

C2DB:

Le *crowdsourcing* au service de
l'identification des fractures numériques et
de l'estimation du coût de leur réduction

Auteurs

Luis Guillermo Alarcón López

Mauricio Ayala Roa

Eduardo Marques da Costa Jacomassi

Classement JEL : D83, C80, Y90

Mots clés : haut débit, *crowdsourcing*, fracture numérique, contribution publique, télécommunications

Copyright © Banque Interaméricaine de Développement (BID). L'œuvre ci-présente est sous une Licence Creative Commons IGO 3.0 Paternité - Pas d'utilisation commerciale - Pas de travaux dérivés (CC-IGO BY-NC-ND 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) et peut être reproduite à la condition de l'attribuer à la BID et pour tous les types d'utilisation non commercial-es. Les œuvres de types dérivées sont interdites.

Toutes les différences concernant l'usage des produits de la BID qui ne peuvent être résolues amicalement, doivent être soumises à la procédure d'arbitrage conformément aux règles UNCITRAL. Le nom de la BID peut être utilisé seulement pour l'attribution de l'œuvre à la BID. Dans tous autres cas, l'utilisation du nom de la BID et l'utilisation du logo de la BID est interdit et il sera nécessaire d'avoir un autre accord de licence convenu entre la BID et l'utilisateur.

N.B Le lien ci-dessus contient des informations supplémentaires sur les termes et conditions de la licence.

Les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les opinions de la Banque Interaméricaine de Développement, de son Conseil d'administration ou des pays qu'elles représentent.vz zz



Banque Interaméricaine de Développement
1300 New York Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20577
www.iadb.org

Le Secteur des Institutions pour le Développement était responsable de la production de la publication.

Coordination de la production éditoriale : Sarah Schineller (A&S Information Partners, LLC)

Revue éditoriale : Lyne Mondor

Disposition : Gabriel Ramírez

Remerciements

Ce document est le fruit d'un important travail en collaboration entre l'ANATEL, le Groupe de la BID et d'autres entreprises et consultants internationaux. Nous tenons à remercier tout particulièrement Luciano Charlita de Freitas (ANATEL), Michelle Ramírez (EFTS), Rubén López Rivas (Deloitte Espagne) et l'économiste Mark Kennet.

Résumé

Les incertitudes existant au moment de mesurer les fractures numériques constituent l'un des obstacles majeurs empêchant l'extension de la connectivité numérique en zones rurales. Ce document propose une nouvelle méthodologie fournissant, grâce au *crowdsourcing*¹, des estimations fiables, précises et opportunes. Le C2DB² (*crowdsourcing* pour la connectivité numérique au Brésil) est le fruit d'une collaboration technique entre le groupe de la BID et l'Agence nationale des télécommunications (ANATEL), qui s'est déroulée entre avril 2021 et mars 2022 et qui démontre que le *crowdsourcing* permet de compléter les outils réglementaires en apportant de la précision, de l'exhaustivité et des informations récentes dans la localisation géographique de la demande et de l'offre de connectivité numérique en zone rurale. Le développement de cette méthodologie permet la création d'une base géographique détaillée de la répartition de la population et de la couverture des services, à partir de laquelle il devient possible d'effectuer des analyses permettant de localiser les lacunes en matière de couverture de services à haut débit fixes, mobiles et institutionnels, et d'estimer le degré d'investissement et l'impact économique résultant de leur réduction, ainsi que les apports publics nécessaires pour que les investissements privés soient rentables.

¹ *Crowdsourcing*: données anonymisées relatives aux connexions des terminaux des utilisateurs finaux aux réseaux de communication à haut débit, qu'ils soient mobiles ou fixes.

² Le C2DB a été financé par des fonds de la BID Invest et de la Division des Connectivités, marchés et finance de la BID et officialisé par l'accord de coopération technique no 10/2021, passé entre l'ANATEL et le groupe de la BID.

Introduction

L'accès aux services à haut débit est d'une importance vitale pour l'économie de la connaissance et indispensable pour les nouveaux modèles d'affaires, caractérisés par la désintermédiation, l'échange et la collaboration en ligne³. Au cours de la dernière décennie, de nombreuses études ont démontré le rapport entre l'accroissement de l'accès des populations aux services à haut débit et la croissance économique⁴. Plus récemment, d'autres études ont associé cet accroissement à des effets transversaux positifs, comme la réduction des émissions de CO₂⁵, la scolarisation des femmes et des jeunes filles⁶, ainsi que la productivité de certains secteurs, tels que l'agriculture, le transport et la distribution énergétique⁷. L'expansion du haut débit implique le déploiement de plus amples infrastructures, de capacités et de services de réseau, créant ainsi des emplois dans tous les types d'entreprises, qu'il s'agisse de grands opérateurs de réseau mobile multinationaux, de constructeurs d'infrastructures ou d'intégrateurs de solutions nationaux pour les petits fournisseurs de services à haut débit régionaux (fournisseurs de petite taille, FPP).

