Document generated on 04/24/2024 2:25 a.m.

Canadian Journal of Regional Science
Revue canadienne des sciences régionales

À qui profite la fibre ? Estimation des besoins en très haut débit et déploiement de la fibre optique en France

Who benefits from fiber optics? Estimating need for very high speed and optical fiber development in France

Sylvain Dejean and Sophie Tarascou

Volume 45, Number 2, 2022

Accès au très haut débit et développement territorial en période d'incertitude
Broadband access and territorial development in times of uncertainty

URI: https://id.erudit.org/iderudit/1092247ar
DOI: https://doi.org/10.7202/1092247ar

See table of contents

Publisher(s)

Canadian Regional Science Association / Association canadienne des sciences régionales

ISSN

0705-4580 (print)
1925-2218 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Dejean, S. & Tarascou, S. (2022). À qui profite la fibre ? Estimation des besoins en très haut débit et déploiement de la fibre optique en France. *Canadian Journal of Regional Science / Revue canadienne des sciences régionales*, *45*(2), 69–88. https://doi.org/10.7202/1092247ar

Article abstract

The deployment of fiber optics is a prerequisite for meeting the challenges of the 21st century digital economy. Though 80% of the French population has been promised access to fiber optics in their home by 2022, we still know little about the local and regional disparities this could entail. In this article, using heterogeneous datasets, we attempt to develop a method for estimating people's need for very high-speed connections, in order to compare them with the presence or absence of fiber optics in their territory. Among our main findings, we show that there are major territorial disparities in access and needs, and that certain communes, particularly those on the outskirts of towns and cities, representing almost 3 million inhabitants, could be particularly vulnerable to the absence of fiber optics, given their needs.

© Canadian Journal of Regional Science, 2022

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

CANADIAN JOURNAL OF REGIONAL SCIENCE
REVUE CANADIENNE DES SCIENCES RÉGIONALES

CANADIAN REGIONAL SCIENCE ASSOCIATION
ASSOCIATION CANADIENNE DE SCIENCE RÉGIONALE

À QUI PROFITE LA FIBRE ? ESTIMATION DES BESOINS EN TRÈS HAUT DÉBIT ET DÉPLOIEMENT DE LA FIBRE OPTIQUE EN FRANCE

Sylvain Dejean, Sophie Tarascou

Sylvain Dejean
La Rochelle Université, CEREGE, F-17000 La Rochelle, France
sylvain.dejean@univ-lr.fr

Sophie Tarascou
La Rochelle Université, CEREGE, F-17000 La Rochelle, France
sophie.tarascou@univ-lr.fr

Soumis : 21 mai 2021
Accepté : 5 juin 2022

Résumé : Le déploiement de la fibre optique est une condition nécessaire pour relever les défis posés par l'économie numérique du XXIe siècle. Si 80 % des français se voient promettre à l'horizon 2022 d'avoir accès à la fibre à domicile, nous savons encore peu de choses sur les disparités locales et régionales que cela pourrait occasionner. Dans cet article, nous essayons, en nous basant sur des jeux de données hétérogènes, de développer une méthode permettant d'estimer les besoins des populations en connexion très haut débit afin de les confronter à la présence ou non de la fibre optique sur leur territoire. Parmi nos principaux résultats, nous montrons qu'il existe de fortes disparités territoriales dans l'accès et dans les besoins, certaines communes notamment péri-urbaines, représentant presque 3 millions d'habitants, pourraient être, au regard de leurs besoins, particulièrement fragilisées par l'absence de fibre optique.

Mots-clés : FTTH, fibre optique, très haut débit, fracture numérique, télétravail, science régionale

Who benefits from fiber optics? Estimating need for very high speed and optical fiber development in France

Abstract: The deployment of fiber optics is a prerequisite for meeting the challenges of the 21st century digital economy. Though 80% of the French population has been promised access to fiber optics in their home by 2022, we still know little about the local and regional disparities this could entail. In this article, using heterogeneous datasets, we attempt to develop a method for estimating people's need for very high-speed connections, in order to compare them with the presence or absence of fiber optics in their territory. Among our main findings, we show that there are major territorial disparities in access and needs, and that certain communes, particularly those on the outskirts of towns and cities, representing almost 3 million inhabitants, could be particularly vulnerable to the absence of fiber optics, given their needs.

Keywords: FTTH, fiber optics, broadband, digital divide, telework, regional science

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

INTRODUCTION

La fin du réseau cuivre est désormais une réalité. Initialement déployé pour accompagner la révolution du télégraphe et du téléphone, le cuivre et sa célèbre « paire de fil », reliant le répartiteur de l'opérateur et le client final, auront largement contribué à faire entrer les citoyens du monde dans l'ère des réseaux informatiques.

Pour autant, et malgré ses indéniables propriétés conductrices, le réseau cuivre n'a pas été pensé pour supporter la croissance des besoins en données portée par l'augmentation du nombre d'internautes et le foisonnement d'innovations sur Internet. La fibre optique jusque chez l'abonné (FTTH pour Fiber To The Home) qui succède aux technologies XDSL apparait comme la technologie idoine garantissant un débit et une qualité de service suffisants pour relever les défis numériques du XXIe siècle (vidéo, cloud computing, IoT)[1]. En plus de permettre des débits théoriques de l'ordre du Gigabit[2], la fibre offre de nombreux avantages en comparaison des technologies XDSL et même câble. Ne dépendant plus de la distance au répartiteur, les débits proposés aux abonnés sont identiques et symétriques (égalité entre débit descendant et débit montant). La fiabilité de la connexion est accrue puisque la fibre est beaucoup moins sujette aux perturbations électromagnétiques et aux interférences. Notons aussi que le temps mis par des données pour traverser le réseau (latence) diminue également, contribuant à améliorer l'expérience des services nécessitant une forte interactivité (jeux vidéo en ligne par exemple).

Les enjeux du déploiement de la fibre optique sont multiples. On peut citer les enjeux environnementaux, les réseaux étant la deuxième source d'impact environnemental du numérique (Bordage, 2019; Courboulay, 2021). Le déploiement de la fibre optique permettrait d'en réduire l'impact, étant beaucoup moins consommatrice en énergie que les autres technologies, et ainsi permettre des usages plus vertueux[3].

Les enjeux sont également économiques et sociaux, puisque la question de l'accès renvoie inévitablement à celle de l'aménagement et du financement des infrastructures nécessaires à la connexion de tous. La dimension géographique apparait alors prépondérante tant elle contraint l'accès et, dans le même temps, explique les inégalités d'usage en les superposant aux caractéristiques socio-spatiales des individus. Le concept de « fracture numérique » a été mobilisé dans la littérature pour qualifier l'étude de ces inégalités dans l'accès, l'usage et les attendus des technologies de l'information (Antonelli, 2003; Goldfarb & Prince, 2008; Moriset, 2010; Rallet & Rochelandet, 2004; Scheerder et al., 2017). Une connexion dégradée ou imparfaite menace d'exclure des utilisateurs des services les plus fondamentaux comme la santé, l'éducation, les loisirs ou la recherche d'opportunités professionnelles. La pandémie mondiale du COVID 19 a également figé le monde dans des interactions distantes, accélérant les besoins en connexion très haut débit (THD) notamment pour les cours à distance et le télétravail, deux activités lourdement consommatrices de données. L'inégal déploiement des infrastructures THD peut donc alimenter la fracture numérique et ce d'autant que les besoins sur les zones non couvertes sont importants

Face à ces nouveaux besoins et aux incertitudes que ferait peser un inégal déploiement des technologies très haut débit, le volontarisme politique a été de mise. Comme la plupart des pays industrialisés, la France a fait le choix de favoriser le développement de la fibre optique. Dès 2013, le plan France Très Haut Débit prévoyait pour 2022 un internet « performant pour l'ensemble des logements, des entreprises et des administrations ». Le plan a été depuis amendé, rajoutant par exemple un objectif intermédiaire de « bon haut débit » pour 2020. Au moment où nous écrivons ces lignes, 80 % de la population promet d'être couverte en très haut débit pour 2022. La fibre jusqu'à l'abonné (FTTH) sera déployée partout où cela sera possible, et dans le cas contraire les technologies hertziennes, satellites ou hybrides (fibre avec terminaison cuivre ou câble) pourront être envisagées. L'originalité de ce plan réside certainement dans la manière dont il mobilise acteurs publics et privés pour concilier les objectifs d'égalité d'accès et les faibles incitations des opérateurs privés à déployer la fibre dans les espaces économiquement les moins rentables. Différentes zones sont ainsi définies. Les zones très denses (ZTD), représentant 106 communes et 17 % de la population, ainsi que les zones dites « Appel à Manifestation d'Intérêt d'Investissement » (AMII), couvrant 3600 communes et 38 % de la population, sont laissées aux opérateurs privés qui déploient le réseau sur leurs fonds propres. Sur le reste du territoire, composé de 33 000 communes représentant 45 % de la population, des réseaux d'initiatives publiques (RIP) sont constitués par les collectivités locales qui délèguent, en suivant différents types de partenariats, la construction et l'exploitation du réseau à des opérateurs privés. Le financement de ces investissements est partagé entre les subventions publiques et les cofinancements privés.

On le devine, la vitesse de déploiement est inégale entre ces différentes zones[4]. Dans les RIP, les collectivités sont à l'initiative des projets, et doivent développer des compétences parfois nouvelles, faire des demandes de subventions et évaluer sur leur territoire les besoins de leur population. À l'inverse dans les zones denses, les forces du marché assurent le raccordement des bâtiments en suivant les stratégies d'investissement des opérateurs. Dès lors une interrogation majeure subsiste, le déploiement de la fibre est-il aligné avec les besoins croissants des populations pour les réseaux très haut débit : Idéalement un planificateur bienveillant souhaiterait que les personnes qui tirent les bénéfices les plus importants de l'accès à la fibre optique soient ceux qui y aient accès en premier. Or rien ne garantit que ce soit le cas, sauf à considérer que tous ceux qui ont des usages nécessitant un débit élevé vivent dans les grands centres urbains.

L'objectif de cet article est justement de proposer une mesure des écarts entre le déploiement de la fibre optique et les besoins présents et à venir des habitants. Pour qualifier la nature de cette potentielle fracture numérique, il nous faut relever un défi méthodologique d'importance, à savoir identifier les besoins en très haut débit des utilisateurs et les comparer à l'existence d'un accès à la fibre optique. A notre connaissance, ces données n'existent pas à l'échelle individuelle[5], c'est pourquoi nous proposons dans la lignée des travaux de Strube Martins & Wernick (2021) d'inférer ces besoins des caractéristiques socio-démographiques des individus. Nous proposons ainsi un score d'intensité des besoins en très haut débit pour les ménages appartenant à une unité spatiale prédéfinie pour ensuite apparier ces besoins avec la géographie du déploiement de la fibre optique. Une autre originalité de ce travail est de proposer

1 Dans le reste de l'article nous emploierons indifféremment les termes très haut débit et fibre optique même si le premier n'est pas entièrement réductible dans le second puisque le THD fixe regroupe les technologies fixes permettant un débit > 30 Mbps (Fibre, VDSL ou câble). Nous nous autorisons ce raccourci car la fibre optique, dont les débits sont >100 Mbps, est la technologie qui en France porte la croissance des réseaux très haut débit.

2 En pratique, les fournisseurs d'accès proposent en France des offres commerciales autour de quelques centaines de Mégabits.

3 Un récent rapport de l'ARCEP intitulé « Réseaux du futur : l'empreinte carbone du numérique » estime à 5kWH par an en moyenne la consommation électrique, soit 3 fois moins que l'ADSL et 10 fois moins que le réseau cellulaire 4G. https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/reseaux-du-futur-empreinte-carbone-numerique-juillet2019.pdf

4 Voir le récent rapport du Think Tank Terra Nova sur cette question https://tnova.fr/notes/barometre-des-resultats-de-l-action-publique-la-france-de-la-fibre-optique

5 Seuls les fournisseurs d'accès pourraient évaluer sur la base des consommations actuelles les besoins des utilisateurs, mais encore le pourraient-ils uniquement pour leurs abonnés.

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

cette analyse à l'échelle spatiale la plus petite à notre disposition, à savoir la maille infra-communale (IRIS) telle que définie par l'INSEE. Après une revue de littérature en section 2, la section 3 présentera la méthodologie empirique. Les deux sections suivantes porteront sur l'évaluation de l'intensité des besoins en THD (section 4) et le niveau de déploiement de la fibre optique (section 5). Enfin, nous tenterons dans la section 6 de comparer l'offre de connexion fibre avec les besoins en THD du territoire avant de discuter et conclure en section 7.

REVUE DE LITTÉRATURE

Si la littérature en économie a largement documenté les bénéfices attendus du développement du haut débit pour les entreprises, les citoyens et les administrations, les travaux ayant spécifiquement étudié les effets du très haut débit et de la fibre optique sont moins nombreux. D'une manière générale, les preuves causales de ces effets sont difficiles à établir (Duvivier, 2019), à fortiori à des niveaux d'analyse agrégés où se mêlent de multiples facteurs explicatifs. Pour autant, un nombre croissant de travaux tend à montrer l'existence d'effets d'entrainement du très haut débit sur l'attractivité des territoires (Duvivier et al., 2018; Hasbi, 2020), l'emploi (Lapointe, 2015) ou même la réussite scolaire (Grimes & Townsend, 2018).

Si ces résultats confortent l'idée d'un déploiement de la fibre économiquement et socialement souhaitable, il n'en demeure pas moins que ce dernier sera soumis à la décision d'adoption de cette technologie par les acteurs concernés. Si le faible nombre de travaux portant spécifiquement sur l'adoption de la technologie fibre ne permet pas une identification précise de ces déterminants, nous pouvons recourir à la littérature abondante sur le haut débit pour tenter de les cerner.

La disponibilité d'un accès a rapidement été évacuée comme étant le seul facteur explicatif de l'adoption d'un internet haut débit (Whitacre, 2010). L'existence de fortes inégalités d'adoption en fonction des caractéristiques socio-démographiques des individus (Hargittai, 2003) ou des lieux de résidence (Sinai & Waldfogel, 2004) a permis de mettre en évidence un certain nombre de facteurs associés à l'augmentation de la demande pour cette technologie. Les caractéristiques socio-démographiques, notamment dans les premières phases de diffusion de la technologie (Lin & Wu, 2013), apparaissent comme un déterminant fort de la décision d'adopter Internet. L'âge, le niveau d'éducation et les revenus sont régulièrement associés à la demande pour le haut débit (Goldfarb & Prince, 2008; Guel et al., 2005; Hitt & Tambe, 2007; Whitacre, 2010), suggérant l'encastrement des usages de l'Internet dans des pratiques culturelles, sociales et spatiales. La présence d'enfants dans le foyer est également apparue dans certains travaux comme un facteur d'adoption (Carare et al., 2015; Drouard, 2011; Mills & Whitacre, 2003; Roycroft, 2013), ce qui pourrait confirmer que les technologies d'accès fixe sont un moyen de faire baisser le coût moyen de l'accès au sein d'un foyer. Identifier les usages qui conduisent ou incitent à l'adoption est une tâche plus complexe, le sens de la causalité est ici encore difficile à mettre en évidence. Quaglione et al. (2018) et Kongaut & Bohlin (2014) font pourtant partie des rares auteurs à avoir mis en évidence une association positive entre l'utilisation de services vidéo récréatifs (Svod, payTV), d'objets connectés notamment domotiques, sur la probabilité de souscrire à une offre haut débit.

