



icea
ingénieurs conseil
& économistes associés

expertise • solutions

Etat des lieux technico-économique des réseaux radio et ressources en fréquences utilisés par les collectivités locales



Codification : A11896-004

Edition : 2

Date : 12/12/2017

Siège social

Bâtiment B
65 rue Hénon
69004 Lyon

Bureau de Paris

26 rue Feydeau

Table des matières

1	Introduction.....	6
2	Le cadre réglementaire lié à la gestion du spectre hertzien	7
2.1	Le cadre international	7
2.2	Le cadre européen	7
2.3	Le cadre français	8
2.4	Les autorisations d'utilisation de fréquences pour des services de communications électroniques.....	9
2.4.1	Mode d'autorisation attribuée à titre individuel à l'utilisateur	9
2.4.2	Mode d'autorisation générale.....	10
2.5	L'implantation de stations radioélectriques et la taxation associée.....	10
3	L'exposition du public aux ondes électromagnétiques.....	11
3.1	Valeurs limites réglementaires	11
3.2	Les missions principales de l'ANFR en matière d'exposition du public aux ondes électromagnétiques	11
3.3	Le rôle des maires	12
3.4	Le portail internet Cartoradio de l'ANFR.....	13
4	Les réseaux WiFi publics.....	14
4.1	Technologie et bandes de fréquences	14
4.2	Des enjeux légaux liés au recueil de données personnelles.....	14
5	Les réseaux déployés par les opérateurs mobiles grand public.....	15
5.1	Multiplicité des bandes de fréquences et neutralité technologique	15
5.2	Etat des déploiements des réseaux 4G et objectifs à horizon 2030	17
5.3	A l'intérieur des bâtiments, une couverture mobile partielle, voire inexistante.....	19
5.4	Les actions des pouvoirs publics et collectivités pour inciter les opérateurs à une meilleure couverture mobile.....	19
5.4.1	France Mobile, une plateforme à disposition des élus pour améliorer l'identification et le traitement des problèmes de couverture mobile	19
5.4.2	Des contributions financières des collectivités pour la résorption des zones blanches.....	20
5.4.3	Le pouvoir de l'information comme levier d'action des collectivités pour réguler et orienter le marché....	20
5.4.4	Les perspectives pour les collectivités d'exprimer leurs voix dans le cadre d'un prochain renouvellement des autorisations d'utilisation de fréquences attribuées aux opérateurs	22
5.5	La couverture mobile des infrastructures de métros.....	22
6	Les réseaux mobiles professionnels (PMR)	24

6.1	Technologies, bandes de fréquences et usages actuels des réseaux PMR	24
6.2	L'évolution des réseaux PMR vers le haut débit	25
7	Les réseaux de boucle locale radio (BLR)	25
7.1	Retours d'expériences sur les réseaux BLR selon la technologie WiMax.....	25
7.2	Les perspectives de développement des réseaux BLR selon la technologie LTE, dits réseaux 4G fixes	26
7.3	Les réseaux 4G fixes identifiés au niveau du Gouvernement et de l'Arcep parmi les solutions pour généraliser le très haut débit dans les territoires	26
8	Les réseaux pour l'internet des objets	28
8.1	Des usages et des besoins déjà identifiés, des services qui restent à inventer.....	28
8.2	L'exemple du syndicat départemental d'énergie et d'équipement du Finistère	28
8.3	Un foisonnement de technologies et bandes de fréquences pour répondre à une multitude de besoins de connectivité.....	29
8.3.1	Des réseaux non opérés à portée locale ou ultra locale.....	30
8.3.2	Des réseaux opérés au déploiement étendu	30
8.3.3	Les principaux enjeux associés aux fréquences nécessaires à l'internet des objets.....	31
9	Les besoins de densification des réseaux et opportunités pour les collectivités de valoriser un patrimoine hébergeur d'antennes	32
10	Annexes	33



Glossaire

Acronyme	Signification
3GPP	<i>Third generation partnership project</i>
ADSL	<i>Asymmetric digital subscriber line</i>
ANFR	Agence nationale des fréquences
Arcep	Autorité de régulation des communications électroniques et des postes
BLR	Boucle locale radio
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications
CMR	Conférence mondiale des radiocommunications
CRANT	Commission régionale d'aménagement numérique des territoires
CSA	Conseil supérieur de l'audiovisuel
DAS	Débit d'absorption spécifique
ECC	<i>Electronic Communications Committee</i>
EC-GSM-IoT	<i>Extended coverage GSM IoT</i>
EDGE	<i>Enhanced data rates for GSM evolution</i>
eMTC	<i>Enhanced machine-type communication</i>
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
FTTH	<i>Fiber to the home</i>
GPRS	<i>General packet radio service</i>
GSM	<i>Global system for mobile communications</i>
HSDPA	<i>High speed downlink packet access</i>
IEEE	<i>Institute of electrical and electronics engineers</i>
IFER	Imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux
IoT	<i>Internet of things</i>
IP	<i>Internet protocol</i>
LAN	<i>Local area network</i>
LPWAN	<i>Low power wide area network</i>
LTE	<i>Long term evolution</i>
LTE-M	<i>LTE machine-to-machine</i>
MAN	<i>Metropolitan area network</i>
NB-IoT	<i>Narrow band IoT</i>
OIV	Opérateur d'importance vitale
PAN	<i>Personal area network</i>
PMR	<i>Professional mobile radio</i>
RSC ou RSCoM	<i>Radio Spectrum Committee</i>
RSPG	<i>Radio Spectrum Policy Group</i>
RTTH	<i>Radio to the home</i>
SMS	<i>Short message service</i>
TDD	<i>Time division duplexing</i>

Acronyme	Signification
Tetra	<i>Terrestrial trunked radio</i>
THD	Très haut débit radio
TNRBF	Tableau national de répartition des bandes de fréquences
UIT	Union internationale des télécommunications
UMTS	<i>Universal mobile telecommunications system</i>
VDSL	<i>Very high bit rate digital subscriber line</i>
WAN	<i>Wide area network</i>
WMS	<i>Web map service</i>

1 Introduction

Les fréquences sont une ressource rare. Bien qu'instantanément renouvelables, elles ne sont disponibles qu'en quantité limitée à un moment donné. A l'instar des terres agricoles qui ne disparaissent pas par leur usage, les fréquences ne peuvent être attribuées et utilisées, avec plus ou moins d'intensité, que par un nombre limité d'utilisateurs. En outre, à l'image des terrains qui peuvent être constructibles ou non, toutes les fréquences ne sont pas aujourd'hui utilisables : le spectre réglementé est constitué des ressources allant de 9 kHz à 300 GHz. Ces fréquences « utiles » ne sont pas équivalentes, interchangeables, car elles n'ont notamment pas les mêmes qualités de propagation et donc de couverture géographique. Plus les fréquences sont élevées dans le spectre hertzien, moins la portée des ondes est étendue mais plus la bande passante qu'elles offrent est élevée.

Les sujets liés à la gestion des fréquences et à la rareté de la ressource constituent des enjeux clés et concernent désormais la quasi-totalité de l'activité économique, dans un contexte de généralisation des usages du numérique, et en particulier des transferts de données et d'images par des réseaux sans fil.

Les collectivités locales, par leur engagement historique pour l'amélioration de l'ADSL puis le déploiement de la fibre optique, connaissent aujourd'hui assez bien le paysage des communications électroniques filaires et en maîtrisent les enjeux pour leurs politiques territoriales. En revanche, la mise en œuvre de solutions hertziennes soulève de nombreuses questions inédites et complexes, du fait, entre autres, de la variété des techniques et technologies, de la diversité des acteurs et des spécificités techniques et juridiques liées à l'utilisation des fréquences.

Cette barrière à l'entrée réserve le domaine des réseaux radio et ressources en fréquences à un public de spécialistes. A l'exception de certaines grandes agglomérations, ce sujet est souvent traité de manière partielle et ponctuelle, par différentes entités, et sans cohérence systématique entre elles, au sein d'une même collectivité. Pour qu'il puisse être pris en charge et approfondi par les collectivités, il faudra passer par une phase de montée en compétences des services ainsi que des élus, comme cela a été le cas avec les solutions filaires depuis plusieurs années.

Le présent rapport constitue l'état des lieux technico-économique des réseaux radio et ressources en fréquences utilisés par les collectivités locales, dans le cadre d'une étude qui permettra de mettre en avant les perspectives d'utilisation des ressources spectrales pour les politiques publiques territoriales. La structure de ce rapport est détaillée dans le Tableau 1. Ce rapport n'a pas l'ambition de la technicité mais de l'accessibilité.

Section 2	Le cadre réglementaire lié à la gestion du spectre hertzien
Section 3	L'exposition du public aux ondes électromagnétiques
Section 4	Les réseaux WiFi publics
Section 5	Les réseaux déployés par les opérateurs mobiles grand public
Section 6	Les réseaux mobiles professionnels
Section 7	Les réseaux de boucle locale radio (BLR)
Section 8	Les réseaux pour l'internet des objets
Section 9	Les besoins de densification des réseaux et opportunités pour les collectivités de valoriser un patrimoine hébergeur d'antennes

Tableau 1 : structure du présent rapport



Pour construire ce rapport, LD et ICEA ont conduit des entretiens avec plusieurs acteurs :

- + différents types de personnes publiques que regroupe la FNCCR, c'est-à-dire communes, communautés de communes, communautés d'agglomération, communautés urbaines, métropoles, syndicats de communes, syndicats mixtes, départements, régions ainsi que les entreprises et établissements publics locaux ou sous leur contrôle (régies, sociétés publiques locales, sociétés d'économie mixte, etc.) ;
- + différentes typologies de territoires, c'est-à-dire grandes métropoles, agglomérations de taille moyenne, zones rurales, espaces de montagne, outre-mer ;
- + des industriels, incluant opérateurs et équipementiers.

La liste des entretiens réalisés dans le cadre de la présente étude figure en Annexe 3.

2 Le cadre réglementaire lié à la gestion du spectre hertzien

2.1 Le cadre international

Le cadre international reflète l'exigence de gestion collective d'une ressource mondiale commune. L'Union internationale des télécommunications (UIT), institution rattachée à l'ONU, a pour mission notamment d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable et économique des fréquences par tous les services de radiocommunications, ainsi que des positions orbitales.

Les membres de l'UIT s'accordent tous les trois ou quatre ans, lors de Conférences mondiales des radiocommunications (CMR), sur une révision du Règlement des radiocommunications. Il s'agit d'un traité international qui régit l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques. Il ménage une certaine liberté aux Etats dans le choix des services pouvant être exploités dans une bande de fréquences donnée, dans un double objectif d'accès équitable au spectre et de protection contre les brouillages provoqués par les pays voisins.

Le Règlement des radiocommunications attribue les bandes de fréquences à des services suivant les exigences d'efficacité spectrale et de non brouillage entre Etats membres. Les attributions de bandes de fréquences évoluent à chaque Conférence et cherchent à répondre aux besoins de la société en rendant possible l'introduction de nouvelles techniques et technologies.

Les administrations des Etats membres doivent se conformer au Règlement des radiocommunications lorsqu'elles assignent des fréquences aux stations qui peuvent causer des brouillages préjudiciables aux services assurés par les stations des autres pays. Elles peuvent déroger au même Règlement sous réserve que la station ne cause aucun brouillage frontalier et qu'elle ne demande pas de protection.

2.2 Le cadre européen

Alors que le cadre international repose sur l'exigence de non brouillage causé par les installations d'un pays avec un autre pays, le cadre européen est sous-tendu par une logique d'harmonisation. Le besoin d'harmonisation devient croissant dans l'ensemble des secteurs afin, d'une part de bénéficier d'économies d'échelle et favoriser ainsi l'émergence des écosystèmes industriels appropriés, et d'autre part de faciliter la libre circulation des hommes et des objets. De plus, les fréquences se propagent et ne sont pas confinables à l'intérieur de frontières.

Cette approche d'harmonisation a été initiée dès 1958 par la Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications (CEPT), enceinte de coopération qui regroupe les Administrations de 48 pays de l'espace géographique européen. Elle a pour objectifs de définir les dispositions réglementaires appropriées pour favoriser l'utilisation harmonisée, efficace et coordonnée des fréquences. La CEPT assure également l'élaboration des positions européennes, notamment en préparation des CMR. La CEPT est assistée par le Comité des communications électroniques (ECC, *Electronic Communications Committee*), en particulier pour la conduite des études techniques de compatibilité. Les décisions et recommandations adoptées par la CEPT sont d'application volontaire par les Etats membres.

A partir des années 1990, les différentes parties prenantes, incluant administrations, opérateurs et industriels, ont également créé l'Institut européen de normalisation des télécommunications (ETSI, *European Telecommunications Standards Institute*), qui produit les normes permettant d'assurer notamment la conformité avec la Directive 2014/53/UE du Parlement européen et du Conseil du 16 avril 2014¹. L'ETSI doit s'assurer en permanence que le cadre normatif qu'elle définit pour les équipements radioélectriques soit cohérent avec le cadre réglementaire lié à l'usage des fréquences, adopté au niveau de la CEPT.

L'Union européenne constitue un autre échelon d'harmonisation. La Commission européenne est assistée par le Comité du spectre radioélectrique (RSC ou RSCoM, *Radio Spectrum Committee*), pour l'élaboration de mesures techniques afin d'assurer une harmonisation des conditions relatives à la disponibilité et à l'utilisation efficace du spectre. Les décisions adoptées par la Commission européenne sont d'application contraignante par les Etats membres. Enfin, le Groupe pour la politique en matière de spectre radioélectrique (RSPG, *Radio Spectrum Policy Group*) est un groupe consultatif chargé de conseiller la Commission sur des aspects relatifs à la politique du spectre, la coordination des politiques et les mesures d'harmonisation nécessaires pour l'instauration et le fonctionnement du marché intérieur.

2.3 Le cadre français

En France, les fréquences radioélectriques appartiennent au domaine public de l'Etat comme le prévoit la loi n° 96-659 du 26 juillet 1996 de réglementation des télécommunications. La qualification de domaine public du spectre permet l'application aux fréquences des principes d'inaliénabilité et d'imprescriptibilité, ainsi que la perception de redevances pour occupation du domaine public en plus de la subordination de son utilisation à une autorisation administrative.