Divers organismes internationaux ont étudié la fracture numérique⁸. En 2020, l'**OCDE** a publié une étude portant sur le marché brésilien des télécommunications qui indiquait que si la pénétration des services fixes et mobiles à haut débit dans le pays se compare favorablement à celle de la région, elle représente respectivement 50 % et 80 % de la moyenne des pays de l'OCDE.

L'Agence nationale des télécommunications (ANATEL) en est le partenaire brésilien et la source de la plupart des données utilisées dans les analyses concernant la fracture numérique, réalisées par des organismes internationaux. En sa qualité d'organisme de réglementation du secteur, l'ANATEL étudie la couverture de la population en matière de services à haut débit ainsi que la présence des infrastructures de réseaux de transmission de fibre optique dans la transmission de données au niveau des localités (liaison terrestre municipale⁹), et actualise le niveau de concurrence économique sur les marchés à haut débit, parmi de nombreuses autres fonctions et responsabilités.

³ Deuxième actualisation de la stratégie institutionnelle ([IDB AB-3190-2](#)).

⁴ Selon une étude de la [BID, 2012](#), et de l'[IPEA, 2017](#), une augmentation de 10 % de la pénétration des services à haut débit se traduit par une croissance moyenne du produit intérieur brut (PIB) allant de 0,77 % à 3,19 %.

⁵ [Telefónica 2020](#).

⁶ [Women and The Web, Intel 2012](#).

⁷ [IHS Markit 2019](#), dans son évaluation des contributions potentielles de la technologie 5G dans les secteurs économiques ; [GSMA, 2020](#), dans son étude de contribution aux objectifs cibles du millénaire.

⁸ L'indice [IDBA](#) de la BID mesure le développement du haut débit dans la région.

⁹ Inclus dans le plan structurel des réseaux de télécommunications ([PERT](#)) et dans l'indice de la [ABEP-TIC](#).

Depuis 2019, la BID étudie le développement du haut débit au Brésil, en analysant la mise en place du *crowdsourcing* dans l'évaluation de la couverture des services à haut débit¹⁰, dans le contrôle de l'utilisation du spectre radioélectrique¹¹, dans l'évaluation de la fracture numérique et l'estimation du coût de sa réduction, ceux-ci faisant partie intégrante des objectifs du C2DB. En 2021, la BID a mené à bien des études en partenariat avec le ministère des Communications (MCOM) afin d'analyser l'accès au crédit et les charges fiscales des milliers de FPP, l'ensemble contribue à 40 % des accès à haut débit fixe du pays¹², et fournit des services à une grande partie des zones rurales.

Il est important de bien connaître la répartition géographique de la demande et de l'offre de services à haut débit pour la fourniture de services, le développement des infrastructures, l'élaboration des politiques et la réglementation de la connectivité numérique¹³. Le défi de l'universalisation de la connectivité numérique s'accroît à mesure que celle-ci se généralise et se diversifie. D'autres services essentiels, comme l'éducation et la santé, peuvent être acheminés grâce à la connectivité numérique, ce qui crée de nouvelles disparités sectorielles à mesure que ces secteurs avancent dans leur processus de transformation numérique.

L'universalisation de la connectivité numérique requiert des investissements majeurs, et de plus en plus de pays reconnaissent que des partenariats public-privé sont nécessaires pour relever ce défi¹⁴. Le secteur privé a besoin d'un cadre réglementaire et de conditions favorables lui permettant d'atténuer les incertitudes concernant les flux de revenus prévus, ainsi que de maintenir les coûts d'exploitation au niveau le plus bas possible, afin d'assurer la viabilité des affaires. Pour sa part, le secteur public doit faire preuve de précision dans la définition des critères de recevabilité de ses politiques et de flexibilité pour les adapter au développement dynamique du secteur.

¹⁰ Indice de connectivité numérique locale (ICDL), intégrant le Travail économique sectoriel ESW RG-E1613 de 2019.

¹¹ Modèle d'utilisation de spectre (MUS) de 2020 et Really Efficient Award & License (REAL 5G) de 2021.

¹² Écran de données de l'ANATEL.