Pour autant, évaluer l'efficacité du déploiement d'une technologie uniquement au travers de la demande et de ses déterminants serait insuffisant, car par définition l'adoption ne peut avoir lieu que si l'offre de connexion est disponible. Or, des besoins peuvent émerger localement et précéder le déploiement d'une offre de connectivité et à l'inverse cette dernière peut exister sans que les besoins soient présents. L'adéquation entre les possibilités offertes par les réseaux fixes et les nouveaux usages des internautes est donc une condition nécessaire de l'adoption de ces technologies. Les besoins peuvent ainsi être partiellement ou momentanément décorrélés de la demande pour une technologie ou un service. Whitacre et al., 2015 ont par exemple montré que l'absence d'infrastructure pouvait expliquer jusqu'à 38 % des différences d'adoption entre les espaces urbains et ruraux. Le décalage entre offre disponible et besoins ont été mis en évidence par Grzybowski et al. (2018) qui ont montré que la valeur, que les utilisateurs accordent à des connexions FTTH de 100 MB/s, est très proche de celle accordée à des connexions XDSL de 8 MB/s. Même si une partie de l'explication réside dans les importants coûts de changement occasionnés par le passage à la fibre, il convient aussi d'analyser ce résultat à la lueur des besoins des internautes en cours en 2014. Lindlacher (2021) arrive au même type de conclusion pour l'Autriche, suggérant que la faiblesse de la demande chez les internautes de ce pays s'explique par le fait que nombre d'entre eux n'ont pas d'usages ou de besoins nécessitant des débits élevés. Encore aujourd'hui, les données mises à disposition par l'ARCEP montrent, qu'au quatrième trimestre 2020, si 24 millions de logements sont raccordables, seuls 14 millions d'abonnements ont été souscrits[6]. Mais la photographie instantanée de la demande pour la fibre masque la dynamique des changements en cours. L'identification des besoins qui supportent la demande à venir s'avère complexe dans la mesure où il nous faut lier ces besoins et ces usages aux caractéristiques des populations. Il existe une littérature importante sur les déterminants des usages en ligne, notamment portée par la nécessité d'identifier les facteurs associés aux différentes inégalités d'usages et d'accès. Scheerder et al., (2017) proposent une revue systématique de cette littérature et montrent la prépondérance des déterminants sociaux-économiques. On retrouve ainsi principalement l'âge, le niveau d'éducation, le genre ou encore les revenus et la nature des emplois occupés comme principaux déterminants des usages en ligne, de leur variété et de leur complexité. S'agissant spécifiquement d'identifier les déterminants des usages pouvant être associés à l'adoption de la fibre optique, peu d'informations sont présentes dans la littérature. Pour cette raison, nous aurons recours dans la section 4 à des résultats d'enquêtes et des rapports d'experts, afin que la méthodologie choisie pour évaluer les besoins en fibre optique permette d'intégrer les usages qui porteront les choix d'adoption des ménages et donc la future demande pour cette technologie.

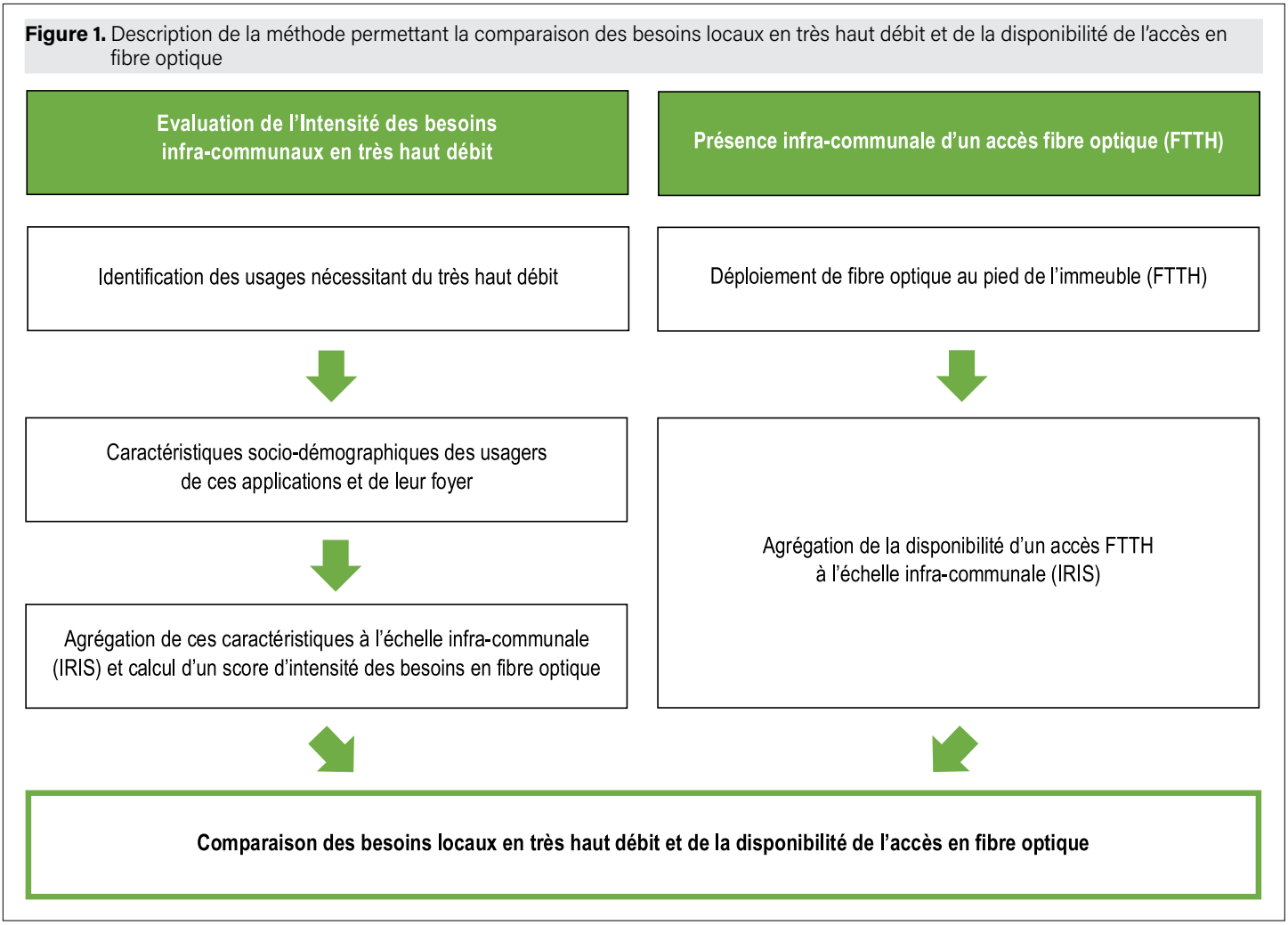
STRATÉGIE EMPIRIQUE

La principale difficulté pour qualifier les disparités territoriales nées de l'inégal déploiement de la fibre optique en France consiste à identifier les populations qui auront les besoins les plus importants en très haut débit. Pour ce faire, nous nous inspirons de la méthodologie mise en place par Strube Martins & Wernick (2021). Les auteurs ont ainsi essayé de projeter la demande future pour la fibre des résidents de plusieurs pays européens. Ils ont tout d'abord déterminé les usages des internautes à l'horizon 2025 et la bande passante que ces derniers nécessiteront. Dans un deuxième temps, ils ont identifié les profils d'utilisateurs susceptibles d'effectuer ces usages avant de quantifier la distribution de ces profils dans les structures de la population des pays étudiés. La figure 1 ci-dessous résume la manière dont nous allons adapter cette méthode au contexte de notre recherche et spécifiquement à l'échelle infra-communale.

6 https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/lopen-data.html

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Figure 1. Description de la méthode permettant la comparaison des besoins locaux en très haut débit et de la disponibilité de l'accès en fibre optique



Les deux premières étapes consistent à définir les usages qui nécessitent une connexion très haut débit (section 4.1) puis définir les principaux déterminants socio-démographiques des utilisateurs et de foyers développant ces usages (section 4.2). L'étape suivante observe la présence de ces caractéristiques à l'échelle infra-communale afin de construire un score d'intensité des besoins en très haut débit (section 4.3). Parallèlement à l'identification des besoins, nous nous saisirons des données disponibles sur la disponibilité d'un point de branchement optique au pied de chaque immeuble en France et l'agrègerons également à l'échelle infra-communale (section 5). Nous pourrons ensuite décrire les dynamiques spatiales de ces besoins et du déploiement de la fibre et les comparer, pour enfin identifier l'existence de zones pour lesquelles des besoins importants en très haut débit risquent de se heurter à l'absence d'un accès fibre (section 6).

L'échelle infra-communale et le zonage en aire urbaine.

Pour mettre en correspondance l'offre de fibre avec les besoins en connexion très haut débit, deux impératifs s'imposent. Il nous faut tout d'abord recourir à l'échelle spatiale la plus granulaire possible pour saisir l'importance des spécificités locales et spatiales. Il faut ensuite s'assurer que nous possédons suffisamment d'informations sur les populations habitant ces zones afin d'identifier leurs besoins. En France, l'INSEE a défini depuis 1999 une unité spatiale homogène et stable dans le temps nommé IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique) qui permet un maillage du territoire autour d'une unité infra-communale. Dans les zones urbaines, cette unité se rapproche d'un quartier et nous permet par exemple d'identifier les disparités socio-économiques à l'intérieur des villes. Notons enfin que si la plupart des communes de plus de 5000 habitants sont découpées en IRIS (environ 16 000), ce n'est pas le cas des plus petites communes qui constituent un seul IRIS (environ 34 000).

Afin de qualifier les IRIS et permettre une lecture plus agrégée des résultats, nous utiliserons les catégories du zonage en aires urbaines auxquelles appartiennent ces IRIS. Ce zonage promeut une approche fonctionnelle du territoire en tenant compte des dynamiques d'attraction des villes et communes entre elles. Nous retiendrons les 5 modalités suivantes. La première constituant les IRIS des communes appartenant aux grands pôles urbains (au moins 10 000 emplois). La deuxième regroupe les IRIS des communes dites péri-urbaines, c'est-à-dire appartenant à la couronne d'un grand pôle ou à une commune multipolarisée[7] d'une grande aire urbaine. Les troisième et quatrième catégories constituent respectivement les autres aires urbaines (pôle inférieur à 10 000 emplois) et les autres communes multipolarisées. Enfin, la dernière catégorie regroupe les communes isolées en dehors de l'influence d'une aire urbaine et correspond à l'espace rural.

7 « Ce sont des communes dont au moins 40 % des actifs occupés résidents travaillent dans plusieurs grandes aires urbaines, sans atteindre ce seuil avec une seule d'entre elles, et qui forment avec elles un ensemble d'un seul tenant » définition INSEE.

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

ÉVALUATION DE L'INTENSITÉ DES BESOINS EN TRÈS HAUT DÉBIT

Quels usages pour le très haut débit ?

Pour identifier les usages qui peuvent être associés aux besoins en connexion optique, il nous faut à la fois saisir les usages actuels mais également anticiper les changements de standards et de technologies et plus généralement leurs impacts sur nos usages, à fortiori lorsque ces derniers sont adossés à des caractéristiques socio-démographiques particulières. Pour ce faire, nous nous appuierons sur des rapports d'experts qui ont, à des moments différents, tenté de cartographier les usages permis par le très haut débit ainsi que leur importance, le plus souvent prospective, dans le quotidien des utilisateurs. Sur cette base, nous retenons deux tendances lourdes et génériques, la consommation de vidéo et le travail à distance, dont la généralisation impose des contraintes de débit que seule la fibre optique semble permettre de dépasser.

La consommation de vidéos en ligne

Les contenus vidéo ont pris ces dernières années une place prépondérante dans le trafic internet. Le succès de services de vidéo à la demande comme Netflix, Youtube, Amazon prime mais également l'intégration de ce type de contenu dans les sites des médias ou les réseaux sociaux sont venus considérablement modifier les consommations audiovisuelles des internautes. A l'échelle de l'Internet, on estime que 60 % du trafic est désormais lié à des contenus vidéos (Sandvine, 2019). En France, l'ARCEP estime que 55 % du trafic provient de 4 acteurs (Netflix, Google, Akamai et Facebook), tous fournisseurs de contenus majoritairement vidéo. Plus encore, les évolutions des standards vidéo (UHD, 4K, et demain 8K) et le basculement des flux vidéo venus d'IP sur le poste de télévision (smartTV) promettent dans les années à venir d'augmenter considérablement les débits nécessaires pour consommer ces mêmes contenus (CISCO, 2020)[8]. Le succès des jeux vidéo en ligne est également un facteur contribuant à la croissance des flux vidéo comme pourra l'être demain le développement des applications de réalité virtuelle immersive. Ces dernières nécessitent à minima une centaine de Mbps (Analysys Mason, 2020) et promettent des innovations dans de très nombreux secteurs (télémédecine, formation professionnelle, commerce en ligne).

Le travail à distance

Pour reprendre le titre de l'article d'Aguilera et al. (2016), le télétravail a longtemps été un « objet sans désir ». Selon les auteurs, dont le travail se base sur des enquêtes effectuées avant 2016, ce mode d'organisation n'était finalement plébiscité par personne, ni les salariés ni les entreprises. En rendant le travail à distance obligatoire lorsque c'était possible, les périodes de confinement en France et ailleurs semblent avoir considérablement changé la perception que les différentes parties prenantes peuvent avoir de cette pratique. Les conséquences à moyen et long terme sur la pérennité du travail à distance sont encore incertaines mais de récentes enquêtes d'opinions et rapports soulignent le potentiel du télétravail dans de nombreux secteurs et selon des modes d'organisation variables (EU commission, 2020; Harris Interactive, 2021). Si les travaux cités précédemment mentionnent l'importance des ressources matérielles et informatiques, nous faisons ici l'hypothèse que l'accès au très haut débit est également une condition nécessaire à l'exercice pérenne du télétravail. Au contraire de la consommation vidéo pour le loisir, la visioconférence nécessite un débit ascendant de même qualité que le débit descendant puisque le télétravailleur émet et reçoit l'image. Comme évoqué auparavant, la symétrie du débit est une des principales caractéristiques de la fibre optique. L'autre enjeu du télétravailleur est l'accès à des ressources métiers (logiciels, réseaux, espace de travail) dont nous savons qu'elles sont amenées à être en grande partie déportées dans le cloud. La qualité de la connexion, caractérisée par un débit élevé et une latence faible, entre le poste du télétravailleur à son domicile et les serveurs de l'entreprise ou du prestataire hébergeant les ressources, est une condition nécessaire pour optimiser le travail à distance, faisant de la fibre optique une ressource indispensable pour ces usages.

Le tableau A5 en annexe 5, permet de synthétiser les besoins en débit et en qualité de service pour les usages génériques mentionnés ci-dessus. La fibre optique apparait nécessaire même en considérant des standards vidéos peu exigeants. Dès que des interactions sont indispensables (visioconférences, cloud), le temps que met une information à traverser le réseau (latence) et la perte de paquets doivent être minimisés (jeux-vidéo). Cela justifie selon nous le choix de ces usages pour évaluer les besoins en très haut débit des foyers en France.

