



HAL
open science

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

Sylvain Dejean, Sophie Tarascou

► **To cite this version:**

Sylvain Dejean, Sophie Tarascou. A qui profite la fibre ? Estimation des besoins en très haut débit et déploiement de la fibre optique en France. 2021. hal-03341938

HAL Id: hal-03341938

<https://hal.science/hal-03341938>

Preprint submitted on 13 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

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

Sylvain Dejean

sylvain.dejean@univ-lr.fr

CEREGE, La Rochelle Université

Sophie Tarascou

sophie.tarascou@univ-lr.fr

CEREGE, La Rochelle Université

Résumé :

Le déploiement de la fibre optique est une condition nécessaire pour relever les défis posés par l'économie numérique du XXI^e 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, certains territoires ruraux et périurbains représentant 2 millions d'habitants pourraient être particulièrement fragilisés par l'absence de fibre optique.

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

1. 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, aura largement contribué à faire entrer les citoyens du monde dans l'ère des réseaux informatiques. Les quelques dizaines de mégabits que les technologies XDSL permettent de transférer chaque seconde ont permis de démocratiser l'accès à la reine des applications de l'Internet, le web. Ils ont également, dans les cas les plus favorables, autorisés le passage de la voix et de l'image, faisant ainsi converger le téléphone, l'ordinateur et la télévision. Pour les entreprises et les administrations, la révolution est du même ordre. Même si, comme le notait Robert Solow (Solow, 1987), il est difficile de mesurer les gains de productivité permis par les technologies de l'information¹, aucune organisation ne saurait aujourd'hui se passer des réseaux de données.

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 en-dessous et au-dessus d'IP. Sans faire l'inventaire des services amenés à consommer de grands volumes de données, nous pouvons souligner que l'économie numérique du XXI^e siècle est principalement soutenue par

¹ Voir par exemple (Triplett, 1999) pour une explication du paradoxe de Solow.

la consommation de vidéos, l'informatique en nuage, les objets connectés et la promesse de voir certains services massivement basculer en ligne (santé, gestion énergétique, éducation).

La fibre optique jusque chez l'abonné (FTTH pour Fiber To The Home) apparaît comme la technologie idoine pour garantir un débit et une qualité de service suffisants pour ces nouveaux usages. En plus de permettre des débits théoriques de l'ordre du Gigabit², 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 la fiabilité de la connexion accrue puisque la fibre est beaucoup moins sujette aux perturbations électromagnétiques et aux interférences. Le temps que met une information à traverser le réseau (latence) diminue également contribuant à améliorer l'expérience des services nécessitant une forte interactivité (jeux vidéo en ligne par exemple). Enfin, l'offre de débit symétrique (égalité entre débit descendant et montant) modifie considérablement les usages possibles du réseau, il est par exemple une condition nécessaire pour les usages de visio-conférences (télétravail, éducation). A l'heure où les impacts environnementaux du numérique font débat (Bordage, 2019; Courboulay, 2021), il est important de noter que la fibre optique possède un avantage indéniable en matière de consommation électrique. Un récent rapport de l'ARCEP 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.

On comprend que l'accès au très haut débit et à la fibre optique est un enjeu majeur pour les années à venir. 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 plus rares. 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 tendent à montrer l'existence d'effets d'entraînement 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).

L'enjeu est également social puisque la question de l'accès renvoie inévitablement à celle de l'aménagement et du financement des infrastructures nécessaires à la connexion de tous. Le concept de « fracture numérique » a été largement mobilisé dans la littérature pour qualifier l'étude des inégalités dans l'accès et dans l'usage des technologies de l'information (Antonelli, 2003; Goldfarb & Prince, 2008; Moriset, 2010; Rallet & Rochelandet, 2004). La dimension géographique apparaît alors prépondérante pour comprendre les fractures numériques 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 déploiement des technologies très haut débit offre certainement une nouvelle lecture de ces fractures pour au moins deux raisons. La première est qu'Internet, pensé comme une technologie à usage générique (Greenstein & Prince, 2009) impacte désormais tous les secteurs et est une condition nécessaire pour accéder à la plupart des services. 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 deuxième raison est bien évidemment liée au contexte actuel de la pandémie mondiale de la COVID 19.

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

Elle a figé le monde dans des interactions distantes, accélérant les besoins en connexion très haut débit³ notamment pour les cours à distance et le télétravail, deux activités lourdement consommatrices de données.

Les enjeux sont enfin environnementaux, les réseaux étant la deuxième source d'impact environnemental du numérique, 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

La fibre optique apparaît donc comme le standard technologique le plus à même de répondre aux enjeux de l'économie numérique du XXIe siècle.

Le plan France THD

Face à ces nouveaux besoins et au danger 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 débit⁴ 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 33000 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 privés⁵.

On le devine, la vitesse de déploiement est inégale entre ces différentes zones⁶. 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. A 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

³ <https://www.latribune.fr/technos-medias/telecoms/orange-et-bouygues-telecom-affichent-leur-resilience-face-a-la-covid-19-878039.html>.

<https://blog.ariase.com/box/actualite/abonnement-fibre-optique-orange-sfr-covid>

⁴ <https://www.aménagement-numérique.gouv.fr/fr>

⁵ <https://www.aménagement-numérique.gouv.fr/fr/pilotage-du-plan-france-tres-haut-debit>

⁶ 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>

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. La crise de la COVID19 fournit encore une fois un parfait contre-exemple, étudiants et actifs ont, à la faveur des différents confinements, étaient contraints de travailler et d'étudier dans des lieux parfois éloignés de leur lieu de résidence habituelle. Leurs usages nécessitant de nombreuses interactions vidéo synchrones ont été en partie contraints par l'inégal déploiement des réseaux très haut-débit.

L'objectif de cet article est justement de fournir une réflexion et une méthodologie pour évaluer les écarts entre le déploiement de la fibre optique et les besoins présents et à venir des habitants. Il nous faut, pour se faire, relever un défi méthodologique d'importance, à savoir identifier les besoins en très haut-débit des utilisateurs et les mettre en regard de l'existence d'un accès à la fibre optique. A notre connaissance, ces données n'existent pas à l'échelle individuelle⁷, 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 en estimant un score d'intensité des besoins en fibre optique pour les ménages appartenant à une unité spatiale prédéfinie pour ensuite apparier ces besoins avec la géographie du déploiement de la fibre optique.

L'étape 1 consiste à définir les usages qui nécessitent une connexion très haut débit (section 2) puis définir les profils d'utilisateurs et de foyers les plus susceptibles de développer ces usages (section 3). A l'étape 2 nous nous saisissons des données disponibles pour localiser ces populations ainsi que la disponibilité d'un point de branchement optique à l'endroit où elles résident (section 4). Enfin la dernière étape propose d'estimer un score d'intensité des besoins en très haut débit (section 5) afin d'analyser les disparités régionales existantes entre besoins et disponibilité de la fibre optique (section 6). Nous tenterons pour finir de mettre en exergue quelques enjeux clés pour la suite de ce travail et le développement de la fibre optique en France (section 7).

2. Identifier les besoins en fibre optique

Jusqu'à très récemment il convenait d'admettre qu'il existait un décalage entre les besoins des internautes pour leurs usages et le développement des offres très haut-débit. Grzybowski et al., (2018) 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 usages en cours en 2014 au moment de l'étude. 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 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

⁷ Seuls les fournisseurs d'accès pourraient évaluer sur la base des consommations actuelles les besoins des utilisateurs, mais encore le pourrait-il uniquement pour leurs abonnés

d'abonnements ont été souscrits⁸. Mais la photographie instantanée de la demande pour la fibre masque la dynamique et les changements en cours.

Pour évaluer ces évolutions, 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 se faire, nous nous appuyerons sur des rapports d'experts qui ont, à des moments différents, tentés 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 gérer. Nous regarderons ensuite comme la composition d'un foyer peut influencer sur les débits nécessaires, étant entendu que le foyer est l'unité de base du raccordement optique et que les besoins peuvent être multipliés en fonction de sa composition.