¹³ Par connectivité numérique, on se réfère aussi bien au commerce de détail des services de communication d'accès à Internet à haut débit (les téléphones portables [SMP], les téléphones résidentiels [SCM] ou d'entreprises, entre autres), qu'au commerce de gros (accès aux infrastructures, capacité et services de réseaux d'accès, réseaux de transmission de données de haute capacité, installation d'hébergement, interconnexion et gestion de services, ainsi que les services d'accès à des bandes de fréquences ayant un spectre radioélectrique en mode sec).

¹⁴ Nous faisons ici référence à des programmes d'aide publique pour le développement des infrastructures de connectivité numérique, émanant d'initiatives privées dans des pays tels que l'Australie, les États-Unis et la Nouvelle-Zélande.

La précision, l'exhaustivité et l'actualité de la localisation géographique de la demande et de l'offre des services à haut débit prend toute son importance au moment d'analyser des zones rurales à faible densité de population. La précision relative aux données socio-économiques est généralement disponible au niveau des municipalités ou des secteurs de recensement, ce qui peut entraîner des inexactitudes, tant au niveau de la localisation de la demande que de l'envergure des infrastructures nécessaires à son approvisionnement, car dans les zones rurales, on trouve de vastes zones géographiques mais une faible population. Par ailleurs, la précision des données sur la demande et la localisation de la couverture des services de télécommunications existants est d'une importance capitale pour utiliser efficacement les ressources financières dans la conception de projets d'infrastructures de connectivité, en particulier dans les zones rurales. Les imprécisions des informations disponibles peuvent entraîner des répercussions sur la fiabilité des modèles économiques qui évaluent les rendements financiers et sociaux dans les zones rurales.

L'exhaustivité des données de localisation géographique relatives à la demande et à l'offre des services à haut débit fixe est entravée par la fragmentation des sources d'information reçues par l'organisme de réglementation, car elles proviennent de milliers d'opérateurs qui proposent leurs services dans diverses parties du pays, ce qui est encore accentué par la taille du Brésil. Cette situation se complique encore plus, puisque le détail des informations fournies par les opérateurs dépend de leur classification réglementaire, celle-ci n'obligeant pas de nombreux FPP opérant en zones rurales¹⁵ à faire état de leur couverture de services.

En ce qui concerne le marché mobile, il est courant d'effectuer une estimation de l'offre de services en se basant sur la localisation géographique des antennes, à partir d'un calcul de la couverture reposant sur des modèles de propagation des ondes¹⁶. L'organisme de réglementation reçoit les prévisions de couverture de services émanant des opérateurs mobiles et vérifie ponctuellement certaines zones, afin de contrôler les informations tout en effectuant des mesures sur le terrain (contrôle de la transmission).

¹⁵ Selon les données de l'[ANATEL](#), ce sont les milliers de petits opérateurs régionaux (FPP) qui fournissent plus de 40 % des accès à haut débit résidentiel dans le pays, avec une forte implantation en dehors des zones urbaines.

¹⁶ Ces estimations de couverture peuvent être analytiques (planaires) ou basées sur des méthodes et outils de planification de réseau ([Radio Network Planning](#)).

Ces mesures sur le terrain fournissent des informations précises et fiables, mais sont rarement réalisées en zones rurales, puisque cela impliquerait d'importants investissements en ressources humaines et matérielles. La situation se complique encore davantage en raison de l'accélération de la diversification des fréquences et des types d'antennes, ce qui donne lieu à des prévisions de couverture encore plus complexes¹⁷.

Par ailleurs, le fait qu'il existe un décalage dans la fréquence des rapports fournis par le secteur public et le secteur privé entraîne des imprécisions supplémentaires dans l'élaboration des modèles économiques et financiers. Le marché des télécommunications est très dynamique, et les décalages entre les horizons temporels des données utilisées au cours de la phase de planification et dans les phases de déploiement et d'exploitation des projets d'infrastructures de connectivité sont susceptibles d'entraîner des divergences entre les résultats attendus et les résultats obtenus dans la pratique, ce qui accroît l'incertitude. Ces divergences peuvent également avoir une incidence sur certaines fonctions publiques, telles que la supervision des obligations et la coordination des programmes, dont la complexité augmente à mesure que la quantité de spectres électromagnétiques disponibles pour le secteur privé augmente et que les secteurs productifs et sociaux progressent dans leur processus de transformation numérique.