Dans un premier temps, l'accès au domaine public hertzien est arrêté par le Premier ministre qui attribue les bandes de fréquences qui s'étendent de 9 kHz à 275 GHz. Cet arrêté porte le nom de tableau national de répartition des bandes de fréquences (TNRBF). L'influence du Règlement des radiocommunications explique le rôle central de l'Etat et du Premier ministre qui dispose de l'administration, seul organe à même d'autoriser les stations des services auxquels ce Règlement attribue des bandes.

La gestion du spectre est partagée entre neuf administrations ministérielles et deux autorités administratives indépendantes, appelés affectataires, qui disposent de droits sur certaines bandes de fréquences, exclusives ou partagées. L'Agence nationale des fréquences (ANFR) œuvre à leur service commun. Elle propose la planification et la répartition du

¹ Directive 2014/53/UE du Parlement européen et du Conseil du 16 avril 2014 relative à l'harmonisation des législations des Etats membres concernant la mise à disposition sur le marché d'équipements radioélectriques et abrogeant la directive 1999/5/CE.

spectre, organise les procédures appropriées pour une bonne cohabitation des utilisateurs, contrôle l'utilisation des fréquences et le respect des règles. Ces onze affectataires sont les suivants :

- + Administration de l'aviation civile ;
- + Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (Arcep) ;
- + Conseil supérieur de l'audiovisuel (CSA) ;
- + Ministère des Armées ;
- + Centre national d'études spatiales ;
- + Haut-Commissaire de la République ou administrateur supérieur dans les collectivités d'outre-mer ;
- + Ministère de l'Intérieur ;
- + Administration de la météorologie ;
- + Administration des ports et de la navigation maritime et fluviale ;
- + Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation ;
- + Télécommunications sur les territoires d'outre-mer.

Dans un second temps, les onze affectataires autorisent les utilisations de fréquences pour les services de radiocommunications qui les concernent : les neuf administrations ministérielles pour leurs propres usages et les deux autorités administratives indépendantes pour les services de communications électroniques (Arcep) et les services de radiodiffusion (CSA).

2.4 Les autorisations d'utilisation de fréquences pour des services de communications électroniques

L'utilisation de fréquences pour des services de communications électroniques est soumise à autorisation qui fait l'objet d'une décision de l'Arcep. Pour chaque bande de fréquences dont elle est affectataire, l'Autorité co-décide, avec le Gouvernement, de la nécessité de soumettre son usage :

- + soit à un mode d'autorisation attribuée à titre individuel à l'utilisateur, à la suite de sa demande ;
- + soit à un mode d'autorisation générale, correspondant à un usage libre de la bande sous réserve du respect de conditions techniques et réglementaires.

2.4.1 Mode d'autorisation attribuée à titre individuel à l'utilisateur

Il s'agit de fréquences utilisées par l'opérateur ou l'exploitant de réseau, de manière exclusive sur une zone géographique spécifiée, dans le cadre d'une autorisation individuelle attribuée par décision de l'Arcep.

L'opérateur ou l'exploitant bénéficie d'une garantie de protection contre les brouillages préjudiciables et donc d'une maîtrise de la qualité de service.

Sont soumises à ce mode d'autorisation les utilisations de fréquences pour les réseaux suivants :

- + les réseaux déployés par les opérateurs mobiles grand public (Bouygues Telecom, Free Mobile, Orange France, SFR), de dimension nationale ; les autorisations sont généralement attribuées pour une durée de vingt ans ;
- + les réseaux mobiles professionnels (PMR, *professional mobile radio*), de dimension souvent locale, à l'échelle d'un site industriel par exemple ; les autorisations sont généralement attribuées pour une durée de cinq ans.

Le titulaire d'une autorisation d'utilisation de fréquences attribuée à titre individuel, par décision de l'Arcep, est assujéti au paiement d'une redevance annuelle domaniale de mise à disposition de fréquences et d'une redevance annuelle de gestion dont les montants sont déterminés en application des dispositions prévues par le décret n° 2007-1532 du 24 octobre 2007 modifié et son arrêté d'application.

2.4.2 Mode d'autorisation générale

Il s'agit de fréquences d'usage libre (c'est-à-dire sans autorisation individuelle), sous réserve du respect de conditions techniques et règlementaires, fixées par décision de l'Arcep et soumises à homologation par arrêté du ministre chargé des communications électroniques. Ces conditions visent à permettre le partage d'une même bande entre différents usages, et à éviter tout brouillage préjudiciable aux systèmes utilisant des fréquences spécifiquement assignées à leur utilisateur.

L'utilisateur ne bénéficie pas d'une garantie de protection contre les brouillages préjudiciables, il s'agit d'un fonctionnement en *best effort* en termes de qualité de service. Ce mode autorisation est approprié pour des usages dits de confort ou commodité ; en revanche, il ne convient pas pour des usages critiques.

Les applications WiFi, Bluetooth, les réseaux déployés par Sigfox ou par les acteurs de l'Alliance LoRa sont des exemples de systèmes utilisant des fréquences selon ce mode d'autorisation générale. Les fréquences d'usage libre ne font pas l'objet de redevances.

2.5 L'implantation de stations radioélectriques et la taxation associée

Le cadre réglementaire actuel dispose que les stations radioélectriques, dont la puissance impose un avis, un accord ou une déclaration à l'ANFR, sont soumises à l'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (IFER). Le montant de l'imposition varie selon la puissance, le type d'installation et la zone de déploiement. Dans le cadre d'un déploiement en zone urbaine, l'imposition est de 1607 euros par an et par site pour une station avec une puissance d'émission (puissance isotrope rayonnée équivalente) supérieure à 5 watts, et de 160,7 euros par an et par site pour une puissance comprise entre 1 et 5 watts.

Les petites cellules 5G utiliseront vraisemblablement des puissances variables comprises entre 1 et 25 watts. Etant données les prévisions sur la densité de déploiement, et donc le nombre de petites cellules à installer, certains acteurs ont déjà soulevé la question de l'adaptation éventuelle de cette taxe en vue de permettre des déploiements massifs de petites cellules sans générer une trop forte augmentation du montant total de cette taxe.

Ce mouvement est d'ores et déjà en marche, notamment en vue de diminuer la fiscalité des stations radioélectriques dans les lieux les plus difficilement couverts : la loi n° 2016-1888 du 28 décembre 2016 de modernisation, de développement et de protection des territoires de montagne exonère ainsi les stations de téléphonie mobile construites, entre le 1^{er} janvier 2017 et le 31 décembre 2020, dans les zones de montagne, de la taxe IFER.

3 L'exposition du public aux ondes électromagnétiques

L'implantation des installations radioélectriques est soumise à différentes règles :

- + L'implantation d'un émetteur est soumise aux règles générales d'urbanisme et, le cas échéant, au plan local d'urbanisme. En fonction de sa hauteur et de la surface de son local technique, l'implantation est soumise soit à déclaration préalable, soit à permis de construire. En secteur protégé (secteur sauvegardé, site classé, réserve naturelle, etc.), les obligations sont renforcées et le permis de construire est la règle.
- + Pour pouvoir émettre, toutes les antennes d'une puissance supérieure à 5 watts doivent obtenir une autorisation de l'ANFR, les antennes d'une puissance comprise entre 1 et 5 watts étant uniquement soumises à déclaration. Au cours de cette procédure, l'ANFR veille, en particulier, au respect des valeurs limites d'exposition du public et coordonne l'implantation des antennes.

3.1 Valeurs limites réglementaires

La réglementation française impose un niveau global maximum d'exposition du public aux champs électromagnétiques. Ces valeurs limites sont basées sur une recommandation de l'Union européenne et les lignes directrices de la Commission internationale de protection contre les radiations non ionisantes publiées en 1998.

Les valeurs limites d'exposition sont fournies en niveau de champ électrique et s'expriment en volt par mètre (V/m). Le Tableau 2 indique quelques valeurs limites réglementaires d'exposition.

Antenne radio FM	Antenne TV	Antenne téléphonie mobile	Téléphone sans fil	WiFi / Four micro-ondes	Ampoule fluocompacte
28 V/m	de 30 à 39 V/m	de 36 à 61 V/m	59 V/m	61 V/m	87 V/m

Tableau 2 : valeurs limites réglementaires d'exposition

Le débit d'absorption spécifique (DAS) représente le débit avec lequel l'énergie produite par un équipement, par exemple un téléphone mobile, est absorbée par l'organisme. Le DAS est mesuré sur l'ensemble du corps ou sur une partie et s'exprime en watts par kilogramme (W/kg). Dans le cas d'une exposition de la tête, comme c'est le cas avec un mobile à l'oreille, le DAS est limité à 2 W/kg.

3.2 Les missions principales de l'ANFR en matière d'exposition du public aux ondes électromagnétiques

L'ANFR est en charge notamment des missions suivantes :

- + veiller au respect des valeurs limites réglementaires ;
- + tenir à jour le protocole de mesure de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques ;
- + gérer le dispositif national de mesure d'exposition aux champs électromagnétiques ;
- + contrôler la conformité des équipements radioélectriques mis sur le marché (boîtiers WiFi, téléphones, tablettes, jouets, etc.) en procédant par exemple à des mesures de DAS.



La loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques (dite « loi Abeille »), permet de concilier l'information des citoyens, la concertation et les déploiements rapides des réseaux numériques. Ses principaux objectifs sont les suivants :

- + maîtriser l'exposition et améliorer la concertation lors de l'installation et de la modification d'antennes soumises à autorisation de l'ANFR ;
- + améliorer l'information et sensibiliser les utilisateurs sur la question de l'exposition aux équipements radioélectriques.

Cette même loi a confié à l'ANFR de nouvelles missions :

- + définir, recenser les points atypiques (les lieux dans lesquels le niveau d'exposition aux champs électromagnétiques dépasse substantiellement celui généralement observé à l'échelle nationale) puis vérifier leur traitement ;
- + piloter un comité national de dialogue relatif aux niveaux d'exposition du public ;
- + publier des lignes directrices nationales sur la simulation de l'exposition générée par une installation radioélectrique ;
- + mettre à disposition des communes de France une carte des antennes relais sur leur territoire.

L'ANFR participe aux instances de concertation départementales (ICD) réunies par les préfets.

Depuis le 1^{er} janvier 2014, le financement des mesures repose sur un fonds public alimenté par une taxe payée par les opérateurs de réseaux mobiles grand public. Ce fonds est géré par l'ANFR. Ce dispositif renforce la transparence et l'indépendance du financement des mesures d'exposition aux ondes électromagnétiques. Il permet à toute personne de faire mesurer l'exposition aux ondes électromagnétiques aussi bien dans les locaux d'habitation que dans des lieux accessibles au public, comme les parcs ou les commerces. Cette démarche est gratuite.

3.3 Le rôle des maires

En ce qui concerne l'implantation ou la modification substantielle des installations radioélectriques, les maires ont un rôle clé en matière d'urbanisme et d'exposition du public aux ondes électromagnétiques.

En matière d'urbanisme, les maires veillent au respect :

- + des règles générales d'urbanisme et de celles du plan local d'urbanisme ;
- + des règles de protection renforcées dans les secteurs protégés.

En matière d'exposition du public aux ondes électromagnétiques, les maires peuvent :

- + valider les demandes de mesures d'exposition dans le cadre du dispositif national de surveillance de l'ANFR ;
- + faire réaliser des mesures sur leur territoire ;
- + demander la réunion d'une instance de concertation départementale lorsqu'ils estiment qu'une médiation est requise.

Les maires reçoivent les fiches de synthèse de l'ensemble des mesures d'exposition aux ondes réalisées sur le territoire de leur commune. L'ANFR est présente à leurs côtés pour apporter son expertise.

La « loi Abeille » renforce le rôle des maires :

- + ils reçoivent et mettent à disposition des habitants les dossiers d'information transmis par les exploitants de stations radioélectriques pour l'implantation ou la modification substantielle d'un site ;
- + ils peuvent exiger une simulation de l'exposition aux ondes émises par une installation avant son implantation ;
- + ils peuvent exiger un état des lieux des installations existantes.

Par trois décisions en date du 26 octobre 2011, le Conseil d'État a considéré qu'un maire n'est pas habilité à adopter sur le territoire de sa commune une réglementation limitant l'implantation des antennes de téléphonie mobile et destinée à protéger le public contre les effets des ondes émises par ces antennes. Toutefois, il a aussi rappelé que les maires conservent un droit à l'information et qu'ils participent aux décisions relatives à l'implantation des antennes sur leur territoire.

En outre, les élus locaux sont représentés au sein du comité national de dialogue relatif au niveau d'exposition du public réuni sous l'égide de l'ANFR.

Enfin, la « loi Abeille » dispose que :

- + les établissements proposant au public un accès WiFi (mairie, médiathèque, etc.) le mentionnent clairement au moyen d'un pictogramme à l'entrée de l'établissement ;
- + dans les établissements accueillant des enfants de moins de trois ans, le WiFi est interdit dans les espaces dédiés à l'accueil, au repos et aux activités ;
- + dans les classes des écoles primaires où la commune a installé du WiFi, il doit être coupé lorsqu'il n'est pas utilisé pour les activités pédagogiques ; pour toute nouvelle installation, la commune doit en informer au préalable le conseil d'école.

3.4 Le portail internet Cartoradio de l'ANFR

Cartoradio est un outil, géré par l'ANFR, qui permet de connaître l'emplacement sur tout le territoire national des stations radioélectriques de plus de 5 watts et des mesures d'exposition réalisées selon le protocole de l'Etat. Le site internet www.cartoradio.fr répond à une obligation de la « loi Abeille ».

Parmi les fonctionnalités proposées par Cartoradio, un module d'inscription permet à l'utilisateur une gestion personnalisée de ses cartes et des possibilités de téléchargement de données.

De plus, Cartoradio offre un service WMS (*web map service*), qui facilite l'intégration d'images géo référencées dans des applications internet. Si une commune dispose d'un système d'information géographique, ce service WMS offre la possibilité d'intégrer la carte des antennes relais de la commune directement à son site internet.

En outre, Cartoradio permet d'avoir accès, pour un site donné, aux résultats des mesures de champs électromagnétiques synthétisés par une fiche de mesures. Les mesures sont réalisées suivant le protocole de l'ANFR publié au journal officiel.



Ce protocole permet d'obtenir des résultats fiables reposant sur des fondements scientifiques, techniques et normatifs à jour. Il peut être utilisé, au-delà de son caractère réglementaire, pour connaître le niveau d'exposition en un point donné.

4 Les réseaux WiFi publics

De longue date, les réseaux WiFi sont omniprésents, à la fois dans les environnements grand public, tertiaires et industriels. Au niveau des collectivités, les bornes WiFi ont investi les hypercentres des agglomérations, mais également les bourgs ruraux ainsi que les sites touristiques ou naturels.

