jusqu'à 20 gigabits/sec ! Avec ça, elle peut profiter partout où elle va de vidéos en très haute définition : chez elle, dans les transports en commun, dans l'avion... Impossible de s'ennuyer ! Mais ce n'est pas tout. La 5G permet de connecter jusqu'à un million de capteurs par km<sup>2</sup>. Le monde est vraiment devenu connecté : on peut enfin connaître en temps réel le contenu de son réfrigérateur, surveiller l'évolution des dates de péremption et même connecter certains légumes, comme les pommes de terre, pour s'assurer de leur bon état. Lucie peut également suivre la température et l'hygrométrie à chaque coin des pièces de son logement, la consommation de chaque ampoule et tellement d'autres choses qu'elle ne parvient même pas à se souvenir de toutes les informations à sa disposition ! Ce qui est vrai dans sa maison l'est aussi à l'extérieur. La mairie a placé des capteurs dans les rues, dans les lampadaires, les abribus... L'information compilée permet automatiquement d'ajuster la consommation électrique ou de réguler les feux de circulation.

La 5G a aussi permis de réduire la latence, c'est-à-dire le temps de réponse, à moins de 10 millisecondes, un niveau imperceptible pour le cerveau humain. Fini la corvée de conduire : les voitures communiquent entre elles et avec leur environnement. Et presque tout peut se faire à distance. La semaine prochaine, un célèbre chirurgien londonien va refaire les lèvres de son mari Julien, qui se trouvera dans un hôpital parisien. Le plus long aura été d'obtenir le créneau pour la salle d'opération équipée !

Dans son travail aussi, la 5G a changé la donne. Désormais, l'internet des objets permet un transfert en masse de toutes les informations. Responsable de la logistique du port du Havre, Lucie connaît à chaque milliseconde tout ce qu'il faut savoir sur les conteneurs qui transitent sur les quais et sur les machines qui assurent la manutention. Epaulée par seulement deux personnes, elle fait fonctionner entièrement ce port, maintenance comprise, grâce à quoi le rendement a atteint des sommets.

Le conjoint de Lucie se réjouit aussi tous les jours de la 5G. Il a pu créer le « jumeau numérique » de l'ensemble des usines du grand groupe pharmaceutique pour lequel il travaille. La 5G assure un lien permanent entre cette copie virtuelle de tous les processus de production et leur contrepartie réelle. Sans

contrainte de câblage, il a pu installer des capteurs absolument partout et donner corps à ce que certains appelaient autrefois l'industrie 4.0. La production des vaccins suit à présent parfaitement le rythme des pandémies.

Ce soir, Lucie fait part de ses projets à son frère, qui travaille pour une ONG humanitaire au Sahel, à l'occasion d'un visio-apéro avec lui. En collaboration avec le Mouvement de la ceinture verte, il participe à l'amélioration des conditions sanitaires et à la qualité de vie des populations du Sahel. Grâce à la 5G et à leurs écrans de réalité virtuelle olfactifs, ce sera comme s'ils étaient réunis !

Et pourtant...

Lorsqu'elle raccroche, Lucie sent bien qu'elle n'a pas le moral. L'état du monde l'inquiète : son frère lui a raconté que le réchauffement climatique a tellement réduit les rendements agricoles que l'aide alimentaire de son ONG ne suffit plus à nourrir les habitants. Il dit que le monde n'a pas besoin de consommer tant d'énergie et qu'il voit de plus en plus de candidats migrants en provenance du Gabon tenter de franchir le Sahara. Dans leur pays, la prolifération des mines de terres rares, réponse à la galopante demande mondiale en terminaux et antennes 5G, vide les villages et pollue les rivières, ajoutant de nouveaux flux de migrants à ceux qui fuient le Sahel.

Et puis, depuis que l'automatisation a provoqué la perte de tous les emplois du port du Havre, l'insécurité pèse à Lucie : malgré les nombreuses alarmes intelligentes qui surveillent son entreprise et sa résidence, et les drones qui survolent sans cesse la ville, elle sait que les délits se multiplient.

Enfin sa journée a été difficile : le réseau électrique européen est devenu instable avec la multiplication des appareils domestiques et la surconsommation électrique provoquée par le développement du numérique. Du coup, l'alimentation de son entreprise a été coupée à deux reprises dans la journée par l'algorithme gestionnaire du réseau, bouleversant une énième fois son planning ; quant à l'opération de Julien, considérée comme non prioritaire, elle a été repoussée une nouvelle fois.

Lucie n'arrive pas à savoir si la numérisation de notre société est aussi bénéfique qu'elle aurait dû l'être. Néanmoins, elle a renoncé à en discuter avec son mari. Inconditionnel du digital, il fait confiance au progrès technique. Il s'irrite de ce qu'il appelle des discussions stériles et passe de plus en plus de temps dans sa cabine de jeu à réalité virtuelle intégrale. Pensive, elle demande à l'assistant vocal de couper la console de ses enfants et va les coucher.

## INTRODUCTION - UNE POLARISATION DE MAUVAIS AUGURE

Le court récit de la vie future de Lucie explore, entre utopie et dystopie, un monde possible, pas si lointain, où la 5e génération de réseaux de téléphonie mobile, communément appelée 5G, serait pleinement intégrée dans nos cadres de vie, parachevant le processus d'hyper connexion qui a commencé à s'emparer du monde. Aujourd'hui, le déploiement de la 5G suscite autant d'espoirs que de craintes. Révolution technologique indispensable pour doper la croissance et réduire les inégalités aux yeux de certains, surenchère énergivore de communications superflues pour d'autres, interrogations quant aux impacts sur l'environnement, la santé et l'économie : le débat actuel sur la 5G s'intensifie, en même temps qu'il ne cesse de se polariser.

La crise sanitaire actuelle du Covid-19 a alimenté la controverse en faisant remonter au premier plan de nouvelles interrogations sur le numérique en général et la 5G en particulier, relayées dans de nombreux articles de presse (voir bibliographie générale en annexe). Le confinement a mis à rude épreuve les infrastructures de communication avec une intensification de la demande de bande passante<sup>\*1</sup>, mais a aussi démontré leur robustesse. Inversement des craintes émergent quant au déploiement accéléré et non concerté de la 5G et des théories du complot reliant même

la 5G au coronavirus (Zagdoun, France.tv, 2020), au point qu'ont été incendiées, dans plusieurs endroits, de nouvelles installations (Malaure, Le Point, 2020). Ces réactions extrêmes illustrent le risque que peut induire le passage en force du déploiement de technologies nouvelles non correctement partagées ou insuffisamment évaluées, ne serait-ce que sur le plan des risques sanitaires et écologiques.

Notre rapport, produit dans le cadre du cycle national de formation 2019-2020 de l'IHES, intitulé « Préparer les transitions : fictions, sciences, réalités », vise à enrichir cet indispensable débat. Dans la première partie, après un bref historique visant à positionner la 5G dans le contexte plus général de l'accélération technologique, nous partageons les principaux étonnements qui ont été les nôtres dans l'exploration de cette controverse. La seconde partie synthétise cinq propositions que nous avons souhaité formuler. Elles explorent la façon dont la 5G pourrait être régulée et gouvernée, afin d'éviter la polarisation devenue trop fréquente entre technophiles béats et technosceptiques butés - une dichotomie qui finit par ne laisser sur la table que deux choix également réducteurs : l'adoption inconditionnelle ou le rejet total.

## I - ÉLÉMENTS D'HISTOIRE

La 5G s'inscrit dans une trajectoire de croissance et d'accélération sans précédent depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle, il n'y a que 70 ans ! Depuis la révolution industrielle, mais surtout à partir des années 1950, s'est ouverte une période où tout s'emballe : la démographie, l'urbanisation, la production agricole et industrielle, la consommation... Cette "grande accélération" a eu certes des conséquences positives : recul de la faim, accroissement de l'espérance de vie, amélioration globale de la santé et de l'éducation... Mais ces progrès, dans le sillage d'une augmentation massive et inégalitaire de la consommation, se sont faits au prix d'impacts sur le système Terre de plus en plus prégnants, comme l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, l'augmentation de la température de la surface de la Terre, la perte de biodiversité, l'artificialisation des sols, l'acidification des océans... (Steffen et al., 2015). L'urgence d'adopter des modes de développement plus économes fait désormais l'objet d'un large consensus scientifique. En parallèle, la perception de la crise écologique s'est nettement affirmée dans la société. Aujourd'hui, l'environnement, les ressources limitées de la planète font partie des préoccupations des citoyens. Cette nouvelle « conscience écologique » vient questionner les choix technologiques sous un nouvel angle prenant en compte les contraintes écologiques, énergétiques et

sanitaires.

C'est dans la logique de cette trajectoire, de cette course à la croissance, au progrès et au profit de la majorité des sociétés et des États, que le monde de la téléphonie s'est développé. La 5G est ainsi issue d'une lignée technologique qui aura marqué successivement les décennies passées. Dans les années 1980, la 1G a permis de s'affranchir des fils et de téléphoner en toute liberté, n'importe où et partout dans le monde, à condition d'être à portée d'une antenne relais. C'est en 1984 que le premier téléphone mobile est commercialisé par Motorola. Aux usages encore limités, il se démocratise assez rapidement dans les années 1990 notamment avec une nouvelle génération de téléphones mobiles. La 2G a ajouté l'écriture à la parole, avec la possibilité de s'envoyer des SMS (Short Message Service). L'intérêt pour cette nouvelle technologie, et le besoin d'établir des normes pour les téléphones mobiles, est marqué par la création en 1982 du Groupe Spécial Mobile (GSM) à l'échelle européenne. Dans les années 2000, la 3G a introduit internet dans nos téléphones. Enfin, dans les années 2010, la 4G a apporté le haut débit\* et contribué à l'avènement du smartphone, véritable couteau suisse de l'anthropocène (Bonneau et al., 2013). La 5G marquera en particulier la fin des télécommunications centralisées au profit d'une numérisation complète.