Il existe par conséquent des avantages à obtenir des données en temps utile concernant la localisation géographique de la demande et de l'offre des services à haut débit, qui permettent d'identifier les causes, les effets et les tendances, de prendre des mesures préventives d'atténuation des risques et, à mesure que sont générées et analysées les données, de progresser vers l'établissement de prévisions concernant les résultats possibles découlant des actions et décisions des sphères publique et privée de ce secteur.

La nécessité d'obtenir et de mettre à la disposition des acteurs de ce secteur des données précises, exhaustives et actuelles sur la localisation géographique de la demande et de l'offre sur les marchés de services de détail à haut débit s'accompagnera à court terme d'un besoin de localiser l'accès aux intrants de gros, tels que les infrastructures de télécommunications partagées¹⁸ et les bandes de fréquences disponibles pour un usage secondaire¹⁹.

¹⁷ Les réseaux modernes ([Heterogeneous Networks](#)) utilisent différentes fréquences et types de sites dans leur planification de couverture et de capacité.

¹⁸ Système national de négociation des offres de gros de l'ANATEL [SNOA](#).

¹⁹ [Loi 13.879](#) prenant en compte l'usage secondaire de spectres radioélectriques.

La solution proposée dans cette étude est de contribuer à compléter les outils actuels de localisation géographique de la demande et de l'offre des services à haut débit fixes, mobiles et institutionnels, par de nouvelles techniques basées sur l'utilisation du *crowdsourcing*, afin : i) d'en améliorer la précision en zones rurales ; ii) de compléter les informations obtenues indépendamment des considérations réglementaires ; iii) d'en suivre l'évolution de manière régulière et opportune, e iv) d'identifier la fracture numérique, d'en estimer le coût et de développer des outils permettant de la réduire.

Méthodologie

Les initiatives privées ont eu recours au *crowdsourcing* dans leurs analyses des services à haut débit depuis le milieu de la dernière décennie. Suite à la popularisation des téléphones intelligents, de nouvelles entreprises, comme [OOKLA](#), [Tutela](#) et [OpenSignal](#), ont vu le jour. Elles sont spécialisées dans l'agrégation des données techniques relatives aux connexions des utilisateurs aux réseaux à haut débit, et dans leur mise à disposition – de manière anonymisée – pour les opérateurs, fournisseurs et autres acteurs du secteur des télécommunications, afin de soutenir la conception, l'exploitation et la commercialisation de réseaux et de services de télécommunications à haut débit. Ces vastes collections de données comportent deux types d'informations : i) les données générées automatiquement par les téléphones intelligents lors de leur connexion aux réseaux mobiles, qui sont capables d'identifier les données de connexion, comme la technologie, le fournisseur de services et la bande de fréquence utilisée, ainsi que certains paramètres techniques permettant de déduire la couverture de services²⁰, et ii) les tests effectués par les utilisateurs finaux désirant tester la qualité de leur connexion, qui saturent les canaux de communication pour évaluer leurs performances sur le plan de la vitesse et de la latence²¹. Les entreprises qui font l'acquisition de données issues du *crowdsourcing* sont des entreprises disposant d'une bonne connaissance du secteur des télécommunications et de capacités de traitement géographique et d'analyse des données afin d'effectuer des analyses spécifiques. Le lancement récent de certaines initiatives telles que [ESRI Telecom](#) et [META Connectivity](#) illustre la démocratisation croissante de ce type d'analyses effectuées par le secteur privé. La recommandation [UIT-T E.812](#), publiée en 2020 par l'Union internationale des télécommunications (UIT), analyse l'utilisation du *crowdsourcing* dans les évaluations de qualité des services à haut débit, validant ainsi l'adoption du *crowdsourcing* dans l'environnement réglementaire.

Le travail du C2DB s'est déployé sur deux axes : une partie technique et une partie financière. La partie technique visait à déterminer l'emplacement des lacunes de couverture de services à haut débit en zones rurales grâce au *crowdsourcing* et à estimer le coût de leur réduction, alors que la partie financière visait à estimer la proportion de ressources publiques et privées nécessaires à la réduction de ces écarts dans le respect des fondements économiques du marché. Ces étapes seront décrites ci-dessous. On trouvera de plus amples détails dans les rapports techniques spécifiques de la partie [technique](#) et de la partie [financière](#).

²⁰ Nous faisons ici référence à des paramètres mesurant la puissance et la qualité du signal reçu depuis la station de base ([OOKLA](#)).

²¹ Il s'agit des tests [Speedtest](#), mesurant la vitesse de transfert des données descendant et ascendant, la latence et la gigue.