Les réseaux WiFi publics constituent une solution efficace pour :

- + affirmer la cohésion territoriale d'un ensemble, aussi rural qu'urbain, de communes ;
- + diffuser de l'information contextualisée via les bornes, promouvoir les commerces locaux *via* un portail WiFi ;
- + recueillir et exploiter les données de connexion comme un outil d'aide à la décision ;
- + réaliser des statistiques de fréquentation pour contribuer à définir et optimiser les stratégies d'urbanisme.

En revanche, la technologie WiFi présente des limitations en termes de gestion de la mobilité, pénalisantes notamment pour le trafic voix, avec un risque d'interruption d'appel en mobilité.

4.1 Technologie et bandes de fréquences

La technologie WiFi est définie par les normes de la famille IEEE 802.11.

Deux bandes harmonisées sont identifiées et utilisées par les réseaux WiFi :

- + la bande 2,4 GHz, correspondant à la portion 2400-2483,5 MHz ;
- + la bande 5 GHz, correspondant aux portions 5150-5250 MHz, 5250-5350 MHz, 5470-5725 MHz.

Les utilisations de fréquences WiFi rentrent dans le mode d'autorisation générale (cf. section 2.4.2).

4.2 Des enjeux légaux liés au recueil de données personnelles

Le recueil, l'exploitation et la valorisation de données personnelles soulèvent des enjeux légaux importants, que les collectivités doivent examiner avec attention.

Pour mémoire, en 2015, JCDecaux n'avait pas obtenu de la Cnil l'autorisation d'exploiter un système de suivi des passages devant ses panneaux publicitaires ; le système de bornes WiFi mis en place ne garantissait pas le respect des règles en vigueur sur l'usage de données personnelles.

Les données personnelles recueillies doivent s'inscrire dans le cadre d'un processus à même d'assurer un suivi des flux respectueux de la vie privée, *via* par exemple la mise en œuvre d'un procédé d'anonymisation fiable, ou faire l'objet au préalable d'un processus de notification ou demande d'autorisation.



Par exemple, dans le cadre d'un réseau de bornes WiFi assurant un service d'accès internet pour le grand public, le portail mis en œuvre peut permettre aux utilisateurs de saisir quelques informations rudimentaires (par exemple sexe, âge, langue) et d'approuver des conditions d'utilisation stipulant l'usage futur de leurs données anonymisées. Un tel processus ouvre la voie à la collectivité à l'exploitation et la valorisation de bases de données fines, fournissant des informations sur les déplacements des usagers ; une aide à la décision unique pour améliorer la sécurité des espaces publics, piloter des événements à très forte fréquentation, ou encore adapter les projets urbains de la collectivité.

Les collectivités devront conserver une grande attention sur ces enjeux légaux, alors que le nouveau paquet de réglementations européennes sur les données à caractère personnel, plus protecteur pour les usagers, entrera en vigueur en mai 2018. Ainsi, la question de savoir qui est formellement l'opérateur du réseau (la collectivité ou un prestataire de service) a des implications évidemment techniques mais également en termes de responsabilité légale.

5 Les réseaux déployés par les opérateurs mobiles grand public

Le marché des services mobiles grand public a commencé à se développer au début des années 1990 par l'exploitation de réseaux de deuxième génération (2G), basés sur la norme GSM. Elle permet de transmettre de la voix ainsi que des données de faibles volumes (messages courts ou SMS, *short message service*). Des extensions à la norme GSM telles que GPRS et EDGE permettent d'accroître les débits.

L'évolution des services mobiles vers des accès haut débit à l'internet mobile s'est ensuite engagée dès le début des années 2000 par l'autorisation, en France comme en Europe, d'opérateurs de réseaux de troisième génération (3G), à la norme UMTS. Par la suite, l'organisation de standardisation 3GPP (*third generation partnership project*) a défini les versions évoluées de l'UMTS, telle que le HSDPA, plus communément appelée 3G+ ou H+.

Les services de communications mobiles sont en train de suivre la même évolution que celle des services fixes, c'est-à-dire une transition accélérée vers l'accès à très haut débit. Ce sont à présent les réseaux de quatrième génération (4G), à la norme LTE, qui permettent de répondre aux demandes croissantes des usages mobiles, tant en termes de qualité des services offerts que de capacité d'écoulement du trafic par les réseaux. Alors qu'au sein de la 3G, les flux voix et données sont séparés, le débit devant être partagé entre les utilisateurs connectés, la 4G réunit l'ensemble de ces données *via* un support entièrement IP. Les déploiements de réseaux mobiles 4G sont menés en France depuis 2012.

5.1 Multiplicité des bandes de fréquences et neutralité technologique

Les réseaux mobiles exploitent les ondes radioélectriques pour transmettre les signaux entre les stations relais et les terminaux mobiles. Les réseaux déployés par les opérateurs grand public reposent sur les technologies 3GPP 2G, 3G et 4G. La Figure 1 illustre les attributions de fréquences en France métropolitaine aux opérateurs de réseaux mobiles grand public.

Les utilisations de ces fréquences rentrent dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel à l'opérateur (cf. section 2.4.1).

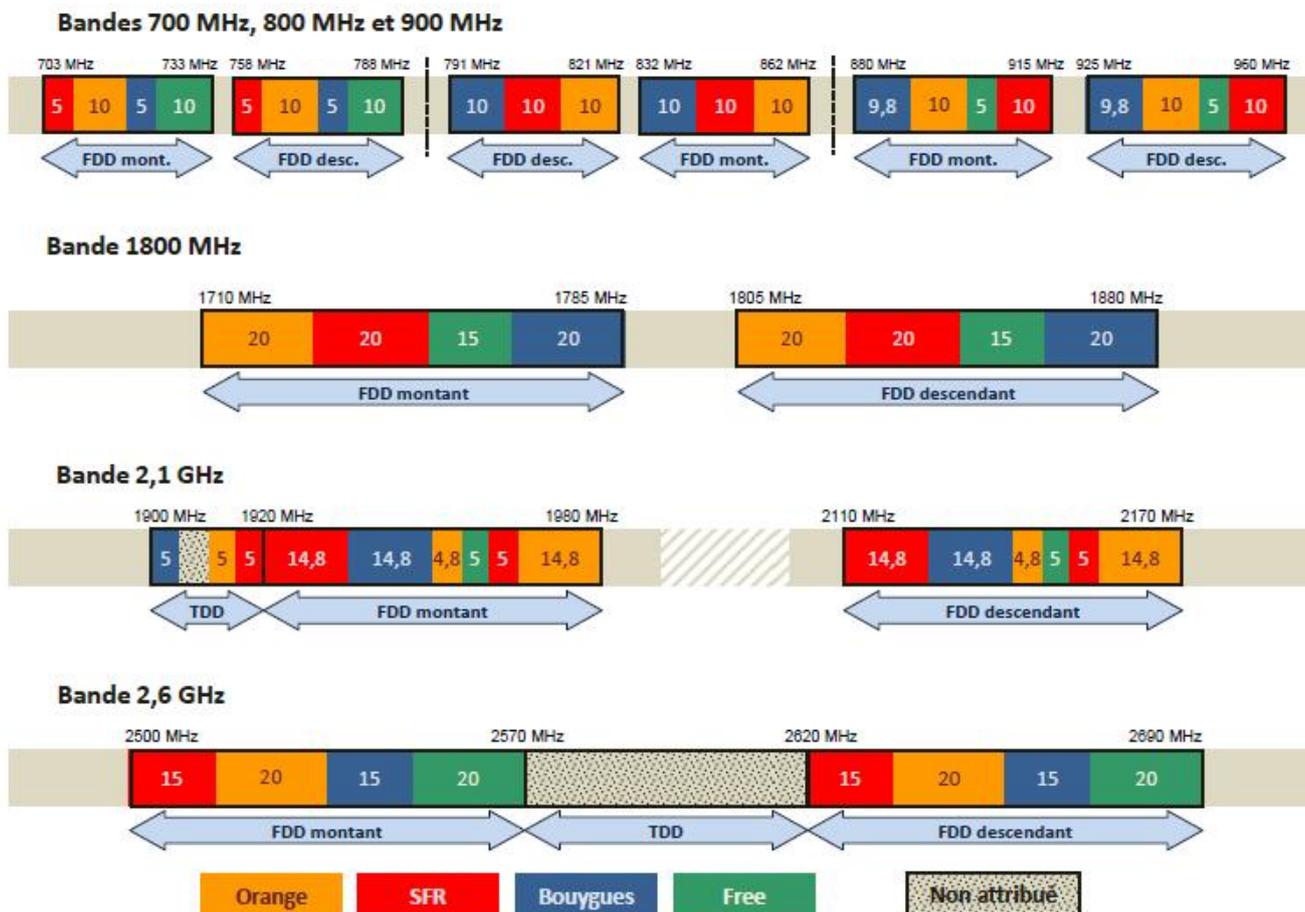


Figure 1 : attributions de fréquences en France métropolitaine aux opérateurs de réseaux mobiles grand public (source : site internet de l'Arcep)

Note : les éventuelles bandes de garde de 200 kHz, en haut ou bas de bande, ou entre les attributions de deux opérateurs adjacents, ne sont pas mentionnées.

Chaque technologie (2G, 3G et 4G) peut utiliser une ou plusieurs bandes de fréquences. Le spectre des fréquences étant limité, les technologies se superposent. La neutralité technologique est développée ci-après :

- + La bande 900 MHz a été initialement attribuée et utilisée pour les réseaux 2G. Depuis le 1^{er} octobre 2013, Bouygues Telecom est autorisé à utiliser cette bande selon la technologie 3G en complément de son réseau 2G. Cette autorisation a été attribuée par décision de l'Arcep, à la suite d'une demande de l'opérateur. Il s'agit de la décision n° 2013-0514 du 4 avril 2013, avec effet à compter du 1^{er} octobre 2013. Les trois autres opérateurs sont également autorisés à déployer dans la bande 900 MHz des réseaux 3G depuis le 25 mai 2016.
- + La bande 1800 MHz a été initialement attribuée et utilisée pour les réseaux 2G. Depuis le 1^{er} octobre 2013, Bouygues Telecom est autorisé à utiliser cette bande selon les technologies 3G et 4G en complément de son réseau 2G. Cette autorisation a été attribuée par décision de l'Arcep, à la suite d'une demande de l'opérateur. Il s'agit de



la décision n° 2013-0514 du 4 avril 2013, avec effet à compter du 1^{er} octobre 2013. Les trois autres opérateurs sont également autorisés à déployer dans la bande 1800 MHz des réseaux 3G et 4G depuis le 25 mai 2016.

- + La bande 2,1 GHz a été initialement attribuée et utilisée pour les réseaux 3G. Les trois opérateurs historiques sont autorisés à déployer dans cette bande des réseaux 4G en complément de leurs réseaux 3G. Ces autorisations ont été attribuées par décisions de l'Arcep, à la suite de demandes des opérateurs. Il s'agit des décisions n° 2017-0734 du 13 juin 2017 pour Bouygues Telecom, n° 2017-0734 du 13 juin 2017 pour SFR, n° 2017-1039 du 14 septembre 2017 pour Orange France, avec effet immédiat. A ce jour, Free Mobile n'a pas formulé auprès de l'Arcep de demande pour bénéficier de la neutralité technologique dans cette bande 2,1 GHz.
- + Les bandes 700 MHz, 800 MHz et 2,6 GHz ont été attribuées et sont utilisées pour les réseaux 4G. Dans le futur, la bande 700 MHz pourrait représenter, de par ses conditions de propagation, un vecteur du déploiement des réseaux 5G.

5.2 Etat des déploiements des réseaux 4G et objectifs à horizon 2030

Fin 2011 et début 2012, l'Arcep a attribué des autorisations d'utilisation de fréquences dans les bandes 800 MHz et 2,6 GHz. Bouygues Telecom, Orange France et SFR disposent ainsi de fréquences dans les bandes 800 MHz et 2,6 GHz. Free Mobile dispose de fréquences dans la bande 2,6 GHz. Ces autorisations permettent aux opérateurs d'exploiter un réseau mobile 4G, destiné à apporter aux utilisateurs un accès internet à très haut débit mobile.

L'aménagement du territoire a constitué l'objectif prioritaire de l'attribution des autorisations d'utilisation de ces fréquences dans la bande 800 MHz, fréquences en « or » issues du premier dividende numérique, ainsi que le prévoyait la loi n° 2009-1572 du 17 décembre 2009 relative à la lutte contre la fracture numérique (dite « loi Pintat »). En effet, ces fréquences, dites basses, offrent de meilleures qualités de propagation (en termes de portée et pénétration dans les bâtiments) que les fréquences hautes, au-dessus de 1 GHz, telles les fréquences de la bande 2,6 GHz, et permettent ainsi une couverture étendue du territoire.

Fin 2015, l'Arcep a attribué des autorisations d'utilisation de fréquences dans la bande 700 MHz. Free Mobile et Orange France disposent chacun de deux blocs de 5 MHz duplex, Bouygues Telecom et SFR disposent chacun d'un bloc de 5 MHz duplex. Les fréquences sont progressivement libérées par la télévision numérique terrestre et mises à la disposition des opérateurs mobiles depuis avril 2016 et jusqu'en juillet 2019. Ces attributions visent à accompagner la croissance exponentielle du trafic de données mobiles.

Les Tableau 3 et Tableau 4 détaillent les obligations de couverture, respectivement de la population et des axes de transport, en France métropolitaine, pour les opérateurs de réseaux mobiles grand public.