Parmi les usages mis en évidence par Strube Martins & Wernick (2021), la e-santé et la domotique sont les seules à ne pas intégrer l'évaluation que nous faisons des besoins en très haut débit. Leur prise en compte semble moins opportune pour l'objectif qui est le nôtre. S'agissant du premier, les services de e-santé sont encore peu développés, et lorsqu'ils le sont, leur forme la plus aboutie semble être, au sein du foyer, une consultation vidéo avec un praticien. De ce fait, il n'existe pas à notre connaissance des sources de données permettant d'identifier les caractéristiques de ceux y ayant recours. Il nous semble par conséquent prématuré d'en faire un déterminant de la future demande d'accès à la fibre optique. S'agissant de la domotique, si certains services comme les thermostats connectés ou les assistants virtuels sont aujourd'hui bien déployés dans les foyers, un débit de plusieurs centaines de Mbps ne semble pas conditionner leur fonctionnement, n'en faisant donc pas un déterminant majeur des besoins en THD.

Déterminants sociaux-démographiques des besoins en fibre optique

Conformément à la méthodologie décrite en introduction, il nous faut maintenant identifier les caractéristiques socio-démographiques associées aux besoins mis en évidence dans la section précédente. Pour ce faire, nous allons mobiliser des sources variées issues d'enquêtes d'opinions, de travaux académiques et de la statistique publique.

Concernant la consommation vidéo, nous nous appuierons sur le dernier baromètre du CREDOC intitulé « diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société française en 2021 »[9] (CREDOC, 2021). Si d'autres sources existent pour quantifier l'importance de ces usages, c'est à notre connaissance une des rares permettant d'observer leur variation en fonction de caractéristiques démographiques telles que l'âge, le niveau d'étude ou la composition du foyer[10]. La proportion d'internautes regardant des vidéos sur des plateformes SVOD payantes (Netflix, Amazon Prime, OCS, Canal Play…) ou gratuites (Youtube, Dailymotion) a particulièrement retenu notre attention. En plus de confirmer la croissance de ces usages dans le temps, l'enquête démontre que l'âge, le niveau d'étude, la composition du foyer (notamment la présence d'enfants) et les catégories socio-professionnelles sont les principaux déterminants du visionnage de contenu vidéo en streaming. À noter que le niveau de vie semble moins corrélé que les autres variables à la consommation vidéo. De manière moins surprenante, on retrouve également la primauté de l'âge dans les facteurs expliquant la consommation de jeux-vidéo (SELL, 2020).

8 À titre d'exemple, un flux vidéo UHD nécessite un débit descendant de 15 à 18MB/s alors qu'une définition standard n'en nécessite que 2, ce qui rend la technologie ADSL largement incompatible avec la généralisation de ce type de standard.

9 Réalisé pour le compte du Conseil Général de l'Économie, de l'Industrie, de l'Énergie et des Technologies (CGE), l'Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes (ARCEP).

10 Mentionnons à ce titre l'enquête TIC auprès des ménages de l'INSEE. https://www.insee.fr/fr/metadonnees/source/operation/s1519/presentation

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Indépendamment du type d'usage, le nombre de personnes partageant une connexion fixe est également un déterminant clé du choix de la technologie d'accès et du type d'abonnement. C'est une question avant tout arithmétique mais qui prend une ampleur particulière dès lors que les membres d'un même foyer sont amenés à utiliser Internet simultanément.

S'agissant du télétravail, les déterminants de son adoption sont bien évidemment liés à la nature du travail et des tâches effectuées. Le défi est donc de déterminer à l'échelle du foyer le type d'emploi occupé par ses membres et donc la probabilité qu'ils aient recours au télétravail. Nous nous appuyons sur les récents travaux de Dingel & Neiman (2020) qui ont pu estimer, pour plus de 1000 emplois différents, la part du travail pouvant être effectuée à distance, et en l'occurrence depuis son domicile. Leurs estimations sont basées sur le traitement des résultats d'enquêtes aux États-Unis décrivant la nature des tâches effectuées ainsi que le contexte physique et social des fonctions occupées par les répondants. Nous reproduisons, dans le tableau 1, les familles de métiers pour lesquelles plus de 50 % des emplois peuvent être effectués à domicile.

Tableau 1. Professions dont plus de 50 % des emplois peuvent être effectués à domicile

	Part des emplois pouvant être effectués à domicile
Professions informatiques et mathématiques	1
Professions de l'enseignement, de la formation et des bibliothèques	0.98
Professions juridiques	0.97
Professions liées aux affaires et aux opérations financières	0.88
Professions du management	0.87
Professions des arts, du design, du divertissement, des sports et des médias	0.76
Employés de bureau et soutien administratif	0.65
Professions de l'architecture et de l'ingénierie	0.61
Professions des sciences de la vie, des sciences physiques et des sciences sociales	0.54

Source : Dingel & Neiman, (2020)

On retrouve sans surprise les emplois des professions intellectuelles supérieures, sédentaires et basés sur des tâches cognitives et moins souvent sensori-motrices. Les technologies de l'information et de la communication sont les principaux outils permettant à ces actifs de travailler de leur domicile. A notre connaissance, il n'existe pas de travaux équivalents pour la France mais il semble raisonnable de penser que le résultat de Dingel & Neiman (2020) puisse être transposé à des pays où la structure de l'emploi est comparable et ce même si les nomenclatures peuvent différer.

En France, cette nomenclature se nomme Professions et Catégories Socioprofessionnelles (PCS) et est disponible pour différents niveaux de désagrégation (tableau 2). Au niveau le plus agrégé (6 catégories), la catégorie « cadres et professions intellectuelles supérieures » semble la mieux correspondre aux professions mentionnées dans le tableau 2. Il faut toutefois être prudent en transposant ces résultats obtenus aux Etats-Unis au cas français. Le télétravail n'est pas qu'une question de ressources disponibles et de tâches réalisables à distance, il induit une relation au travail, à l'organisation de l'entreprise et aux rapports hiérarchiques fortement encastrés dans les pratiques sociales et culturelles. En assimilant ainsi la PCS « cadres et professions intellectuelles supérieures » aux possibilités de télétravail exposées dans les travaux de Dingel & Neiman (2020), nous prenons le risque de surévaluer l'importance de ce facteur dans l'évaluation des besoins en très haut débit.

Tableau 2. PCS « cadres et professions intellectuelles supérieures »

Code PCS	Libellé des professions
31	Professions libérales
33	Cadres de la fonction publique
34	Professeurs, professions scientifiques
35	Professions de l'information, des arts et des spectacles
37	Cadres administratifs et commerciaux d'entreprise
38	Ingénieurs et cadres techniques d'entreprise

Source : INSEE

En descendant plus finement dans la nomenclature de l'INSEE, nous pourrions faire mieux correspondre les libellés des PCS en France avec ceux étudiés par Dingel & Neiman (2020). Pour autant, nous perdrions la capacité à les observer aux échelles géographiques utilisées dans ce travail. Comme expliqué précédemment, il s'agit d'identifier les foyers les plus susceptibles d'avoir besoin d'une connexion très haut débit. Cibler ceux à l'intérieur desquels la probabilité qu'un occupant puisse travailler à domicile est la plus élevée, nous permet d'atteindre cet objectif.

Score d'intensité des besoins en très haut débit

Sur la base de ce que nous venons d'évoquer, les caractéristiques d'âge, de niveau d'étude, du nombre de personnes dans le foyer et de la présence ou non d'un actif appartenant à la PCS « cadres et professions intellectuelles supérieures » vont être mobilisées pour concevoir un indicateur des besoins en très haut débit. Ces caractéristiques sont donc celles des individus et des foyers qui consomment le plus les contenus vidéos en ligne et dont la probabilité qu'ils puissent télétravailler est la plus forte.

Les données utilisées pour identifier ces caractéristiques sont toutes issues de la statistique publique et des recensements les plus récents. Nous nous référerons à la base infra-communale « population » pour l'estimation du nombre d'habitants, de la part d'une tranche d'âge, du niveau de diplôme mais également pour la profession exercée par les actifs dans chaque IRIS en 2017[11]. Le nombre moyen de personnes par foyer dans un IRIS sera estimé en faisant le ratio du nombre d'habitants par nombre de ménages, cette dernière information étant disponible dans la base « couples-familles-ménages »[12] issue des données de recensement de 2017.

Plusieurs méthodes étaient candidates pour agréger ces informations et produire un indicateur infra-communal des besoins en très haut débit. La principale difficulté étant d'agréger des variables ayant des unités de mesure différentes et pour lesquelles nous ignorons fondamentalement leur importance relative dans ces besoins. Idéalement nous aurions souhaité disposer d'informations précises sur ceux ayant déjà adopté la fibre optique, ce qui aurait permis d'estimer l'importance relative des variables sélectionnées pour ensuite les appliquer aux caractéristiques des IRIS. En l'absence de ces informations, il nous faut rester plus modestes et s'assurer à la fois d'une forme de normalisation des variables utilisées ainsi que d'une règle de scoring qui reflète l'état des connaissances sur le poids re-

11 https://www.insee.fr/fr/statistiques/4799309

12 https://www.insee.fr/fr/statistiques/4799268

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

latif de chaque variable. Dans un contexte différent, celui de la demande potentielle pour des infrastructures cyclables, mais faisant face aux mêmes problématiques, Rybarczyk & Wu (2010) ont combiné différents critères de manière additive et pondérée (SAW pour Simple Aditive Weighted approach). Cette méthode consiste dans un premier temps à normaliser les valeurs des critères puis générer un poids pour chacune d'entre elles sur la base d'un classement de leur importance et enfin sommer les valeurs de ces critères normalisés et pondérés. Si l'intérêt de cette méthode est de produire un indicateur continu et reflétant le poids de chaque critère, il nécessite comme la plupart des méthodes multi-critères d'avoir en amont des informations précises sur le poids relatif de chaque critère (ou tout du moins leur rang dans la méthode SAW). Dans notre cas, rien ne nous permet de considérer que l'âge est plus important que le niveau de diplôme ou plus déterminant que la composition du foyer, nous faisons alors le choix de définir un score d'intensité qui est une fonction linéaire et additive des quartiles auxquels appartiennent chaque IRIS pour les variables sélectionnées. La normalisation est ainsi assurée par le choix d'utiliser les quartiles des distributions de chaque variable. Le score d'intensité prend la forme suivante :

$$S_i^{THD} = f(Age24, Diplôme, Taille\ du\ foyer, PCS) = \sum^{k} Q_{i,k}$$

Avec $k = \{Age24, Diplôme, Taille\ du\ foyer, PCS\}$ et $Q_{i,k}$ le quartile de la distribution de la variable k auquel appartient l'IRIS i. Il s'ensuit que la valeur de la variable de score S_i^{THD} varie entre 4 et 16. La valeur de 4 signifie que l'IRIS fait partie du premier quartile des IRIS pour les quatre variables k. À l'inverse, 16 qualifie un IRIS étant parmi les 25 % ayant le plus d'habitants dont l'âge est inférieur à 24 ans[13], ayant le plus de personnes diplômées du supérieur, dont le nombre de personnes par foyer est le plus élevé et qui possède le plus de référents du ménage dans la PCS « cadres et professions intellectuelles supérieures ».

Le tableau 3 ci-dessous propose des statistiques descriptives des quartiles des variables utilisées dans l'indicateur ainsi que leur répartition dans les 5 catégories du zonage en aires urbaines.

LE DÉPLOIEMENT DE LA FIBRE OPTIQUE

L'autorité de régulation française a été très volontariste dans la mise en place d'une politique de données ouvertes. S'agissant du déploiement de la fibre, elle propose pour chaque trimestre une base de données exhaustive de l'ensemble des bâtiments (immeubles et pavillons) raccordés, en cours de raccordement ou « cible » d'un prochain raccordement. Ces bâtiments sont géolocalisés ce qui nous permet de les repositionner dans les mailles IRIS évoquées plus haut[14]. Nous produisons ainsi une base originale du niveau de déploiement de la fibre à l'échelle des quartiers (IRIS) au quatrième trimestre 2020.

On compte ainsi approximativement 16 millions d'immeubles (pavillons et immeubles) qui correspondent à 24 millions de logements[15]. Nous définissons alors le taux de déploiement de la fibre optique dans un IRIS donné comme le rapport entre le nombre de bâtiments raccordés ou en cours de raccordement sur le nombre de bâtiments raccordables. Même si nous devons garder à l'esprit que ces informations remontent des opérateurs avant d'être agrégées par l'ARCEP et sont donc « à priori » peu vérifiables, nous les considérons aujourd'hui comme la meilleure source d'information sur les niveaux de déploiement de la fibre optique.

Le tableau 4 ci-dessous quantifie pour l'ensemble du territoire les disparités de déploiement. Le taux moyen de bâtiments raccordés par IRIS y est calculé en fonction du zonage de l'aire urbaine à laquelle l'IRIS est associé.

Tableau 3. Statistiques descriptives des quartiles des variables socio-démographiques et de leur représentation dans le zonage en aires urbaines.

	Q1	Q2	Q3	Q4	IRIS des grands pôles urbains	IRIS péri-urbain	IRIS autres aires urbaines	IRIS communes multi-polarisées	IRIS hors influence des pôles
Âge24	0.2	0.27	0.3	0.41	0.35	0.29	0.27	0.26	0.23
Taille du foyer	1.88	2.19	2.38	2.65	2.23	2.42	2.19	2.29	2.13
PCS+	0.01	0.03	0.06	0.14	0.08	0.06	0.04	0.03	0.03
Diplôme	0.13	0.19	0.25	0.38	0.27	0.24	0.19	0.19	0.19

Source : auteurs

Tableau 4. Taux de déploiement FTTH dans les IRIS en fonction du zonage en aires urbaines.

	Déploiement au T4 2020		Déploiement prévu	
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Grands pôles urbains	0.79	0.27	0.94	0.20
Communes péri-urbaines	0.40	0.45	0.58	0.49
Communes d'autres aires urbaines	0.32	0.43	0.56	0.49
Autres communes multipolarisées	0.23	0.40	0.40	0.49
Communes isolées hors influence des pôles	0.17	0.36	0.34	0.47
Total	0.45	0.45	0.62	0.47

Source : auteurs

13 Le choix de la limite à 24 ans est en partie dicté par les catégories d'âge imposées par l'INSEE dans ses bases de données. Mais en étendant la limite d'âge à 39 ans, les différences sur le score d'intensité sont minimes et les principaux résultats de l'article inchangés.

14 Nous avons utilisé le programme Geoindata disponible pour la version15 du logiciel STATA.

15 Source ARCEP

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Les quartiers des grands pôles urbains promettent d'être quasi intégralement connectés et ont accompli la plupart de l'effort. Le taux de couverture chute ensuite rapidement dès que l'on s'éloigne de ces grands pôles. S'agissant des espaces péri-urbains, des plus petites aires urbaines et communes multipolarisées, si les taux de couverture prévus sont compris entre 40 et 60 %, on observe une très grande disparité dans les IRIS les composant (écart-type très proche de la moyenne) suggérant des situations très différentes au sein de ces zones. Notons enfin que si le taux de couverture moyen d'un IRIS une fois le déploiement achevé sera de 62 %, lorsqu'on multiplie le taux de couverture par la population des IRIS, nous obtenons précisément 81% de la population métropolitaine soit précisément l'objectif annoncé pour 2022 par le plan France THD.

L'annexe 1 présente pour 4 régions françaises (Aquitaine, Bretagne, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Île-de-France) le niveau de déploiement à l'IRIS au 4e trimestre 2020 et le compare à l'ensemble des bâtiments éligibles (et donc à priori amenés à être raccordés d'ici 2022). L'annexe 2 produit la même information mais pour les principales agglomérations des 4 régions choisies (Bordeaux, Rennes, Marseille et Paris).