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 internautes⁹. A l'échelle de l'Internet, on estime que 60% du trafic est désormais lié à des contenus vidéo (Sandvine, 2019). En France, l'ARCEP estime que 55% du trafic provient de 4 acteurs (Netflix, Google, Akamai¹⁰ et Facebook) tous fournisseurs de contenu majoritairement vidéo. Plus encore, les évolutions des standards vidéo (UHD,4K, 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)¹¹. 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 et immersive. Ces dernières nécessitent à minima une centaine de MB/s (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'est finalement plébiscité par personne, ni les salariés ni les entreprises. En rendant le travail à distance obligatoire lorsque cela était possible, les périodes

⁸ <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/lopen-data.html>

⁹ Notons que ce n'est pas exclusifs au pure players cités, la télévision « linéaire » emprunte également le protocole IP au travers des offres couplées Internet, téléphone et télévision.

¹⁰ Akamai est un CDN Content Delivery Network qui propose des architectures de serveurs capables d'optimiser la diffusion de contenu pour des clients. Le recours aux services d'un CDN est particulièrement nécessaire lorsqu'une entreprise doit acheminer de gros volumes de données avec une qualité de service élevée, ce qui est le cas des contenus vidéos.

¹¹ A 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.

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 inconnues 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 ci-avant mentionnent l'importance des ressources matérielles et informatiques, nous faisons ici l'hypothèse que l'accès au très haut-débit est une condition nécessaire à l'exercice pérenne du télétravail. Au contraire de la consommation vidéo pour le loisir décrite précédemment, 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 sont une condition nécessaire pour optimiser le travail à distance.

Le tableau 1, inspiré des rapports d'évaluation des bénéfices de la fibre d' Analysys Mason (2012), (2020), CISCO (2020) et WIK consult (2018), permet de synthétiser les besoins en débit et en qualité de service pour les usages génériques mentionnés ci-dessus. Différentes qualités de standards vidéos sont envisagées pour tenir compte des évolutions présentes et futures. Le principal enseignement de ce tableau est que la fibre optique est nécessaire même en considérant des standards vidéos peu exigeants. Dès que des interactions sont nécessaires (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.

TABLEAU 1 : Déploiement FTTH dans les IRIS en fonction de la taille de leur commune d'appartenance

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	o	o
Consommation vidéo					
Média et loisirs	5	20	300	++	+
Jeux vidéo	5	20	300	+++	++
Travail à distance					
Vidéoconférences (Réunion, enseignement,	8	25	300	+++	+++

Travail en groupe) Informatique en nuage	10	10	10	+++	++
--	----	----	----	-----	----

La composition des foyers

Le nombre de personnes partageant une connexion fixe est également un déterminant clef 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 lorsque les membres d'un même foyer sont amenés à utiliser Internet simultanément. Cette considération impose une lecture différente du tableau 1. Un foyer de plusieurs personnes se retrouve immédiatement limité par une connexion ADSL (dont le débit moyen descendant avoisine les 10Mb/s en France) dès lors que deux membres ont simultanément des usages vidéo standards (2 x 5MB/s). La multiplication des appareils connectés (y compris en Wi-Fi sur les mobiles) et la diversité des services offerts par le réseau IP rendent le passage à la fibre d'autant plus nécessaire pour satisfaire l'ensemble des besoins des membres du foyer.

3. 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 se 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 appuyerons sur le dernier baromètre du CREDOC intitulé « diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société française en 2019 »¹² (CREDOC, 2019). Basé sur une enquête effectuée en face-à-face auprès de 2200 personnes, il nous semble être la source la plus complète et à jour sur les usages numériques des français. La proportion d'internautes possédant un abonnement payant à une plateforme de SVOD (Netflix, Amazon Prime, OCS, Canal Play...) a particulièrement retenu notre attention. Si 36% des personnes interrogées déclarent posséder un abonnement pour ce type de contenu vidéos, cette proportion a augmenté de 11 points de pourcentage en un an. Cette augmentation illustre la croissance de la consommation de vidéo en ligne décrite précédemment. L'enquête démontre que l'âge est le principal déterminant de la possession d'un abonnement SVOD. 66% des 18-24 ans en possèdent un contre 51% des 35-39 ans et 53% des 12-17 ans, le pourcentage chute ensuite considérablement au-delà de 39 ans. On retrouve la primauté de l'âge dans les facteurs expliquant la consommation de jeux-vidéo (SELL, 2020) ce qui nous conforte dans le choix d'associer les besoins en consommation vidéo avec l'âge des utilisateurs.

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 ces membres et donc la probabilité qu'ils aient recours au télétravail. Pour se faire, 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 effectué à distance, et en l'occurrence depuis son domicile. Leurs estimations sont basées sur

¹² Réalisé pour le compte du Conseil Général de l'Economie, de l'Industrie, de l'Energie et des Technologies (CGE), l'Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes (ARCEP) et l'Agence du numérique.

le traitement des résultats d'enquêtes aux Etats-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 2 ci-dessous les familles de métier pour lesquelles plus de 50% des emplois peuvent être effectués à domicile.

TABLEAU 2: Professions dont plus de 50% des emplois peuvent être effectués à domicile (Dingel & Neiman, 2020)

	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

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 3). 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.

TABLEAU 3: 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

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)

dans leur article. Pour autant, nous perdrons la capacité à les observer aux échelles géographiques utilisées dans ce manuscrit (voir infra). 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.

Concernant la composition des foyers et conformément aux arguments évoqués dans la section 2, nous nous concentrerons sur le nombre de personnes dans le foyer. Etant entendu que lorsque la taille du foyer est supérieure à 2, elle désigne presque exclusivement des foyers avec enfants et vient en partie recouper l'information sur la présence de personnes de moins de 24 ans.

4. Les données

L'échelle infra-communale.

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. L'INSEE en France 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 16000), ce n'est pas le cas des plus petites communes qui constituent un seul IRIS (environ 34000)¹³.

Socio-démographie des IRIS

Les données utilisées pour identifier les caractéristiques socio-démographiques qui qualifient les usages en services très haut-débit sont toutes issues de la statistique publique. Nous nous référerons à la base infra-communale « Population » pour l'estimation du nombre d'habitants, de la part d'une tranche d'âge mais également pour la profession exercée par les actifs dans chaque IRIS¹⁴. 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 »¹⁵.

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

¹³ <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1523>

¹⁴ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4799309>

¹⁵ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4799268>

haut¹⁶. Nous produisons ainsi une base originale du niveau de déploiement de la fibre à l'échelle des quartiers au quatrième trimestre 2020.

On compte ainsi approximativement 16 millions d'immeubles (pavillons et immeubles) qui correspondent à 24 millions de logements¹⁷. 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 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 de l'évolution du déploiement. 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 4^{ème} 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 d'information mais pour les principales agglomérations des 4 régions choisies (Bordeaux, Rennes, Marseille et Paris).

Plusieurs observations peuvent être faites en observant ces cartes. A l'échelon régional, tout d'abord, on observe une importante disparité territoriale entre les aires urbaines, périurbaines 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 plant 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. Mais là encore des disparités apparaissent, 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 donné¹⁸.

Le tableau 4 ci-dessous complète les cartes des annexes 1 et 2 en quantifiant pour l'ensemble du territoire ces disparités de déploiement. Le taux moyen de bâtiments raccordés par IRIS y est calculé en fonction de la taille de l'unité urbaine dans laquelle l'IRIS est présent.

¹⁶ Nous avons pour se faire utilisé le programme Geoindata disponible pour la version 15 du logiciel STATA.