On a tout d'abord identifié la répartition de la population et les données socio-économiques qui allaient être utilisées. Concernant la répartition de la population, on a eu recours à la High Resolution Settlement Layer ([HRSL](#)), dont la population a été ajustée aux projections de l'[IBGE](#) disponibles au niveau des secteurs de recensement pour l'année 2021. La résolution de 30 mètres obtenue auprès de la HRSL donne de bons résultats pour les zones rurales, permettant d'accroître la précision des analyses par rapport à celle offerte au niveau des municipalités ou des secteurs de recensement. En ce qui concerne les informations socio-économiques, des bases de données élaborées par l'entreprise [MB-Research](#) ont été utilisées. Celles-ci comprenaient des estimations du pouvoir d'achat par habitant et du nombre de personnes par foyer, pour l'année 2021, au niveau des secteurs de recensement²².

L'étape suivante consistait à identifier, grâce au *crowdsourcing*, la couverture agrégée des services à haut débit, mobiles et fixes. À cette fin, un cabinet de conseil²³ ayant accès aux deux types de données de *crowdsourcing* susmentionnés a été retenu et chargé de fournir une série de services de traitement et d'analyse des données, spécifiés dans le mandat²⁴. L'une des premières étapes indiquées a consisté à recueillir six mois de données de *crowdsourcing* au niveau national, puis de les organiser en une structure d'analyse géographique reposant sur Geohash 7 ([GH7](#)), dont la granularité de 150 m sur 150 m est compatible avec celle de la répartition de la population de 30 m sur 30 m de la HRSL. Ensuite, les données générées automatiquement par les terminaux mobiles ont été utilisées pour confirmer la couverture de la population mobile fournie, ce qui a permis d'obtenir des valeurs de couverture de population cohérentes avec les valeurs officielles²⁵. La couverture fixe a été réalisée à partir des données de test de vitesse effectuées par les utilisateurs du service (Speedtest), car il n'y a pas d'autre base pour sa comparaison.

Les résultats relatifs à la population et à la couverture au niveau GH7 ont ensuite été enrichis par les données socio-économiques et la localisation des endroits clés – dans le cas présent, des écoles et des établissements de santé publics – en y ajoutant les informations obtenues au niveau Geohash 6 (GH6).

²² Les informations socio-économiques au niveau des secteurs de recensement ont présenté la plus grande capillarité disponible.

²³ [EFTS Group](#).

²⁴ Disponible dans l'accord de coopération technique no 10/2021.

²⁵ La couverture de la population issue du *crowdsourcing* a été 0,85 % supérieure aux projections de couverture de l'ANATEL.

Le niveau d'agrégation géographique GH6, de 1,2 km sur 600 m, a été choisi pour deux raisons : i) il est comparable avec la résolution de la couverture de services, mobiles et fixes, offerte par les réseaux d'accès sans fil, et ii) il représente un bon compromis entre les besoins de traitement et la précision des résultats, permettant ainsi la création de zones de couverture de population plus précises en zones rurales. Les bases de données concernant les écoles et les établissements de santé publics, de même que le tracé des droits de passage des chemins et voies navigables, ont été extraites à partir de sources variées²⁶, puis cartographiées pour être utilisés au cours de la phase de connexion.

Après avoir actualisé, cartographié et structuré à un niveau de capillarité GH6 les informations empiriques concernant la population, les endroits clés et la couverture de services à haut débit, il devient possible de passer à la phase analytique. En C2DB, la phase analytique a pris les 2,3 millions de GH6 résultant de la base de la population, des endroits clés et de la couverture de services, afin de cibler les fractures numériques dans les services à haut débit fixes, mobiles et institutionnels, puis d'estimer le coût de leur réduction ainsi que le volume de contributions publiques et d'investissements privés nécessaire à leur viabilité financière. Il est important de remarquer que l'élaboration de la base de données en GH6 permet ensuite d'élargir les possibilités de la phase analytique.

L'analyse des fractures a été réalisée en déterminant les lacunes et l'abondance en matière de connectivité numérique. Par ailleurs, afin de situer ces lacunes de connectivité, on a localisé, dans une zone habitée par 19 millions de personnes, 1,7 million de GH6 présentant une absence totale ou partielle de couverture de services à haut débit 4G mobile ou fixe, parmi lesquels ont été sélectionnés 586 000 GH6 susceptibles d'accroître la couverture de population en services à haut débit et de la faire passer de 90,7 % à 98,2 %²⁷ ; ce dernier pourcentage de couverture de population en services à haut débit a été fixé comme cible dans l'estimation du coût de réduction de ces fractures. Ces 586 000 GH6 ont été appelés « Basic Broadband Areas » (BBA; soit des « zones à haut débit de base ») et ont été géographiquement regroupés autour des écoles publiques, selon des critères de proximité²⁸.