En complément du tableau 4, ces cartes confirment l'importante disparité de déploiement entre les grands pôles urbains, les communes péri-urbaines et les plus petites aires urbaines et rurales. Ces dernières étant, même en suivant le schéma de déploiement le plus favorable, encore largement isolées du développement de l'infrastructure optique. C'est particulièrement visible en région Nouvelle Aquitaine qui compte 70 % d'IRIS ruraux (environ 35 % de la population) alors que l'Île de France n'en compte que 12 %. La deuxième observation renvoie à la disparité des vitesses de déploiement. La comparaison des données T4 2020 et de l'objectif « cible » montre le chemin qu'il reste à parcourir, l'effort à engager par les opérateurs est plus important en région Provence-Alpes-Côte d'Azur et en Bretagne qu'en Île-de-France. Le rapport du Think Tank Terra Nova (Mompeu-Lebel, 2021) estimait que 40 % de l'objectif de raccordement restait à effectuer, on devine ici que ce pourcentage varie d'un territoire à l'autre. Enfin, et conformément aux attendus du plan France THD, les agglomérations en zones « très denses » (Annexe 2) ont pour la plupart achevé le raccordement optique des bâtiments, les opérateurs privés trouvant dans ces environnements un rapport coût du déploiement/ bénéfices attendus très favorable. Des disparités apparaissent néanmoins, comme par exemple à Marseille où le retard est important en comparaison des autres agglomérations. L'ensemble de ces disparités régionales et locales peuvent s'expliquer par la structure de ces régions, plus ou moins rurales, mais aussi par la nature des bâtiments dans un espace donné[16].

Ce constat étant effectué, il convient maintenant de confronter le déploiement de la fibre optique sur les territoires à l'estimation des besoins de leur population en matière d'usages nécessitant le très haut débit.

L'OFFRE DE FIBRE OPTIQUE CORRESPOND-ELLE AUX BESOINS DES TERRITOIRES ?

L'analyse de la distribution du score de besoin en THD selon le type d'IRIS

Les figures 2 et 3 montrent respectivement la distribution globale de la variable de score S_i^{THD} et sa distribution pour les 5 catégories définies par le zonage en aires urbaines.

Nous pouvons observer que la distribution n'est pas parfaitement centrée ce qui suggère de potentielles corrélations dans l'appartenance aux différents quartiles des distributions des variables k. Le tableau 5, présentant la corrélation entre les variables composant le score d'intensité, confirme que la probabilité d'être dans les quartiles 3 et 4 de la taille du foyer est corrélée avec la proportion d'habitants de moins de 24 ans dans l'IRIS. C'est également le cas pour les variables diplômes et l'appartenance des actifs de l'IRIS à la PCS « cadres et professions intellectuelles supérieures ».

Figure 2. Distribution du score d'intensité des besoins en THD

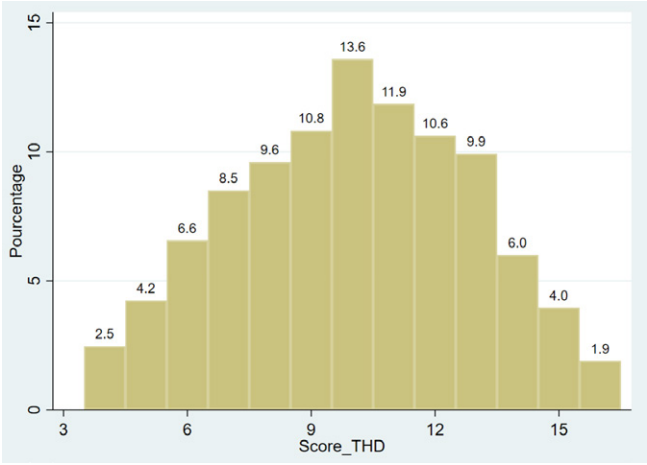


Figure 3. Distribution du score d'intensité des besoins en THD en fonction du zonage en aires urbaines.

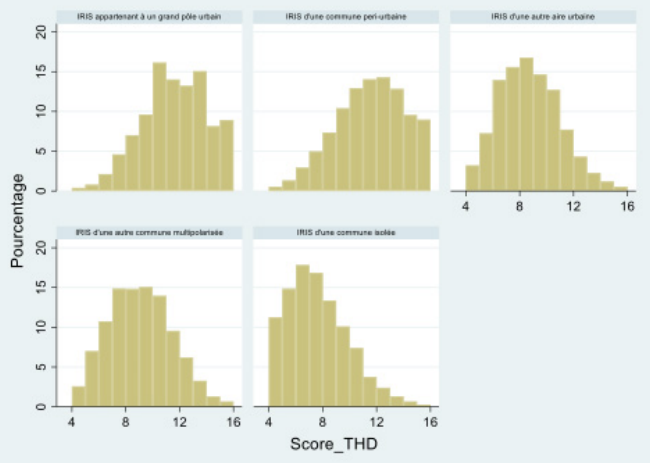


Tableau 5. Corrélation des déterminants du score d'intensité de besoin en très haut débit

	Âge24	Taille du foyer	PCS+	Diplôme
Âge24	1			
Taille du foyer	0.51	1		
PCS+	0.12	0.01	1	
Diplôme	0.05	-0.01	0.64	1

Source : auteurs

16 Comme à Marseille où il semble que la prédominance des logements individuels dans l'agglomération explique le retard pris. https://www.laprovence.com/article/edition-marseille/6019857/la-fibre-sur-tout-le-territoire-marseillais-cest-pour-quand.html

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Plusieurs observations peuvent être faites. Tout d'abord, en suivant la figure 3, la distribution du score de besoin en THD est asymétrique à droite pour les IRIS des communes des grandes aires urbaines (grands pôles et communes péri-urbaines), l'asymétrie se décale ensuite vers la gauche pour les autres aires urbaines et les communes rurales. Sans surprise, ce sont donc dans les espaces fortement urbanisés que les foyers ayant les besoins les plus importants en connexion très haut débit se situent. Nous pouvons également noter que les IRIS ayant les valeurs les plus élevées de notre indicateur d'intensité des besoins ($S_i^{THD} \geq 15$) sont les plus nombreux dans les zones péri-urbaines, signe que ces territoires hébergent des foyers composés de jeunes, de diplômés et d'actifs occupant des professions intellectuelles supérieures. À l'inverse, ce sont dans les zones rurales que nous trouvons les besoins les moins importants (score entre 4 et 8), des foyers souvent moins nombreux et plus âgés et une faible concentration d'actifs pouvant télétravailler. Pour autant, il serait trop rapide de conclure que ces besoins n'existent pas dans les IRIS des unités urbaines les moins peuplées. En effet, 25% des IRIS des communes n'appartenant pas à de grands centres urbains possèdent un score supérieur à 9, la demande pour le très haut débit peut donc exister dans les communes économiquement moins dynamiques.

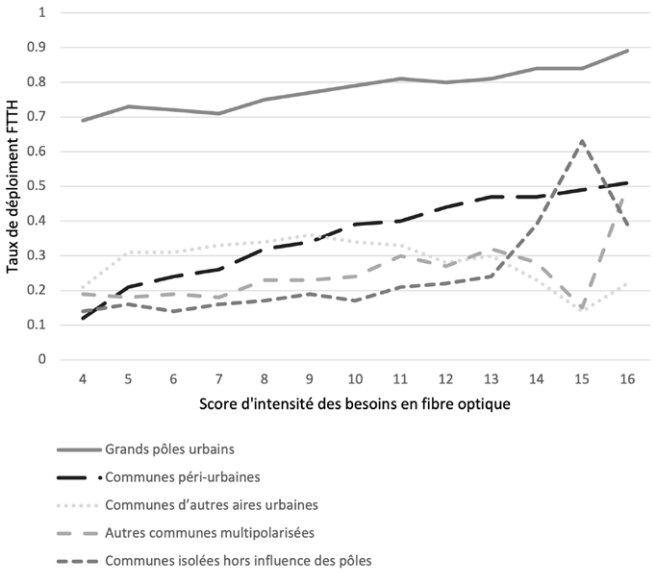
Le choix de l'analyse à l'IRIS est trop granulaire pour permettre une représentation cartographique à l'échelle nationale, raison pour laquelle nous proposons plutôt des représentations régionales et locales. En annexe 3, les cartes, représentant le score d'intensité pour quatre régions et leurs principales agglomérations (Aquitaine, Bretagne, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Île-de-France), confirment les disparités évoquées plus haut en montrant notamment que les zones péri-urbaines concentrent parfois plus fortement les IRIS avec des besoins élevés en très haut débit que certaines zones urbaines. C'est particulièrement frappant lorsqu'on observe la différence entre Paris et la région Île-de-France où l'on constate l'existence d'IRIS à score élevé dans l'unité urbaine de Paris (qui constitue ce que l'on appelle communément l'agglomération parisienne), ces cartes montrant que ce n'est pas le fait de Paris mais plutôt des villes qui constituent sa banlieue. On retrouve dans une moindre mesure ce phénomène en Nouvelle Aquitaine et en Bretagne. Rappelons ici que la variable de score que nous avons construite considère que les foyers composés de plusieurs personnes et notamment de moins de 24 ans sont plus susceptibles de développer des usages nécessitant le très haut débit. Or, pour des raisons désormais bien connues, ces ménages ne sont plus les plus susceptibles de se loger dans les centres villes des grandes métropoles, et sont donc en partie contraints de migrer en périphérie des plus grandes agglomérations.

Score de besoin en THD et niveau de déploiement de la fibre.

Comme évoqué dans la section 4, une fois le déploiement achevé, le taux de couverture moyen d'un IRIS sera de 62% ce qui correspond à 81% de la population. Dans la figure 4, nous évaluons le taux de couverture des IRIS en fonction de leur score d'intensité de besoin en THD et du zonage en aires urbaines auquel ils appartiennent.

Nous observons tout d'abord que s'il existe une tendance globalement croissante entre le score d'intensité des besoins et le déploiement, une certaine hétérogénéité existe dans cette relation selon le zonage en aires urbaines considéré. L'hypothèse d'un déploiement dans les zones où les besoins sont les plus importants semble donc en partie dépendre du contexte socio-économique des espaces considérés. La différence est ainsi très marquée entre les grands pôles urbains et le reste des communes. La péréquation économique du rapport entre le coût de l'infrastructure et le nombre de prises raccordables, souvent avancée pour expliquer les choix des opérateurs, semble donc également correspondre aux besoins des

Figure 4. Taux de déploiement FTTH dans les IRIS en fonction de leur score d'intensité de besoin en très haut débit et du zonage en aires urbaines.



foyers exprimés en termes d'usages nécessitant du très haut débit, tout du moins pour les zones les plus urbanisées. Enfin, la volatilité des taux de déploiement dans les IRIS des communes multipolarisées ou hors influence des pôles, lorsque le score d'intensité des besoins est proche de sa valeur maximale, pourrait s'expliquer par l'existence d'une forte demande locale ayant entrainé la mobilisation des acteurs publics (RIP).

Pour autant, même dans les zones où les caractéristiques des populations suggèrent un besoin important en très haut débit, il existe des IRIS dans lesquels la fibre optique n'est et ne sera pas déployée. La question est d'importance pour le régulateur et les pouvoirs publics car les populations, habitant les lieux où la fibre optique ne sera pas disponible, seront impactées différemment selon leurs besoins. Un quartier dans lequel vivent de jeunes ménages avec enfants et exerçant des professions qui peuvent être effectuées à distance verront leurs usages plus impactés que des personnes seules et plus âgées. C'est en tout cas cette distinction que nous souhaitons ici mettre en avant.

Identification des zones aux besoins en fibre optique importants et sans couverture FTTH.

Nous allons donc chercher à identifier et quantifier les zones dans lesquelles, une fois le déploiement de la fibre achevé, des besoins importants pourraient se heurter à l'absence de possibilité de connexion FTTH. Nous définissons ces zones comme étant celles où la couverture FTTH est inexistante et pour lesquelles la variable de score est supérieure ou égale à 12. Cela permet ainsi de capter le tiers supérieur des besoins en THD (cf figure 2).

Le tableau 6 identifie les caractéristiques de ces zones et de ces habitants. En 2022, les IRIS concernés seront au nombre de 3819. Un peu moins de 3 millions de personnes habitent ces communes dont 205 553 actifs CSP+. Cela représente également presque 434 000 ménages avec enfants et 669 218 personnes de moins de 24 ans. Les populations identifiées dans ce tableau représentent en quelque sorte les oubliés de la fibre optique.

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Tableau 6. Profil des populations habitants dans des IRIS sans couverture FTTH et ayant des besoins élevés en usages THD

	Déploiement 2022	Déploiement au T4 2020
Nombre d'IRIS concernés	3819	4685
Population totale concernée	2 863 283	3 696 764
Nombre d'actifs avec forte probabilité de pouvoir télétravailler	205 553	259 553
Nombre de ménages avec au moins un enfant	433 980	551 802
Nombre de personnes de moins de 24 ans	669 218	865 050

Source : auteurs

Tableau 7. Proportion des IRIS sans couverture FTTH et ayant un important score d'intensité des besoins en THD (>12) en fonction du zonage en aires urbaines

	Part des IRIS concernés en 2022
Grands pôles urbains	0.01
Communes péri-urbaines	0.16
Communes d'autres aires urbaines	0.04
Autres communes multipolarisées	0.06
Communes isolées hors influence des pôles	0.03
Total	0.08

Source : auteurs

Enfin, il peut être intéressant de chercher à identifier les caractéristiques spatiales et géographiques communes à ces différentes zones. A ce stade, il apparaît difficile toutefois de dégager un schéma spatial type tant chaque région est spécifique. Pour autant un résultat saillant apparait lorsque l'on regarde la proportion de ces IRIS « oubliés » dans les espaces définis par le zonage en aires urbaines. Le tableau 7 montre la part de ces IRIS dans les 5 catégories de zonage en aires urbaines définis précédemment. On constate sans équivoque que 16 % des IRIS des communes péri-urbaines sont concernés, proportion que l'on ne retrouve dans aucun autre espace. Les grands pôles sont peu concernés étant presque intégralement couverts et à l'inverse les petites aires urbaines et les communes isolées ne le sont pas car peu d'IRIS arborent des scores d'intensité de besoin en THD très importants.