1. Les mots avec \* sont définis dans le lexique de la 5G, Annexe 2



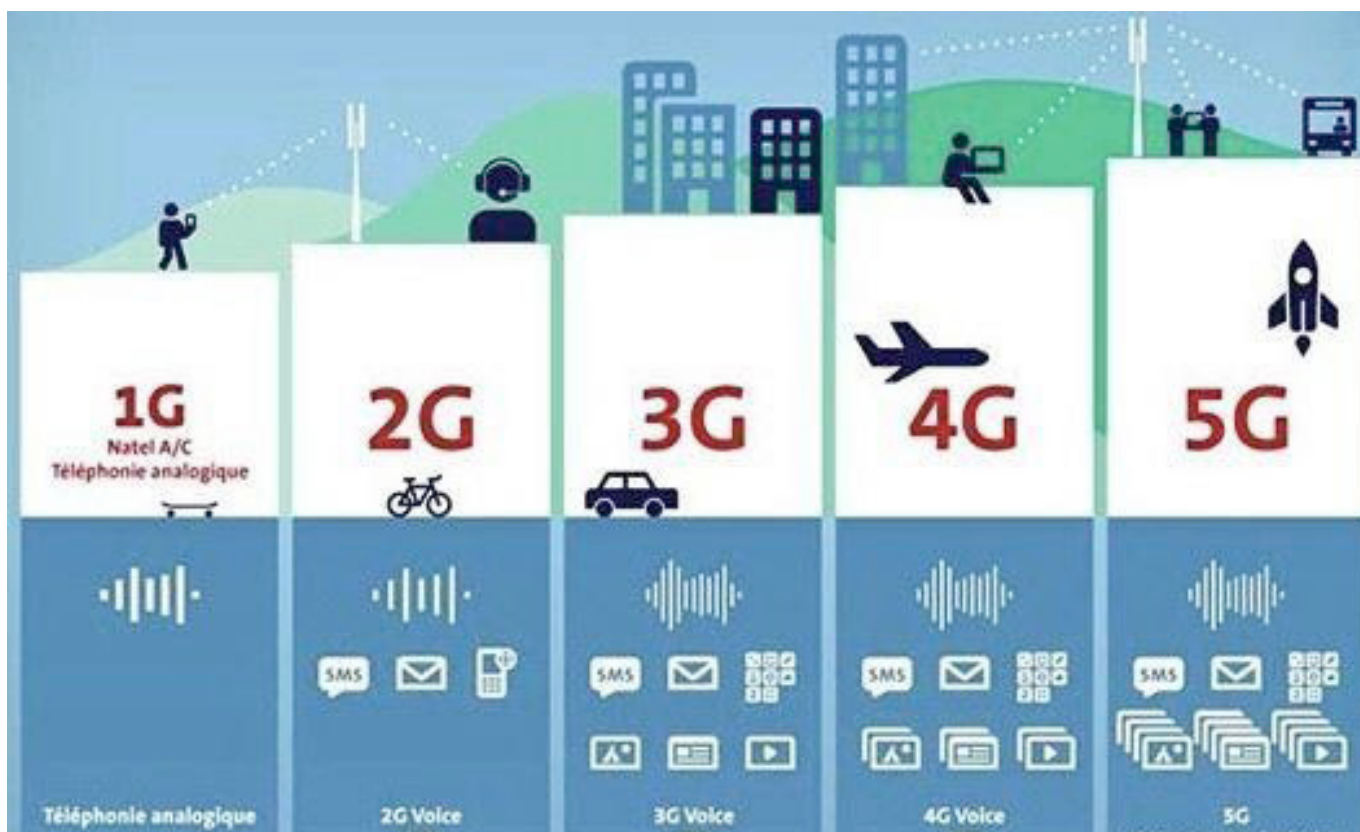


Figure 1 : Evolution des normes de téléphonie mobile, de la 1G à la 5G (source: Xavier Studer - 2016)

## II - DE LA 4G A LA 5G, ENTRE FICTION ET REALITE : ANALYSE DE QUATRE ÉTONNEMENTS

Considérant ces éléments d'histoire, la 5G semble à première vue s'inscrire dans une logique d'évolution « naturelle » des technologies précédentes : plus de vitesse, plus de débit, plus de connectivité. Il ne faudrait pas pour autant, et ce fut l'un de

nos étonnements, minimiser son importance ou son potentiel de bouleversement - il s'agit bien d'une révolution technologique potentielle.

### ÉTONNEMENT 1 : LA 5G A BEL ET BIEN LE POTENTIEL D'ÊTRE UNE

#### RÉVOLUTION AUX CONSÉQUENCES RADICALES POUR LA SOCIÉTÉ

La 5G n'en est encore qu'à ses balbutiements. Comme toute technologie, elle servira les objectifs que nous choisissons de lui assigner. Il n'en reste pas moins que si au départ, pour la plupart, nous étions dubitatifs sur le terme de "révolution 5G", que nous avons pu ressentir comme un argument marketing, les multiples enjeux identifiés au fur et à mesure de nos travaux et de nos lectures sur des thématiques aussi variés que l'économie, la société, la santé, la cybersécurité, la souveraineté ainsi que les questions géopolitiques et énergétiques, nous ont convaincu de l'ampleur du sujet et de la multiplicité de ses impacts (cf. Annexe 4 tableau des impacts).

Le débat médiatique récent s'est souvent focalisé sur quelques-uns de ces impacts, dont nous ne méconnaissons pas l'importance. Par exemple, la question de la cybersécurité (la 5G accroissant potentiellement la vulnérabilité du réseau aux attaques) a souvent été évoquée. L'aspect géopolitique également, avec l'accroissement de l'influence potentielle de la Chine par le biais de l'entreprise Huawei (Qui a peur de Huawei ?, France tv, janvier 2020). La question sanitaire aussi : les débats sont nombreux sur

le danger potentiel ou l'innocuité des ondes à haute fréquence, comme l'a confirmé Olivier Merckel, chef d'unité d'évaluation des risques liés aux agents physiques à l'ANSES\*\*, où des études sont en cours sur cette question. Les controverses sanitaires s'expriment même à travers les voix de complotistes accusant la 5G de propager le COVID 19 !

Ces sujets étant déjà largement traités, nous avons choisi de nous centrer surtout sur des enjeux de sociétés, systémiques, sans doute les plus difficiles à gérer. En effet, la 5G n'est pas juste un objet technique parmi d'autres qui faciliterait notre cheminement sur la route du progrès. Elle suppose un véritable débat de société, en particulier sur la place du numérique dans nos vies et nos économies. Pour reprendre les mots d'Alain Vaucelle, chargé de mission numérique à Plaine Commune : "Cette technologie est une affaire sociétale et non technique."

Un débat dont il ne faut en aucun cas faire l'économie, car, et c'est là un autre de nos étonnements, l'avenir de la 5G, souvent présentée comme l'avenir inéluctable du numérique, est très loin d'être écrit.

## ÉTONNEMENT 2 : LE DÉVELOPPEMENT DE LA 5G N'A RIEN D'INÉLUCTABLE, LES BESOINS AUXQUELS ELLE EST CENSÉE RÉPONDRE POUVANT ÊTRE SATISFAITS PAR D'AUTRES TECHNOLOGIES

Même si l'on accepte comme légitimes les besoins auxquels la 5G est censée répondre (voitures autonomes, milliards d'objets domestiques et urbains connectés, télémédecine, divertissements numériques illimités disponibles en permanence...), dont certains sont représentés dans la figure 2, diverses interviews menées et quelques éléments approfondis nous ont fait constater que d'autres technologies peuvent souvent y répondre, au moins en

partie.

Ainsi, les voitures à conduite autonome n'ont pas besoin de réseau téléphonique, en encore moins de 5G, pour fonctionner. Lancée dès 2010, la Google-car par exemple a roulé des millions de kilomètres en utilisant une technologie d'intégration de radars, de caméras et de moyens de calculs puissants afin d'évaluer la trajectoire du véhicule en temps réel, mais sans réseau 5G...

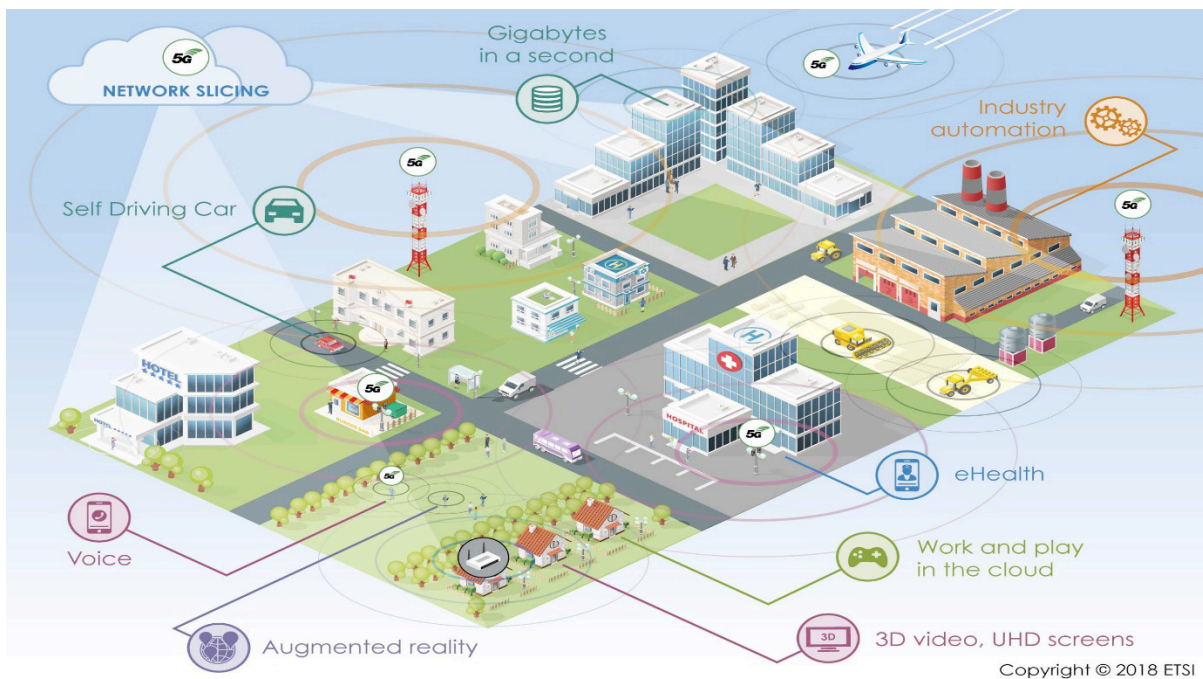


Figure 2 : Les promesses du monde de demain grâce à la généralisation de la 5G à toutes les échelles

Le « véhicule connecté et communicant » est par contre un domaine en plein essor, poussé par l'utilisation massive des GPS et des cartes routières numériques, il nécessite un transfert de données vers les voitures nécessitant une infrastructure de réseau mobile. Cette thématique nous est apparue plus pertinente pour bénéficier des apports de la 5G que l'autonomie de conduite avec laquelle elle est souvent confondue...

Quant à la connexion généralisée des objets (Internet des Objets), la société Sigfox, par exemple, connecte des objets depuis de nombreuses années en utilisant une bande de fréquence moins dense en information, mais assurant une couverture réseau très large du territoire. La startup française Be-bound utilise quant à elle le réseau 2G, qui est fiable et qui couvre 95% de la population mondiale, ce qui permet de connecter immédiatement ses clients à l'internet à haut débit, sans aucun surcoût d'infrastructure (Navi Radjou, 2015). Ces technologies seront-elles saturées, au moins

en zone dense, au point d'imposer une utilisation des technologies 5G ? Aurons-nous réellement ce nombre vertigineux d'objets connectés dans le futur ? Ces questions, toujours ouvertes, nous semblent montrer que l'évolution du secteur des technologies de connexion des objets est encore très incertaine.