¹⁷ Source ARCEP

¹⁸ 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>

TABLEAU 4: Taux de déploiement FTTH dans les IRIS en fonction de la taille de leur commune d'appartenance

	Déploiement au T4 2020		Déploiement prévu	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Commune rurale	0.27	0.42	0.45	0.49
Commune dans une unité urbaine de 2 000 à 4 999 hab.	0.44	0.45	0.64	0.47
Commune dans une unité urbaine de 5 000 à 9 999 hab.	0.46	0.44	0.68	0.45
Commune dans une unité urbaine de 10 000 à 19 999 hab.	0.53	0.43	0.76	0.41
Commune dans une unité urbaine de 20 000 à 49 999 hab.	0.62	0.38	0.81	0.37
Commune dans une unité urbaine de 50 000 à 99 999 hab.	0.76	0.29	0.91	0.25
Commune dans une unité urbaine de 100 000 à 199 999 hab.	0.79	0.28	0.89	0.26
Commune dans une unité urbaine de 200 000 à 1 999 999 hab.	0.80	0.25	0.96	0.14
Commune dans l'unité urbaine de Paris	0.89	0.18	0.97	0.09
Total	0.46	0.45	0.63	0.47

Ce tableau confirme ce que les cartes laissaient entrevoir. Les quartiers des communes de plus de 100 000 habitants promettent d'être quasi intégralement connectés et ont accompli la plupart de l'effort. Les quartiers des communes qui abritent entre 20 000 et 100 000 habitants sont moins avancés dans le déploiement mais devraient afficher en 2022 un taux de couverture très élevé même si l'écart à la moyenne suggère l'existence de quelques inégalités. Pour les communes de moins de 20 000 habitants et à fortiori pour les communes rurales, les taux de couverture sont très variables et de larges disparités apparaissent. Notons enfin que si le taux de couverture moyen d'un IRIS une fois le déploiement achevé sera de 63%, 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.

5. Estimation des besoins en très-haut débit

Comme évoqué dans la section 3, notre estimation de l'intensité des besoins en fibre optique est fonction de l'âge, 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 ». Chaque unité étant différente, nous classons chaque IRIS dans le quartile de la distribution de ces trois variables. Nous calculons ensuite un score d'intensité qui est une fonction linéaire des quartiles auxquels appartiennent chaque IRIS pour les caractéristiques d'âge, de taille du foyer et de la présence d'un actif appartenant à la PCS « cadres et professions intellectuelles supérieures ».

$$S_i^{THD} = f(\text{Age24}, \text{Taille du foyer}, \text{PCS}) = \sum_{k=1}^3 Q_{i,k}$$

Avec $k = \{ \text{Age24}, \text{Taille du foyer}, \text{PCS} \}$ 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 3 et 12. 3 signifiant que l'IRIS fait partie du premier quartile des IRIS pour les trois variables k et à l'inverse 12 qualifie un IRIS étant parmi les 25% ayant le plus d'habitants dont l'âge est inférieur à 24, 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 ».

La figure 1 montre la distribution de la variable de score S_i^{THD} . 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 . Il est probable que la probabilité d'être dans les quartiles 3 et 4 de la taille du foyer soit par exemple corrélée avec la proportion d'habitants de moins de 24 ans dans l'IRIS. S'agissant de la répartition géographique de l'estimation de ces besoins, nous avons détaillé dans la figure 2 la distribution de la variable de score pour différentes tranches d'unités urbaines. Plusieurs observations peuvent être faites. Tout d'abord, la distribution du score de besoin en THD se décale vers la droite à mesure que la taille de l'unité urbaine augmente, suggérant que les foyers ayant les besoins les plus importants en connexion très haut-débit se situent dans les grands centres urbains. Si cela ne constitue pas une surprise, la concentration de ces besoins dans les communes de plus de 100 000 habitants est particulièrement marquée. Pour ces dernières, comme pour l'unité urbaine de Paris, plus de 50% des IRIS ont des scores supérieurs à 9 (et même 67% pour Paris). A l'inverse, ce sont dans les communes rurales que nous trouvons les besoins les moins importants (score entre 3 et 6), des foyers souvent moins nombreux et plus âgés et une faible concentration d'actifs pouvant télétravailler expliquent cette tendance. 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, 29% des IRIS des communes rurales possèdent un score supérieur à 9, la demande pour le très haut-débit peut donc exister dans les communes les plus reculées, celles-ci étant d'autant plus, comme nous l'avons pu le voir auparavant, les moins bien desservies par la fibre optique.

En annexe 3, les cartes représentant le score d'intensité pour les quatre régions étudiées et leurs principales agglomérations confirment les disparités évoquées plus haut en montrant notamment que les zones péri-urbaines concentrent parfois plus fortement les IRIS avec des besoins en très haut débit élevés que certaines zones urbaines. C'est particulièrement frappant lorsqu'on observe la différence entre Paris et la région Île-de-France. La figure 2 avait déjà montré 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 montrent 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 à même de se loger dans les centres villes des grandes métropoles, ils subissent l'étalement urbain et avec lui la nécessité de se loger en périphérie des plus grandes agglomérations.

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.

6. L'offre de fibre optique correspond-elle aux besoins des territoires ?

Comme évoqué dans la section 4, une fois le déploiement achevé, le taux de couverture moyen d'un IRIS sera de 63% ce qui correspond à 80% de la population. Dans le tableau 5 nous évaluons le taux de couverture des IRIS en fonction de leur score d'intensité de besoin en THD.

TABLEAU 5 : Taux de déploiement FTTH dans les IRIS en fonction de leur score d'intensité de besoin en très haut débit

	Déploiement au T4 2020	Déploiement prévu en 2022
3	0.15	0.31
4	0.23	0.44
5	0.30	0.50
6	0.41	0.59
7	0.48	0.65
8	0.52	0.69
9	0.58	0.74
10	0.57	0.73
11	0.60	0.75
12	0.65	0.77
Total	0.47	0.63

Nous observons tout d'abord que le taux de couverture augmente avec la variable de score suggérant comme attendu que la fibre se déploie dans les zones où les besoins sont les plus importants. On constate aussi que le déploiement s'est effectué en priorité dans ces zones. 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 foyers exprimés en termes d'usages nécessitant du très haut-débit.

Pour autant, même dans les zones où les caractéristiques des populations suggèrent un besoin important en très haut-débit ($S_i^{THD} > 10$), 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 des ménages jeunes 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.

Pour se faire, nous allons 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 pour lesquelles la variable de score est supérieure ou égale à 10. Cela permet ainsi de capter le tiers supérieur des besoins en THD (cf figure 1).

Le tableau 6 identifie les caractéristiques de ces zones et de ces habitants. En 2022, les IRIS concernés seront au nombre de 2 688. 93% seront dans des communes de moins de 10 000 habitants et 87% dans des communes rurales (<2000 habitants). Un peu moins de 2 millions de personnes habitent ces communes dont 137 000 actifs CSP+. Cela représente également presque 300 000 ménages avec enfants et 465 000 personnes de moins de 24 ans. Les populations identifiées dans ce tableau représente en quelque sorte les oubliés de la fibre optique.

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	2 688	3 751
% de communes rurales	87	83
Population totale concernée	1 928 028	3 277 808
Nombre d'actifs avec forte probabilité de pouvoir télétravailler.	137 111	230 689
Nombre de ménages avec au moins un enfant	299 000	493 701
Nombre de personnes de moins de 24 ans	465 307	790 871

Enfin, il peut être intéressant de chercher 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. Des analyses plus fines et précises de chaque zone identifiée permettraient sûrement d'identifier des spécificités communes à ces lieux et plus encore aux types de foyers qui les composent. Pour autant, nous pouvons mentionner un schéma que l'on semble retrouver dans plusieurs régions et qui montre l'existence d'ensemble de communes contiguës entre elles en périphérie des grandes agglomérations. Les cartes disponibles en annexe 4 illustrent ce phénomène pour l'Occitanie, la Bretagne et l'Île-de-France. C'est autour de leurs plus grandes agglomérations (Toulouse, Rennes et Paris) que nous trouvons ces zones dépourvues de fibre optique et dans lesquelles résident des populations avec des scores d'intensité de besoins en THD. Ces zones constituent en partie ce que l'on nomme le périurbain, des zones sans continuité de bâti avec la zone urbaine mais qui se trouvent suffisamment proches pour permettre, par exemple, des trajets domicile-travail quotidiens. Ces zones sont rurales mais 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 parce qu'elles en sont privées mais surtout parce que l'impact de son absence auprès des populations peut être important.