Les cartes disponibles en annexe 4 illustrent ce phénomène pour l'Occitanie, la Bretagne, l'Île-de-France et le Grand Est. C'est autour de leurs plus grandes agglomérations (Toulouse, Rennes, Paris ou Nancy) que nous trouvons ces zones dépourvues de fibre optique et dans lesquelles résident des populations avec des scores d'intensité de besoins en THD élevés. Ces zones péri-urbaines sont sans continuité de bâti avec le pôle urbain mais se trouvent suffisamment proches pour permettre, par exemple, des trajets domicile-travail fréquents. Elles accueillent des populations et ménages d'actifs désireux de trouver un compromis entre la qualité de vie et les opportunités économiques des centres urbains (Cavailhès et al., 2003; Marchal & Stébé, 2018). Nos résultats incitent à observer attentivement ces zones qui pourraient être les nouvelles zones blanches de la fibre optique, pas seulement car elles en sont privées mais surtout parce que l'impact de son absence auprès des populations pourrait être important.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le déploiement de la fibre optique en France est-il en passe d'atteindre les objectifs fixés il y a plus d'une dizaine d'années : Si on peut apporter une partie de la réponse en observant la dynamique de déploiement de l'infrastructure optique (FTTH), y répondre devient plus complexe lorsque l'on s'interroge sur les besoins en très haut débit des populations habitant les lieux bénéficiant de ces accès. Notre travail avait justement pour ambition d'identifier les territoires dans lesquels il pourrait exister des besoins importants en très haut débit et une absence de disponibilité de la fibre optique. Nous avons ainsi proposé, pour chaque maille IRIS du territoire métropolitain français, un score d'intensité des besoins en THD en nous basant sur les caractéristiques observables des ménages et des habitants susceptibles de s'engager dans des usages nécessitant du très haut débit. En comparant cet indicateur avec le déploiement en cours et prévu de la fibre optique, nous avons pu révéler l'existence de zones dans lesquelles des scores d'intensité de besoins importants pourraient se heurter à l'absence de possibilité d'accès à la fibre optique. Ces zones sont majoritairement localisées dans les IRIS des communes péri-urbaines et révèlent localement l'existence potentielle de fracture d'accès à la technologie FTTH. Alors que les espaces ruraux sont légitimement au cœur des préoccupations du régulateur lorsqu'il s'agit d'inciter opérateurs et collectivités à coordonner leurs actions pour déployer la fibre, certaines communes péri-urbaines, attirant de jeunes ménages avec enfants et dont les actifs ont des activités pouvant probablement être en partie effectuées à distance, risquent d'être pénalisées par l'absence de connexion fibre. Évidemment même en l'absence de connexion optique, d'autres technologies comme la 5G peuvent permettre d'accéder au très haut débit, mais les implications économiques et écologiques sont très différentes.

Pour les étudiants, les actifs pouvant télétravailler ou encore pour les loisirs et le divertissement, les différents confinements ont fait prendre conscience de la nécessité de penser le déploiement du très haut débit non seulement en termes d'égalité territoriale mais aussi en tenant compte des besoins et parfois de leur inégale répartition sur le territoire. Penser les politiques d'accès au très haut débit doit probablement prendre en compte cette double contrainte. En effet, pour les opérateurs privés comme pour le régulateur, anticiper les besoins est complexe et le temps nécessaire au déploiement n'est pas celui de l'évolution des usages.

Pour autant notre travail et la méthodologie mise en place comportent un certain nombre de limites qu'il convient de souligner. L'indicateur d'intensité des besoins que nous avons développé est basé sur quatre caractéristiques socio-démographiques censées être celles des personnes les plus à même de développer des usages nécessitant le très haut débit. Se faisant l'indicateur masque l'hétérogénéité des profils et des besoins que le passage au très haut débit pourrait occasionner. L'importante corrélation qui peut exister entre certaines variables socio-démographiques (c'est par exemple le cas de la CSP et du niveau de diplôme) contribue certainement à surévaluer le poids de certains ménages et nous invite également à mieux identifier les besoins, ce qu'ils impliquent et leur dynamique. À ce titre, des usages comme le développement de la e-santé ou les technologies immersives, pourraient nous obliger à considérer les besoins en THD de populations aux profils très différents. Une autre limite est liée à l'endogénéité de la relation entre besoin et disponibilité de la fibre. En effet, les espaces où l'intensité du besoin apparait faible sont probablement les endroits où ceux qui ont ces besoins n'ont pas pu s'installer du fait de l'absence d'accès. Si c'est le cas, nous sous-estimons alors la nécessité du très haut débit dans les communes les plus isolées.

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Enfin, la mesure du déploiement et de l'accès à la fibre et ses conséquences relèvent d'une autre nécessité, celle d'exploiter les technologies très haut débit en considérant leur coût environnemental. La fibre optique possède à ce titre de nombreux avantages alors même que les données nécessaires à ces nouveaux usages semblent incommensurables. Là encore il nous faudra pour relever ces défis mesurer les consommations de données et planifier le déploiement des réseaux en fonction des disparités territoriales et sociales qu'elles entrainent.

BIBLIOGRAPHIE

Aguilera, A., Lethiais, V., Rallet, A., & Proulhac, L. (2016). Le télétravail, un objet sans désir ? *Revue dEconomie Regionale Urbaine*, *Février*(1), 245–266.

Analysys Mason. (2012). *Étude sur le très haut débit : Nouveaux services, nouveaux usages et leur effet sur la chaîne de la valeur.* (Les Actes de l'ARCEP) [Rapport]. https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-Analysy-Mason-usages-THD-fev2012.pdf

Analysys Mason. (2020). *Full-fibre access as strategic infrastructure: Strengthening public policy for Europe* [Rapport]. Report Analysys Mason. https://www.analysysmason.com/contentassets/ae94d4d039a144529906c1a8ca58d1ea/analysys_mason_full_fibre_europe_rdfi0.pdf

Antonelli, C. (2003). The digital divide: Understanding the economics of new information and communication technology in the global economy. *Information Economics and Policy*, *15*(2), 173–199. https://doi.org/10.1016/S0167-6245(02)00093-8

Bordage, F. (2019). *Sobriété numérique : Les clés pour agir.* BUCHET CHASTEL.

Carare, O., McGovern, C., Noriega, R., & Schwarz, J. (2015). The willingness to pay for broadband of non-adopters in the U.S.: Estimates from a multi-state survey. *Information Economics and Policy*, *30*, 19–35. https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2014.12.001

Cavailhès, J., Peeters, D., Sékeris, E., & Thisse, J.-F. (2003). La ville périurbaine. *Revue economique*, *Vol. 54*(1), 5–23.

CISCO. (2020). *Cisco Annual Internet Report—Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper*. CISCO report. https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html

Courboulay, V. (2021). *Vers un numérique responsable: Repensons notre dépendance aux technologies digitales*. Actes Sud.

CREDOC. (2019). *Enquête sur la diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société française en 2019* (Baromètre Du Numérique 2019). https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-barometre-num-2019.pdf

Dingel, J. I., & Neiman, B. (2020). How many jobs can be done at home? *Journal of Public Economics*, *189*, 104235. https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2020.104235.

Drouard, J. (2011). Costs or gross benefits? – What mainly drives cross-sectional variance in Internet adoption. *Information Economics and Policy*, *23*(1), 127–140. https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2010.12.001

Duvivier, C. (2019). Broadbant and firm location: Some answers to relevant issues using a meta-analysis. *Canadian Journal of Regional Science*, *42*, 22.

Duvivier, C., Truchet, S., Mauhé, N., & Mbarek, M. (2018). Déploiement du très haut débit et création d'entreprises dans les zones rurales : Une évaluation du programme Auvergne Très Haut Débit. *Economie prevision*, *n° 214*(2), 97–139.

EU commission. (2020). *Telework in the EU before and after the COVID-19: Where we were, where we head to* (Science for Policy Brief). https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc120945_policy_brief_-_covid_and_telework_final.pdf

Goldfarb, A., & Prince, J. (2008). Internet adoption and usage patterns are different: Implications for the digital divide. *Information Economics and Policy*, *20*(1), 2–15. https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2007.05.001

Grimes, A., & Townsend, W. (2018). Effects of (ultra-fast) fibre broadband on student achievement. *Information Economics and Policy*, *44*, 8–15. https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2018.06.001

Grzybowski, L., Hasbi, M., & Liang, J. (2018). Transition from copper to fiber broadband: The role of connection speed and switching costs. *Information Economics and Policy*, *42*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2017.07.001

Guel, F. L., Pénard, T., & Suire, R. (2005). Adoption et usage marchand de l'Internet : Une étude économétrique sur données bretonnes. *Economie prevision*, *no 167*(1), 67–84.

Hargittai, E. (2003). The Digital Divide and What to Do About It. In D. C. Jones (Ed.), *New Economy Handbook* (pp. 822–841). Academic Press.

Harris Interactive. (2021). *Télétravail | Résultats d'une étude sur l'activité professionnelle des français pendant le confinement* (Rapport pour le Ministère du Travail de l'Emploi et de l'Insertion). https://travail-emploi.gouv.fr/actualites/l-actualite-du-ministere/article/teletravail-resultats-d-une-etude-sur-l-activite-professionnelle-des-francais

Hasbi, M. (2020). Impact of very high-speed broadband on company creation and entrepreneurship: Empirical Evidence. *Telecommunications Policy*, *44*(3), 101873. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101873

Hitt, L., & Tambe, P. (2007). Broadband adoption and content consumption. *Information Economics and Policy*, *19*(3), 362–378. https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2007.04.003

Kongaut, C., & Bohlin, E. (2014). Unbundling and infrastructure competition for broadband adoption: Implications for NGA regulation. *Telecommunications Policy*, *38*(8), 760–770. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2014.06.003

Lapointe, P. (2015). Does Speed Matter?: The Employment Impact of Increasing Access to Fiber Internet. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, *101*(1), 9–28.

Lin, M.-S., & Wu, F.-S. (2013). Identifying the determinants of broadband adoption by diffusion stage in OECD countries. *Telecommunications Policy*, *37*(4), 241–251. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2012.06.003

Lindlacher, V. (2021). Low demand despite broad supply: Is high-speed Internet an infrastructure of general interest? *Information Economics and Policy*, 100924. https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2021.100924

Marchal, H., & Stébé, J.-M. (2018). *La France périurbaine*. Que sais-je.

Mills, B., & Whitacre, B. (2003). Understanding the Non-Metropolitan—Metropolitan Digital Divide. *Growth and Change*, *34*(2), 219–243.

Mompeu-Lebel, A. (2021). *La France de la fibre optique* (p. 21). TERRA NOVA.

Moriset, B. (2010). Réseaux de télécommunications et aménagement des territoires. Vers une « fracture numérique territoriale 2.0 » ? *Cybergeo: European Journal of Geography*. https://doi.org/10.4000/cybergeo.22930

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Quaglione, D., Agovino, M., Di Berardino, C., & Sarra, A. (2018). Exploring additional determinants of fixed broadband adoption: Policy implications for narrowing the broadband demand gap. *Economics of Innovation and New Technology*. https://www2.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85024396679&doi=10.1080%2f10438599.2017.1350358&partnerID=40&md5=df078ba06442b6944bbc38d86955c6c7

Rallet, A., & Rochelandet, F. (2004). La fracture numérique : Une faille sans fondement ? *Reseaux, n° 127-128*(5), 19–54.

Roycroft, T. R. (2013). Empirical study of broadband adoption using data from the 2009 Residential Energy Consumption Survey. *Journal of Regulatory Economics*, *43*(2), 214–228. https://doi.org/10.1007/s11149-012-9207-2

Rybarczyk, G., & Wu, C. (2010). Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis. *Applied Geography*, *30*(2), 282–293. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.08.005

Sandvine. (2019). *Sandvine releases 2019 Global Internet Phenomena Report*. Sandvine report. https://www.sandvine.com/press-releases/sandvine-releases-2019-global-internet-phenomena-report

Scheerder, A., van Deursen, A., & van Dijk, J. (2017). Determinants of Internet skills, uses and outcomes. A systematic review of the second- and third-level digital divide. *Telematics and Informatics*, *34*(8), 1607–1624. https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.07.007

SELL. (2020). *Les francais et le jeu vidéo* [L'essentiel du jeu vidéo]. https://www.sell.fr/news/bilan-marche-jeu-vid%C3%A9o-2019

Sinai, T., & Waldfogel, J. (2004). Geography and the Internet: Is the Internet a substitute or a complement for cities? *Journal of Urban Economics*, *56*(1), 1–24. https://doi.org/10.1016/j.jue.2004.04.001

Strube Martins, S., & Wernick, C. (2021). Regional differences in residential demand for very high bandwidth broadband internet in 2025. *Telecommunications Policy*, *45*(1), 102043. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.102043

Whitacre, B. E. (2010). The Diffusion of Internet Technologies to Rural Communities: A Portrait of Broadband Supply and Demand. *American Behavioral Scientist*, *53*(9), 1283–1303. https://doi.org/10.1177/0002764210361684

Whitacre, B., Strover, S., & Gallardo, R. (2015). How much does broadband infrastructure matter? Decomposing the metro–non-metro adoption gap with the help of the National

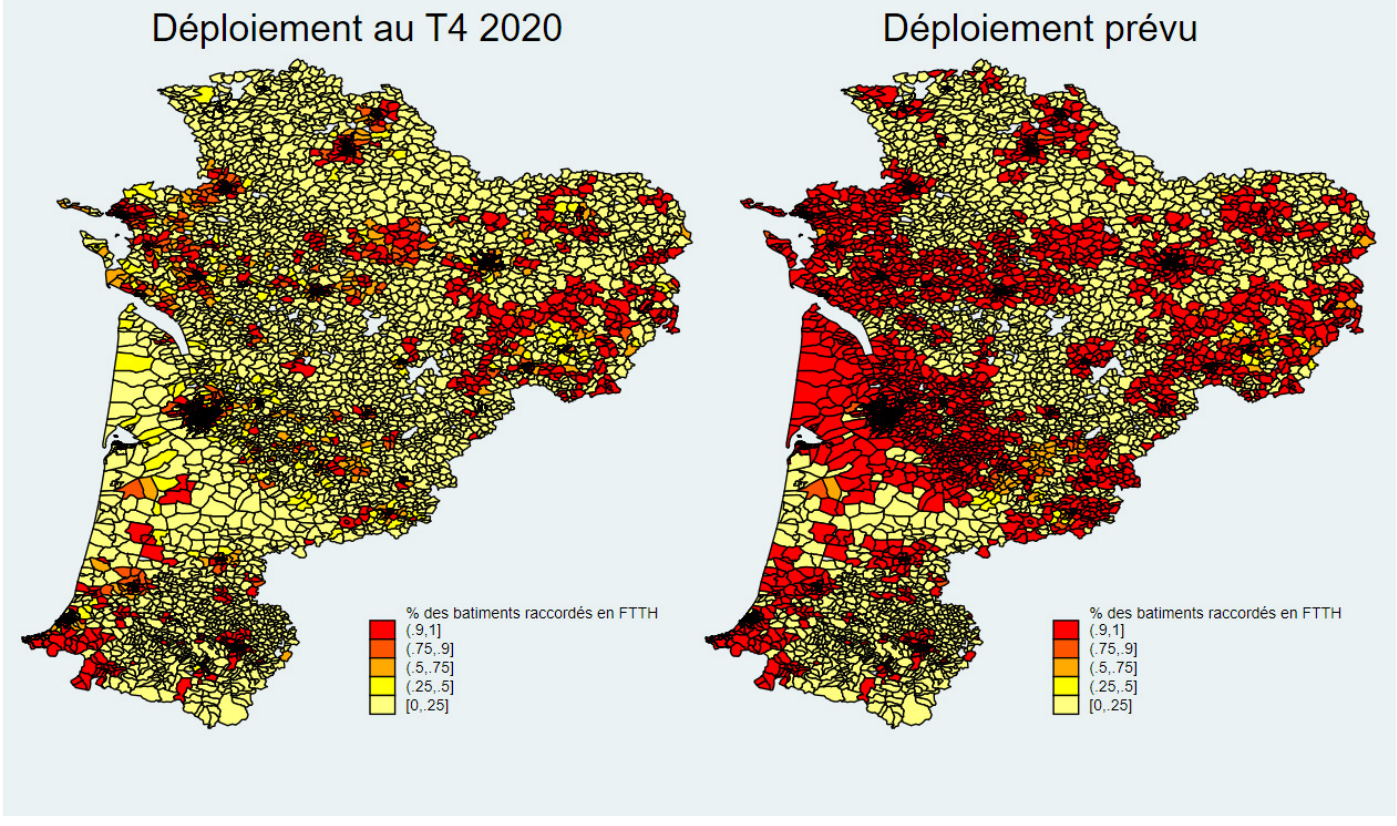
Broadband Map. *Government Information Quarterly*, *32*(3), 261–269. https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.03.002