En pourcentage de la population	17 janvier 2017	11 octobre 2019	17 janvier 2022	11 octobre 2023	17 janvier 2024	17 janvier 2027	8 décembre 2030
Dans la zone de déploiement prioritaire	40% (800 MHz)		90% (800 MHz) 50% (700 MHz)			97,7% (800 MHz) 92% (700 MHz)	97,7% (700 MHz)
<p>La zone de déploiement prioritaire définie correspond à des zones peu denses ; celles-ci représentent 22 500 communes rurales, et totalisent environ 18% de la population et 63% de la surface du territoire métropolitain.</p> <p>Au 30 juin 2017, les opérateurs SFR, Bouygues Telecom, Orange France et Free Mobile déclaraient couvrir respectivement en 4G 74%, 70%, 69% et 47% de la population dans les zones peu denses.</p>							
Dans les centres-bourgs du programme « zones blanches centres-bourgs »						100% (800 et 700 MHz)	
<p>Les autorisations d'utilisation de fréquences attribuées par l'Arcep incluent des mesures relatives à la mutualisation des réseaux et des fréquences. Ces mesures permettent, d'une part, la mutualisation des coûts de déploiement, et d'autre part, une utilisation plus efficace du spectre, notamment pour la mise en œuvre de canalisations larges, en vue d'offrir les meilleures performances possibles aux utilisateurs.</p> <p>L'Arcep prévoit ainsi que Bouygues Telecom et SFR, titulaires des fréquences les plus basses de la bande 800 MHz, fassent droit aux demandes réciproques de mutualisation dans la zone de déploiement prioritaire.</p> <p>L'Autorité prévoit également que les opérateurs mutualisent leurs fréquences pour la couverture des centres-bourgs des communes du programme « zones blanches centres-bourgs ».</p>							
Dans chaque département métropolitain					90% (800 MHz)	95% (800 MHz) 90% (700 MHz)	95% (700 MHz)
Sur l'ensemble du territoire métropolitain		60% (2,6 GHz)		75% (2,6 GHz)	98% (800 MHz)	99,6% (800 MHz) 98% (700 MHz)	99,6% (700 MHz)

Tableau 3 : obligations de couverture de la population en France métropolitaine, pour les opérateurs de réseaux mobiles grand public

En pourcentage de km des axes de transport	17 janvier 2017	11 octobre 2019	17 janvier 2022	11 octobre 2023	17 janvier 2024	17 janvier 2027	8 décembre 2030
Axes routiers prioritaires (environ 50000 km d'axes)						100% (800 MHz)	100% (700 MHz)
<p>Les axes routiers prioritaires sont les autoroutes, les axes routiers principaux reliant au sein de chaque département le chef-lieu de département (préfecture) aux chefs-lieux d'arrondissements (sous-préfectures), et les tronçons de routes sur lesquels circulent en moyenne annuelle au moins 5 000 véhicules par jour. Si plusieurs axes routiers relient un chef-lieu de département (préfecture) à un chef-lieu d'arrondissement (sous-préfecture), le titulaire est tenu de n'en couvrir qu'un seul.</p>							
Réseau ferré régional : couverture au niveau national			60% (700 MHz)			80% (700 MHz)	90% (700 MHz)
Réseau ferré régional : couverture dans chaque région						60% (700 MHz)	80% (700 MHz)

Tableau 4 : obligations de couverture des axes de transport en France métropolitaine, pour les opérateurs de réseaux mobiles grand public

5.3 A l'intérieur des bâtiments, une couverture mobile partielle, voire inexistante

La couverture mobile à l'intérieur des bâtiments se heurte à de nombreux freins, et en particulier les suivants :

- + Certains bâtiments constituent de véritables cages de Faraday qui restreignent voire empêchent la propagation des ondes électromagnétiques (en particulier les hautes fréquences) ; c'est le cas par exemple des constructions selon les nouvelles normes énergétiques et thermiques, des constructions avec murs épais, matériaux isolants (peinture isolante), cloisons en verre ou en métal ; les antennes extérieures, déployées par les opérateurs mobiles, ne suffisent donc pas pour répondre aux besoins des usagers à l'intérieur des bâtiments.
- + Les investissements liés au déploiement des réseaux mobiles grand public, pour renforcer la couverture et améliorer la qualité de service, sont planifiés essentiellement dans une logique de rentabilité et en fonction de l'environnement concurrentiel. En outre, les obligations de couverture pour les opérateurs mobiles portent uniquement sur un environnement extérieur.

Dans ce contexte, la couverture des espaces intérieurs s'avère partielle, voire inexistante.

5.4 Les actions des pouvoirs publics et collectivités pour inciter les opérateurs à une meilleure couverture mobile

5.4.1 France Mobile, une plateforme à disposition des élus pour améliorer l'identification et le traitement des problèmes de couverture mobile

L'Etat a ouvert, en décembre 2016, une plateforme internet, appelée France Mobile, destinée à permettre à chaque collectivité d'indiquer et de documenter les problèmes de couverture mobile que rencontrent ses habitants ou ses entreprises, et favoriser le traitement de ces problèmes par les opérateurs.

Il appartient aux opérateurs de proposer des solutions pour remédier aux problèmes identifiés localement : construction d'un nouveau pylône, ajustement des réseaux existants (par exemple réorientation d'antenne) ou mise en œuvre de solutions de couverture pour l'intérieur des bâtiments.

La plateforme France Mobile permet aux collectivités de consulter les réponses apportées par les opérateurs.

Elle est notamment venue remplacer le processus d'appel à projets, lancé par l'Etat en 2015, qui visait à assurer une couverture mobile sur 800 sites stratégiques. Ce processus a ensuite été étendu, pour atteindre 1300 sites. Ceux-ci incluent des zones de développement économique ou zones touristiques, ainsi que des équipements publics ayant un intérêt économique (zone hôtelière, camping, centre de conférences, parc d'attraction, office de tourisme, centre de congrès, hôtel d'entreprises, etc.). Ces sites stratégiques font l'objet d'un traitement dans le cadre de la plateforme France Mobile.

En outre, les commissions régionales d'aménagement numérique des territoires (CRANT), initialement instituées pour traiter de l'accès internet fixe, peuvent constituer des enceintes de dialogue avec les opérateurs pour le suivi des dossiers de couverture mobile.

Enfin, lorsque les opérateurs ne sont pas en mesure d'apporter une réponse satisfaisante, les collectivités peuvent intervenir, avec le soutien financier de l'Etat. Les données récoltées par France Mobile permettent d'établir les priorités d'investissements publics. Jusqu'à 1300 nouveaux pylônes pourraient être mobilisés, si nécessaire, d'ici 2020.



5.4.2 Des contributions financières des collectivités pour la résorption des zones blanches

Dans certains cas, la résorption des zones blanches nécessite des contributions des collectivités pour le financement et la construction des infrastructures publiques, *via* l'aménagement d'un point haut ou la mise en œuvre d'un pylône mutualisé permettant l'installation d'antennes relais. Cet investissement concerne l'infrastructure passive et l'adduction électrique, éventuellement le contrat de location de la parcelle. L'opérateur dit leader se charge du raccordement du site, traditionnellement en faisceau hertzien, maintenant en fibre optique.

Le cahier des charges pour la création d'un site a été défini par les opérateurs, et certaines collectivités interviewées considèrent qu'il impose trop de contraintes en particulier pour un petit site en zone rurale. En général, les collectivités n'ont pas envisagé, lors de la création d'un site, la possibilité de l'utiliser pour d'autres réseaux ou services (accès fixe, réseau mobile professionnel, internet des objets, etc.). On peut donc anticiper que si ces questions se posent demain, elles se heurteront à de nombreuses difficultés techniques et opérationnelles (partage de responsabilités, adaptation des infrastructures, partage des contraintes et des frais liés à l'environnement, droits d'accès, etc.)

5.4.3 Le pouvoir de l'information comme levier d'action des collectivités pour réguler et orienter le marché

Pour l'heure, les zones de couverture 4G des opérateurs varient fortement en qualité et en étendue. Par exemple, exception faite d'Orange, l'Aveyron reste une terre quasi vierge pour la 4G. Bouygues et SFR couvrent quant à eux la quasi intégralité du nord du Limousin, zone pourtant très rurale. La qualité de la 4G varie selon le mode de raccordement des antennes-relais, parfois connectées par faisceau hertzien et non par fibre optique, avec pour conséquence des débits détériorés, notamment par temps couvert. De plus en plus de collectivités sont attentives à ces enjeux de qualité de service, et pressent l'Arcep à plus de vigilance.

En réponse, et en complément de ses outils traditionnels d'interventions, l'Arcep mise sur le pouvoir de l'information pour réguler et orienter le marché, et stimuler les investissements par les opérateurs, pour renforcer la couverture et améliorer la qualité de réseau.

- *Des cartes détaillées de la couverture mobile publiées par l'Arcep*

Le 6 décembre 2016, l'Arcep avait fait paraître une décision programmant la mise en place d'une cartographie détaillée de la couverture mobile des territoires. A la suite de cette décision, l'Autorité a annoncé, le 22 mars 2017, le lancement d'un nouveau portail internet www.monreseau mobile.fr, portant dans une phase initiale sur la région Nouvelle-Aquitaine. Les données publiées ont ensuite été étendues à l'ensemble de la France métropolitaine le 18 septembre 2017. Il s'agit d'une cartographie en ligne qui permet d'apprécier la qualité de la couverture mobile, pour les usages de voix et SMS, selon les opérateurs et selon le lieu, incluant les axes de transport (fer, métro, autoroutes). En outre, les estimations fournies permettent à l'utilisateur de savoir si le réseau est disponible seulement en extérieur, ou s'il peut également téléphoner depuis son domicile.

Les données consultables jusqu'alors sur les sites internet des opérateurs indiquent si un emplacement est, théoriquement, couvert ou non couvert par le réseau. En revanche, ces données ne permettent pas de savoir si le signal mobile peut être capté en intérieur, si les appels sont fréquemment coupés, ou encore si l'internet mobile est disponible. Ces imprécisions contribuent à la sensation de décalage entre le nombre affiché très restreint des zones blanches, et les difficultés d'accès au réseau sur le terrain.

Au surplus, il convient de rappeler que les obligations de couverture, fixées par l'Arcep dans le cadre des autorisations d'utilisation de fréquences qu'elle attribue aux opérateurs, porte uniquement sur l'environnement extérieur. Dans ce contexte, la régulation par la donnée pourrait constituer un outil essentiel pour contribuer à renforcer la couverture des espaces intérieurs, qui à ce stade s'avère partielle, voire inexistante.

L'Arcep prévoit d'enrichir les informations publiées sur son portail internet, en incluant l'outre-mer en juillet 2018, ainsi que les estimations de la qualité des services internet (3G/4G) courant 2018.

Ces nouvelles cartes détaillées de la couverture mobile des territoires constituent un outil de comparaison des performances des réseaux des opérateurs sur un territoire donné. Ces cartes correspondent à des données ouvertes, qui peuvent donc être exploitées par les acteurs, et notamment les collectivités, associations et entreprises privées.

- *Le crowdsourcing ou collecte citoyenne collaborative, et le rôle des collectivités*

Pour réguler par la donnée, l'Arcep appelle également à la multitude (*crowdsourcing*), et encourage l'implication de l'ensemble des acteurs du territoire, pour compléter ses bases de données en matière de couverture et de qualité de service mobile.

Au niveau des collectivités, les initiatives de *crowdsourcing* concernent à ce stade essentiellement des zones très urbaines. Elles s'ouvrent depuis peu aux territoires moins denses.

Par exemple, en 2016, la région Pays de la Loire a engagé une telle initiative. Il s'agit d'impliquer les citoyens et de les encourager à utiliser leurs terminaux mobiles, en tout lieu, pour tester la couverture et évaluer la performance de leur connexion. L'application mise en œuvre, appelée Gigalis, a été développée par la société QoSi, dans le cadre d'un financement par le syndicat mixte des collectivités des Pays de la Loire (qui donne son nom à l'application), opérateur de fibre optique pour les entreprises. Les données remontées par les usagers sont ensuite agrégées et traitées, afin de présenter une cartographie fiable, lisible et détaillée de la couverture mobile.

Pour la région Pays de la Loire, cette opération de *crowdsourcing* vise à établir son propre diagnostic pour mettre en évidence les lacunes de couverture mobile sur le territoire, et disposer d'indicateurs émanant des utilisateurs, pour *in fine* contribuer à l'atteinte des objectifs ambitieux de couverture mobile fixés au niveau national.

Pour encore étendre la régulation par la donnée, l'Arcep a lancé, le 17 octobre 2017, un espace de signalement des anomalies notamment des réseaux mobiles grand public. Cette plateforme, baptisée « J'alerte l'Arcep », permet à tout un chacun, particulier ou élu, entreprise ou collectivité, d'alerter l'Arcep des dysfonctionnements rencontrés. Pour l'Arcep, les alertes recueillies permettront de suivre en temps réel les difficultés rencontrées par les utilisateurs. Elle pourra alors s'appuyer sur les récurrences des dysfonctionnements, et détecter des pics ou des signaux faibles pour cibler son action et être plus efficace dans ses actions de régulation vis-à-vis des opérateurs.

5.4.4 Les perspectives pour les collectivités d'exprimer leurs voix dans le cadre d'un prochain renouvellement des autorisations d'utilisation de fréquences attribuées aux opérateurs

Entre 2021 et 2024, plusieurs autorisations d'utilisation de fréquences attribuées par l'Arcep aux opérateurs dans les bandes 900 MHz, 1800 MHz et 2,1 GHz en métropole vont arriver à échéance. Ces autorisations sont listées dans le Tableau 5.

Bandes de fréquences	Opérateur	Décision de l'Arcep	Echéance de l'autorisation
900 et 1800 MHz	Bouygues Telecom	2007-1114	7 décembre 2024
	Orange France	2006-0239	24 mars 2021
	SFR	2006-0140	24 mars 2021
2,1 GHz	Bouygues Telecom	2003-0200	29 janvier 2023
	Orange France	2001-0648	6 septembre 2021
	SFR	2001-0647	6 septembre 2021

Tableau 5 : autorisations d'utilisation de fréquences, attribuées aux opérateurs, qui arriveront à échéance entre 2021 et 2024

L'Arcep et le Gouvernement, en lien avec les opérateurs concernés, examinent la question liée à un éventuel renforcement de leurs obligations. Un tel renforcement, sans compensation pour les opérateurs, serait de nature à réduire les montants que ceux-ci seraient prêts à payer pour les utilisations de fréquences, et donc les recettes fiscales pour l'Etat. En conséquence, il pourrait être associé par exemple à un renouvellement anticipé des autorisations, et/ou un allongement de la durée des autorisations renouvelées, pour fournir aux opérateurs une meilleure visibilité sur un cadre règlementaire stable. A ce sujet, dans son communiqué de presse du 19 octobre 2017, la Fédération française des télécoms indique que « les représentants des opérateurs sont en discussion avec les pouvoirs publics, d'une part, sur la possibilité juridique de prolonger la durée de vie des licences actuelles, et, d'autre part, sur l'établissement d'une vision claire et partagée d'un niveau de couverture 4G cible, adapté aux usages actuels ».