7. Conclusion et perspectives

Estimer les besoins pour une technologie en cours de déploiement et à la demande incertaine est une gageure. Le croisement des données d'enquête et rapports d'experts pour qualifier les usages nécessitant du THD avec celles permettant d'identifier les caractéristiques socio-démographiques des utilisateurs nous ont permis de proposer un score d'intensité des besoins en technologie fibre et d'en localiser la destination. Si ce travail et ses résultats semblent prometteurs, de nombreuses améliorations sont possibles et deux pistes nous paraissent prioritaires. La première implique de considérer une palette plus large d'usages et de pratiques, peut-être moins développés aujourd'hui mais dont on perçoit qu'ils seront importants à moyen terme. On pense particulièrement à l'Internet tactile qui devrait permettre un développement inédit de la télémedecine et plus généralement aux technologies immersives et leurs applications qui pourraient s'adresser à des publics plus larges. La deuxième piste consiste à changer l'échelle géographique considérée, la finesse de la maille IRIS implique de renoncer à la précision de certaines données sociodémographiques. Si par exemple nous considérons la commune comme unité d'analyse, nous disposerions d'information plus précise sur le type d'emploi occupé par les habitants, ce qui permettrait en retour de mieux identifier les besoins pour le télétravail et l'e-éducation.

La mise en correspondance de ce score de besoin en usages THD avec le déploiement de la fibre a permis de distinguer à l'intérieur des zones dans lesquelles la fibre ne sera pas disponible, celles où les habitants pourraient être particulièrement impactés par cette absence. Ces résultats invitent à poursuivre l'analyse de ces espaces et de leurs habitants à la fois pour guider les politiques publiques dans la gestion de ces disparités d'accès mais également pour mieux comprendre les évolutions économiques et sociales qui accompagnent le développement des technologies très-haut débit.

Ces travaux doivent également permettre de contribuer aux débats sur le déploiement des autres technologies très-haut débit et de leur impact. En premier lieu, la question de la généralisation de la 5G, qui continue d'alimenter de vifs débats. La 5G peut à la fois se substituer à la fibre, lorsqu'elle ne sera pas disponible, mais également en devenir le complément puisque la capillarité de l'infrastructure fibre favorise le maillage des antennes favorisant une forme de comodalité d'accès, pierre angulaire des prometteurs villes et territoires intelligents.

Enfin, la mesure du déploiement et de l'accès à la fibre relève 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 entraînent.

Bibliographie

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

Analysys Mason (2012) *Etude sur le très haut débit : nouveaux services, nouveaux usages et leur effet sur la chaîne de la valeur*. [Online]. Available from:

- https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-Analysy-Mason-usages-THD-fev2012.pdf [Accessed: 21 April 2021].
- Analysys Mason (2020) *Full-fibre access as strategic infrastructure: strengthening public policy for Europe*. [Online]. Available from: https://www.analysysmason.com/contentassets/ae94d4d039a144529906c1a8ca58d1ea/analysys_mason_full_fibre_europe_rdfi0.pdf [Accessed: 30 April 2021].
- Antonelli, C. (2003) The digital divide: understanding the economics of new information and communication technology in the global economy. *Information Economics and Policy*. [Online] 15 (2), 173–199. Available from: doi:10.1016/S0167-6245(02)00093-8.
- Bordage, F. (2019) *Sobriété numérique: les clés pour agir*. BUCHET CHASTEL.
- Cavailhès, J., Peeters, D., Sékeris, E. & Thisse, J.-F. (2003) La ville périurbaine. *Revue économique*. Vol. 54 (1), 5–23.
- CISCO (2020) *Cisco Annual Internet Report - Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper*. [Online]. Available from: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html> [Accessed: 30 April 2021].
- Courboulay, V. (2021) *Vers un numérique responsable: Repensons notre dépendance aux technologies digitales*. Arles : Paris, Actes Sud.
- CREDOC (2019) *Enquête sur la diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société française en 2019*. [Online]. Available from: https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-barometre-num-2019.pdf [Accessed: 12 April 2021].
- Dingel, J.I. & Neiman, B. (2020) How many jobs can be done at home? *Journal of Public Economics*. [Online] 189, 104235. Available from: doi:10.1016/j.jpubeco.2020.104235.
- Duvivier, C. (2019) Broadband 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*. [Online]. Available from: https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc120945_policy_brief_-_covid_and_telework_final.pdf [Accessed: 5 May 2021].
- Goldfarb, A. & Prince, J. (2008) Internet adoption and usage patterns are different: Implications for the digital divide. *Information Economics and Policy*. [Online] 20 (1), 2–15. Available from: doi:10.1016/j.infoecopol.2007.05.001.
- Greenstein, S. & Prince, J. (2009) Internet diffusion and the geography of the digital divide in the United States. In: *The Oxford Handbook of Information and Communication*