Même la consommation croissante de bande passante (et surtout d'images) qui serait l'avenir de notre société peut sans doute se concevoir sans 5G : il est notable que le bond en consommation provoqué par le récent confinement sanitaire a été absorbé par le réseau global actuel, et que les discussions récentes autour d'un Internet plus sobre ont ouvert des pistes de réflexion alternatives (par exemple l'abandon de l'image haute-définition là où elle n'apporte rien, comme sur des écrans de smartphones).

Cette "non-inéluabilité" de la 5G se manifeste d'ailleurs par ce qui fut un autre de nos étonnements, à savoir que l'appétence sociale pour cette technologie s'avère assez modeste.

## ÉTONNEMENT 3 : LES ENTHOUSIASTES DE LA 5G SONT PEU NOMBREUX AU-DELÀ DU CERCLE DES ÉQUIPEMENTIERS ET FABRICANTS DIRECTEMENT INTÉRESSÉS À SON DÉPLOIEMENT

Ce fut, chronologiquement, notre toute première surprise : le tour de table d'ouverture au sein de notre groupe, visant à recueillir notre sentiment a priori sur la 5G, révéla que quasiment tous, malgré nos diversités de parcours et d'origines, nous avions des

réserves plus ou moins importantes sur cette technologie !

La suite de nos recherches montra que nous n'étions pas les seuls : certes la 5G a d'ardents partisans, notamment parmi les inconditionnels de la technologie et du numérique. Mais dans l'ensemble,



comme le montre le tableau d'acteurs que nous avons dressé (voir plus loin et annexe 3), il y a beaucoup d'interrogations et de réticences parmi les parties prenantes.

Le manque d'intérêt des industriels (en dehors des équipementiers comme Nokia, ou des vendeurs de terminaux téléphoniques) nous a particulièrement frappé. Pourtant, maintenir la compétitivité de l'industrie est un argument souvent mis en avant par les promoteurs de la 5G. Les experts annoncent que les recettes produites par ce nouveau standard pourraient représenter l'équivalent de 225 milliards d'euros en 2025 dans le monde (Abi Research, 2016), créer des millions de nouveaux emplois en Europe et générer des bénéfices de plus de l'ordre de 100 milliards d'euros en 2025 (Commission européenne, 2016). A coup sûr, les services numériques, les capteurs, l'analyse en temps réel sont des facteurs d'optimisation de la production industrielle. Cependant, nos entretiens avec la direction du numérique du MEDEF, comme ceux avec des responsables de la Métropole Européenne de Lille ou du territoire de Plaine Commune indiquent tous que les entreprises

dans leur ensemble se préoccupent encore peu aujourd'hui de la 5G, et ne réclament pas particulièrement son déploiement.

Tout récemment, on a même entendu les dirigeants de SFR et de Bouygues, deux des plus grands opérateurs de ce pays, indiquer qu'il n'y avait aucune urgence à déployer l'ultra-haut débit mobile en France ! (Le Figaro 23/04/2020 et 01/06/2020) L'incertitude économique et le scepticisme du public sont invoqués par ces entreprises qui plaident plutôt pour un développement des réseaux fibre et 4G traditionnels.

L'Etat, qui avait largement investi dans les infrastructures télécoms, ne se positionne sur ce sujet qu'en régulateur, planificateur envisageant le déploiement de la 5G comme une manne financière dans l'attribution des ondes.

Ce contexte hésitant est d'autant plus notable qu'à l'heure de la crise écologique globale, la question de son impact en termes de ressources est peu évoquée dans le débat sur la 5G - ce qui constitue notre quatrième et dernier étonnement.

#### ÉTONNEMENT 4 : UN IMPACT ENVIRONNEMENTAL DONT LES CONSÉQUENCES SONT RAREMENT PRISES EN COMPTE

Concernant le domaine de l'énergie et de l'écologie, l'efficacité énergétique de la technologie 5G est partout mise en avant. Notamment avec la mise en œuvre des technologies MIMO\* massif, du slicing\* (qui permettra de prioriser les usages) ou encore la réduction du temps de latence et donc des délais de transmission. Mais de nombreuses questions restent ouvertes : quelle sera réellement la consommation énergétique totale du réseau et de ce fait ses impacts tant financiers qu'écologiques (empreinte carbone) ? Il est vraisemblable que cette efficacité engendre globalement non pas une baisse mais, au contraire, une augmentation de la consommation énergétique amplifiée par une demande non régulée et accrue par une offre de très haut débit illimité.

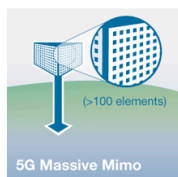
En effet, s'il est vrai qu'individuellement une antenne 5G est 10 à 30 fois plus efficace du point de vue de l'énergie consommée par Gigabit émis, cette même antenne va émettre entre 100 et

1000 fois plus qu'une antenne 4G, utilisera plusieurs bandes de fréquence dont certaines plus hautes que la 4G, et donc de portée plus réduite, ce qui nécessite une multiplication du nombre d'antennes (voir figure 3). A cela s'ajoute la multiplication des appareils connectés, l'augmentation des besoins de stockage de données, le renouvellement des matériels existants (en particulier les smartphones), tous nécessitant une source d'énergie, en particulier pour leur fabrication (Shift Project, 2018) et conduisant donc à un impact environnemental bien plus lourd que celui directement lié à la consommation énergétique, si l'on considère les problématiques induites par l'extraction et l'exploitations de ressources naturelles non renouvelables, ainsi que la gestion des déchets issus du numérique. L'analyse peut être également étendue aux nuisances visuelles et paysagères liés à la multiplication des antennes.

#### Les idées reçues de la 5G: La 5G consommera moins d'énergie que la 4G

##### C'est vrai...

- A flux équivalent, une antenne 5G va consommer moins d'énergie qu'une antenne 4G

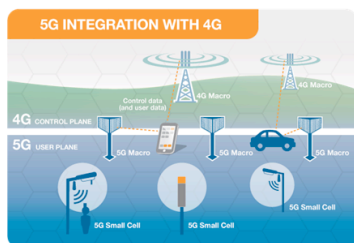


Les antennes 5G seront mises en « veille » lorsqu'elles n'émettent pas de signal

Les avancées technologiques permettent une moindre consommation d'énergie pour chacun des appareils composant la 5G

##### ... mais il faut aussi avoir en tête que...

- Il ne faut pas raisonner à flux équivalent : La 5G va proposer une multiplication par 100 à 1000 du flux donc une consommation d'énergie réelle supérieur pour chaque antenne 5G !
- Chaque borne 5G comprendra plusieurs antennes afin de couvrir la gamme des fréquences 5G
- La portée des antennes 5G étant moins grande que la portée des antennes 4G, il sera nécessaire de multiplier les bornes (x10 environ)



- Initialement, la 5G sera implantée de manière complémentaire à la 4G... dont les bornes resteront donc opérationnelles

##### ... et ne pas oublier non plus...

- Les analyses en cycle de vie montrent que c'est la phase de fabrication des équipements numériques qui est la plus consommatrice d'énergie

Les opérateurs vont devoir implanter un nouveau réseau de bornes 5G en complément du réseau de bornes 4G

Les terminaux téléphoniques devront être remplacés de façon massive pour bénéficier de la 5G

- La 5G a vocation à permettre la connexion de millions d'objets connectés par km<sup>2</sup>, eux-mêmes consommateurs d'énergie

Figure 3 : Les idées reçues de la 5G. Conception Groupe 5G IHEST - Source des illustrations: <http://www.emfexplained.info/?ID=25916>

À travers ces quatre étonnements, la 5G, présentée comme une technologie de rupture, révèle derrière sa dimension de performance technologique, des enjeux multiples et d'une extrême complexité. La multiplicité des acteurs et leur diversité de point de vue montrent des prises de pouvoir visant à satisfaire les intérêts spécifiques pouvant aller à l'encontre de l'intérêt commun. Les promesses liées aux usages de la 5G et les impacts identifiés

et inconnus sur la santé, l'environnement ou encore la sécurité (souveraineté, données, vie privée...) alimentent de nombreuses controverses. Le déploiement accéléré de cette technologie (Rosa, 2010) tente de nous imposer une transition vers un modèle de société qui n'est pas nécessairement partagé, source d'équité, viable et durable. C'est dans ce contexte que s'inscrivent nos cinq propositions pour un monde en transition.

### III - CINQ PROPOSITIONS POUR UNE TRANSITION

La stratégie gouvernant nos choix économiques repose aujourd'hui sur un objectif de croissance permanente, induisant de ce fait une recherche continue d'innovations technologiques.

La crise du Covid-19 qui a brutalement freiné cette accélération nous laisse cependant entrevoir la possibilité d'un nouveau modèle de développement pour « transformer notre monde » afin de garantir la prospérité de tous, de protéger la planète et d'éradiquer la pauvreté sur la base des dix-sept objectifs de développement durable (ODD) de l'Agenda 2030 des Nations Unies, adoptés

en 2015 par tous les États.

La technologie 5G peut-elle venir en appui à la mise en œuvre de ces objectifs ? Pour en décider, il serait avisé de l'analyser via une grille de lecture multicritères prenant en compte les contraintes écologiques, énergétiques, économiques, sociales et sanitaires.

En ce sens, nos cinq propositions nous paraissent autant prioritaires que complémentaires pour décider à quelle vitesse, selon quelles modalités et jusqu'à quel point il est souhaitable de déployer la 5G.

#### 1- CRÉER UN CONTEXTE DE TRANSPARENCE

Au fil de nos recherches, il nous est apparu que nous ne disposons pas d'informations suffisamment claires sur le coût énergétique, l'empreinte carbone, l'analyse du cycle de vie... associées à la mise en place de la technologie 5G. Même le coût global de son déploiement n'a pas véritablement fait l'objet de chiffres ! Alors que, à l'inverse, on trouve diverses projections des bénéfices escomptés et des emplois créés.

Or, une exigence de transparence nous semblerait nécessaire, obligeant les opérateurs de téléphonie à publier toutes les informations utiles en s'appuyant sur les méthodologies et des référentiels validés et réglementés par l'État et permettant de véritables comparaisons (entre opérateurs, entre technologies...). L'État lui-même pourrait être exemplaire à cet égard en commençant par publier le résultat de la consultation nationale menée par l'ARCEP\*\*<sup>2</sup> du 13 décembre 2017 au 16 février 2018. Celle-ci avait été lancée suite à l'établissement de la feuille de route européenne à horizon 2030, le 4 décembre 2017, afin « d'identifier les mesures nécessaires pour relever les défis de la 5G... », pour établir *in fine*, la stratégie nationale de la 5G (Lausson, 2017).