WIK consult. (2018). *The Benefits of Ultrafast Broadband Deployment*. Ofcom report. https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0016/111481/WIK-Consult-report-The-Benefits-of-Ultra-fast-Broadband-Deployment.pdf

ANNEXE 1

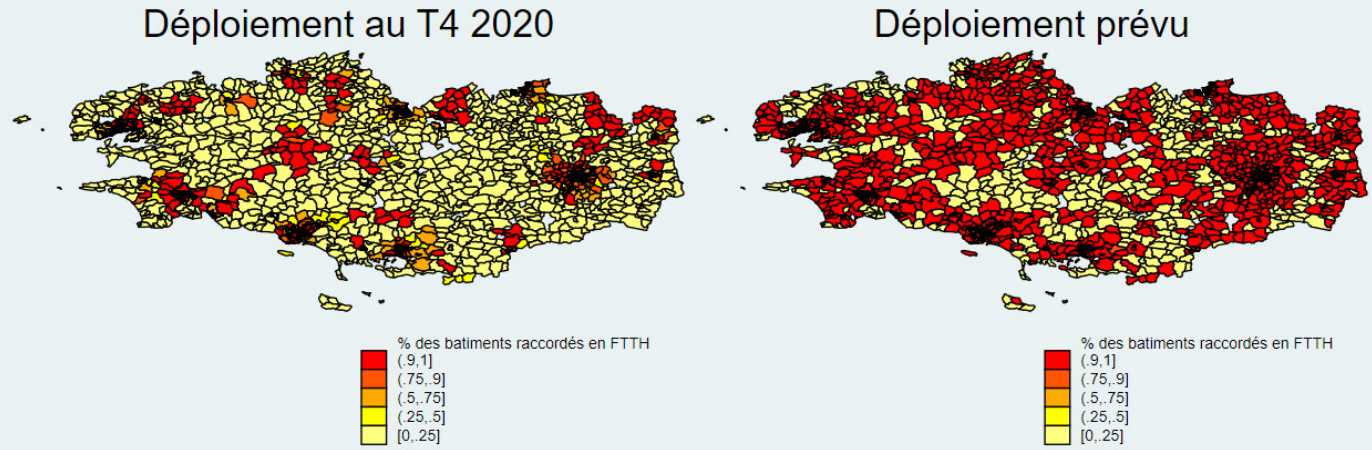
Carte de déploiement de la fibre optique pour les régions Nouvelle Aquitaine, Bretagne, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Île de France.

Déploiement FTTH en Nouvelle Aquitaine

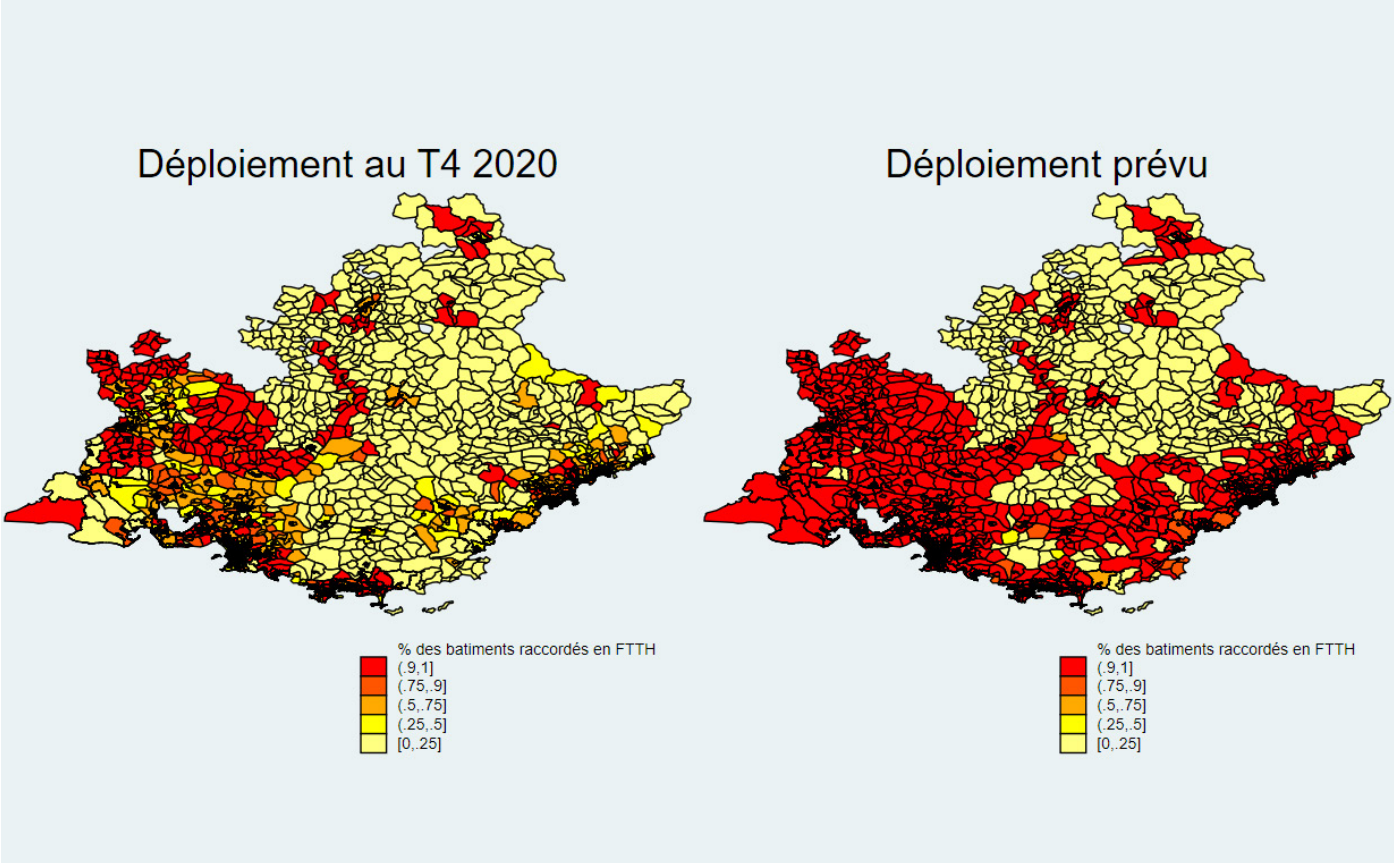


Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Déploiement FTTH en Bretagne

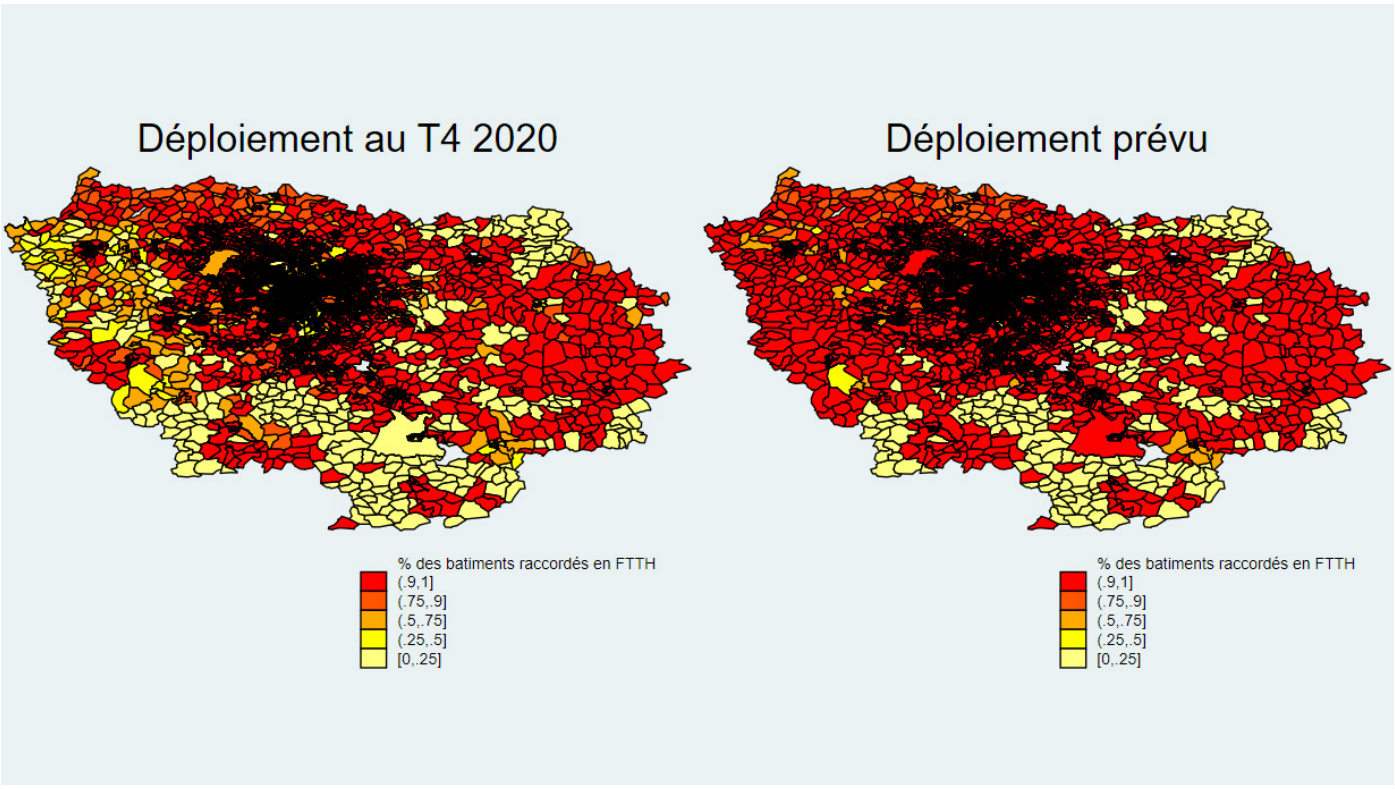


Déploiement FTTH en Provence-Alpes-Côte d'Azur

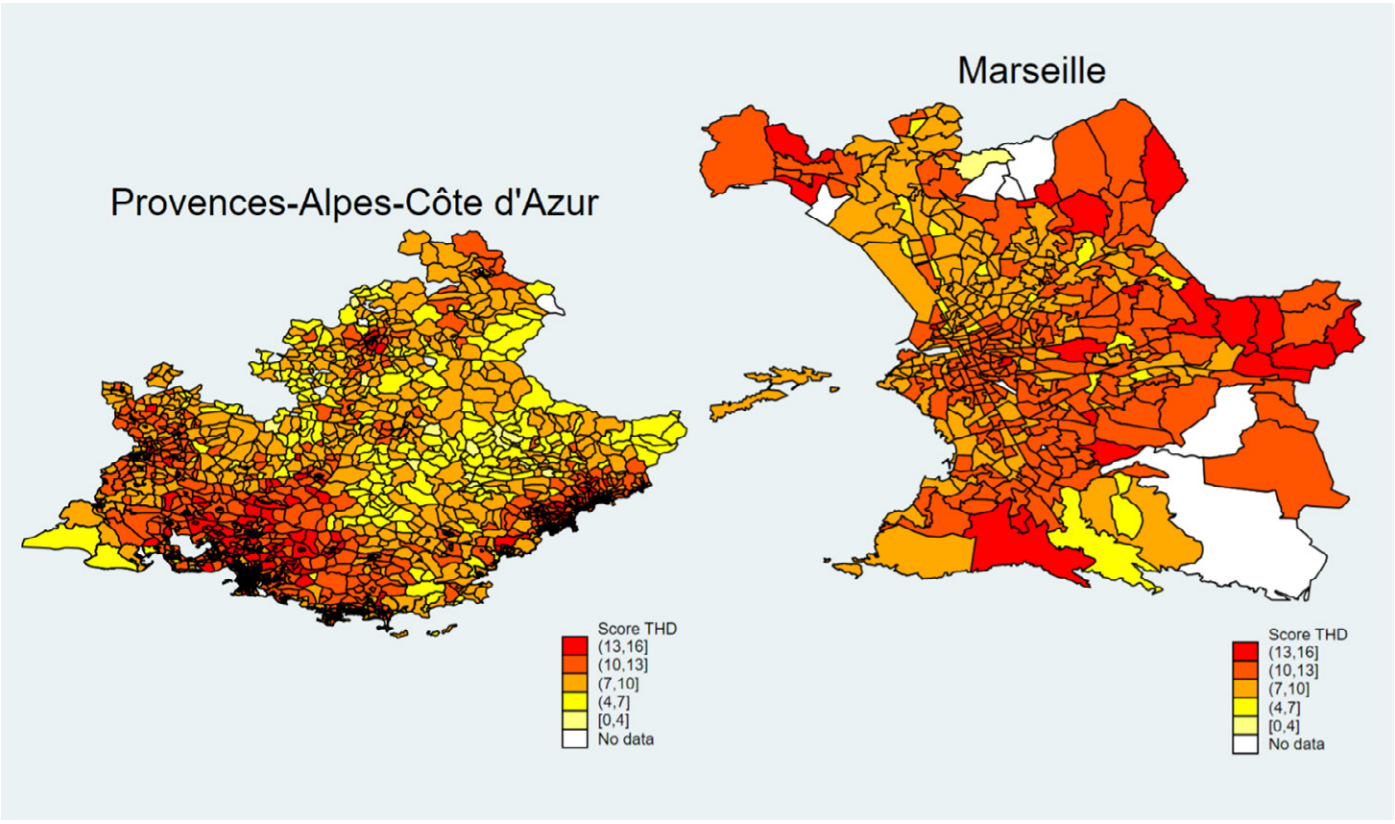


Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Déploiement FTTH en île-de-France