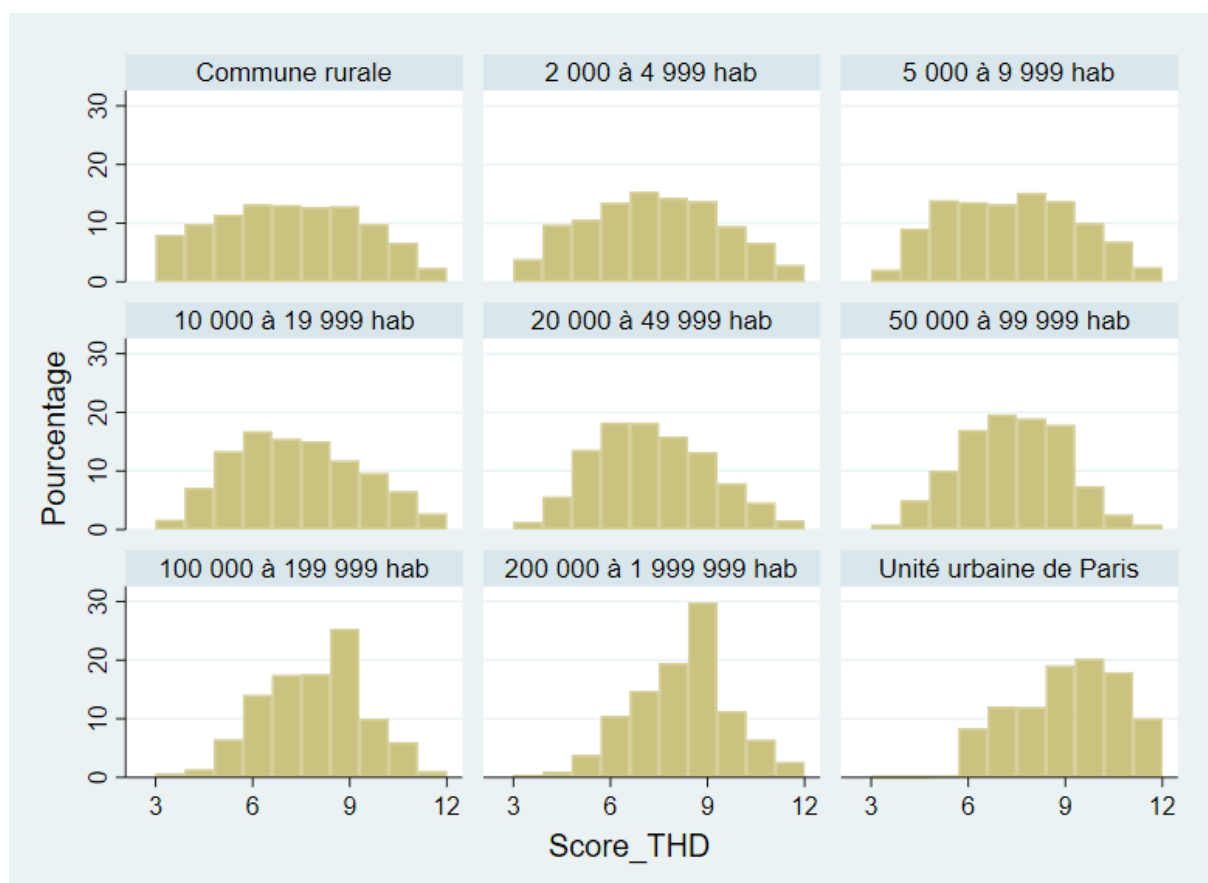
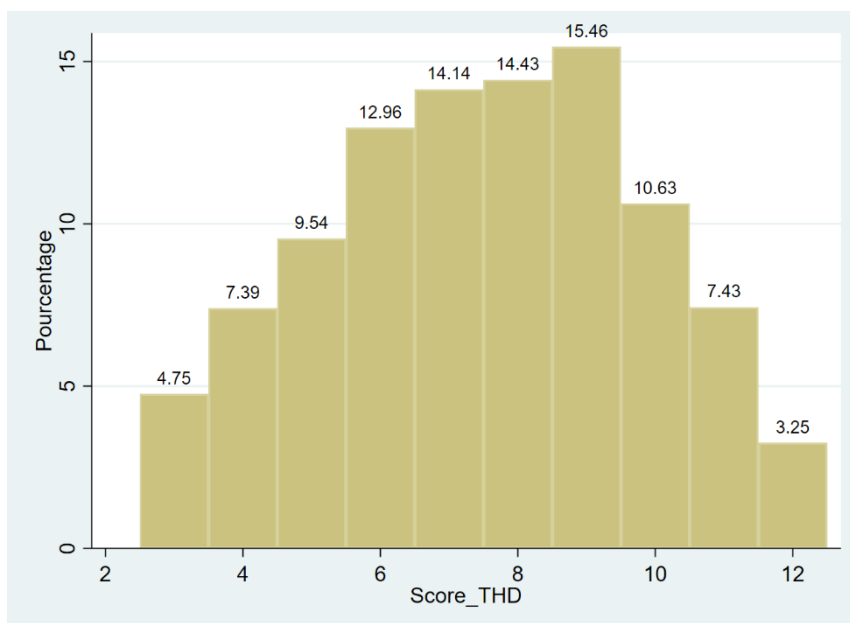
- Technologies*. Chrisanthi Avgerou, Robin Mansell, Danny Quah, and Roger Silverstone. [Online]. p. Available from:
doi:10.1093/oxfordhb/9780199548798.003.0007 [Accessed: 26 April 2021].
- Grimes, A. & Townsend, W. (2018) Effects of (ultra-fast) fibre broadband on student achievement. *Information Economics and Policy*. [Online] 44, 8–15. Available from:
doi: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*. [Online] 42, 1–10. Available from: doi:10.1016/j.infoecopol.2017.07.001.
- Harris Interactive (2021) *Télétravail | Résultats d'une étude sur l'activité professionnelle des français pendant le confinement*. [Online]. Available from: <https://travail-emploi.gouv.fr/actualites/l-actualite-du-ministere/article/teletravail-resultats-d-une-etude-sur-l-activite-professionnelle-des-francais> [Accessed: 3 May 2021].
- Hasbi, M. (2020) Impact of very high-speed broadband on company creation and entrepreneurship: Empirical Evidence. *Telecommunications Policy*. [Online] 44 (3), 101873. Available from: doi:10.1016/j.telpol.2019.101873.
- 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.
- Lindlacher, V. (2021) Low demand despite broad supply: Is high-speed Internet an infrastructure of general interest? *Information Economics and Policy*. [Online] 100924. Available from: doi:10.1016/j.infoecopol.2021.100924.
- Marchal, H. & Stébé, J.-M. (2018) Google-Books-ID: PgxrDwAAQBAJ. *La France périurbaine*. Que sais-je.
- Mompeu-Lebel, A. (2021) *La France de la fibre optique*.p.21.
- Moriset, B. (2010) Réseaux de télécommunications et aménagement des territoires. Vers une « fracture numérique territoriale 2.0 » ? *Cybergeo : European Journal of Geography*. [Online] Available from: doi:10.4000/cybergeo.22930 [Accessed: 20 April 2021].
- Rallet, A. & Rochelandet, F. (2004) La fracture numérique : une faille sans fondement ? *Re-seaux*. n° 127-128 (5), 19–54.
- Sandvine (2019) *Sandvine releases 2019 Global Internet Phenomena Report*. [Online]. Available from: <https://www.sandvine.com/press-releases/sandvine-releases-2019-global-internet-phenomena-report> [Accessed: 30 April 2021].
- SELL (2020) *Les français et le jeu vidéo*. [Online]. Available from: <https://www.sell.fr/news/bilan-marche-jeu-vid%C3%A9o-2019> [Accessed: 6 May 2021].
- Solow, R. (1987) We'd Better Watch Out. *New York Times Book Review*. [Online]. 36. Available from: <https://ci.nii.ac.jp/naid/10007455402/> [Accessed: 23 April 2021].

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

Triplett, J.E. (1999) The Solow Productivity Paradox: What do Computers do to Productivity? *The Canadian Journal of Economics / Revue canadienne d'Economique*. [Online] 32 (2), 309–334. Available from: doi:10.2307/136425.

WIK consult (2018) *The Benefits of Ultrafast Broadband Deployment*. [Online]. Available from: https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0016/111481/WIK-Consult-report-The-Benefits-of-Ultrafast-Broadband-Deployment.pdf [Accessed: 12 April 2021].

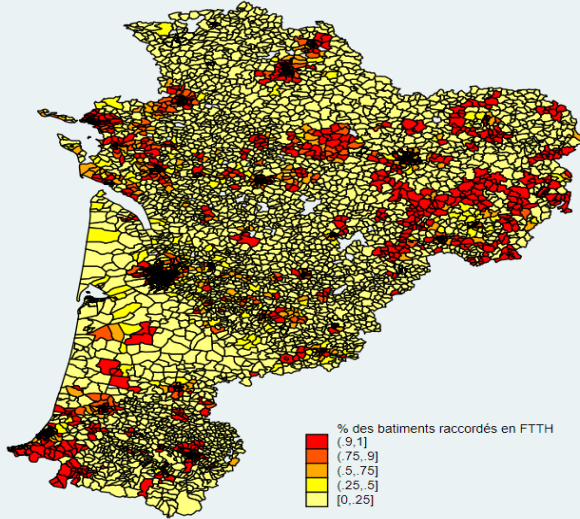
Figure 1: Distribution du score d'intensité des besoins en THD