²⁶ Sources officielles : Fundação Lemann et Open Street Maps.

²⁷ L'objectif de couverture de population de 98,2 % correspond à la médiane régionale la plus haute de population non couverte par GH6 : 7,7, ce qui équivaut à une population non couverte en services d'accès à haut débit de 10,7 personnes par km².

²⁸ L'agrégation de BBA autour des écoles publiques agrégatrices a été effectué en fonction des distances euclidiennes et de la pondération de trois facteurs : la distance, la population et le milieu. Ce premier niveau d'agrégation ne tenait pas compte des caractéristiques orographiques, du type de terrain et des droits de passage existants. Pour en savoir plus sur la formation de l'algorithme d'agrégation de BBA dans les écoles publiques, il est possible d'en consulter le détail dans [Final_report_cd2b.pdf](#). Il est nécessaire d'ajouter qu'il existe d'autres manières d'agréger les BBA autour des endroits clés.

Les écoles publiques ont été sélectionnées en raison de leur vaste répartition géographique dans tout le pays et de l'incidence favorable que présuppose l'amélioration de la connectivité dans l'apprentissage des enfants, qui représentent l'avenir de la société. Dans un second temps, les écoles agrégatrices de BBA ont été connectées entre elles, par les droits de passage préalablement cartographiés, définissant ainsi une architecture de réseau local de transmission de données appelée « cluster » (ou « grappe ») et dont le nœud principal a été appelé « tête de cluster ». Environ 26 000 clusters ont ainsi été identifiés à l'échelle nationale, regroupant la totalité des BBA.

Afin de repérer l'abondance de connectivité, des points de connectivité numérique robuste²⁹ s'appuyant sur des preuves étayées ont été employés pour identifier les caractéristiques des données de *crowdsourcing*, là où les bonnes conditions de connectivité ne laissent aucun doute, cette caractérisation étant elle-même ensuite utilisée pour inférer 2 330 points de connectivité maximale (PCM) à l'échelle nationale, qui peuvent être considérés comme d'éventuels points d'accès aux infrastructures nationales de transmission des données. Il convient de préciser que l'inférence de l'emplacement des PCM ne se substitue pas aux preuves documentaires contenues dans les cartes de localisation des infrastructures de télécommunications fournies par les opérateurs. Celles-ci constituent la source la plus fiable pour localiser les infrastructures de connectivité numérique, bien qu'elles soient sujettes à la problématique de l'exhaustivité de l'information décrite dans l'introduction. Une fois que les clusters de demande non satisfaite et que les PCM ont été localisés, ils ont été connectés au moyen des droits de passage préalablement délimités³⁰.

²⁹ Utilisation de tours 4G, de points d'interconnexion et de points de présence de réseaux de transmission de données.

³⁰ Pour les cas où il n'existait pas de droits de passage, des liaisons par micro-ondes et même des liaisons par satellites ont été envisagées.

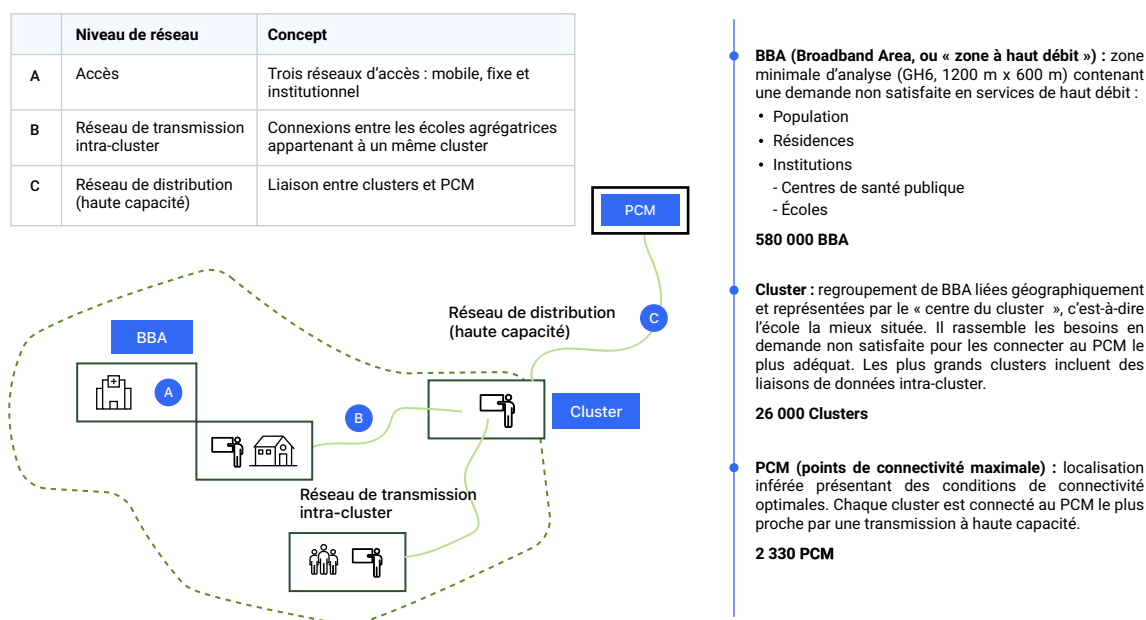
Figure 1. **Projet C2DB**: concepts généraux pour l'estimation des coûts