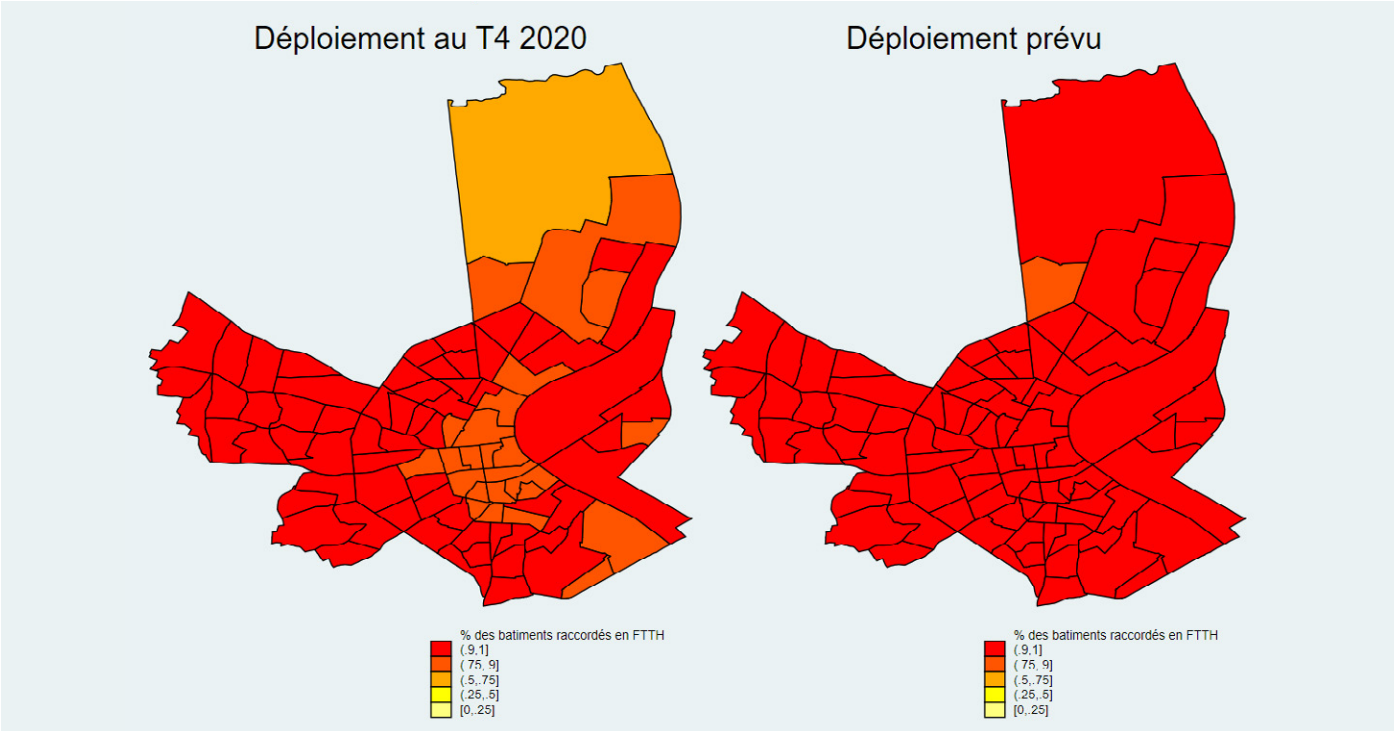
Estimation des besoins en très haut débit



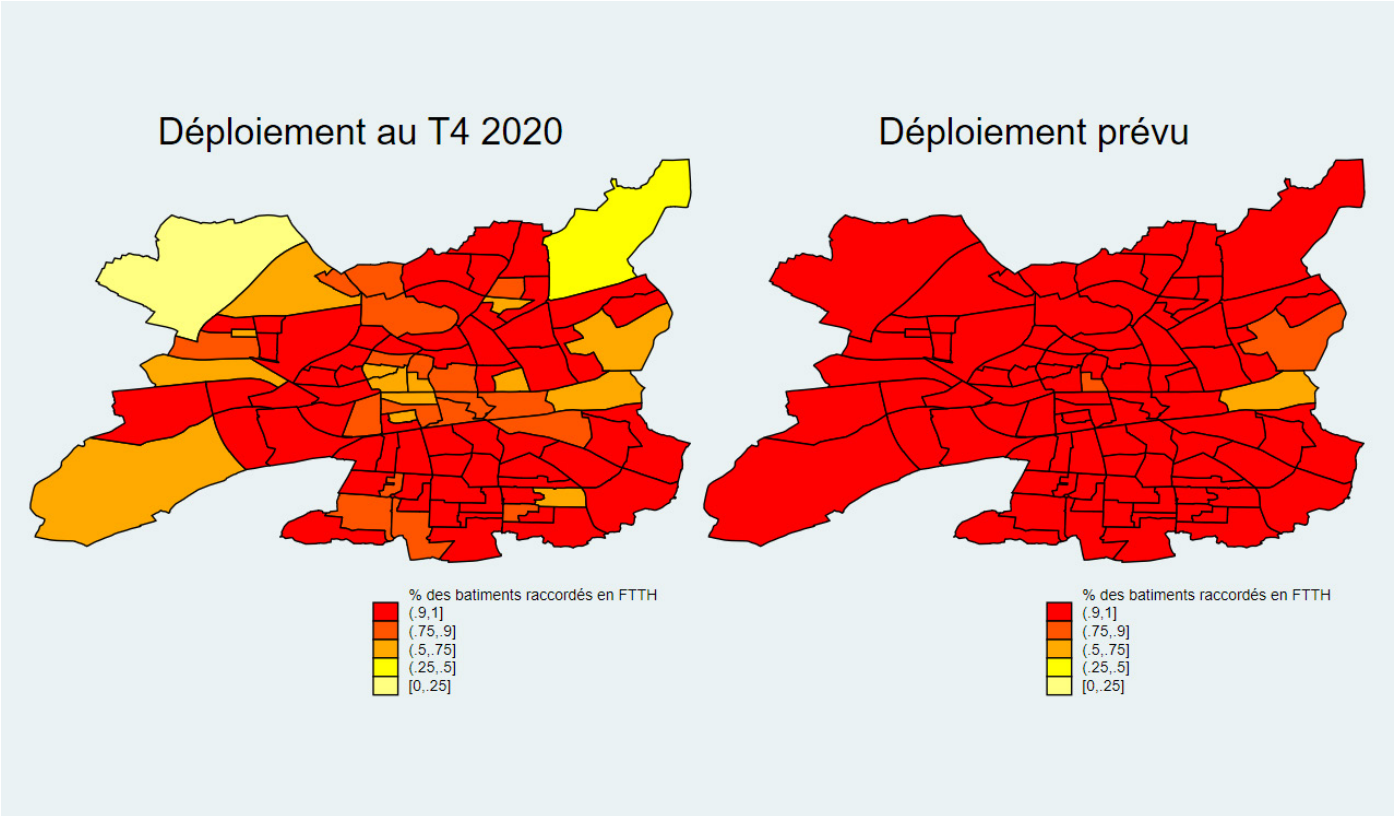
Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Carte de déploiement de la fibre optique pour les villes de Bordeaux, Rennes, Marseille et Paris.

Déploiement FTTH à Bordeaux

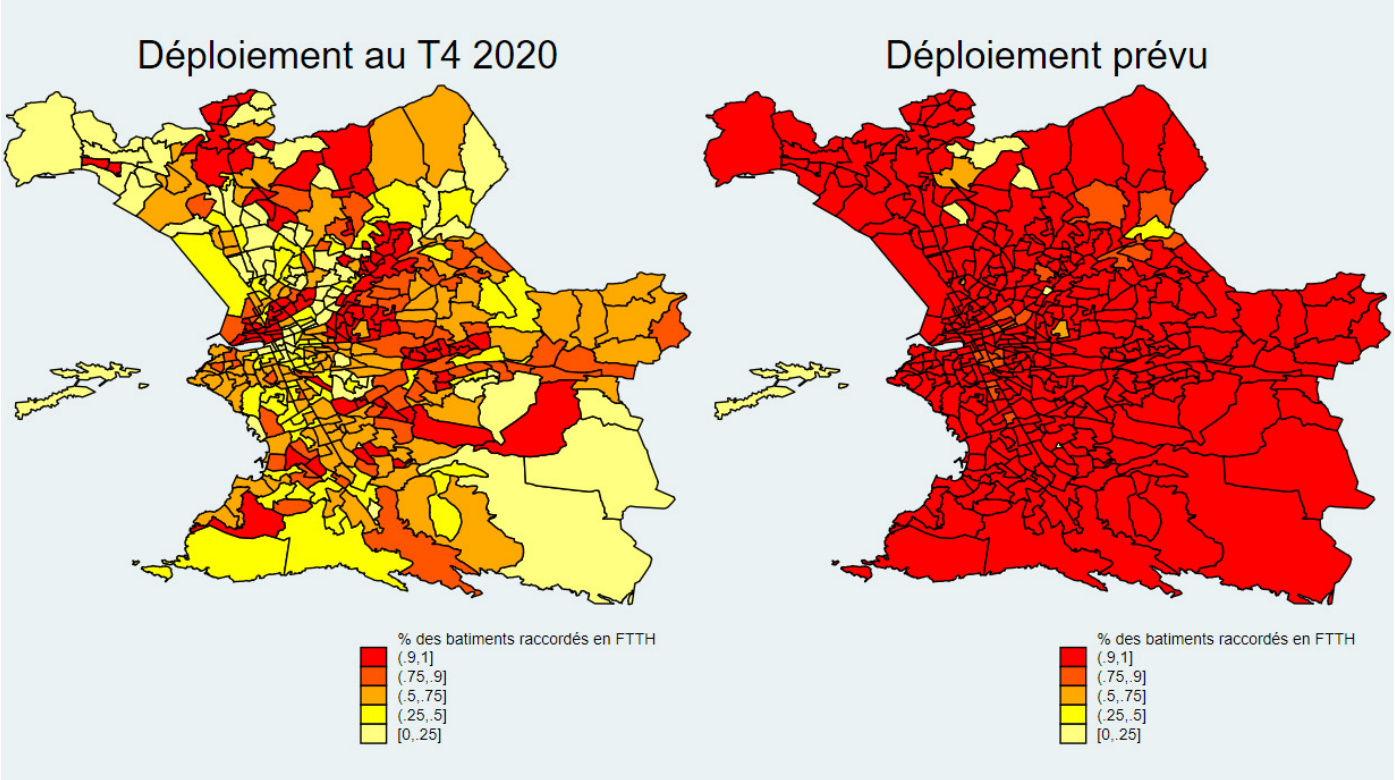


Déploiement FTTH à Rennes

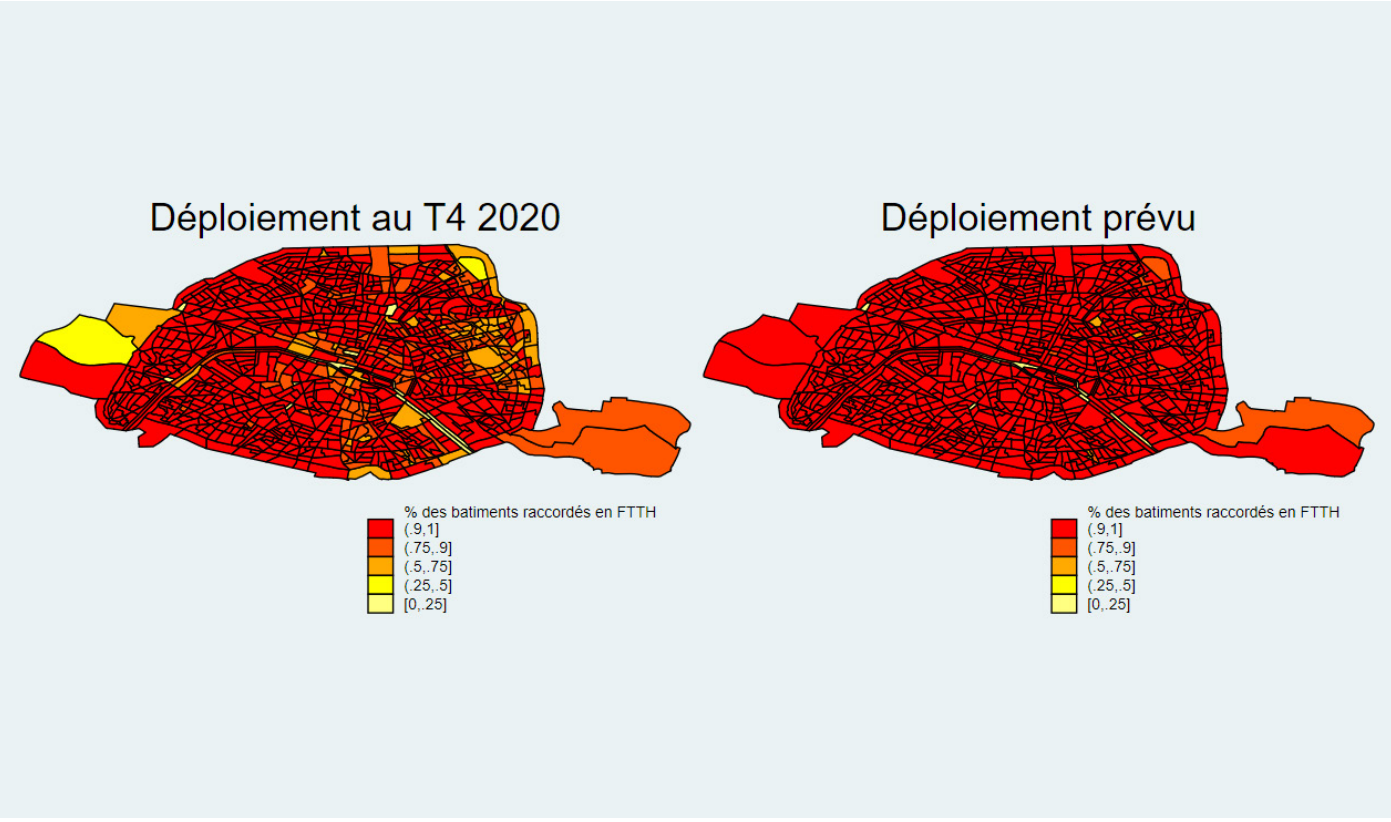


Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Déploiement FTTH à Marseille



Déploiement FTTH à Paris

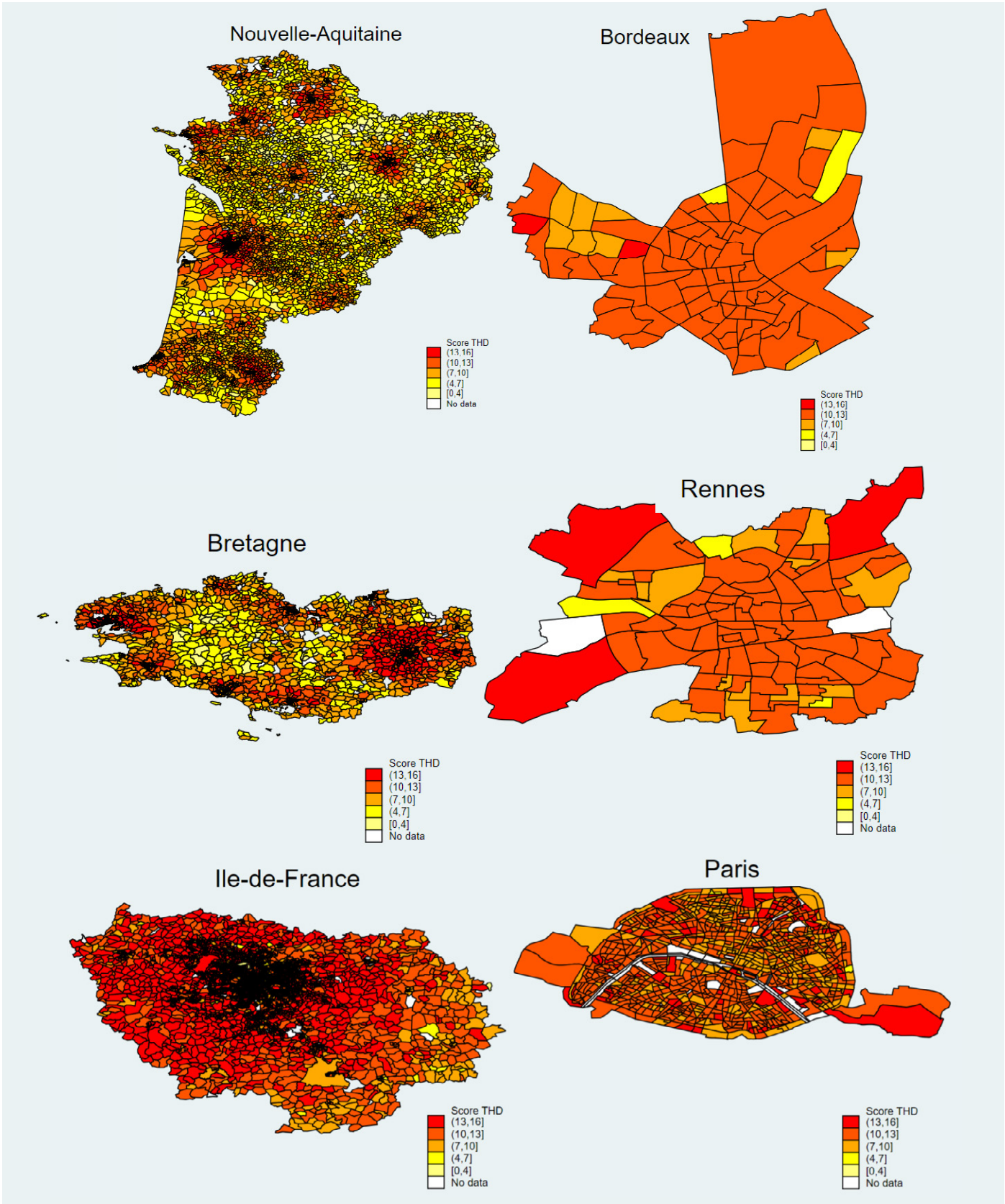


Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

ANNEXE 3

Carte des scores d'intensité de besoin en très haut débit pour les régions Nouvelle Aquitaine, Bretagne, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Île de France et leurs capitales régionales Bordeaux, Rennes, Marseille et Paris.