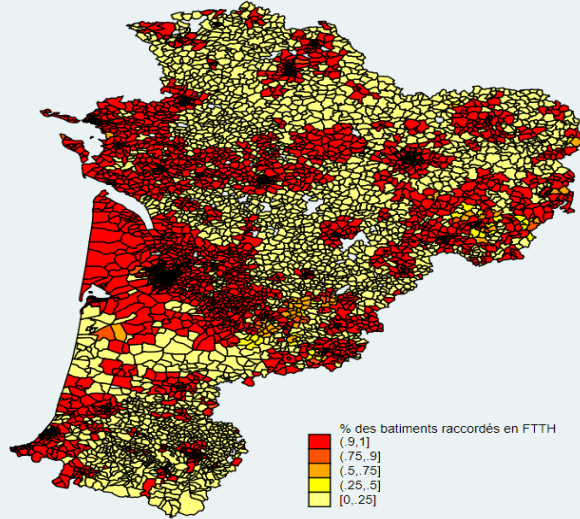
Annexe 1

Déploiement FTTH en Nouvelle Aquitaine

Déploiement au T4 2020

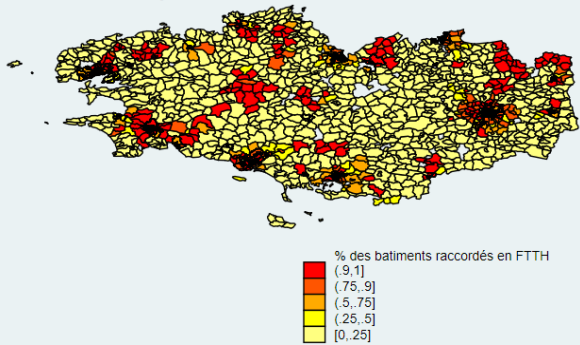


Déploiement prévu

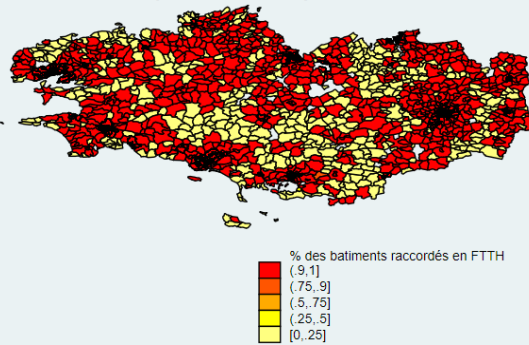


Déploiement FTTH en Bretagne

Déploiement au T4 2020

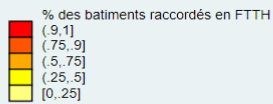
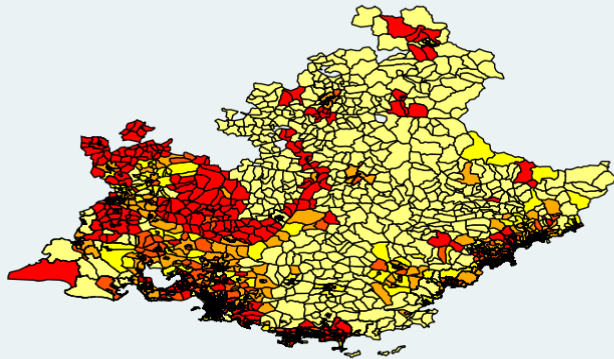


Déploiement prévu

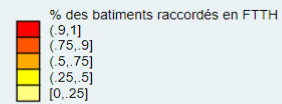
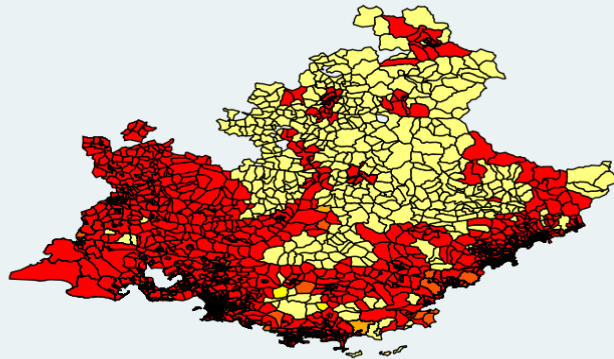


Déploiement FTTH en Provence-Alpes-Côte d'Azur

Déploiement au T4 2020

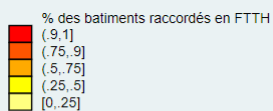
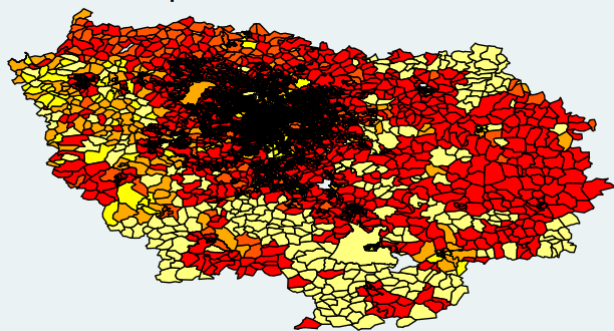


Déploiement prévu

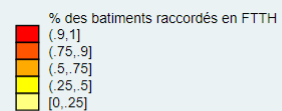
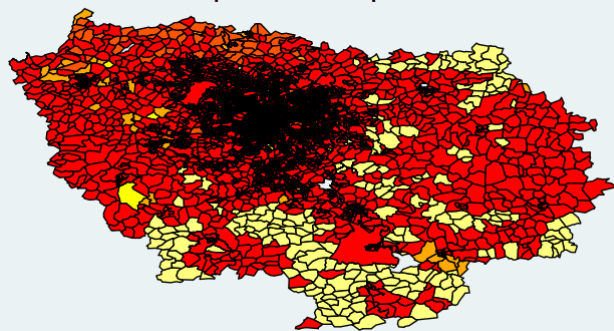


Déploiement FTTH en île-de-France

Déploiement au T4 2020



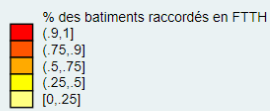
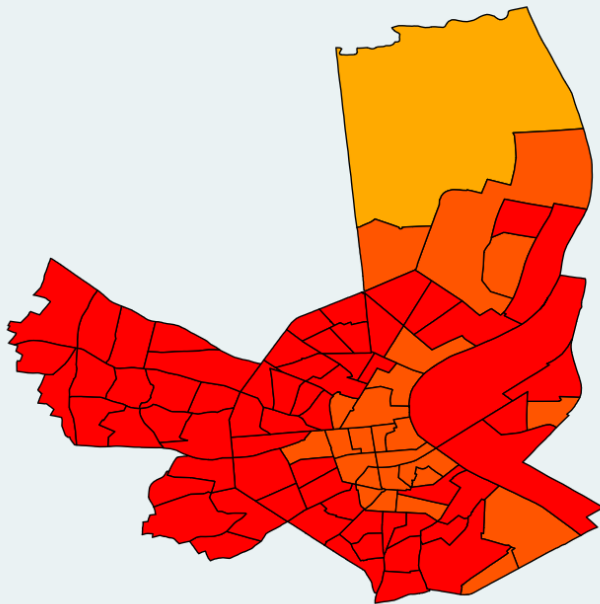
Déploiement prévu



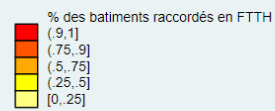
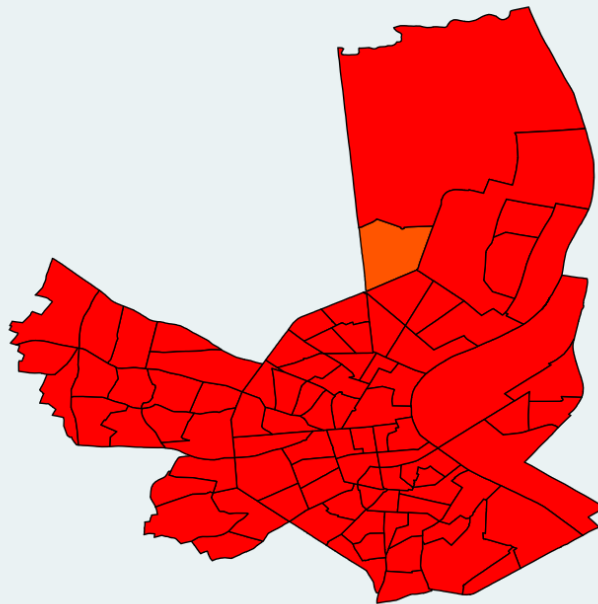
Annexe 2

Déploiement FTTH à Bordeaux

Déploiement au T4 2020

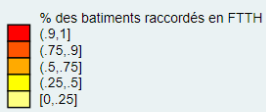
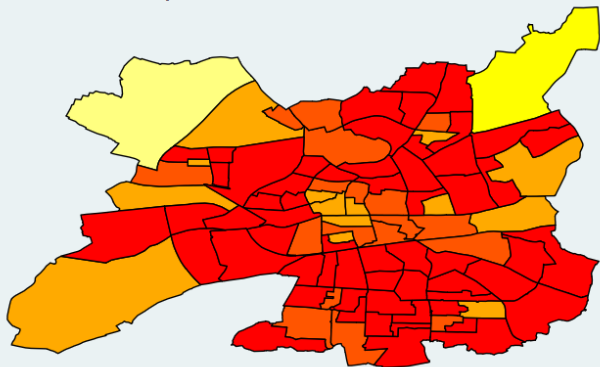