Il n'est donc pas exclu que l'Arcep engage, dès 2018, un processus de concertation, avec l'ensemble des acteurs, dans le cadre d'un examen anticipé du renouvellement des autorisations d'utilisation de fréquences attribuées aux opérateurs. Les collectivités territoriales pourraient contribuer à un tel processus de concertation, et répondre aux consultations publiques le cas échéant, pour mettre en évidence une nouvelle fois des défauts de couverture et besoins locaux spécifiques. Par exemple, des obligations de couverture en termes de pourcentage du territoire pourraient s'avérer pertinentes pour compléter les obligations actuelles liées à la population, et ainsi forcer la couverture des territoires ruraux et de montagne.

5.5 La couverture mobile des infrastructures de métros

La couverture, par les réseaux mobiles grand public, des infrastructures de métros constitue un sujet d'actualité majeur. L'attente des voyageurs, en termes de connectivité mobile, est pressante, mais les projets de couverture des gares, stations et tunnels soulèvent des défis techniques, juridiques et financiers complexes.

Les organisations suivantes ont engagé des réflexions en vue de mettre en œuvre des projets de couverture :

- + métropole européenne de Lille ;
- + RATP ;

- + régie des transports métropolitains de Marseille ;
- + Rennes métropole ;
- + syndicat des transports de l'agglomération lyonnaise ;
- + syndicat mixte des transports en commun Tisséo, l'autorité organisatrice des transports de l'agglomération toulousaine.

En octobre 2017, Toulouse a communiqué sur son positionnement de première ville de France à bénéficier d'une couverture complète 2G, 3G et 4G dans le métro. L'ouverture du service interviendra le 10 novembre 2017. Pour ce projet, Orange, retenu comme opérateur « leader », a déployé un réseau mutualisé, auquel les trois autres opérateurs sont venus se raccorder. L'infrastructure commune a été financée par les quatre opérateurs. Le caractère récent du métro de Toulouse, et son envergure limitée (deux lignes), sont de nature à rendre moins complexe la mise en œuvre des infrastructures radio.

Un montage similaire serait envisagé dans le cadre des projets de couverture du métro de Marseille, avec Bouygues Telecom en tant qu'opérateur « leader », et du métro de Lyon, avec Orange « leader ».

En partenariat avec les quatre opérateurs mobiles nationaux, la RATP s'est engagée, dès 2015, dans un projet de couverture 3G et 4G, en complément des services mobiles 2G existants. Ce projet repose sur une infrastructure antennaire partagée par les quatre opérateurs. Il s'agit d'un projet d'envergure : sont concernées 320 gares et stations souterraines ainsi que les tunnels associés, plus de 3000 antennes et 300 kilomètres de câbles sont nécessaires, couvrir une station nécessite 20 nuits de travaux. En outre, le projet est particulièrement complexe, au niveau technologique et économique, en raison notamment de l'environnement contraint du métro et de la très forte densité de voyageurs.

Concernant Rennes métropole, le montage retenu est différent. Il s'agit d'une convention d'occupation du domaine public de Rennes Métropole, signée en 2016 avec TDF, par laquelle la collectivité autorise TDF à installer une infrastructure de communications électroniques dans les emprises du métro, pour ensuite mettre à disposition cette infrastructure aux opérateurs mobiles.

En application des dispositions de cette convention, TDF prendra en charge l'intégralité des coûts d'investissement et de fonctionnement liés au déploiement et à l'exploitation de l'infrastructure (3G et 4G), pendant une durée de 20 ans. L'investissement porté par TDF sera compensé par la rémunération résultant de contrats privés que la société aura négociés avec chacun des opérateurs mobiles. TDF assurera les maintenances préventives et correctives de l'infrastructure, et versera à Rennes Métropole une redevance d'occupation annuelle du domaine public.

A ce stade, les négociations entre TDF et chacun des opérateurs restent en cours ; seul Free Mobile aurait validé un contrat avec TDF.

La signature d'une telle convention, entre la collectivité et un acteur intermédiaire en charge de mettre en œuvre l'infrastructure pour une mise à disposition aux opérateurs mobiles, ne préjuge pas du raccordement de chaque opérateur mobile à l'infrastructure mise à disposition, et donc de l'ouverture d'un service. L'atteinte de ces objectifs reste conditionnée à la signature de contrats privés entre TDF et chaque opérateur.

6 Les réseaux mobiles professionnels (PMR)

Plusieurs organisations et sociétés utilisent des services mobiles professionnels (généralement des services à bas débit comme la voix ou la radiomessagerie) adaptés à leurs métiers et ont souvent, pour ce faire, déployé leurs propres réseaux.

Ainsi, certaines organisations professionnelles, notamment les gestionnaires d'infrastructures ou opérateurs d'importance vitale (OIV), dans les secteurs des transports ou de l'énergie, mettent en œuvre des réseaux mobiles professionnels (PMR, *professional mobile radio*), capables de répondre à leurs besoins spécifiques liés à leurs responsabilités d'exploitation, de sécurité et de sûreté.

De nombreuses collectivités exploitent également de tels réseaux PMR, pour les besoins des services techniques et polices municipales par exemple.

6.1 Technologies, bandes de fréquences et usages actuels des réseaux PMR

De nombreux réseaux PMR, parfois déployés de longue date, sont basés sur des technologies analogiques. Les technologies numériques, introduites depuis le milieu des années 1990, prennent cependant une importance croissante, au fur et à mesure du renouvellement des installations.

Les technologies analogiques recouvrent un large éventail de solutions : du simple réseau radio avec ou sans station de base et quelques mobiles, offrant un unique service de voix en mode *push-to-talk*, aux réseaux à services complémentaires de type messages courts, localisation, appels d'urgence. Ces solutions s'appuient sur une canalisation de 6,25 ou 12,5 kHz.

Les premières technologies numériques pour la PMR ont été introduites dans le courant des années 1990. Par rapport aux technologies analogiques antérieures, les technologies numériques ont permis de fournir des services supplémentaires d'échange de données, tout en apportant une meilleure efficacité spectrale, c'est-à-dire en augmentant le volume de communications possibles pour une quantité de fréquences donnée. En particulier, la technologie Tetra, standardisée en 1995 par l'ETSI pour l'ensemble du marché PMR, permet d'atteindre un débit théorique de 28 kbit/s (en pratique, les solutions disponibles sur le marché permettent d'atteindre des débits bruts de 20 kbit/s), avec des canalisations de 25 kHz.

Les réseaux PMR utilisent des fréquences dans la bande 400 MHz (410-430 MHz et 450-470 MHz) principalement, et d'autres ressources notamment dans les bandes 29,7-68 MHz ; 68-87,5 MHz et 146-174 MHz. Les utilisations de ces fréquences rentrent dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel à l'exploitant (cf. section 2.4.1). Les utilisateurs PMR ont recours à des terminaux plutôt onéreux, dans la mesure où ceux-ci ne bénéficient pas de l'écosystème des réseaux mobiles grand public.

Ces réseaux privés, utilisant des fréquences dédiées, visent à répondre à des besoins spécifiques tels que :

- + fonctionnalités orientées groupes / usages de type flottes avec fort degré d'applicatifs ;
- + garantie d'accès à la ressource en toutes circonstances et hiérarchisation des communications ;
- + couverture géographique complète des sites, incluant des lieux non accessibles au public ou isolés ;
- + exigences fortes en termes de qualité de service.

6.2 L'évolution des réseaux PMR vers le haut débit

Les nouveaux usages (connexion de données, visiophonie, *push-to-video*, etc.) et l'obsolescence de certaines infrastructures appellent la mise en œuvre de réseaux à haut débit. L'opportunité consiste à se reposer sur la technologie 4G / LTE normalisée au niveau du 3GPP et standardisée au niveau de l'ETSI, utilisée par les réseaux mobiles grand public, et faisant l'objet de développements complémentaires pour porter les fonctionnalités propres aux réseaux PMR (par exemple appels de groupe ou fonctionnalité *talkie-walkie*, appel de terminal à terminal).

Ce besoin d'évolution des réseaux PMR vers le haut débit soulève la question liée aux perspectives d'accès à de nouvelles bandes de fréquences.

Dans son communiqué du 22 juin 2017, l'Arcep indiquait son intention d'ouvrir, d'ici la fin de l'année 2017, la procédure d'attribution de fréquences dans la bande 2,6 GHz TDD (2570-2620 MHz) pour répondre à l'évolution des réseaux PMR vers le haut débit. En complément, l'Autorité examine également les perspectives de réorganisation de la bande 400 MHz, utilisée notamment par des réseaux PMR à bas débit.

7 Les réseaux de boucle locale radio (BLR)

7.1 Retours d'expériences sur les réseaux BLR selon la technologie WiMax

Pour permettre le développement de l'accès internet fixe par voie hertzienne *via* des réseaux terrestres dédiés appelés réseaux de boucle locale radio (BLR), l'Arcep a mené des procédures d'attribution d'autorisations métropolitaines et régionales (y compris outre-mer) à deux reprises :

- + en 2000 dans les bandes 3,5 GHz et 26 GHz ;
- + en 2006 dans la bande 3,5 GHz, après avoir constaté un intérêt des acteurs du marché pour la technologie WiMax.

In fine, les fréquences ont été beaucoup moins utilisées qu'envisagé initialement, en raison notamment du développement rapide des technologies de communications sur le réseau de cuivre, du manque d'écosystème industriel pour la technologie WiMax et de l'engouement limité du public pour les services d'accès internet fixe par voie hertzienne. Les réseaux déployés étaient souvent sous-dimensionnés pour assurer les niveaux de couverture et de qualité de service visés (nombre trop limité de stations de base, équipements saturés), générant une expérience utilisateurs négative. Certains attributaires de fréquences n'ont pas respecté leurs obligations de déploiement et une partie des fréquences attribuées par l'Arcep lui ont été restituées.

Des réseaux utilisant la technologie WiMax ont cependant été déployés au cours de la seconde moitié des années 2000 dans plusieurs régions et départements métropolitains avec le soutien financier des collectivités territoriales dans le cadre de leurs stratégies d'aménagement numérique. Ces réseaux utilisent entre 30 MHz et 60 MHz dans la bande 3,5 GHz selon les territoires pour offrir à quelques centaines voire quelques milliers de clients par département un accès internet fixe avec des débits de l'ordre de 2 à 10 mégabits par seconde. L'absence d'évolution de l'écosystème WiMax semble ne plus permettre aujourd'hui d'envisager cette technologie comme une source potentielle d'augmentation des débits proposés aux utilisateurs.

Alors qu'ils avaient pu être envisagés dans un premier temps comme une solution concurrente et pérenne des réseaux filaires et en particulier de l'ADSL, l'Arcep constate que les réseaux BLR ont désormais principalement vocation à répondre aux enjeux d'aménagement numérique du territoire. Ces réseaux BLR se sont en effet développés avec un important soutien financier des collectivités, permettant ainsi que soient proposés des accès internet fixe à haut débit par voie hertzienne aux foyers et aux entreprises situés en dehors des zones de bonne qualité de l'ADSL.

Les réseaux BLR existant à ce jour utilisent soit les fréquences de la bande 3,5 GHz, soit des fréquences libres dans les bandes 2,4 GHz ou 5,4 GHz.

7.2 Les perspectives de développement des réseaux BLR selon la technologie LTE, dits réseaux 4G fixes

Certains opérateurs de réseaux d'initiative publique prévoient de moderniser les réseaux BLR présents sur leur territoire, avec l'objectif de fournir des accès internet à très haut débit. Cette évolution passe par l'utilisation de la technologie LTE pour la liaison entre les stations de base et les clients. Ces réseaux sont couramment appelés 4G fixes, parfois désignés sous le terme THD ou très haut débit radio. Plusieurs expérimentations ont été menées dans ce sens en 2016, dans les bandes 2570-2620 MHz et 3,5 GHz.

La 4G fixe constitue une solution appropriée dans les zones peu denses (zones rurales et suburbaines), là où les lignes téléphoniques sont raccordées à plusieurs sous-répartiteurs et particulièrement pour les zones de moins de 50 lignes.

En 4G fixe, le débit est homogène pour tous les abonnés ; en particulier, contrairement à l'ADSL, il ne dépend pas de la distance avec le répartiteur ou avec l'antenne radio. En outre, les performances d'un réseau 4G fixe surpassent celles qu'un abonné pourrait obtenir en utilisant un routeur connecté à un réseau 4G mobile. Ainsi, les débits de la 4G fixe permettent de supporter aisément la diffusion de services dits *triple play* (internet, téléphonie, TV), y compris en TV avec une qualité d'image ultra-haute définition. Le temps de réponse d'un réseau 4G fixe est comparable à celui de la fibre optique ou du cuivre haut débit (VDSL, *very high bit rate digital subscriber line*), rendant possibles les jeux en réseau ou les usages professionnels en temps réel. Les offres entreprises, à débits symétriques garantis élevés, sont également disponibles. Les objets installés sous la couverture radio peuvent également accéder à internet avec des débits élevés et temps de latence minimaux.

Le calendrier de construction d'un réseau 4G fixe est de l'ordre de quelques semaines à l'échelle d'une communauté de communes, et s'étend entre 12 et 18 mois à l'échelle d'un département.

NomoTech a conclu en 2017 un accord avec le syndicat Seine-et-Marne numérique, au travers de la société Covage (délégataire du réseau Semafor77), pour la fourniture d'une solution 4G fixe. Cet accord prévoit de moderniser 33 sites existants d'ici la fin de l'année 2017. Les déploiements sont à présent en cours. Les foyers éligibles (20 à 30000) se verront proposer des offres *triple play* à partir de 30 euros par mois.

7.3 Les réseaux 4G fixes identifiés au niveau du Gouvernement et de l'Arcep parmi les solutions pour généraliser le très haut débit dans les territoires

En 2017, l'Arcep a conduit un processus de consultations publiques et envisage de permettre l'utilisation de 40 MHz (la bande 3420-3460 MHz) pour établir des réseaux à très haut débit radio et ainsi répondre aux besoins des territoires en



matière d'accès fixe à internet à très haut débit. L'Autorité prévoit que les premières attributions pourraient intervenir avant la fin de l'année 2017.

Plus largement, la couverture numérique des territoires constitue une priorité absolue pour le Gouvernement. Dans un communiqué de presse du 27 septembre 2017, il affiche sa volonté de mobiliser l'ensemble des technologies disponibles afin de ne laisser aucune habitation ou entreprise sans solution d'internet fixe offrant au moins un bon haut débit (8 Mbit/s minimum) dès 2020. Les réseaux 4G fixes font partie des solutions identifiées.