Le Comité de Dialogue relatif aux niveaux d'exposition du pu-

blic aux ondes mis en place par l'ANFR\*\*, créé en 2015 par la Loi Abeille, pourrait ainsi servir de réceptacle pour l'analyse et le traitement de ces problématiques, de manière collégiale. Ce Comité rassemble les opérateurs, les constructeurs et les associations, les collectivités et les représentants de l'administration. Il gagnerait à être décentralisé et réorganisé au niveau de chacun des territoires, en partenariat avec l'ensemble des parties prenantes. Sur le plan local, nous pouvons penser que l'exemple de la ville de Paris, avec la mise en place de l'instance indépendante de suivi des ondes électromagnétique « Ondes Paris \*\* », vient garantir aux citoyens l'objectivité des résultats qui sont rendus publics.

Mettre en place les conditions du débat public sur ce type de choix technologique nous paraît essentiel. Certes l'ARCEP devait organiser un débat public sur la 5G le 9 juin 2020 « 2030 : quels réseaux pour quelle société ? », mais nous nous interrogeons d'une part sur le fait que ce débat ne soit pas instruit par la Commission nationale du débat public (CNDP\*\*), qui a vocation de porter les questions importantes de concertation nationale et, d'autre part, sur l'ombre potentielle de la crise sanitaire actuelle sur la portée de ce débat public à enjeux multiples.

#### 2- ÉDUIQUER, FORMER ET COMMUNIQUER

Au regard de la complexité de l'univers de la 5G, et même de la difficulté que nous avons eu à cerner (encore aujourd'hui) l'envergure du sujet, nous pouvons légitimement nous interroger sur la manière dont les citoyens français, futurs utilisateurs, sont armés pour questionner leur matériel et leurs pratiques, aussi bien que les choix sociaux effectués.

En effet, la question de l'éducation au numérique (Cardon, 2019) est particulièrement vaste, puisqu'elle concerne autant l'aspect matériel que les pratiques usuelles et leur impact environnemen-

tal (téléchargements divers, sauvegardes...). Or, les formations dédiées au numérique commencent tout juste à apparaître au lycée, avec l'introduction en 2019 d'un module « Sciences numériques et technologie » pour les élèves de seconde et une spécialité « Numérique et sciences informatiques » pour les élèves de première et terminale (Tarissan, 2019). De plus, ces enseignements naissants consacrés aux humanités numériques, tant dans le secondaire que dans l'enseignement supérieur, restent la plupart du temps à l'écart des enjeux technologiques relatifs aux matériels utili-

2. \*\* les sigles sont définis dans l'annexe 3

sés (Vink, 2016). Il en va de même pour tous les enseignements concernant les langages informatiques.

Au-delà de la formation initiale ou continue, la vulgarisation de sujets “techniques” comme le numérique nécessiterait selon nous des outils facilitant la prise de conscience des enjeux pour le grand public. A l’image de l’étiquette-énergie introduite dans les

### 3- SUIVRE ET ÉVALUER

Considérant la mise en place de la technologie 5G comme un élément déterminant de la politique publique du numérique, nous avons été interpellés par le manque de véritables outils d’évaluation du dispositif, qu’ils soient techniques, économiques, sociaux, sanitaires ou écologiques.

Au-delà des expérimentations préalables menées par l’ARCEP et l’ANFR en 2018 et 2019 (Cf. Annexe 5) et des d’évaluations a posteriori souvent pratiquées, il s’agit réellement d’entériner, dès le début du déploiement, voire dès les phases test, des protocoles d’évaluation très en amont ou pratiqués en continu.

Ainsi, la généralisation de la technologie 5G en France prévoit-elle la mise en place d’un processus de suivi-évaluation piloté par l’Etat, en partenariat avec les collectivités territoriales et les autres parties prenantes ? Celui-ci devrait non seulement viser à évaluer l’efficacité du fonctionnement de la technologie à proprement parler, mais aussi son efficience au travers de nombreux

### 4- UNE RÉGULATION INDÉPENDANTE RENFORCÉE

Nous avons été interpellés par un entretien avec, Sébastien Soriano, le président de l’ARCEP (Le Monde, 14 janvier 2020), qui préconisait une régulation renforcée de la technologie 5G afin d’envisager un déploiement piloté à la fois dans ses objectifs et dans ses moyens. Un constat qui pourrait sans doute s’étendre au numérique dans son ensemble...

La régulation à mettre en œuvre pourrait intégrer les promesses cibles de la 5G à la fois dans ses volets économique et environnemental pour répondre aux enjeux de société dans leur ensemble. Ainsi, pour chaque secteur industriel, une cible pourrait être dessinée détaillant les impacts économiques, sociaux et environnementaux attendus. Autant d’indicateurs que le régulateur pourrait piloter pour assurer un développement durable et acceptable. Dans une étude sur l’impact de la 5G, le World Economic Forum a initié un travail de ce type. Chaque État pourrait s’en saisir, se l’approprier et le déployer de manière adapté à sa réalité économique et sociale ainsi qu’à ses engagements environnementaux (World Economic Forum, 2020).

Le secteur des réseaux de télécommunication fait déjà l’objet d’une double régulation aux niveaux de l’ARCEP et l’ANFR (Cf. Annexe). Mais ne serait-il pas possible de confier à l’ARCEP les moyens d’imposer un certain nombre de règles et normes, pour répondre aux objectifs de limitation des impacts énergétiques et environnementaux, et à l’ANFR les moyens de les contrôler ? Ces institutions pourraient tout d’abord recueillir, synthétiser et

années 1990 pour les équipements électroménagers, pourquoi ne pas développer un indicateur de consommation numérique, une sorte de “nutriscore”, pour informer et outiller le consommateur à la sobriété numérique, comme le défend le groupe de réflexion “The Shift Project” ?

paramètres.

Nous nous interrogeons également sur la performance de certaines méthodologies utilisées pour évaluer l’impact des ondes électromagnétiques de la 5G. Dans notre entretien avec le Dr De-Seze, médecin et biologiste à l’INERIS\*\* et mandaté par le MTES\*\*, celui-ci nous indiquait qu’à l’heure actuelle, en France, n’ont été réalisées que des mesures d’exposition aux ondes en conditions de laboratoire pour calculer l’indice d’évaluation d’exposition, contrairement aux suivis d’impacts réalisés en Chine qui sont réalisés dans des conditions réelles d’utilisation.

Quelles que soient les méthodes de suivi et d’évaluation, il nous paraît nécessaire qu’elles puissent être intégrées dès le début de la conception, sinon du déploiement de la technologie au sein d’une étude d’impact préalable associant toutes les parties prenantes.

publier sur leurs sites web les données annuelles des opérateurs concernant leur consommation énergétique, leur empreinte carbone et toutes autres données pertinentes, comme nous l’avons indiqué dans la proposition sur la transparence. Mais ce travail gagnerait à s’accompagner de l’édiction de normes garantissant des performances optimales. Les Comités de Dialogue pourraient passer en revue les divers bilans techniques. En fonction des résultats, l’ARCEP et l’ANFR pourraient par exemple modifier l’attribution des fréquences.

Par ailleurs, pourquoi ne pas créer et adapter des outils tels que :

- Le bonus/malus lié au coût carbone, à l’image de ce qui existe pour les véhicules, pour engager activement une baisse de l’empreinte environnementale des smartphones eux-mêmes, dont l’empreinte écologique est concentrée à la phase de fabrication (Shift Project, 2018) ?
- L’écoconception avec un taux imposé de recyclage des smartphones usagés ?
- La promotion des labels écologiques ?
- La tarification progressive de l’utilisation des données mobiles afin de responsabiliser les utilisateurs finaux. Ainsi, les premiers Gigabits de données pourraient être relativement bon marché, mais en nette hausse à partir d’un certain seuil (exemple : tarif doublé au-delà de 10Go et triplé au-delà de 50Go).

## 5- UNE GOUVERNANCE INTÉGRÉE ET EFFECTIVE

La question de la gouvernance nous a intéressés dès le début de notre travail, puis tout au long de nos réflexions et discussions et, fort était notre étonnement de ne pas avoir de réponse à une question simple : qui décide du lancement ou pas de la 5G ? A l'heure actuelle, la réponse se trouve surtout dans le jeu du marché, animé par l'offre des entreprises qui tentent de produire de nouvelles technologies afin de conserver ou accroître leurs ventes

et devenir leader.

La cartographie des acteurs français que nous avons réalisée représente, selon la perception et la compréhension que nous en avons, les différents acteurs, les plus directement concernés par la 5G, selon l'intérêt qu'ils portent à cette technologie et leur niveau d'influence (figure 4).

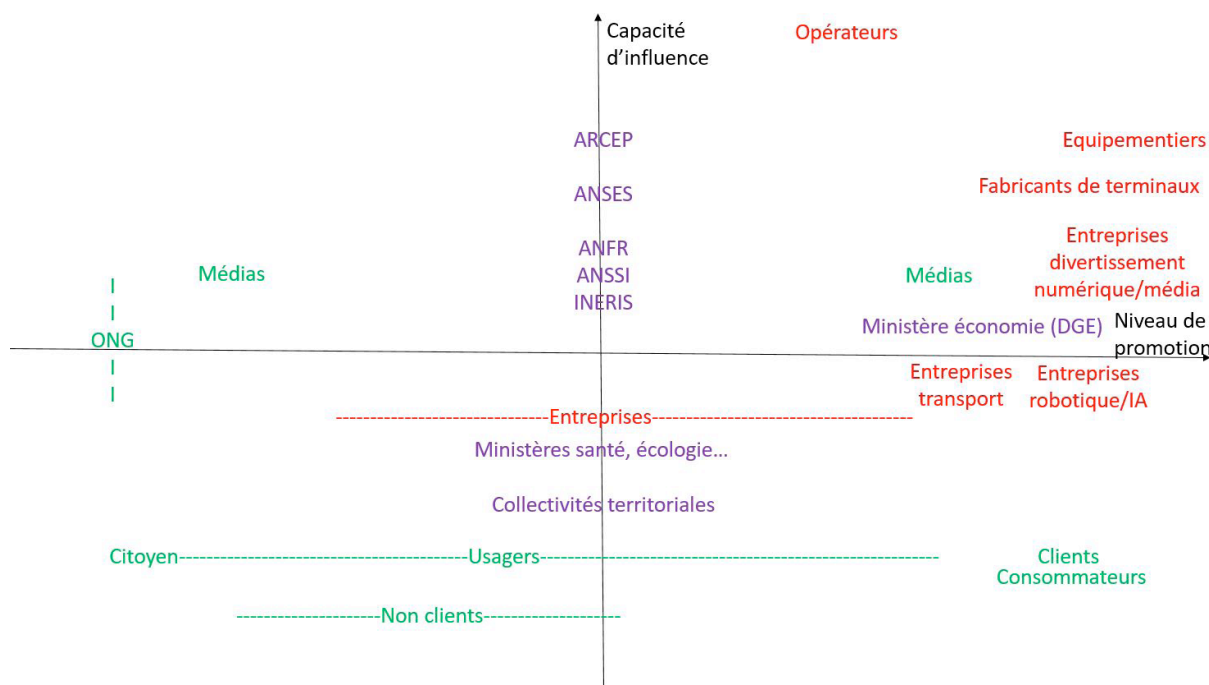


Figure 4 : Représentation des parties prenantes en fonction de leur intérêt pour la 5G et de leur influence, estimés par les rédacteurs à la date du 11 juin 2020 (violet : acteurs publics, rouge : acteurs privés, vert : société civile). Conception Groupe 5G IHEST

Cette cartographie met en évidence que les groupes d'acteurs, qui sont en capacité de gouvernance, auraient globalement une capacité d'influence modérée quant au déploiement de la 5G. Cela nous a interpellé sur la réalité que cela révèle et par conséquent, sur les nécessités en matière de pilotage.