Déploiement prévu

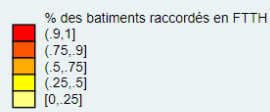
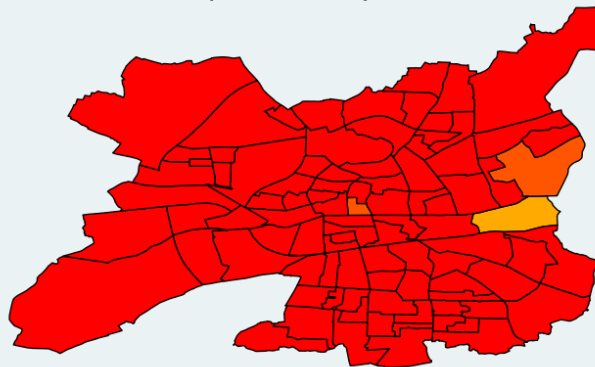


Déploiement FTTH à Rennes

Déploiement au T4 2020

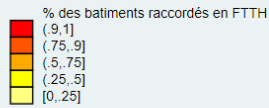
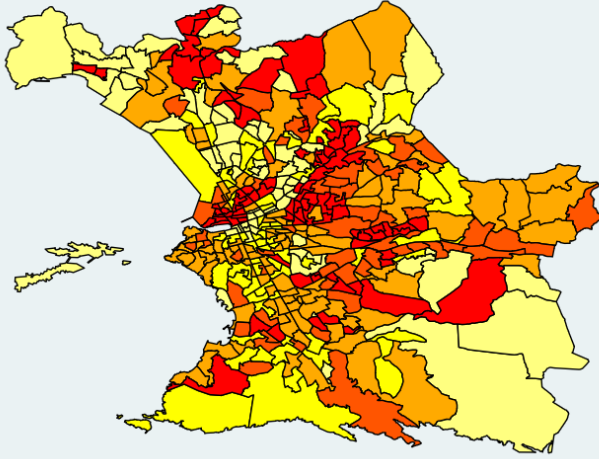


Déploiement prévu

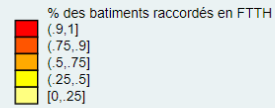
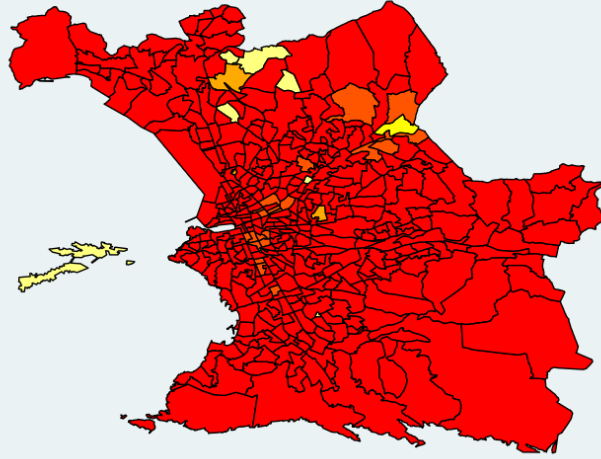


Déploiement FTTH à Marseille

Déploiement au T4 2020

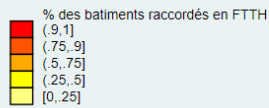
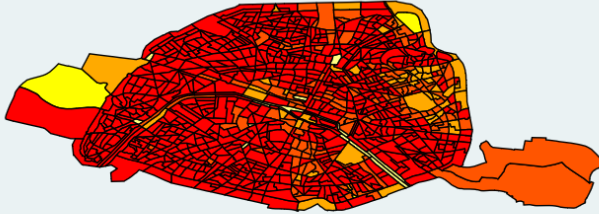


Déploiement prévu

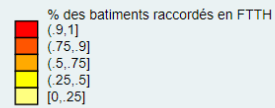
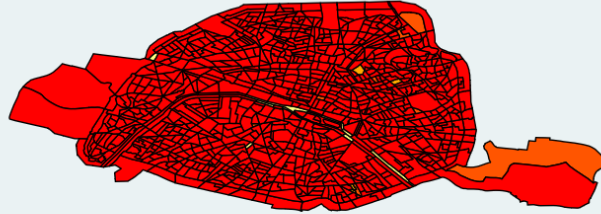