Estimation des besoins en très haut débit

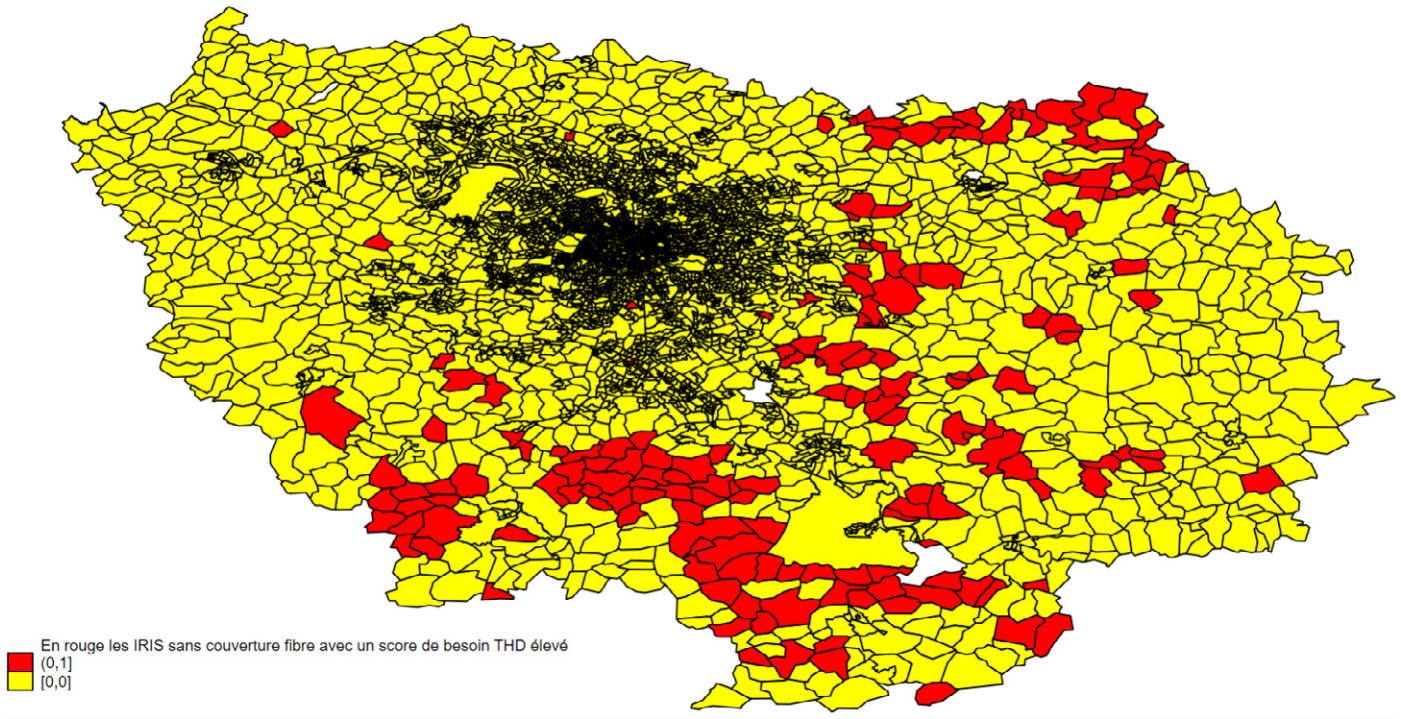


Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

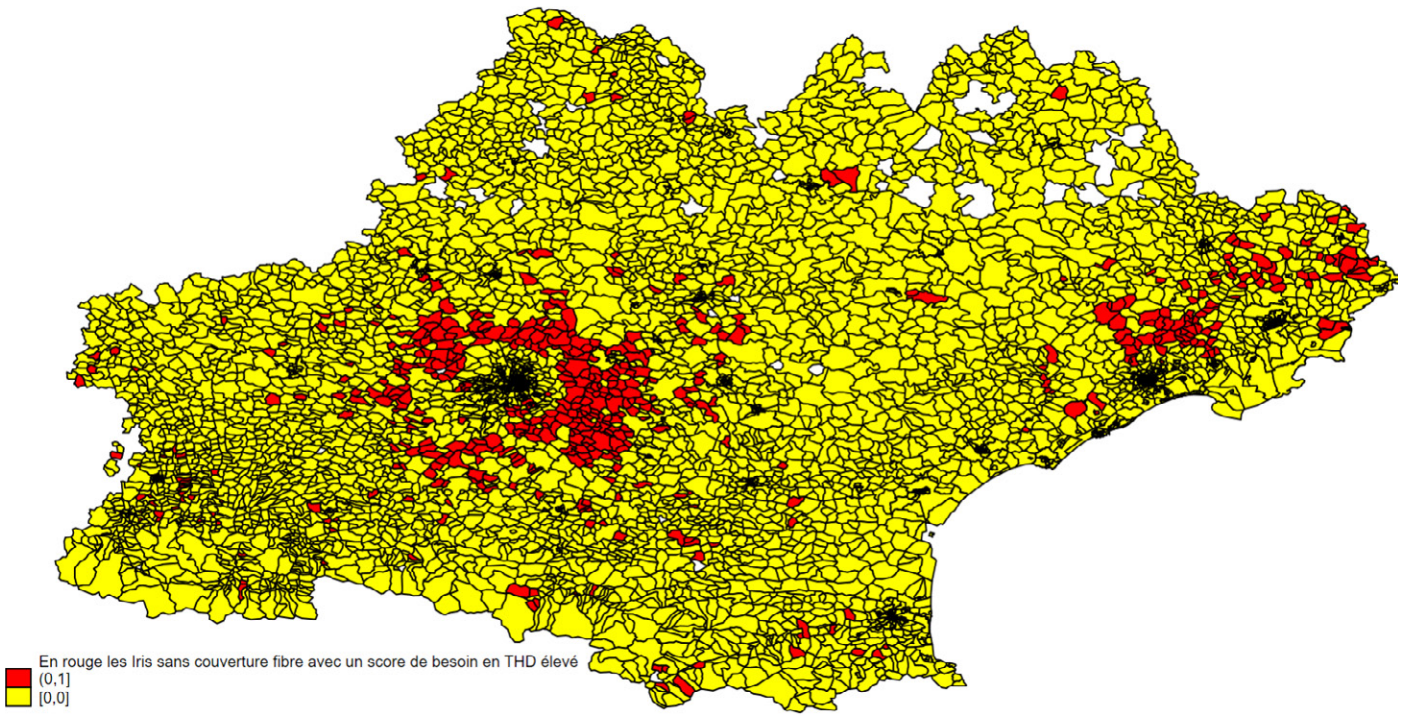
ANNEXE 4

Carte des IRIS sans fibre ayant un score d'intensité de besoin en très haut débit élevé (>12) pour les régions Occitanie, Bretagne et Île de France.

île-de-France

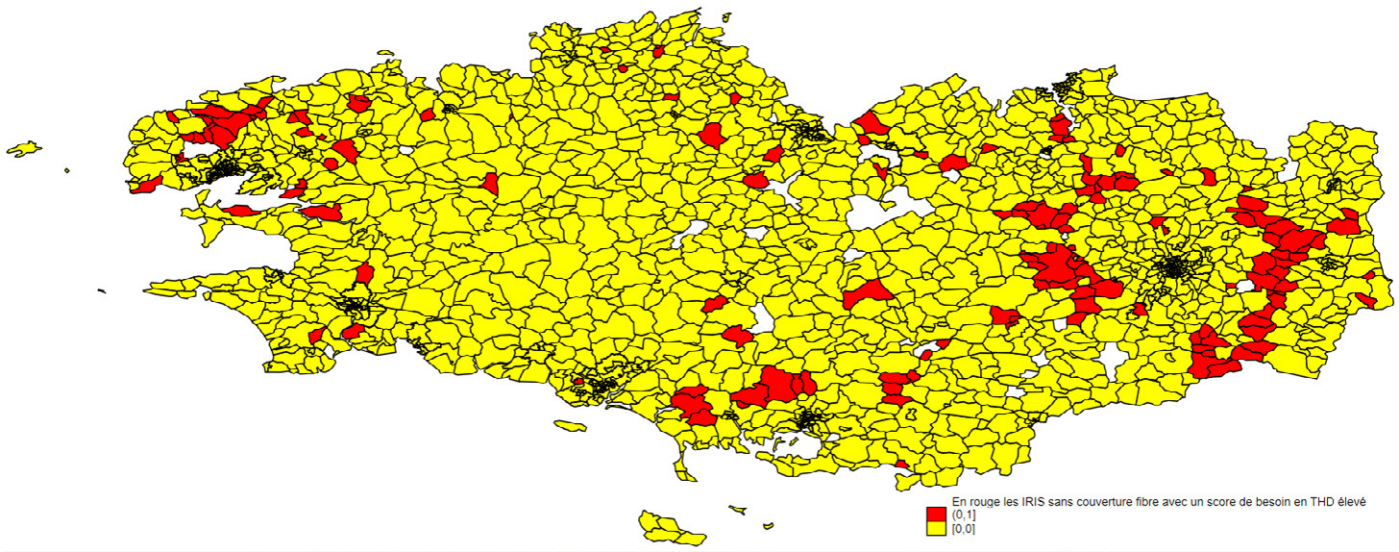


Occitanie

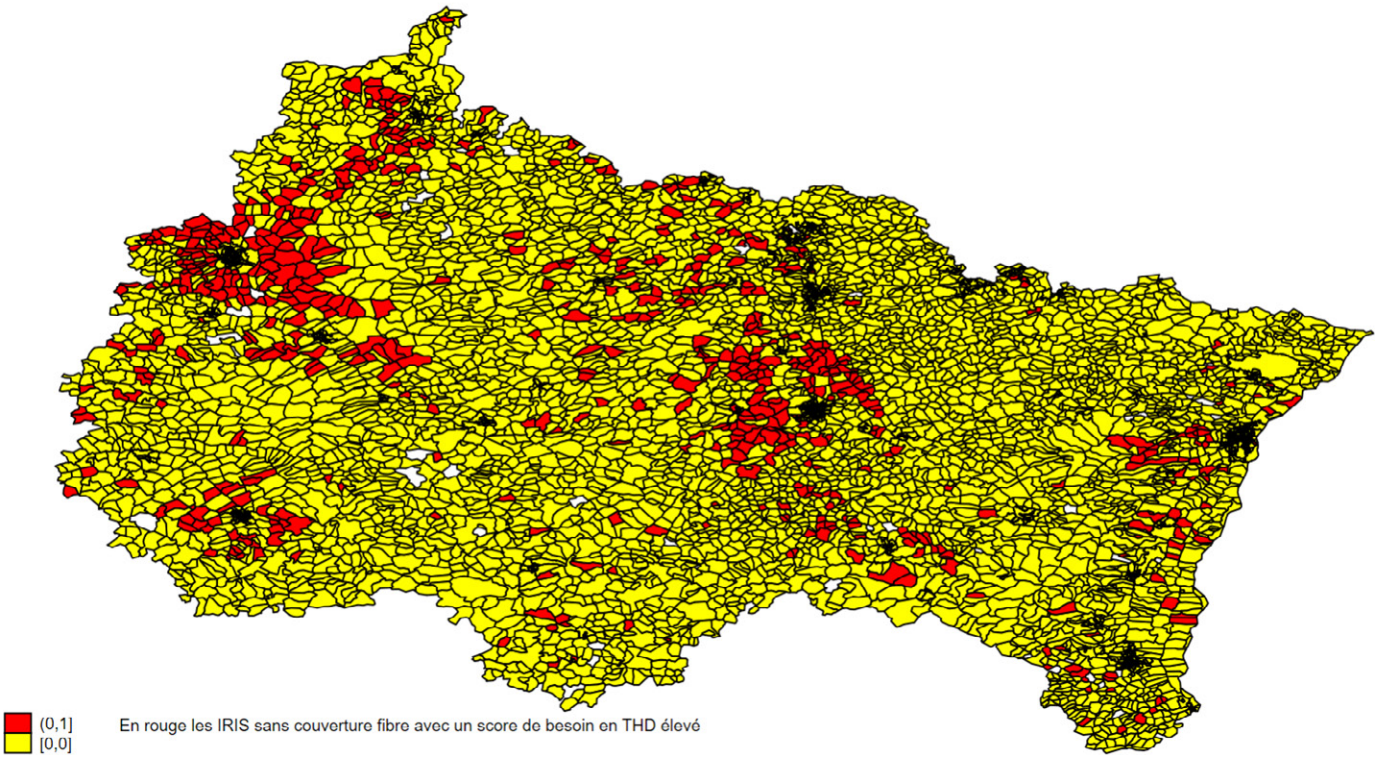


Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Bretagne



Grand Est



Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.

Tableaux complémentaires

Besoin en débit et qualité de service pour les usages numériques

Usage de l'Internet	Bande passante minimale en MB/s pour qualité vidéo standard	Bande passante minimale en MB/s pour qualité vidéo UHD/4K	Bande passante minimale avec standards vidéo immersifs en MB/s	Qualité de service de la connexion (Latence, perte de paquets)	Importance du débit ascendant
Usages de base (mail, recherche, web)	1	1	1	0	0
Consommation vidéo					
Media et divertissement	5	20	300	++	+
Communication	5	20	300	++	+++
Jeux vidéo	5	20	300	+++	++
Travail à distance					
Vidéoconférences (Réunion, enseignement, Travail en groupe)	8	25	300	+++	+++
Informatique en nuage	10	10	10	+++	++

Note : inspiré des rapports d'évaluation des bénéfices de la fibre d'Analysys Mason (2012), (2020), CISCO (2020) et WIK consult (2018)

Reproduced with permission of the copyright holder. Further reproduction prohibited.