Les solutions identifiées sont détaillées ainsi :

- + Le réseau fibre optique, jusqu'à l'abonné ou jusqu'au village, est en cours de déploiement par les opérateurs privés. La fibre optique vient remplacer l'ADSL dont le réseau en fil de cuivre est moins rapide et dont la qualité de signal est atténuée par la distance.
- + Le réseau câblé de nouvelle génération offre des débits jusqu'à 400 Mbit/seconde, il s'agit d'une solution de montée en débit.
- + Les technologies radio, souvent regroupées sous le terme RTTH (*radio to the home*), constituent des solutions complémentaires et relativement peu coûteuses, pour l'accès des territoires au très haut débit, là où le déploiement de la fibre optique (FTTH, *fiber to the home*) n'est pas envisageable, au moins à court terme. Le RTTH inclut :
 - les réseaux mobiles 4G (solution appelée « box 4G ») ;
 - les réseaux 4G fixes ;
 - les réseaux par satellite, l'offre d'accès internet par satellite fournit une solution complémentaire pour les zones d'habitations éparses, qui occasionneraient un surcroît d'infrastructures radio et des surcoûts pour la collectivité.

Enfin, au-delà de ce premier objectif fixé à 2020, qui implicitement suppose un rôle plus important pour les technologies radio, le Gouvernement a confirmé son objectif d'accès au très haut débit pour tous dès 2022.

Selon l'Idate, sur 36 millions de locaux au total à équiper en France, pour l'accès au très haut débit, le marché potentiel des solutions 4G fixe et par satellite à l'horizon 2022 est le suivant :

- + 5,1 millions de locaux en dessous de 30 Mbit/s, soit 14% ;
- + 1,9 millions de locaux en dessous de 8 Mbit/s fixe, soit 5% ;
- + 1,2 millions de locaux en dessous de 8 Mbit/s fixe et mobile, soit 3%.

8 Les réseaux pour l'internet des objets

8.1 Des usages et des besoins déjà identifiés, des services qui restent à inventer

Les applications de l'internet des objets se traduisent par de nombreux usages concrets, nouveaux ou améliorés, impactant significativement le quotidien des individus, des entreprises et des collectivités. Plusieurs filières, ou marchés porteurs, sont concernés, notamment :

- + Les territoires dits « intelligents » sont au cœur des projets des collectivités. Ils visent à optimiser la gestion des infrastructures communicantes (transport, énergie, eau, aménagement urbain, sécurité, etc.) pour amener un meilleur service aux administrés et respectant les objectifs de développement durable au sein des territoires.
- + Grâce à l'internet des objets, les logements et lieux de travail deviennent plus confortables, plus faciles à gérer et moins coûteux à l'usage. Le bâtiment connecté, incluant la maison connectée, offre notamment des possibilités de contrôle des consommations énergétiques, d'intégration des systèmes de sécurité et de confort accrus.
- + L'industrie du futur (l'utilisation de l'internet des objets au service des moyens de production) connaît un développement progressif. La relève d'information en constitue la première étape. La rétroaction et la commande à distance sont des phases plus complexes à mettre en œuvre dans certains domaines d'activité.
- + Le véhicule connecté, pour lequel de premières applications ont déjà vu le jour, a lui aussi franchi une première étape de lecture des informations grâce à l'intégration de l'électronique embarquée de longue date. Les acteurs de la filière automobile cherchent aujourd'hui à développer de nouveaux modèles économiques pour tirer parti de ces nouvelles possibilités, tandis qu'affleurent les questions liées aux responsabilités.
- + La santé connectée, incluant le segment bien-être, fait partie des applications auxquelles le grand public est le plus sensibilisé, notamment grâce aux capteurs d'activité ou autres accessoires connectés (*wearables*). Les aspects liés à la protection des données personnelles focalisent l'attention, du fait de la collecte d'informations personnelles particulièrement intimes - voire de santé - et nouvelles par des acteurs privés, et des enjeux que représente leur exploitation, notamment par certains services. Les apports technologiques sur l'organisation des soins et sur le degré d'implication des professionnels de santé sont également un sujet d'attention. Les mutations permises par l'évolution des technologies souvent plus rapides que les évolutions sociales et réglementaires rendent ce secteur particulièrement difficile à appréhender et complexe.
- + L'entreprise agricole utilise d'ores et déjà l'internet des objets dans son processus de production. À travers des capteurs d'état du végétal, des animaux ou du milieu, des capteurs embarqués sur les machines agricoles, des outils d'aide à la décision ou de guidage des engins, les agriculteurs utilisent de plus en plus d'outils connectés dans leur travail quotidien.

8.2 L'exemple du syndicat départemental d'énergie et d'équipement du Finistère

En juillet 2017, le syndicat départemental d'énergie et d'équipement du Finistère (SDEF) a publié un avis de marché portant sur la réalisation d'une étude technique et financière pour la conception d'une infrastructure propriétaire de communications électroniques pour objets connectés.

Le syndicat souhaite mettre à disposition, sur l'ensemble du département du Finistère à l'exception de la métropole de Brest Métropole, un service *smart city* composé d'une infrastructure de communications, d'une interface de supervision et d'un catalogue d'objets connectés répondant aux besoins qui auront été identifiés.

Le service principal visé concerne la gestion de l'éclairage public, avec notamment les usages suivants : allumer ou éteindre un candélabre ou groupe de candélabres, réaliser de la gradation de puissance, paramétrer les périodes de fonctionnement, suivre la consommation électrique, remonter les pannes ou dysfonctionnements des candélabres.

Le SDEF prévoit d'élargir à d'autres services tels que la gestion des bornes de recharges pour véhicules électriques, la gestion des panneaux d'informations à destination des administrés d'une collectivité, la supervision du taux de remplissage de bennes à ordures, la supervision de points de relevé de consommation énergétique d'une collectivité.

8.3 Un foisonnement de technologies et bandes de fréquences pour répondre à une multitude de besoins de connectivité

La sphère de l'internet des objets est constituée d'une multitude d'acteurs. Les opérateurs et équipementiers de réseaux permettant de connecter les objets en font partie.

On retrouve sur ce segment les acteurs historiques des communications électroniques, à savoir les opérateurs, qui disposent déjà de réseaux qu'ils adaptent pour de nouveaux usages dédiés à l'internet des objets, ainsi que leurs équipementiers traditionnels.

Ce segment inclut également des acteurs moins impliqués traditionnellement dans les communications électroniques, comme les gestionnaires de réseaux d'énergie qui mettent à disposition leurs infrastructures de réseaux pour y déployer de nouvelles technologies de communications, ou encore des entreprises nées avec l'internet des objets qui développent leurs propres réseaux dédiés.

Le développement de l'internet des objets s'appuie sur l'accès à des réseaux d'objets de natures hétérogènes. Toute la variété des technologies de communications est mise à contribution pour répondre aux multiples usages attachés à ces objets. On peut relever en particulier le besoin accru en mobilité et en couverture pour des objets peu consommateurs en énergie, qui a favorisé le développement de nouvelles technologies de connectivité, qui permettent à leur tour de nouveaux usages.

Si certains objets fixes peuvent être connectés par des réseaux filaires, il est d'ores et déjà anticipé que la croissance de l'internet des objets soit majoritairement portée par l'utilisation de technologies sans fil et mobiles.

Il apparaît plus économique de connecter les objets ayant un faible besoin de débit aux technologies radios et les objets gros consommateurs de bande passante directement à la fibre optique. La fibre a également vocation à connecter les concentrateurs chargés de recueillir les données provenant de tous les objets connectés sur la voie publique : capteurs de bruit, capteurs de température, capteurs pour repérer les places de stationnement libres, ramassage des poubelles, etc.

Les technologies de connectivité sans fil sont nombreuses et variées, et l'usage de l'une ou l'autre est souvent avant tout décidé par la portée du réseau envisagé. Un enjeu clé pour les collectivités est de disposer de l'assurance d'une connectivité multiple, mobile, fiable et à coût réduit.



8.3.1 Des réseaux non opérés à portée locale ou ultra locale

Pour les usages sans fil à courte distance, de type PAN (*personal area network*) ou LAN (*local area network*), les technologies WiFi, Bluetooth, notamment sa déclinaison Low Energy, Zigbee, Thread, z-Wave, RFID UHF et NFC se démarquent particulièrement. Une grande partie des usages de l'internet des objets seront diffusés par le biais de telles technologies de connectivité, et en premier lieu ceux destinés au grand public, dont on constate d'ores et déjà la multiplication (*wearables*, domotique, etc.). D'autres technologies pourraient également se développer, comme le LiFi, utilisant des fréquences très hautes dans la gamme de la lumière visible.

Les utilisations de fréquences par de telles technologies rentrent dans le mode d'autorisation générale (cf. section 2.4.2).

La plupart de ces réseaux locaux, notamment chez les particuliers, sont non opérés. C'est généralement l'utilisateur qui fait l'acquisition des équipements réseau (routeurs reliés à une box internet par exemple) et devient responsable de la configuration et du bon fonctionnement du réseau local. Ces réseaux permettent une mobilité très limitée, quoique parfaitement adaptée à un usage domestique ou individuel.

Ces réseaux PAN ou LAN n'offrent pas de connectivité étendue à l'échelle nationale ou internationale, par opposition aux réseaux MAN (*metropolitan area network*) ou WAN (*wide area network*). Ces différentes catégories de réseaux, en recouvrement géographique partiel mais répondant à des besoins différents, offrent des possibilités d'articulation et de complémentarité.

8.3.2 Des réseaux opérés au déploiement étendu

Parmi les technologies sans fil déployées sur de grandes distances, de type MAN ou WAN, on peut retenir principalement :

- + Les réseaux déployés par les opérateurs mobiles grand public reposent sur les technologies 3GPP 2G, 3G et 4G, et utilisent des fréquences dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel à l'opérateur (cf. section 2.4.1).
- + Les technologies LPWAN (*low power wide area network*) permettent d'atteindre des coûts de terminaux très bas et de très faibles consommations énergétiques. Plusieurs technologies se distinguent au niveau mondial dans ce domaine et on peut citer Sigfox, LoRaWAN, Ingenu, Weightless-N ou encore Wireless M-BUS. Ce sont essentiellement les deux premières qui connaissent un développement significatif en France, tout en ayant par ailleurs des origines françaises. Ces technologies utilisent notamment les bandes 13,56 MHz, 169 MHz, 433 MHz, 863-870 MHz, 2400-2483,5 MHz, 5150-5350 MHz et 5470-5725 MHz. Les utilisations de ces fréquences rentrent dans le mode d'autorisation générale (cf. section 2.4.2)
- + Les opérateurs et équipementiers de téléphonie mobile, rassemblés au sein du projet partenarial de développement de standards 3GPP, collaborent à l'adaptation des normes de réseaux et équipements déjà déployés, notamment 4G, en vue de satisfaire les besoins à faible débit et très faible consommation énergétique. Ces travaux devraient faire émerger prochainement plusieurs solutions de type LPWAN : le NB-IoT, l'EC-GSM-IoT et le LTE-M (aussi appelé eMTC). Celles-ci posséderont l'avantage pour les opérateurs mobiles de s'appuyer sur des équipements déjà déployés et ne nécessiteraient, le plus souvent, que des mises à jour logicielles.

Dans un communiqué de presse du 3 octobre 2017, Orange Business Services annonce le lancement des réseaux LTE-M en 2018.

- + Les solutions par satellite, actuellement déployées (par exemple Inmarsat, Iridium, GlobalStar) ou en cours de déploiement (par exemple O3b, OneWeb), utilisent des fréquences dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel à l'opérateur (cf. section 2.4.1).

Sigfox propose un modèle verticalement intégré. L'opérateur assure une couverture internationale en s'appuyant sur des déploiements propres ou sur des partenariats avec des opérateurs locaux (nationaux). La technologie pour le développement de modules de connectivité est librement accessible mais la certification des terminaux et le passage exclusif par le *cloud* de Sigfox sont imposés.

LoRaWAN est un protocole de communication développé coopérativement par les acteurs de l'Alliance LoRa, dont font notamment partie en France Bouygues Telecom, Orange, Actility et Qowisio. Ce modèle, ouvert à la coexistence de plusieurs opérateurs membres de l'Alliance sur une même zone géographique, amène naturellement au développement d'un standard interopérable, permettant aux objets LoRa de fonctionner sur les divers réseaux – privés comme ouverts au public – déployés internationalement. Néanmoins, si le protocole reste ouvert, le nombre de fournisseurs de composants de décodage reste très limité.

Par ailleurs, les acteurs du 3GPP travaillent à la standardisation de la 5G qui cherche à prendre en compte, dès sa création, tous les besoins de l'internet des objets (densité, consommation énergétique, asynchronisme, coût des terminaux, etc.).

Enfin, les entreprises ont également la possibilité de déployer un réseau PMR réservé à leurs propres usages de l'internet des objets. C'est ce qu'ont décidé de faire un certain nombre d'entreprises de services urbains telles que Veolia, Suez Environnement ou GrDF, qui exploitent leurs propres réseaux afin d'en maîtriser davantage la qualité et la sécurité, ou parce qu'elles utilisent leur propre technologie (qui peut être fondée sur un standard existant). Ces réseaux PMR utilisent des fréquences dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel à l'exploitant (cf. section 2.4.1).

8.3.3 Les principaux enjeux associés aux fréquences nécessaires à l'internet des objets

Le choix de l'utilisation d'une bande de fréquences plutôt qu'une autre dépend, en plus du mode d'autorisation de la bande et donc de la simplicité d'accès à la ressource, des exigences opérationnelles :

- + volume des données à transmettre et échanger ;
- + communication ininterrompue ou utilisation intermittente ;
- + communications en temps réel (par exemple, pour des applications de contrôle/commande) ou communications retardées (par exemple, pour de la collecte d'informations) ;
- + utilisation de bande passante (hauts ou faibles débits de données) ;
- + couverture (usages de proximité ou avec couverture étendue, à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments) ;
- + consommation énergétique.

Les principaux enjeux associés aux fréquences nécessaires à l'internet des objets sont les suivants :

- + La disponibilité des ressources pour l'ensemble des acteurs, y compris les fréquences d'usage libre, est impérative pour le déploiement de l'offre. Ces fréquences sont utilisées par des acteurs de plus en plus nombreux aux usages non répertoriés. Si, à court terme, une saturation de ces bandes ne semble pas devoir se produire, à moyen terme,

cette situation pose la question de la quantité de spectre à même de répondre aux besoins croissants de l'internet des objets. L'enjeu autour de la disponibilité des fréquences est étroitement lié à l'harmonisation européenne et internationale des ressources requise pour un déploiement au niveau mondial des acteurs de l'internet des objets. Des travaux sont d'ores et déjà engagés, notamment par l'Arcep et l'ANFR dans les bandes 862-870, 870-876 et 915-921 MHz.