Les pouvoirs publics organisent déjà le débat public autour de technologies liées aux infrastructures publiques (eau, gaz, électricité...) qui nécessitent d'être réglementées. Il semblerait donc logique que la gouvernance de la 5G soit pratiquée de la même façon et de manière concertée.

Cependant, si l'on s'en tient aux seuls acteurs institutionnels, le repérage des différents intervenants dans la chaîne de décision du lancement de la 5G laisse la place à une interrogation sur le processus décisionnel. Il est ainsi difficile de repérer l'existence

d'une arène de confrontation des points de vue ou d'une stratégie nationale globale permettant de saisir a priori les enjeux.

La question de la « redevabilité » se trouve donc posée dans des termes spécifiques. Autrement dit, qui décide effectivement en amont du processus de fixation du prix des fréquences ? La gouvernance globale se trouverait clarifiée par l'existence de cette arène interministérielle de définition des enjeux.

Ces constats sont à la base de notre suggestion sur la nécessité d'organiser un pilotage clair de la décision publique concernant les innovations en général mais tout particulièrement la 5G. Le Conseil national du numérique (CNNum\*\*) pourrait-il être l'organe central d'un pilotage interministériel. Il resterait à définir comment impliquer la société civile...

## CONCLUSION - DU DÉPLOIEMENT D'UN OBJET TECHNIQUE À L'ACTE POLITIQUE

Les enjeux liés à la 5G sont bien plus importants qu'on ne pourrait le considérer pour ce qui semble apparaître communément comme une simple évolution technologique. D'un côté, rater le virage de cette transition technologique pourrait être synonyme de déclin économique, de perte de compétitivité, d'appauvrissement et de perte de souveraineté. Mais à l'inverse, investir massivement des capitaux comme des ressources naturelles en voie de raréfaction dans une technologie dispendieuse, alors que le monde de demain se doit d'être numériquement plus sobre pour être plus durable, constituerait une erreur difficile à réparer. Une chose est sûre, le déploiement de la 5G requiert un niveau de collaboration sans précédent entre le secteur économique, le secteur public et les acteurs de la société civile. Car il s'agit de changements systémiques pour nombre de secteurs économiques, d'investissements, sans précédent pour les opérateurs concernés, et d'évolutions marquées dans nos modes de communication, de travail et de vie avec des impacts sur la société, non négligeables. Il nous apparaît à ce stade qu'une bonne gouvernance, favorisant

une approche globale et incluant toutes les parties prenantes, permettrait de garantir la réalisation du plein potentiel de cette technologie. L'objectif serait de dessiner une cible durable, de développer le plan de mise en œuvre, d'intégrer dans chacune de ses phases la création de valeur sociale, d'identifier des jalons et des indicateurs (techniques, technologique, économique, sociaux, environnementaux ...), d'informer et de communiquer. Cela permettrait ainsi d'en faire une révolution partagée au service de cet objectif, et non une involution pour la société de demain.

Animée par cette démarche holistique, cette gouvernance intègrerait des critères de régulation économiques, sociaux et environnementaux sur le modèle des Objectifs de développement durable, avec un plan de mise en œuvre détaillé, avec des objectifs mesurables à chaque étape du déploiement et pour chaque secteur impacté. Enfin, cette gouvernance pourrait utilement être mobilisée avant toute décision de mise en œuvre d'une innovation technologique d'une telle ampleur.

### ÉPILOGUE

*Lucie n'arrive pas à s'endormir ce soir. Tout en observant dans le ciel une publicité vantant les mérites d'un nouveau smartphone, elle se demande s'il n'aurait pas mieux valu négocier autrement le tournant des années 2020, dont elle a l'impression que date vraiment la massification du numérique, associée à un emballement de la consommation. Elle tente de se rassurer en se disant que ses enfants sont aujourd'hui mieux formés et préparés pour faire face aux défis de la deuxième moitié du 21<sup>e</sup> siècle, mais ne peut s'empêcher de penser que sa génération aurait dû s'impliquer dans les choix technologiques et sociétaux de son époque.*



## RÉFÉRENCES

### Eléments de bibliographie générale

- Bonneuil C. et Fressoz J.-B., 2013. L'Événement Anthropocène. La Terre, l'histoire et nous, Paris, Seuil, 304 p
- Cardon D., 2019, Culture numérique, Presses de Sciences Po
- Landrieu J. "Décision collective et décision publique" in Goux-Baudiment F., Heurgon E., Landrieu J, 2001, Expertise collective, débat public : vers une intelligence collective - Cerisy-Prospective II, l'aube éditions
- Jacquard A., 1991, Voici le temps du monde fini, Seuil
- Steffen W. et al., 2015, The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration, The Anthropocene Review, epub, doi:10.1177/2053019614564785
- Rosa H., 2010. Aliénation et accélération. Vers une théorie critique de la modernité tardive Editions La Découverte 2012 p28
- Tarissan F., 2019, Au coeur des réseaux Des sciences aux citoyens, Le Pommier essai.

### Rapports et documents

- ANFR, 2020, Evaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques 5G- Volet2: premiers résultats de mesures sur les pilotes 5G dans la bande 3400-3800 MHz, avril 2020, 34p.
- ANSES, 2019. « Exposition de la population aux champs électromagnétiques liée au déploiement de la technologie de communication '5G' et aux effets sanitaires associés » 2019-SA-0006, mise en ligne 27 janvier 2020 - <https://www.anses.fr/fr/content/rapport-intermediaire-de-lances-relatif-%C3%A0-l'exposition-de-la-population-aux-champs>
- Commission européenne, 2016. Un plan d'action pour la 5G en Europe - Rapport de la commission européenne <https://www.arcep.fr/la-regulation/grands-dossiers-reseaux-mobiles/la-5g/le-plan-daction-de-la-commission-europeenne-pour-la-5g.html>
- Next Generation Mobile Networks Alliance, 2015. 5G White Paper. Rachid El Hattachi/ Javan Erfanian (editors). 125p.
- NTT DOCOMO, INC., 2020. White paper – 5G evolution and 6G. 17p.
- Shift Project, 2018. Lean ICT-Pour une sobriété numérique, 1er rapport octobre 2018 <https://theshiftproject.org/lean-ict/>
- World Economic Forum: White paper 2020, The impact of 5G: cretaing new values across industries and societies

### Articles de presse (sélection)

- ABI Research, Projects 5G Worldwide Service Revenue to Reach \$247 Billion 2025, 12/04/2016, <https://www.abiresearch.com/press/abi-research-projects-5g-worldwide-service-revenue/> Consulté 19/04/2020
- Lausson J., La France lance une consultation sur la 5G pour préparer une stratégie nationale, Numerama, 13/12/2017 <https://www.numerama.com/politique/314527-la-france-lance-une-consultation-sur-la-5g-pour-preparer-une-strategie-nationale.html> Consulté le 19/04/2020
- M. Bouygues, Tribune Le Figaro, 23/04/2020, <https://www.lefigaro.fr/vox/economie/la-5g-n-est-pas-une-urgence-pour-la-france-repoussons-l-attribution-des-frequences-20200522>, Elsa Bembaron - SFR appelle à «un Ségur du haut débit» - Le Figaro, 01/06/2020 <https://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/sfr-appelle-a-un-segur-du-haut-debit-20200601>
- Malaure J. Coronavirus et 5G : la théorie du complot embrase le Royaume-Uni, Le Point, 07/04/2020 [https://www.lepoint.fr/societe/coronavirus-et-5g-la-theorie-du-complot-qui-embrase-le-royaume-uni-06-04-2020-2370283\\_23.php#](https://www.lepoint.fr/societe/coronavirus-et-5g-la-theorie-du-complot-qui-embrase-le-royaume-uni-06-04-2020-2370283_23.php#) Consulté le 19/04/2020
- Soriano S., « Je pense profondément que la 5G va nécessiter plus de régulation », Interview de S ; Soriano, Le Monde, 14/01/2020 [https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/01/14/je-pense-profondement-que-la-5g-va-necessiter-plus-de-regulation\\_6025793\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/01/14/je-pense-profondement-que-la-5g-va-necessiter-plus-de-regulation_6025793_3234.html) Consulté le 16/01/2020
- Ville de Paris, Ondes Paris, un nouveau comité de contrôle pour être mieux protégé des ondes électromagnétiques, 19 mars 2018 <https://www.paris.fr/pages/ondes-paris-un-nouveau-comite-de-contrôle-pour-être-mieux-protège-des-ondes-electromagnetiques-5635> Consulté le 15/04/2020
- Ville de Paris, La charte parisienne de téléphonie mobile, 30 mars 2017 <https://cdn.paris.fr/paris/2019/07/24/a02b0a220d070281bfcc18c-b562a4cc0.pdf> Consulté le 19/04/2020
- Zagdoun B., Ces théories du complot qui connectent la 5G et le coronavirus, franceinfo, 11/04/2020 [https://mobile.francetvinfo.fr/sante/ces-theories-du-complot-qui-connectent-la-5g-et-le-coronavirus\\_3903681.amp](https://mobile.francetvinfo.fr/sante/ces-theories-du-complot-qui-connectent-la-5g-et-le-coronavirus_3903681.amp) Consulté le 19/04/2020