Figure 1. Concepts généraux pour l'estimation des coûts

Après avoir situé les clusters et les PCM et proposé les connexions les reliant, il devient possible d'estimer les coûts de mise en œuvre. Pour cette estimation des coûts, on considère d'un côté les accès et de l'autre la transmission. En ce qui concerne les accès, les coûts de trois réseaux d'accès ont été évalués séparément, l'un pour les services fixes résidentiels, l'autre pour les services mobiles et le dernier pour les endroits clés³¹. L'étude des transmissions a été effectuée de manière globale sur deux niveaux : dans le premier niveau « intra-cluster », ont été estimés les coûts de connexion entre les écoles agrégatrices au sein d'un cluster ; dans le deuxième niveau de « transmission à haute capacité », les coûts de connexion entre les têtes de clusters et les PCM³².

³¹ Les données relatives aux coûts reposent sur les modèles de coûts de l'ANATEL et sur des références régionales fournies par la BID. Il s'agit des coûts de réseaux sans fil 4G à bande moyenne en mode **FWA (accès fixe sans fil)** pour les services fixes et à bande basse en mode **MBB** pour les services mobiles. Les coûts relatifs aux endroits clés ont été basés sur la connexion par câbles à fibre optique de configuration point à multipoint et point à point, en fonction de la hiérarchie du modèle de réseau utilisé pour mettre en œuvre l'agrégation de demande. Il s'agit d'une estimation budgétaire, principalement basée sur une comparaison entre les zones de services et les zones de couverture. Afin d'améliorer la méthodologie pour de futurs exercices, il serait bon d'avoir recours à des outils de planification de réseaux d'accès tenant compte de l'orographie, des reliefs, des types de terrain (**Clutter Maps, ou « cartes du fouillis »**) et des droits d'accès, ainsi que des informations plus détaillées concernant l'existence d'infrastructures pouvant être réutilisées.

³² Pour la connexion et l'évaluation des coûts, l'utilisation des droits de passage routiers et des voies navigables a été privilégiée ; dans les cas où ces connexions n'étaient pas possibles, des hypothèses de distance euclidienne ont été utilisées pour les liaisons par micro-ondes (jusqu'à trois liaisons par trajectoire, aucune ne dépassant les 10 km) et les liaisons par satellites lorsqu'il s'agissait de plus grandes distances.

À partir des investissements, on a procédé à l'évaluation des coûts d'opération³³ et, en comparant le pouvoir d'achat³⁴ et le prix moyen des services³⁵, on a effectué une estimation des abonnés supplémentaires et, à partir de là, des flux de rentrées et de l'impact économique³⁶. L'enquête sur le prix moyen des services a été réalisée à l'échelle locale, et l'impact économique a été estimé sur la base de références obtenues à partir d'un examen de la littérature disponible sur la croissance économique résultant de la réduction des écarts de connectivité fixe, mobile et institutionnel³⁷. Ces résultats ont servi de source principale à la partie financière.

En ce qui concerne la partie financière, une entreprise spécialisée³⁸ a été embauchée pour consulter les associations d'opérateurs de l'industrie brésilienne sur les préférences relatives aux types de services, tailles des projets et modèles de structuration et de contrats ; en s'appuyant sur ces informations, elle a ensuite développé un modèle économique et financier permettant de calculer le montant des apports publics cibles nécessaire pour que des ressources privées puissent être intégrées dans l'investissement et ainsi obtenir un taux de rentabilité interne égal au coût moyen pondéré du capital, au niveau des PCM, de l'État et de la région³⁹.