- + Les conditions d'utilisation de certaines bandes d'usage libre pourraient être adaptées aux nouveaux besoins de l'internet des objets, toutefois en imposant des conditions à même de minimiser les brouillages dans ces bandes. Ce sujet relève également des travaux susmentionnés engagés par l'Arcep et l'ANFR.

9 Les besoins de densification des réseaux et opportunités pour les collectivités de valoriser un patrimoine hébergeur d'antennes

Le déploiement des réseaux mobiles grand public actuels est essentiellement basé sur l'utilisation de stations de base dites « macro ». Les opérateurs installent traditionnellement leurs sites dotés d'antennes de forte puissance sur des points hauts (pylônes, toits-terrasses, etc.), pour garantir la couverture d'une zone relativement large, avec une qualité de service suffisante. Les réseaux 2G, 3G et 4G déployés aujourd'hui en France totalisent, tous opérateurs confondus, environ 45000 sites.

La nécessité d'améliorer localement la couverture ainsi que l'augmentation continue des demandes capacitaires imposent aux opérateurs de densifier leurs réseaux. Toutefois, la densification du réseau macro cellulaire a ses limites, qui peuvent être liées notamment à la difficulté de trouver des sites hébergeurs d'antennes ou d'assurer la compatibilité avec d'autres sites macro trop proches. Dans ce contexte, la mise en œuvre d'une architecture hétérogène, associant antennes macro et petites antennes, est amenée à se développer, pour favoriser connectivité de la population et services de proximité.

Les petites antennes constituent des points d'accès de faible puissance aux réseaux mobiles. La portée de ces antennes est inférieure à celle des antennes macro, elle varie de quelques dizaines de mètres à quelques centaines de mètres. Ces petites antennes ont vocation à être installées sur des points semi-hauts.

Dans un futur proche, les petites antennes pourront être déployées plus massivement sur les toits, terrasses et façades des bâtiments des collectivités, ainsi que sur le mobilier urbain, par exemple les luminaires publics, les abribus, les équipements publicitaires et d'information, les colonnes Morris. Le livre blanc « Promouvoir le déploiement des petites cellules »², issu de l'action souveraineté télécoms de la solution confiance numérique, présente les avantages des petites antennes et donne des recommandations sur leur mise en œuvre.

L'utilisation du patrimoine des collectivités comme support de connectivité constitue également, pour celles-ci, un enjeu de développement de la ville intelligente. En outre, le déploiement de ces petites antennes préfigure les architectures de réseaux qui seront utilisées pour la 5G.

L'ANFR mène, depuis le début de l'année 2017, un processus d'expérimentations sur le terrain pour examiner l'apport de petites antennes installées sur du mobilier urbain : une première étude a été conduite à Annecy en janvier sur le réseau

² http://www.lemag-numerique.com/wp-content/uploads/2015/10/WP_-Souverainete_Telecoms_PetitesCellules_FINAL.pdf



4G d'Orange, une deuxième à Montreuil en juillet et août sur les réseaux 3G et 4G de Bouygues Telecom, une troisième étude aura lieu dans une autre agglomération dans les mois à venir sur le réseau de SFR. Ces expérimentations visent notamment à évaluer l'amélioration des performances en termes de couverture et débits, et modéliser l'exposition du public aux champs électromagnétiques.

L'installation de petites antennes sur le patrimoine des collectivités ont vocation à générer des revenus pour celles-ci. La valorisation des emplacements susceptibles d'accueillir des antennes correspond à un métier à part entière, et repose sur des expertises dont les collectivités, en général, ne disposent pas en propre.

Des acteurs comme TDF et FPS Towers / ATC France, dont la gestion de points hauts est le cœur de métier, proposent aussi des solutions clé en main pour valoriser tout type de patrimoine et mobilier adaptés pour le support d'antennes.

Ces acteurs ont l'ambition de développer des partenariats avec les collectivités, pour le pilotage de processus standards et industrialisés qui peuvent porter sur :

- + la commercialisation auprès d'opérateurs des emplacements identifiés ;
- + la réalisation des formalités et autorisations administratives ;
- + l'installation des équipements et chemins de câbles ;
- + la mise en sécurité des sites et accès ;
- + la maintenance et la gestion des accès par des tiers ;
- + l'information auprès des occupants des bâtiments concernés ou plus largement des citoyens, notamment sur le sujet lié à l'exposition du public aux ondes électromagnétiques.

Il appartient aux collectivités de veiller à mettre en place les ressources humaines internes compétentes pour dialoguer avec ces acteurs externes et favoriser ainsi la mise en œuvre des partenariats appropriés.

Le plan de résorption des zones blanches, mené par l'État et les collectivités, a mis en évidence des difficultés, notamment dans les communes les plus petites, à assurer une maîtrise d'ouvrage en propre des points hauts. Le 18 octobre 2017, 37 structures ont acté la formation d'un groupement de commande, dans l'objectif de générer une masse critique et de coordonner efficacement les relations avec les constructeurs de pylônes et les opérateurs. Pour ce groupement de commande, piloté par le syndicat mixte Haute-Saône Numérique, le début des travaux est fixé au premier trimestre 2018, pour une mise en service à la fin de cette même année au plus tôt.

10 Annexes

Annexe 1 : une variété d'usages WiFi - exemples

1 L'office de tourisme intercommunal de l'Entre-deux-Mers (Gironde)

Depuis 2016, l'office de tourisme intercommunal de l'Entre-deux-Mers pilote le déploiement d'un réseau WiFi public territorial. Ce territoire s'étend de l'agglomération de Bordeaux à la lisière du Lot-et-Garonne, et compte 145 communes, regroupées en 7 communautés de communes. En un an, une vingtaine de bornes WiFi ont été installées dans les six bureaux d'accueil touristiques et lieux publics, ainsi que chez des hébergeurs ou des prestataires d'activités, notamment touristiques. Le réseau a été dimensionné de manière à offrir un service performant et « sans couture ». La connexion est gratuite et sécurisée à partir d'un portail d'accès institutionnel.

La mise en œuvre de ce réseau WiFi public territorial s'inscrit notamment dans une stratégie de développement du tourisme. En effet, ce réseau vise à délivrer une information immédiate et riche sur l'offre touristique et culturelle de proximité. Les bornes d'accès permettent de consulter des informations géolocalisées relatives aux événements organisés dans un rayon de quinze kilomètres autour du point de connexion. Au surplus, pour les touristes provenant de pays en dehors de l'Union européenne, le caractère gratuit de la connexion constitue un atout, alors que l'usage des réseaux mobiles 3G et 4G peut s'avérer très coûteux (en revanche, les habitants de l'Union européenne ne sont plus sujets à de gros surcoûts d'abonnement téléphonique lors de leurs voyages).

Techniquement, l'installation d'une borne consiste à brancher une *box*, dédiée au WiFi territorial, à celle du prestataire pour la raccorder à l'ADSL, en proposant un accès sécurisé grâce à un identifiant. Cette installation est réalisée par un opérateur privé avec lequel l'office de tourisme a négocié des tarifs préférentiels : 50 euros pour la *box* et 118 euros par an d'abonnement, à la charge du prestataire touristique.

2 Saint-Etienne

A Saint-Etienne, l'intention était de proposer de l'information contextualisée. Pour ce faire, la ville a fédéré autour d'elle l'opérateur de transports, mais aussi le musée d'art moderne, pour proposer un réseau d'une soixantaine de bornes WiFi assorties de balises Bluetooth, aussi bien en tramway que dans l'espace public. Si l'usager passe d'une borne à l'autre sans procédure particulière, le contenu du portail sur lequel il se connecte varie selon les lieux. Avec son fournisseur Nomosphere, la ville a en effet conçu un système permettant d'afficher de l'information locale, différente d'une borne à l'autre, pour par exemple prévenir de l'imminence d'un concert en plein air. Les balises Bluetooth ont quant à elles été utilisées pour orienter les flux de supporters lors de l'Euro 2016, en transmettant des messages ciblés.

3 L'Eurométropole de Strasbourg

Du côté de l'Eurométropole de Strasbourg, la démarche pionnière se trouve dans la manière d'exploiter les données de connexion des usagers. Là encore, il s'est agi pour la collectivité d'inventer, en partenariat avec son prestataire Afone, un procédé qui n'existait pas encore. Les données de connexion, issues d'un questionnaire rempli par les usagers des bornes WiFi, parviennent régulièrement à l'Eurométropole qui peut les utiliser pour mieux comprendre les déplacements dans son centre-ville. Connaître le taux homme/femme sur une place selon l'heure de la journée, reconstituer le parcours-type des aficionados du marché de Noël, etc., autant d'applications statistiques permises par le WiFi local, dans le respect de la vie privée.

Annexe 2 : le très haut débit comme clé de voûte de la ville intelligente - projets pilotes et démonstrations

Les projets pilotes et démonstrations constituent pour les élus locaux un levier pour contribuer à convaincre les pouvoirs publics, et contribuer ainsi à la régulation pour favoriser l'innovation.

1 L'agglomération du Grand Besançon

L'agglomération du Grand Besançon porte le projet labellisé French Tech « Besançon Bourgogne - Franche-Comté Medtech Biotech », adossé à un réseau de start-up du médical et le Pôle des Microtechniques. Ce projet s'inscrit dans un objectif de ville intelligente et collaborative.

Structuration d'un pôle d'excellence numérique dans le quartier « politique de la ville » Planoise, mise en place de navettes autonomes sur le site de la Citadelle, gestion intelligente des mobilités et des stationnements, accompagnement d'une démarche participative pour la réhabilitation du site de l'ancien hôpital, plateforme de diffusion de contenus touristiques et patrimoniaux, constituent notamment les axes du démonstrateur.

2 Bordeaux Métropole

Bordeaux Métropole articule ses projets pilotes et démonstrateurs autour de trois thèmes : l'urbanisme, la mobilité ainsi que la maîtrise et l'exploitation des données pour la création de services intelligents.

L'attractivité touristique et économique de Bordeaux est en forte croissance et nécessite une maîtrise des données afin de rendre ce phénomène durable. En s'appuyant sur les résultats d'un travail effectué par un partenaire scientifique de Bordeaux Métropole, l'équipe Big data de l'ESILV (école supérieure d'ingénieurs Léonard de Vinci à Courbevoie), une étude visera à mieux connaître les facteurs influençant l'attraction des touristes pour la Cité du Vin de Bordeaux et les interactions aux niveaux local et régional. Une des spécificités du projet réside dans l'observation des pratiques touristiques via le web.

Sur le thème de la mobilité, Bordeaux étant sujet à engorgement régulier de sa rocade, il semble aujourd'hui prioritaire de pouvoir identifier plusieurs solutions combinables permettant d'en fluidifier le trafic. Une étude sera menée sur des dispositifs de covoiturage pour en évaluer l'impact, les coûts de long terme et le retour sur investissement. Cette étude serait couplée avec une cartographie précise des espaces de travail partagés, par typologie, fonction et public cible, dans l'idée de proposer des lieux de travail pendant les pointes de trafic pendulaire.

Bordeaux doit conjuguer attractivité économique et capacité à répondre aux besoins de logements. Une ville qui fonctionne doit offrir ces deux espaces, et parfois c'est le même espace qui doit pouvoir alternativement faire les deux. Les « volumes capables » expérimentés dans le quartier Braza, rive droite, permettront de répondre à ces enjeux à condition que ces nouveaux concepts puissent être facilement répliqués. C'est en ce sens que le projet cherchera à dégager un plan d'affaire rentable et de long terme pour ces espaces hybrides qui permettront de reconfigurer à la volée les espaces en fonction des périodes de tension.

3 Le Grand Lyon

La Métropole de Lyon a développé sa stratégie « Grand Lyon Métropole Intelligente », basée sur une approche globale qui envisage tous les domaines : énergie, mobilité, nouveaux services, développement économique, environnement, urbanisme.

- + Nouvelles mobilités et ergonomie des déplacements

Le Grand Lyon privilégie les modes de déplacement multimodaux et développe des solutions de mobilité partagées et des outils de prédiction de trafic, de gestion des flux et d'optimisation de la logistique urbaine.

- + Maîtrise et traitement de données publiques, en temps réel

Les données permettent l'invention de nouveaux services avec l'objectif de rendre la ville plus agréable à vivre, plus facile à visiter, plus simple pour y travailler. Le Grand Lyon simplifie la vie des habitants en ville en mettant en place une offre de services qui permet d'accéder en un seul geste aux informations culturelles et touristiques, et demain, à tout un bouquet de services (mobilité, etc.) à partir des technologies sans contact.

- + Energie

La gestion et la distribution des ressources énergétiques font partie des enjeux majeurs des métropoles pour les décennies à venir.

4 Nantes

Le démonstrateur vise à faire de Nantes une ville collaborative, solidaire, plus sobre, à la recherche de nouvelles solutions pour demain. Cette ambition se traduit par exemple par le soutien à l'innovation dans les modes de construction avec le projet de démonstrateur d'un logement social construit en quelques jours seulement par fabrication additive (Nantes Batiprint 3D). Il s'appuiera également sur la structuration d'une démarche de CityLab à la nantaise (cadre d'organisation pour offrir des terrains d'expérimentation in situ et en grandeur réelle) au service de projets expérimentaux dont par exemple ceux liés à la rue connectée et aux tiers lieux, à l'éclairage urbain ou encore au paiement par carte bancaire sans contact dans les transports en commun. Le développement de ces projets associera des acteurs innovants du territoire (Nantes Métropole, Samoa, acteurs économiques et de l'enseignement supérieur et la recherche, etc.).

5 Nice

Fortement mobilisée sur les enjeux de la gestion des données et de leur sécurisation, Nice souhaite optimiser la gestion de la ville et des services rendus aux habitants.

Le démonstrateur niçois développera la mise en place d'outils de gestion des données pour en optimiser le partage et permettre la coproduction de nouveaux services urbains en veillant à mobiliser les usagers-citoyens. Il explorera également les enjeux de l'internet des objets en engageant une démarche pré opérationnelle sur le déploiement d'un réseau de capteurs dans la ville. Il étudiera également le déploiement d'un réseau de télécentres et d'espaces de travail partagés.