## BIBLIOGRAPHIE

### Eléments de bibliographie générale

- Allard L, 2015. L'engagement du chercheur à l'heure de la fabrication numérique personnelle, Hermès, la Revue 2015/3 n°73, pp. 159-167
- Charpentier F. et Debbah M., 2020, L'optimisation énergétique de la 5G, La Jaune et la Rouge, N° 754, avril 2020, pp. 38-39
- Flipo F., 2020, L'inquiétante trajectoire de la consommation énergétique du numérique, The Conversation, 2 mars 2020
- Vinck D., Humanités numériques, la culture face aux nouvelles technologies, Le cavalier bleu, 2016.
- Andrew MacAfee, 2019, More for Less, - The surprising story of how we learned to prosper using fewer resources - And what happens next

## Rapports et documents

- 5G infrastructure PPP, 2019. Trials and pilots. 24p.
- ANFR, 2019, Evaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques 5GVolet 1 : présentation générale de la 5G, juillet 2019, 17 p. <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/5G/20200410-ANFR-rapport-mesures-pilotes-5G.pdf>
- Australian Mobile Telecommunications Association, 2019. 5G and EMF explained. 12p.
- Capgemini Research Institute, 2019. 5G in industrial operations – How telcos and industrial companies stand to benefit. 36p.
- Commission européenne. 5G for Europe Action Plan. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/5g-europe-action-plan>. Consultée le 18/04/2020
- Commission européenne. International cooperation on 5G. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/5G-international-cooperation>. Consultée le 18/04/2020
- Commission européenne. Towards 5G. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/towards-5g>. Consultée le 18/04/2020
- Conseil d'Etat, 5 mars 2020, Ordonnance statuant au contentieux n°s 438761, 438763, Association Partem et autre
- Conseil européen, Présidence du Conseil européen, 2017. 5G Roadmap. [https://www.mkme.ee/sites/default/files/8.a\\_b\\_aob\\_5g\\_roadmap\\_final.pdf](https://www.mkme.ee/sites/default/files/8.a_b_aob_5g_roadmap_final.pdf)
- Council of the European Union, 2019. Council conclusions on the significance of 5G to the European Economy and the need to mitigate security risks linked to 5G – Council Conclusions (3 December 2019). 7p.
- FFDN et La Quadrature du Net, 2018. Réponse à la consultation « Feuille de route sur la 5G : Consultation des acteurs du marché » de la Direction Générale des Entreprises, 7p. [https://www.laquadrature.net/files/201802\\_Reponse\\_DGE\\_5G-ffdn-lqdn.pdf](https://www.laquadrature.net/files/201802_Reponse_DGE_5G-ffdn-lqdn.pdf)
- FFT, 2019, Etude « Economie des Telecoms » 2018
- FNCCR, 2016, Réussir la révolution numérique, Le livre blanc de la FNCCR, aout 2016, 99P.
- IDATE Digiworld for the European Commission, 2020. 5G Observatory Quaterly Report 7 – Up to March 2020. 117p.
- Lausson, Quel est le calendrier de la 5 G en France ?, 08/04/2020, <https://www.numerama.com/politique/312368-deploiement-de-la-5g-quel-est-le-calendrier-defini-par-leurope.html>
- Lemmens J-L, Lubrano S, Manero C, Pujol F (coord.) / Idate Digiworld, 2019. Livre blanc 5G – La 5G, levier de la transformation numérique – Une priorité pour la France. 44p.
- Ministère des Armées, Usages et réseaux de la 5G : une révolution pour le ministère des Armées, Séminaire DGNUM, 04/03/2020 <https://www.defense.gouv.fr/actualites/communaute-defense/usages-et-reseaux-de-la-5g-une-revolution-pour-le-ministere-des-armees>
- NIS Cooperation Group, 2019. EU coordinated risk assessment of the cybersecurity of 5G networks, octobre 2019. 33p.
- Orange, 3e conférence Annuelle Européenne sur la 5G, 22 janvier 2019, <https://www.orange.com/fr/actualites/2019/Mars/3eme-Conference-Annuelle-Europeenne-sur-la-5G-22-janvier-2019>
- OPECST, 2018. "Perspectives technologiques ouvertes par la 5G" rapport n° 188 52018-2019) - 11 décembre 2018 de MM Pierre HENRIET et Gérard LONGUET
- Shift Project, 2019. Climat : l'insoutenable usage de la vidéo en ligne, 2e rapport, juillet 2019 <https://theshiftproject.org/lean-ict/>
- Shift Project, 2020. Déployer la sobriété numérique : 3e rapport, version intermédiaire, janvier 2020 <https://theshiftproject.org/lean-ict/>
- Utilities Technology Council, 2019. Cutting through the hype : 5G and its potential impacts on electric utilities. 32p.
- Witze A., Global 5G wireless deal threatens weather forecasts, Nature, 22/11/2019 <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03609-x> Consulté le 28/11/2019

## Articles de presse (sélection)

- 5G PPP – The 5G Infrastructure Public Private Partnership <https://5g-ppp.eu/>. Consultée le 13/04/2020
- Adam L., 2018. L'Arcep lance une consultation sur l'ouverture des fréquences 5G, 25/10/2018 <https://www.zdnet.fr/actualites/l-arcep-lance-une-consultation-sur-l-ouverture-des-frequences-5g-39875651.htm>
- Afp, Les débuts de la 5G aux Etats-Unis, La Croix, 06/01/2020, <https://www.la-croix.com/Economie/debuts-5G-Etats-Unis-2020-01-06-1301069952> Consulté le 06/01/2020
- Alvarez C., Le déploiement de la 5G pour nos téléphones portables pourrait être un véritable désastre écologique, 20/01/2020 <https://www.novethic.fr/actualite/environnement/climat/isr-rse/le-deploiement-de-la-5g-va-etre-un-veritable-desastre-ecologique-148111.html>
- Bombaron E., « La 5G c'est parti » annonce Agnès Pannier-Runacher, Le Figaro, 20/11/2019 <https://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/la-5g-c-est-parti-annonce-agnes-pannier-runacher-20191120> Consulté le 20/11/2020
- Cassini S., 2018. Sébastien Soriano : « Sur la consolidation dans les télécoms, la porte de l'Arcep s'entrouvre », Le Monde, 22 mai 2018
- Chaffin Z., Déploiement de la 5G : Huawei, l'éternel dilemme européen, Le Monde, 11/12/2020, [https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/12/11/deploiements-de-la-5g-huawei-l-eternel-dilemme-europeen\\_6022415\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/12/11/deploiements-de-la-5g-huawei-l-eternel-dilemme-europeen_6022415_3234.html) Consulté le 19/11/2019
- Chaffin Z., Faut-il se passer de la 5G ?, Le Monde, 30/11/2020 [https://www.lemonde.fr/m-le-mag/article/2019/11/30/faut-il-se-passer-de-la-5g\\_6021119\\_4500055.html](https://www.lemonde.fr/m-le-mag/article/2019/11/30/faut-il-se-passer-de-la-5g_6021119_4500055.html)
- Chartier M., Coronavirus & Internet : la consommation de bande passante expose, nouveau record atteint, Les Numériques, 17/03/2020 <https://www.lesnumeriques.com/vie-du-net/coronavirus-internet-la-consommation-de-bande-passante-explose-nouveau-record-atteint-n148403.html>
- Chartier M. 5G, le directeur de l'Anssi répond aux opérateurs sur le risque Huawei et les délais, 21/01/2020, <https://www.lesnumeriques.com/mobilite/5g-le-directeur-de-l-anssi-repond-aux-operateurs-sur-le-risque-huawei-et-les-delais-n146275.html> Consulté le 22/01/2020
- Chavot M., La Smartcity de Dijon passe le test du coronavirus, Les Echos, 11/04/2020, <https://www.lesechos.fr/industrie-services/immo->

bilier-btp/la-smartcity-de-dijon-passe-le-test-du-coronavirus-1194249#xtor=CS1-3046 Consulté le 11/04/2020

Chenel T., Voici pourquoi la 5G risque d'accroître l'impact du numérique sur l'environnement 30/10/2019 <https://www.businessinsider.fr/voici-pourquoi-la-5g-risque-daccroitre-limpact-du-numerique-sur-lenvironnement/>

Cholez A.-L., Au nom du Coronavirus, l'Etat libéralise l'installation des antennes-relais, Reporterre, 02/04/2020 <https://reporterre.net/Au-nom-du-coronavirus-l-Etat-liberalise-l-installation-des-antennes-relais> Consulté le 19/04/2020

Coquaz V., Le gouvernement a-t-il « généralisé la 5G » pendant le confinement ?, Libération, 13/04/2020, [https://www.liberation.fr/cheeknews/2020/04/13/le-gouvernement-a-t-il-generalise-la-5g-pendant-le-confinement\\_1785045](https://www.liberation.fr/cheeknews/2020/04/13/le-gouvernement-a-t-il-generalise-la-5g-pendant-le-confinement_1785045) Consulté le 19/04/2020

Delozier T., Déploiement de la 5G : un processus long et complexe, Les numériques, 23/02/2020 <https://www.lesnumeriques.com/vie-du-net/deploiement-5g-processus-long-complexe-a4289.html> Consulté le 19/04/2020

Debove L., La 5G, une technologie aux conséquences mortelles, La Relève et la Peste, 31/01/2020 <https://lareleveetlapeste.fr/la-5g-une-technologie-aux-consequences-mortelles/> Consulté le 19/04/2020

Dumoulin S., 5G : le Conseil d'Etat se prononcera avant l'été, Les Echos, 05/03/2020 <https://www.lesechos.fr/tech-medias/hightech/5g-le-conseil-detat-se-prononcera-avant-lete-1182432> Consulté le 6 mars 2020

Ericson. A, technical look at 5G energy consumption and performance. <https://www.ericsson.com/en/blog/2019/9/energy-consumption-5g-nr>. Consulté le 13/04/2020

Escande P., La politique du mi-chèvre mi-chou, Le Monde, 30 janvier 2020

Ferreboeuf H., Faut-il faire la 5G ?, Le Monde, 09/01/2020

FNCCR, Le Plan France Très Haut Débit fortement menacé <http://www.fnccr.asso.fr/article/le-plan-france-tres-haut-debit-est-fortement-menace/> consulté 16/03/2020

Gavois S., Déploiement de la 5G : feuille de route et ambitions françaises, 15/07/2020, <https://www.nextinpact.com/news/106859-deploiement-5g-feuille-route-et-ambitions-france.htm>

Gey L., Le gouvernement fait passer en catimini une ordonnance pour faciliter l'installation de la 5G sur le territoire, EPOCH TIMES, 10/04/2020 <https://fr.theepochtimes.com/le-gouvernement-fait-passer-en-catimini-une-ordonnance-pour-faciliter-linstallation-de-la-5g-sur-le-territoire-1324536.html> Consulté le 19/04/2020