Déploiement FTTH à Paris

Déploiement au T4 2020

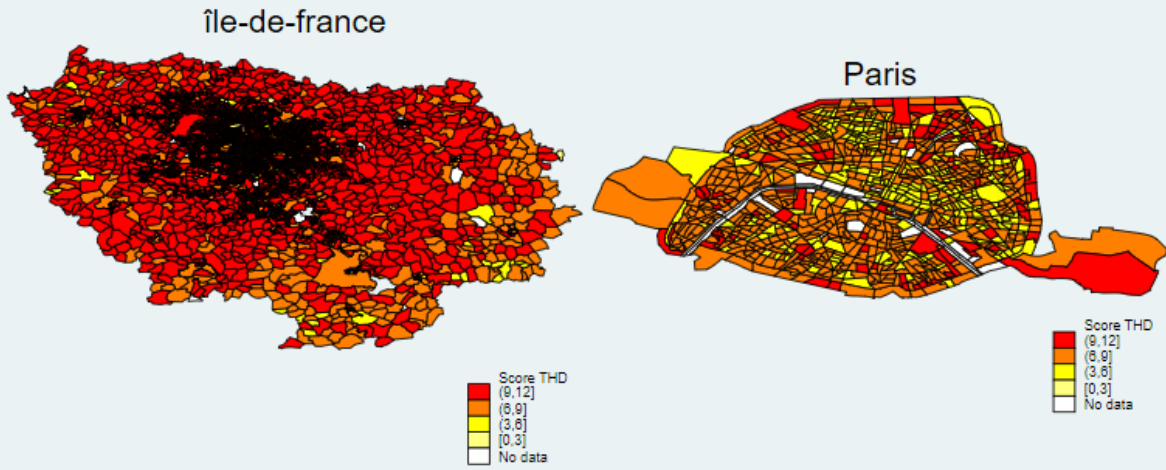


Déploiement prévu

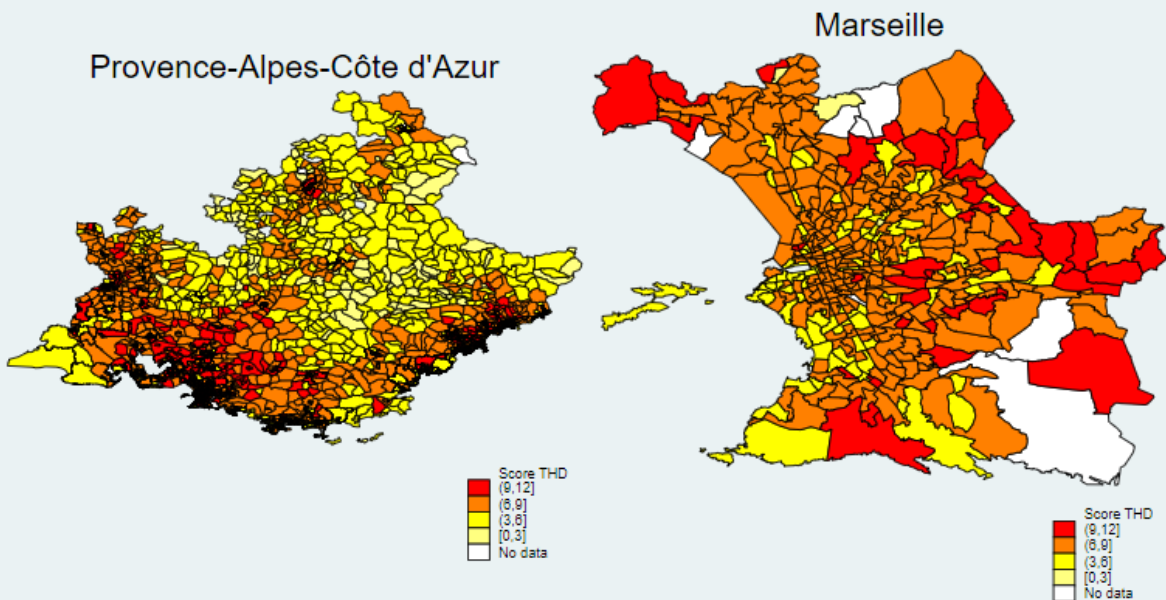


Annexe 3

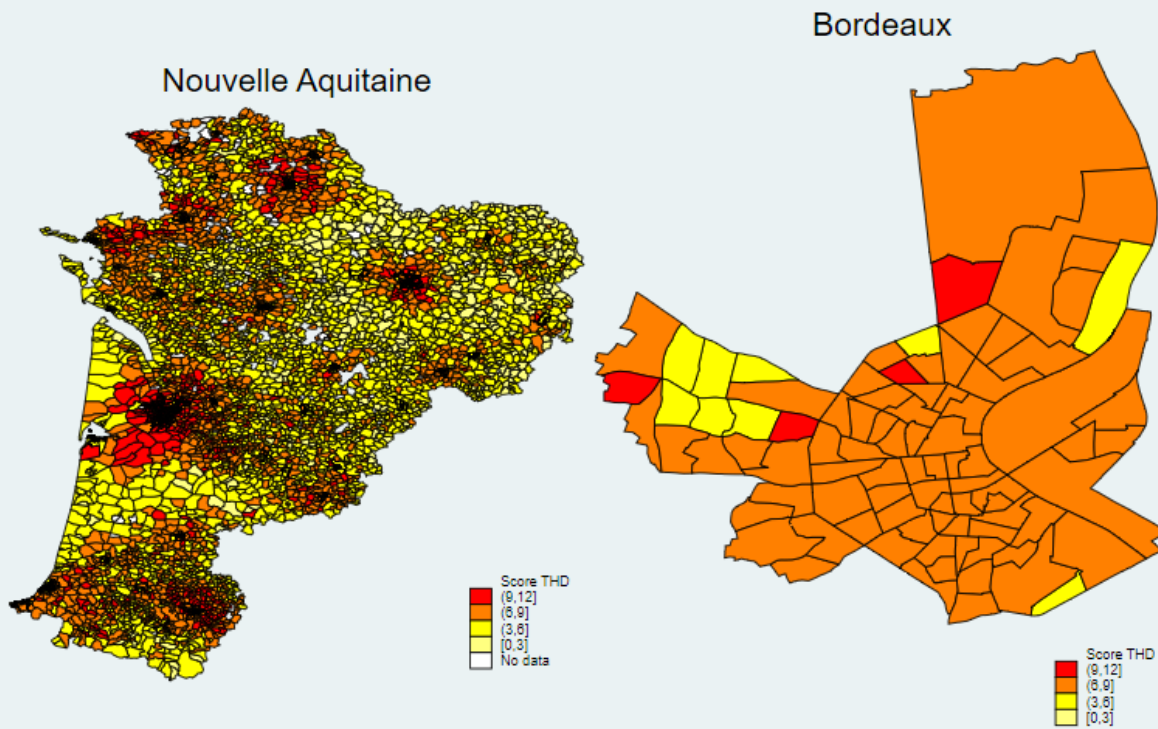
Estimation des besoins en très haut débit



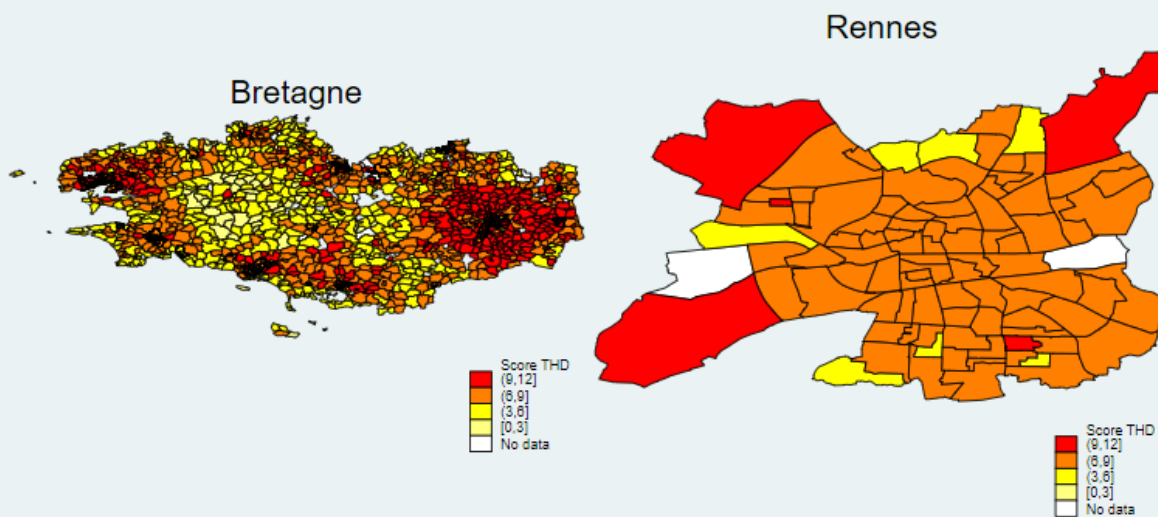
Estimation des besoins en très haut débit



Estimation des besoins en très haut débit



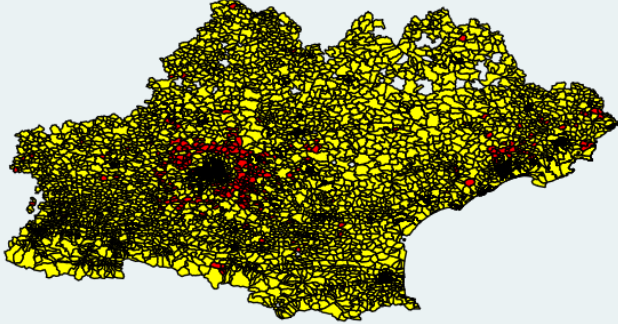
Estimation des besoins en très haut débit



Annexe 4

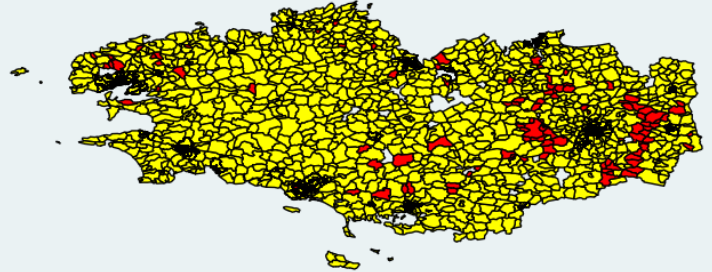
Zone sans couverture FTTH et à forte intensité d'usage THD

Occitanie



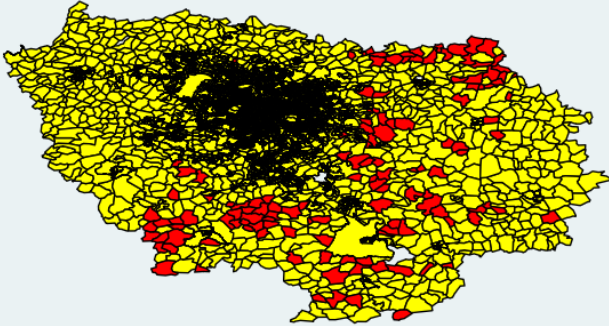
Zone sans fibre avec un score de besoin en THD élevé
[0,1]
[0,0]

Bretagne



Zone sans fibre avec un score de besoin en THD élevé
[0,1]
[0,0]

Île-de-France



Zone sans fibre avec un score de besoin en THD élevé
[0,1]
[0,0]