6 Plaine Commune

Sur le territoire de Plaine Commune, deux sites stratégiques ont fait l'objet d'une mobilisation pour développer deux démonstrateurs :

- + des solutions *smart* pour faire gagner le village olympique en Seine-Saint-Denis : un outil d'aide à la décision pour la maîtrise d'ouvrage visant l'optimisation de la réversibilité des programmes après les Jeux Olympiques et la recyclabilité des matériaux de construction ;
- + gestion intégrée d'un parc tertiaire « Porte de Paris », notamment sur la question du traitement des déchets : les déchets sont, sur ce site, transformés en énergie ou bien systématiquement traités pour pouvoir être réutilisés localement.

7 Toulouse Métropole

Toulouse Métropole a lancé le programme Smart City 2015 - 2020 dans le but de construire avec les citoyens la ville intelligente de demain, plus fluide, conviviale, innovante, dynamique, attractive, responsable, durable.

Le démonstrateur toulousain intègre notamment :

- + l'expérimentation de véhicules autonomes par la détermination des conditions d'expérimentation fructueuses permettant une bonne intégration dans la stratégie de mobilité de la métropole ;
- + la mise en œuvre de système opérationnel de surveillance et de gestion des risques d'inondation ;
- + des projets de requalification/reconstruction de logements sociaux dans le quartier Saouzelong qui font l'objet d'expérimentation en particulier par le recours à des matériaux innovant ;
- + l'accompagnement des habitants d'un ensemble de logements haute performance énergétique au travers de la mise en exploitation d'un système de remontée des données de consommation d'énergie et d'eau en temps réel ;
- + la mise en place d'une plateforme de gestion des données de la métropole et d'un réseau public des objets connectés.

8 La région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Le projet FlexGrid, porté par la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, porte sur un déploiement à grande échelle de réseaux électriques intelligents, ou *smart grids*, avec l'objectif de mieux produire, mieux distribuer et mieux consommer l'énergie.

Dans le cadre de ce déploiement, les *smart grids* visent à :

- + mieux intégrer les énergies renouvelables dans le réseau ; objectif de la production photovoltaïque en Provence-Alpes-Côte d'Azur : 1150 méga watts au sol, 1150 méga watts en toiture en 2020 ;
- + développer la mobilité électrique : 2 millions de véhicules électriques en France en 2020 ;

- + faire des économies pour les collectivités : à l'échelle européenne, les investissements dans des technologies intelligentes pourraient générer une réduction de 64% de la consommation d'électricité par l'éclairage public ;
- + répondre aux objectifs fixés par l'Europe pour 2020 : 20% de gain d'efficacité énergétique, 20% d'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie (23% en France), 20% de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Annexe 3 : liste des entretiens réalisés

Entité	Nom, prénom	Fonction
Aquitaine numérique	LAGENEBRE Daniel	Chargé de mission programme régional très haut débit
Conseil départemental de la Dordogne	SAUTONIE Jean-Philippe	DGA des territoires et du développement - Adjoint au directeur général des services
Manche numérique	FILLION Vincent	Chargé de mission relations avec les territoires – Service infrastructures de télécommunications
Nokia	DUROYON Olivier	Directeur des affaires publiques
NomoTech	LEGRAND Philippe	Vice-Président
Région Provence-Alpes-Côte d'Azur / Service <i>smart</i> région	ARPIN-PONT Thierry	Directeur de projets partenariats industriels et innovation numérique
	BONTEMPELLI Gino	Chef de service
	CARAYON Christophe	Chef de projet infrastructures numériques
	PASQUER Wilfrid	Chef de projet stratégie, contractualisations et financements
	PENILLARD Pierre-Paul	Responsable unité infrastructures et données
Rennes métropole	FRIANT Norbert	Responsable du service aménagement et usages du numérique
Sigfox	BAHRI Assia	Responsable senior régulation et gestion du spectre
	CASON Patrick	Directeur commercial France
	PERON Eve-Laure	Responsable affaires publiques
Société du Grand Paris	GALEZOWSKI Thomas	Unité systèmes et sécurité
Syndicat départemental d'énergie et d'équipement du Finistère	MONFORT Jacques	Directeur
Syndicat départemental d'énergies de la Dordogne	GODEFROY Sébastien	Directeur général
Syndicat mixte des transports pour le Rhône et l'agglomération lyonnaise	CHAUSSADE Jean	Directeur adjoint des équipements et du patrimoine
	GENESTE Pierre	Directeur opérationnel métro
TDF	DEBREUX Philippe	Expert fréquences
	KOMLY Alain	Directeur des relations avec les collectivités
Tisséo Collectivités / Syndicat mixte des transports en commun de l'agglomération toulousaine	FERRE Christophe	Systèmes – Patrimoine et investissements

Annexe 4 : présentation du réseau radio du futur du Ministère de l'Intérieur





MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

De la nécessité d'un nouveau réseau pour les policiers, les gendarmes et les sapeurs-pompiers

 Des réseaux actuels obsolètes	 Un nouveau réseau moderne et agile
<ul style="list-style-type: none"> > Les limitations techniques des réseaux actuels se font de plus en plus ressentir, notamment en contexte de crise : <ul style="list-style-type: none"> - Nombre de conférences de groupe limité - Difficultés d'inscription des terminaux - Fonctionnalités offertes restreintes : messages textes courts et voix uniquement - Interopérabilité entre les forces impossible > L'équipementier de référence des réseaux actuels affiche actuellement un planning progressif d'arrêt du support à partir de 2020 (version TDM) 	<ul style="list-style-type: none"> > L'émergence de nouvelles menaces incite à renforcer le niveau d'efficacité opérationnelle des services de sécurité et de secours en vue des événements majeurs à venir : Coupe du monde de rugby 2023, JO 2024, Exposition universelle de 2025, etc. > La nécessité d'améliorer la couverture par rapport aux réseaux actuels, notamment en indoor > Les fonctionnalités perçues comme essentielles par les forces (e.g. flux vidéo, accès au système d'information) ne sont pas offertes par les réseaux actuels > Les utilisateurs ne se reconnaissent plus dans les terminaux qui leur sont confiés et se retournent de plus en plus vers leurs smartphones personnels

Source : Mission de préfiguration RRF, Wavestone, Roland Berger





Le projet RRF¹⁾ a pour objectif le passage d'un réseau 2G (Tetrapol) à un réseau LTE/4G commun à l'ensemble des opérationnels

Présentation du projet RRF

Réseaux anciens (Tetrapol)	Projet RRF	Réseau RRF ¹⁾
<ul style="list-style-type: none"> > Plusieurs réseaux : (RUBIS / INPT) > Réseau dédié > Technologie : Tetrapol (équivalent 2G) > Fournisseur : Airbus Technology > Couverture : <ul style="list-style-type: none"> • ~45% du territoire (couverture pédestre uniquement) • ~90% du territoire (couverture véhiculaire) > Fréquences : 80 MHz & 380-400 MHz > Bande passante : ~0,01 Mbits/s > Nombre d'usagers : 180 000 > Fonctionnalités : Messages textes courts et voix 	 	<ul style="list-style-type: none"> > Un réseau unique > Réseau hybride : Composantes dédiée + opérée > Technologie: LTE/4G > Fournisseurs : Tout l'écosystème 4G/ LTE > Couverture : ~98% du territoire (pédestre et véhiculaire) > Fréquences: 700 MHz (pour la partie dédiée) > Bande passante : ~10 Mbits/s > Nombre d'usagers : +300 000 > Fonctionnalités: Messages textes et voix ; Diffusion et enregistrement vidéo ; Messagerie instantanée ; Géolocalisation ; Accès aux systèmes d'information...

1) Réseau Radio du Futur
Source : Mission de préfiguration RRF, Wavestone, Roland Berger

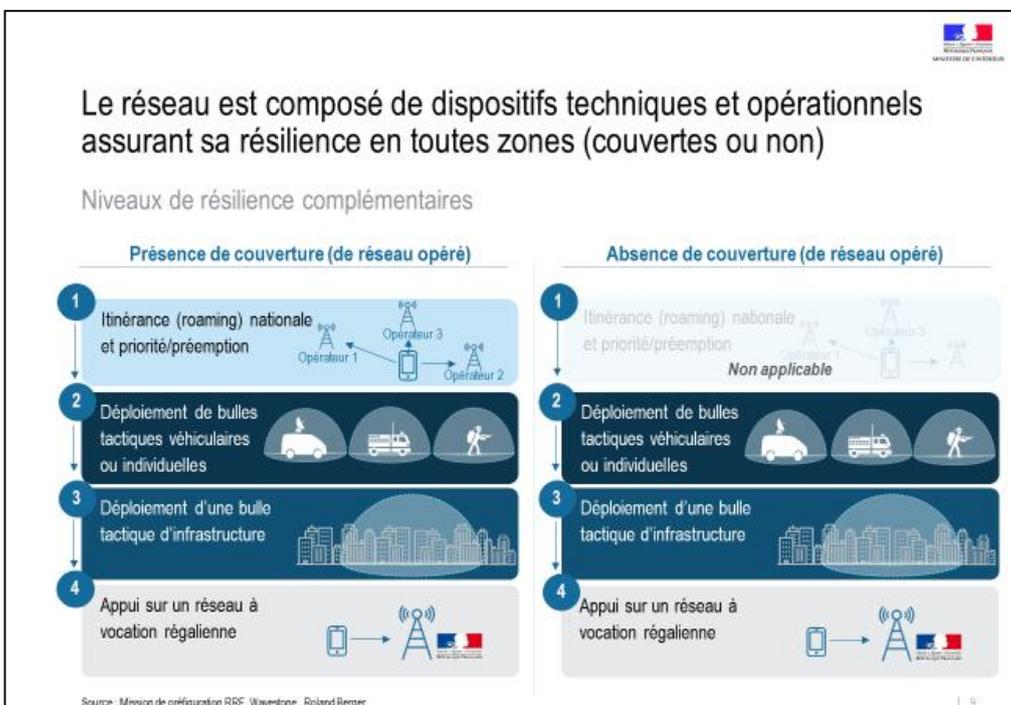
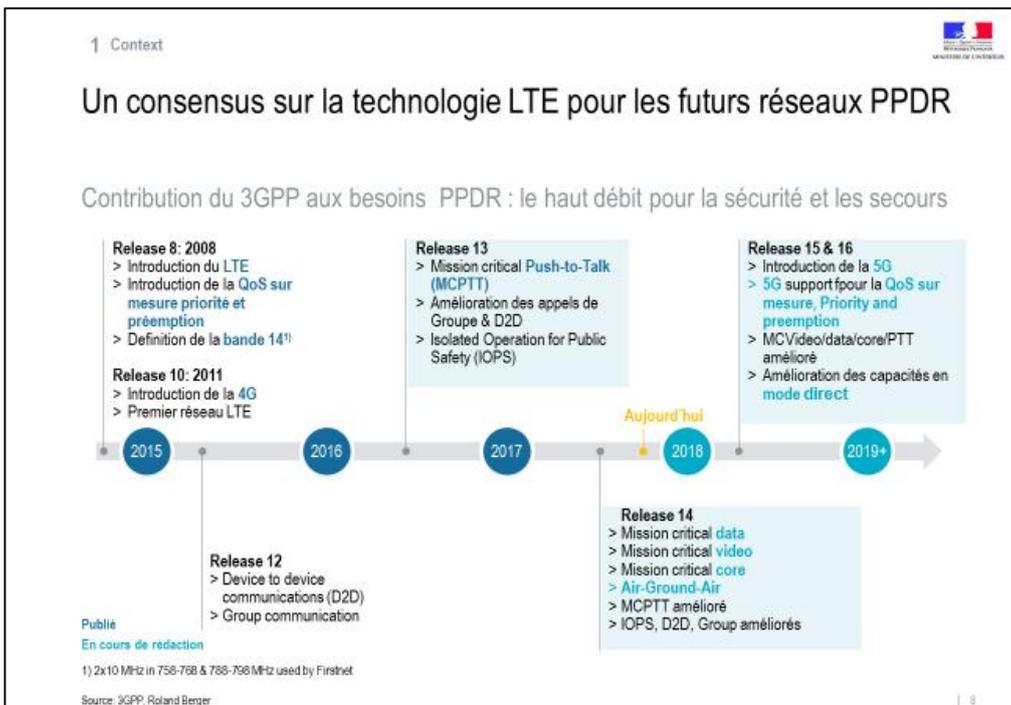
Le projet RRF¹⁾ induit un changement de paradigme à différents niveaux

Traduction du changement de paradigme induit par le RRF

Réseaux anciens (Tetrapol)		Réseau RRF ¹⁾
Réseaux dédiés régaliens <i>(propriété de l'Etat)</i>	1. Réseau	Réseau hybride disposant d'une résilience forte, s'appuyant sur les services des opérateurs de téléphonie mobile <i>(propriété des opérateurs)</i>
Partenariat centré sur industriel unique	2. Partenaires	Mixité des partenariats (MNO, constructeurs, éditeurs) ; environnement concurrentiel
Principaux coûts : coûts d'investissement <i>(achat d'un réseau dédié régalien)</i>	3. Coûts	Minimiser les investissements, orienté services et optimisé par la mutualisation avec les réseaux commerciaux
Constante <i>(non évolutive et obsolète) et propriétaire (Airbus) : écosystème figé</i>	4. Technologie	Standardisée, sécurisée et évolutive <i>(profitant des avancées technologiques - e.g. déploiement de la 5G)</i>

1) Réseau Radio du Futur
Source : Mission de préfiguration RRF, Wavestone, Roland Berger





La résilience multi-niveau et la façon de l'implémenter dépendent de la zone d'intervention

Description des mécanismes de résilience + réseaux mobiles tactiques

Resilience multi-niveaux

- 1 multi-roaming permet de changer d'opérateur en cas d'absence de couverture
- 2 mécanismes Priority/ pre-emption permet d'allouer aux utilisateurs PPDR les ressources nécessaires sur le réseau commercial
- 3 Le réseau régalien dédié apporte un complément de couverture et sécurise la ressource dans les zones les plus sensibles
- 4 Le réseau tactique mobile peut être déployé à la demande en cas d'absence ou de défaillance des réseaux commerciaux
- 5 Location de spectre permet d'apporter le complément de ressource spectrale nécessaire aux réseaux tactiques ou lorsque les réseaux commerciaux sont considérés comme non fiables

Source: RRF prefiguration mission, Wavestone, Roland Berger

L'architecture hybride utilise les réseaux commerciaux et les réseaux régaliens fixes ou tactiques

Présentation de l'architecture

1) Études en cours
Source: RRF prefiguration mission, Wavestone, Roland Berger