GreenIT, L'inquiétante trajectoire du numérique mondial : synthèse de l'étude de GreenIT, 18 novembre 2019 <https://www.i-care-consult.com/2019/11/18/linquietante-trajectoire-du-numerique-mondial-synthese-de-letude-de-greenit/> Consulté le 19/04/2020

IEEE Spectrum. The 5G dilemma : more base stations, more antennas – Less energy ? <https://spectrum.ieee.org/energywise/telecom/wireless/will-increased-energy-consumption-be-the-achilles-heel-of-5g-networks>. Consultée le 13/04/2020 Consulté le 19/04/2020

Institut Montaigne, 5G et machine learning : changement de paradigme ? Regards croisés entre Gilles Babinet et Victor Storchan, 06/03/2020, <https://www.institutmontaigne.org/blog/5g-et-machine-learning-changement-de-paradigme> Consulté le 15/04/2020

Ketfi C., 2020. Réseau 5G : déploiement, fonctionnement, usages et smartphones compatibles, 08/03/2020 [https://www.frandroid.com/telecom/488716\\_reseau-5g-tout-ce-qui-va-changer-quels-usages-et-pourquoi-la-technologie-est-importante](https://www.frandroid.com/telecom/488716_reseau-5g-tout-ce-qui-va-changer-quels-usages-et-pourquoi-la-technologie-est-importante) Consulté le 19/04/2020

Lausson J., La France compte presque 500 stations expérimentales en 5G, Tech 10/02/2020 <https://www.numerama.com/tech/604853-la-france-compte-presque-500-stations-experimentales-en-5g.html> Consulté le 19/04/2020

Lebreton V., Le déploiement de la 5G et le projet Starlink, c'est NON !, Mediapart, 04/02/2020 <https://blogs.mediapart.fr/vincent-lebreton/blog/040220/le-deploiement-de-la-5g-et-le-projet-starlink-cest-non> Consulté le 19/04/2020

Loukil R., Pourquoi Ericsson ouvre en France un centre R&D de 300 personnes sur la 5G, Usine Nouvelle, 20/01/2020 <https://www.usine-nouvelle.com/article/ericsson-ouvre-en-france-un-centre-r-d-de-300-personnes-dedie-a-la-5g.N921144> consulté le 21/01/2020

Malaingre V. Risques de la 5G, Huawei... Thierry Breton dévoile la position de l'Europe, Le Monde 29/01/2020 [https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/01/29/risques-de-la-5g-huawei-le-commissaire-europeen-thierry-breton-devoile-la-position-de-l-europe\\_6027655\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/01/29/risques-de-la-5g-huawei-le-commissaire-europeen-thierry-breton-devoile-la-position-de-l-europe_6027655_3234.html) Consulté le 29/01/2020

Mamerdiarov Z. La 6G annonce l'avènement des cyborgs, Courrier International, <https://www.courrierinternational.com/article/telecommunications-la-6g-annonce-lavenement-des-cyborgs> Consulté le 19/04/2020

McCarty C. 5G can deliver an extra ordinary experience to everyone, 23/01/2019, <https://www.nokia.com/blog/5g-can-deliver-extraordinary-experience-everyone/> Consulté le 11/12/2020

McKinsey & Company, The road to 5G : The inevitable growth of infrastructure cost, February 2018, <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-road-to-5g-the-inevitable-growth-of-infrastructure-cost>

Megna A. L'échiquier de la 5G : quelle place pour l'UE et les Européens, 27/11/2019 <https://www.eu-logos.org/2019/11/27/lechiquier-de-la-5g-quelle-place-pour-lue-et-les-europeens/> Consulté le 17/01/2020

Molga P., 5G : le réseau qui fait peur, Les Echos 06/12/2019 <https://www.lesechos.fr/idees-debats/sciences-prospective/5g-le-reseau-qui-fait-peur-1154450> Consulté le 19/04/2020

Poireault K., Pourquoi la 5G est aussi une rupture en matière de cyber-risques ? 17/10/2019 <https://www.industrie-techno.com/article/pourquoi-la-5g-est-aussi-une-rupture-en-matiere-de-cyber-risques.57554> Consulté le 19/04/2020

Poireault K., 5G : quels sont les 6 projets phares retenus par l'Arcep pour expérimenter la bande 26 GHz ? 9/10/2019 <https://www.industrie-techno.com/article/5g-quels-sont-les-6-projets-phares-retenus-par-l-arcep-pour-experimenter-la-bande-26-ghz.57469> Consulté le 19/04/2020

Pomian-Bonnemaison R., 5G : les dégradations d'antennes se multiplient en Europe, 13/04/2020 <https://www.phonandroid.com/5g-les-degradations-dantennes-se-multiplient-en-europe.html> Consulté le 19/04/2020

Poquet J.-L., La 5G, détecteur de mensonges, Le Canard enchaîné

Ray M.-C., L'être humain aussi ressentirait le champ magnétique terrestre, FuturaSanté, 23/03/2019 <https://www.futura-sciences.com/sante/actualites/corps-humain-etre-humain-aussi-ressentirait-champ-magnetique-terrestre-63335/> Consulté le 19/04/2020

Radisson L., 5G : Priartem et Agir pour l'environnement attaquent les textes sur les procédures d'attribution, 17/02/2020 <https://www.actu-environnement.com/ae/news/5G-priartem-agir-pour-environnement-attaquent-textes-procedures-attribution-34988.php4> Consulté le 18/02/2020

Rosemain M., La France va accueillir la première grande usine de Hawei hors de Chine, 27/02/2020 <https://www.boursorama.com.cdn.ampproject.org/c/s/www.boursorama.com/actualite-economique/actualites-amp/la-france-va-accueillir-la-premiere-grande-usine-de-huawei-hors-de-chine-950e37bccd949b999c5795f648bc5581> Consulté le 18/02/2020

Seydtaghia A., La lutte contre la 5G va s'intensifier en Suisse, Le Temps, 20/09/2020 <https://www.letemps.ch/economie/lutte-contre-5g-va-sintensifier-suisse> Consulté le 17/01/2020

SFR Business, Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur la 5G, 31/01/2020 [https://www.sfrbusiness.fr/room/internet-et-reseaux/tout-savoir-reseau-5g.html#utm\\_source=Outbrain&utm\\_medium=display&utm\\_campaign=SFRBusiness-CampagneFR-acquisition&utm\\_term=Native&utm\\_content=reseau-5G](https://www.sfrbusiness.fr/room/internet-et-reseaux/tout-savoir-reseau-5g.html#utm_source=Outbrain&utm_medium=display&utm_campaign=SFRBusiness-CampagneFR-acquisition&utm_term=Native&utm_content=reseau-5G) Consulté le 22/02/2020

Wieder T., « Nos règles sur la 5G ne sont pas faites pour exclure telle ou telle firme » Entretien de Thierry Breton, Le Monde, 30 janvier 2020

## Media audiovisuels

Interview de Madame Agnes Pannier Runacher secrétaire d'État auprès du ministre de l'économie et des finances, à Radio Classique le 25 novembre 2019, sur le lancement de la 5G en France et sur l'usine sidérurgique Ascoval <https://www.vie-publique.fr/discours/272068-agnes-pannier-runacher-25112019-5g> Consulté le 19/04/2020

La 5G va-t-elle nous simplifier la vie ?, Emission Du grain à moudre animé par H. Gardette, France Culture, 13/03/2020 <https://www.franceculture.fr/emissions/du-grain-a-moudre/la-5g-va-t-elle-nous-simplifier-la-vie>

5G, pour quelques gigas de plus, La méthode scientifique par Nicolas Martin, France Culture 10/04/2020 <https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/la-methode-scientifique-emission-du-mercredi-10-avril-2019>

5G : Huawei sous condition ?, Le journal de l'Eco, France Culture 12/02/2020, <https://www.franceculture.fr/emissions/les-nouvelles-de-leco/le-journal-de-leco-du-mercredi-12-fevrier-2020>

Interview de N. Damassieur, directeur de recherche d'Orange, dans l'émission La 5G, une révolution des usages ? France culture 19/02/2020 <https://www.franceculture.fr/emissions/la-question-du-jour/la-5g-une-revolution-des-usages>

VIDEO - Coronavirus : une société chinoise teste les camions pilotés en 5G pour éviter la propagation du virus | LCI <https://www.lci.fr/high-tech/coronavirus-une-societe-chinoise-teste-les-camions-pilotes-en-5g-pour-eviter-la-propagation-2146881.html>

Beyond 5G Webinar - The future of telecommunications 31/03/2020 [https://www.brighttalk.com/webcast/17889/391203?utm\\_source=JCP+Connect&utm\\_medium=brighttalk&utm\\_campaign=391203](https://www.brighttalk.com/webcast/17889/391203?utm_source=JCP+Connect&utm_medium=brighttalk&utm_campaign=391203)

Qui a peur de Huawei ?, Le Monde en face, France.tv, 14/01/2020 <https://www.france.tv/documentaires/politique/1142701-qui-a-peur-de-huawei.html>

## Sites internet généraux consultés

<https://www.5gspaceappeal.org/>

<https://www.anfr.fr>

<https://www.anses.fr>

<https://www.arcep.fr>

<https://blog.ariase.com>

<https://www.clubic.com/5G/>

<https://www.connect-object.com/histoire-des-objets-connectes>

<http://www.divd.logement.gouv.fr/reseau-reve-de-scenes-urbaines-plaine-commune-r33.html>

<https://ec.europa.eu/digital-single-market/>

<https://www.industrie-techno.com/article/>

<https://www.lesnumeriques.com>

[https://orange\\_business.com](https://orange_business.com)

<https://www.robindestoits.org>

<http://www.villes-internet.net>

<https://www.paris.fr/pages/les-ondes-electromagnetiques-4601>

[www.telecoms.com](http://www.telecoms.com)

## ANNEXES

### ANNEXE 1. DEMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

D'un point de vue méthodologique, ce travail, engagé à l'automne 2019, a été nourri par des interventions de spécialistes du sujet, choisis en concertation avec le groupe et contactés par monsieur Etienne-Armand AMATO, animateur de cet atelier (voir liste en annexe) qui nous a alimenté régulièrement de liens Internet vers des documents, essentiellement des articles et dossiers de presses. L'ensemble de ces éléments nous a permis de nous immerger progressivement dans un sujet complexe avec ses enjeux parfois controversés, de mieux comprendre le rôle et les intérêts des différents acteurs qui se sont exprimés. Afin de compléter la

compréhension de la diversité des problématiques que soulèvent la 5G, d'actualiser en permanence des données qui évoluent très vite et de nourrir un regard critique et constructif, les membres du groupe ont complété cette première approche par différentes investigations : le recensement de la littérature grise et des rapports essentiels sur le sujet, des articles scientifiques, une veille active, mais aussi la sollicitation de différents acteurs via des rencontres et entretiens (voir liste des personnalités rencontrées).

## ANNEXE 2. LEXIQUE DE LA 5G

**Bande passante** : différence entre la fréquence la plus haute et la fréquence la plus basse que peut laisser passer un canal de transmission. Elle est représentative de la capacité de transmission.

**Beamforming** ou Groupage de faisceaux : capacité des antennes 5G, dites directives, à faire converger les ondes émises vers un smartphone précis à l'inverse des antennes 4G qui émettent dans toutes les directions. Cette technologie permet aux antennes 5G de n'émettre que lorsque c'est nécessaire.

**Débit** : quantité de données pouvant être transmise dans un temps donné

**Edge Computing** : système permettant d'analyser les données collectées par un objet connecté près de la source, sans remonter jusqu'aux serveurs cloud.

**Enhanced mobile broadband / eMBB** : un des trois cas d'utilisation définis pour la 5G se présentant comme une extension des services 4G.

**Latence** : temps nécessaire à un paquet de données pour aller

d'un point à un autre

**Multiple In Multiple Out / MIMO** : technologies utilisées en 4G+ pour augmenter le débit et la portée. Pour la 5G ce sont des antennes Massive MIMO qui seront utilisées, dont les effets seront démultipliés grâce à un nombre beaucoup plus important de connecteurs et qui seront en outre capables d'envoyer et de recevoir des données simultanément.

**Ondes millimétriques** : Ondes de fréquence haute, dans la bande des 26GHz (24,25 - 27,5 GHz), qui ont une portée faible et pour lesquelles il est difficile de franchir des obstacles.

**Slicing** : technologie de virtualisation du réseau qui permet de le "découper en tranches" associées à des qualités de service différentes. Elle permet notamment de prioriser les usages et de maîtriser l'allocation de la bande passante.

**Small cells ou Petites cellules** : Antenne-relais miniatures installées en zone dense en complément des antennes classiques de manière à pallier les limitations des ondes millimétriques\*.

## ANNEXE 3. PRINCIPAUX ACTEURS ET PARTIES PRENANTES DE LA 5G

**ANFR** : Association nationale des fréquences. L'Etat lui a confié la gestion de l'ensemble des fréquences radioélectriques en France. Elle a pour mission de négocier, au niveau international, les futurs usages des bandes de fréquences et de défendre les positions françaises. Elle autorise également toutes les implantations de sites d'émission (>5 watts) sur le territoire et s'assure du respect des limites d'exposition du public aux ondes. Enfin, elle contrôle l'utilisation des fréquences et assure une bonne cohabitation de leurs usages par l'ensemble des utilisateurs. L'ANFR dispose d'un observatoire cartographique pour suivre l'évolution du déploiement des réseaux dans les différents territoires.

**ANSES** : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Etablissement public à caractère administratif placé sous la tutelle des ministères chargés de la Santé, de l'Agriculture, de l'Environnement, du Travail et de la Consommation. L'ANSES assure des missions de veille, d'expertise, de recherche et de référence sur un large champ couvrant la santé humaine, la santé et le bien-être animal ainsi que la santé végétale.

**ANSSI** : Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information. Service à compétence nationale rattaché au secrétaire général de la défense et de la sécurité nationale. L'agence assure la mission d'autorité nationale en matière de sécurité des systèmes d'information. À ce titre, elle est chargée de proposer les règles à appliquer pour la protection des systèmes d'information de l'État et de vérifier l'application des mesures adoptées. Dans le domaine de la défense des systèmes d'information, elle assure un service de veille, de détection, d'alerte et de réaction aux attaques informatiques, notamment sur les réseaux de l'État.

**ARCEP** : Autorité de régulation des communications électroniques et des postes. L'Arcep est une autorité administrative indépendante (AAI). Elle assure la régulation des secteurs des communications électroniques et des postes, au nom de l'Etat, mais en toute indépendance par rapport au pouvoir politique et aux acteurs économiques. Elle est ainsi chargée d'organiser la concurrence économique du secteur et la mise à disposition des réseaux d'ondes. Sur le plan technique, pour anticiper l'arrivée de la 5G, l'Arcep a délivré dès 2018 des autorisations d'utilisation de fréquence aux différents acteurs (opérateurs, industriels, etc.) et différents usages ont été testés. Ainsi, de nombreux sites pilotes ont été mis en place depuis 2018 sur l'ensemble du territoire. Ce sont plus d'une cinquantaine d'expérimentations réalisées ou en

cours, en vue du déploiement sur le territoire national.

**CNDP** : Commission nationale du débat public. Le rôle de la CNDP est de faire respecter et d'assurer la correcte mise en place des procédures de démocratie participative prévues par la loi ou promues de manière volontaire par les pouvoirs publics. Elle a pour missions de veiller au droit constitutionnel à l'information et à la participation des citoyens, d'organiser et piloter les débats publics de manière indépendante et neutre, d'élaborer et synthétiser des débats, et d'émettre des avis, des recommandations et d'expertiser les procédures de participation.

**CNNum** : Conseil national du numérique. Commission consultative placée auprès du secrétaire d'Etat chargé du numérique, chargée d'étudier les questions relatives au numérique, en particulier les enjeux et les perspectives de la transition numérique de la société, de l'économie, des organisations, de l'action publique et des territoires.

**DGE** : Direction générale des entreprises. Direction du Ministère de l'économie et des finances ayant pour mission de développer la compétitivité et la croissance des entreprises de l'industrie et des services.

**INERIS** : Institut national de l'environnement industriel et des risques. Etablissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle du ministère chargé de l'environnement. L'institut a pour mission de contribuer à la prévention des risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens, et sur l'environnement.

**MTES** : Ministère de la transition écologique et solidaire.

**Ondes Paris** : L'instance indépendante de suivi des ondes électromagnétique « Ondes Paris », regroupant élus, associations de citoyens, opérateurs et autres personnes qualifiées permet non seulement d'orienter les travaux de l'Observatoire municipal des ondes de Paris mais surtout d'informer les citoyens (Ville de Paris, 2018). Une charte parisienne de téléphonie mobile (Ville de Paris, 2017) précise ainsi les valeurs limites d'exposition avec un seuil maximum de 5V/m en équivalent 900 MHz dans les lieux fermés, en dessous des recommandations de l'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Si c'est l'ANFR qui possède les moyens d'effectuer ces mesures en continu, Ondes Paris peut procéder à des campagnes de mesures ponctuelles, venant rassurer les citoyens sur l'objectivité des résultats qui sont rendus publics.



## ANNEXE 4. IMPACTS DE LA 5G

Tableau. Synthèse des impacts positifs et négatifs attendus de la 5G dans différents domaines ainsi que des questions restant posées (conception Groupe 5G IHEST, janvier 2020)

5G - MULTI USAGES	IMPACTS POSITIFS	IMPACTS NÉGATIFS	INCERTITUDES
SANTÉ	Rendre possible les opérations à distance Télémédecine : diagnostics rapides et économiques	Effets des ondes sur la santé (cancer, hypersensibilité...) ? Addictions	Du rêve aux controverses (possibilités réelles de mettre en pratique les opérations à distance ?) Après l'affaire de l'amiante, y aura-t-il l'affaire de la 5G ? Principe de précaution : réglementation des usages Rôle de l'association « 5G Appeal »... Travaux en cours pour évaluer les risques ?
ENVIRONNEMENT ET ÉNERGIE	Des petites antennes (Relais) Moindre consommation énergétique à usage identique	Multiplication des petites antennes relais (impacts paysagers...) Sur consommation énergétique et production de CO <sub>2</sub> lié à multiplication des appareils connectés, production de TIC, augmentation du stockage données... Sur exploitation des terres rares pour production électronique... Remplacement des matériels et infrastructures existantes : culture du déchet	Impacts sur la biodiversité (insectes, abeilles, etc.) Croissance du numérique et Accord de Paris sur le climat Quelles limites du système ? À quelles échelles ?
MODES DE VIE	Accès plus rapide à internet (téléchargement de films haute définition à lire sur son smartphone dans les transports !) Aspect sécurité des événements de foule Connexion dans les transports Ultra connectivité ; IOT ; IA	Protection des données et de la vie privée Impact économique : Remplacement des équipements électroniques Risque de prise de pouvoir (dépendance, addiction... perte de savoirs faire) du numérique... Limites de la vidéo surveillance	La 5G pour quelle vision de la société dans le contexte de changement global ? Les êtres humains vont-ils pouvoir rester non connectés et penser librement, développer leur bon sens et libre-arbitre ? L'immédiateté des données ne va-t-elle pas avoir des incidences sur le temps nécessaire à l'élaboration de la pensée ? Que devient l'éloge de la lenteur... ?
SOCIAL	Faciliter l'accès (rapide) à internet Sécurisation des services d'urgence	Creusement des inégalités territoriales et par effet rebond, sociales Surveillance, reconnaissance faciale et contrôle des populations...	Quelle priorisation de couverture des territoires et par qui ? (zones blanches, départements et territoires d'outre-mer, pays en développement...) Est-ce compatible avec les droits de l'homme, la liberté... ?
GÉOPOLITIQUE	Développement du numérique de certains États	Risque de dépendances Guerres commerciales Luttes d'influence - Cyber sécurité - espionnage Sécurisation (Web, données...)	Besoin de régulation nationale, européenne, internationales Une nouvelle arme de pouvoir ? Technologie numérique au cœur d'une guerre stratégique pour domination du monde.
ÉCONOMIQUE	Concurrence économique devrait permettre de faire baisser les coûts 5G pour relancer la compétitivité de l'industrie française	Qui va supporter les coûts ? Coûts associés de l'évolution du réseau d'électricité Dépendance à technologies hors zones Euro Vers de nouveaux monopoles ?	Besoin de régulation nationale, Européenne, internationales Assistance pour les territoires et les foyers les plus démunis Pour qui a 5G est-elle source de profits ? Comment le domaine du droit international régule-t-il ?
TECHNIQUE	Progrès pour accélération de la production et la transmission de données Innovation - Après la 5G, la 6G...	Risque de concurrence sur le partage de données via les bandes fréquences (données météo vs bande 5G) Problème de sécurité et de sûreté industrielle	La 5G est-elle adaptée à tous les usages ? La généralisation de la 4G là où elle n'est pas présente ne serait-elle pas parfois suffisamment adaptée ? Question de la continuité des services...



Pour en savoir plus  
[www.ihest.fr](http://www.ihest.fr)

Institut des hautes études pour la science et la technologie  
Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation  
1 rue Descartes, 75231 Paris cedex 05, France

L'IHEST est un établissement public à caractère administratif, sous la tutelle des ministères en charge de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, prestataire de formation enregistré sous le n° 11 75 42988 75. cet enregistrement ne vaut pas agrément de l'État. Ses formations sont référencées dans Datadock.