Dans leurs commentaires, les intervenants privés contactés se sont accordés sur les principales caractéristiques que devraient posséder les projets potentiels : i) permettre une connectivité fixe et mobile pour les projets subventionnés ; ii) prendre en compte la dimension étatique dans la définition de la taille et de la portée des projets, et iii) privilégier le modèle « conception-construction-exploitation » (CCE) privé⁴⁰ en tant que modèle de partenariat public-privé à envisager.

³³ Les coûts d'opération annuels ont été estimés sur la base des pourcentages d'investissements en infrastructures, en prenant pour référence les données des modèles de coûts de l'ANATEL et points de référence régionaux.

³⁴ Les données sur le budget des ménages de l'IBGE (Institut brésilien de géographie et de statistique) ont été utilisées.

³⁵ L'enquête relative aux prix moyens des services a été effectuée en ligne et transmise au niveau des localités.

³⁶ Synthèse des estimations économiques, Mark Kennet, 2021. Le cas de base servant aux estimations des abonnements supplémentaires était constitué des projections de l'ANATEL réalisées pour l'appel d'offres de fréquence 5G, sur un horizon de cinq ans.

³⁷ Pour ce faire, on a procédé à l'estimation et à la projection de trafics par service, tout en prenant en compte la capacité des populations à souscrire aux services en fonction de leur pouvoir d'achat, en comparaison avec les prix.

³⁸ Deloitte Espagne.

³⁹ Présentation des résultats financiers C2DB.

⁴⁰ Modèle de CCE privé : ce modèle fait référence à une organisation du secteur privé recevant un certain niveau de financements publics (souvent une subvention) en vue de soutenir le déploiement d'un nouveau réseau offrant un accès libre en gros. Il est important de noter que dans ce modèle, le secteur public n'a aucun rôle spécifique dans la propriété ou le fonctionnement du réseau, bien qu'il puisse imposer des obligations relatives à chacun d'eux en échange de financement.

Analyses de résultats

Dans sa partie analytique, cette étude a mis en évidence que près de 20 millions de Brésiliens vivent dans des zones où aucune preuve de connectivité à haut débit n'a été identifiée, et a estimé qu'une extension de la couverture de services à haut débit aux 16 millions de personnes vivant sur un tiers de cette zone augmenterait la couverture de la population de plus de 7 points de pourcentage, engendrerait une croissance du produit intérieur brut (PIB) de 2,4 %⁴¹ et coûterait 9 500 millions de dollars américains, dont près des deux tiers seraient constitués d'apports publics pour que le projet soit financièrement viable.

L'analyse financière des 2 330 PCM a montré que 10 % d'entre eux seraient rentables et ne nécessiteraient pas de financement public, tandis que 90 % d'entre eux nécessiteraient un financement public plus ou moins important. Ainsi, i) 14 % des PCM nécessitant un financement public (dont une grande majorité sont situés dans les régions du centre et du sud) auraient besoin d'un soutien public inférieur à 30 % de l'investissement ; ii) 45 % (répartis dans toutes les régions) auraient besoin d'un soutien public allant de 30 % à 70 % de l'investissement ; iii) 30 % (principalement situés dans les régions du nord et du nord-est) auraient besoin d'un soutien public supérieur à 70 % de l'investissement total (il est nécessaire de signaler que le 1 % restant des PCM, situés dans la région du nord, ne généreraient pas un rendement acceptable, même si l'investissement total était subventionné). Le tableau 1 résume les apports publics et privés estimés pour le volet financier⁴².

Tableau 1. Résumé du modèle économique et financier

	Région Sud	Région Nord	Région Centre-Ouest	Région Nord-Est	Région Sud-Est	PMC 0 (Satellite)	Total
Contribution publique							
Contribution publique (%)*	46,40 %	75,34 %	61,26 %	64,37 %	52,07 %	98,33 %	57,21 %
Contribution publique (en milliers d'USD)*	391 241	1 582 443	233 217	2 446 861	800 889	669 148	6 123 799
Rentabilité							
TRI – Projet après impôts	9,30 %	9,30 %	9,30 %	9,30 %	9,30 %	9,30 %	9,30 %
TRI – Actionnaires	10,07 %	9,28 %	9,89 %	10,05 %	9,94 %	9,66 %	9,93 %
Résultats d'exploitation (en milliers d'USD)							
Capex	1 128 714	1 865 500	432 129	3 591 934	1 817 208	680 384	9 515 868
Opex	634 091	1 209 499	245 983	1 722 892	941 229	90 914	4 844 609
Revenu	3 388 877	2 144 754	981 624	5 931 364	4 614 957	151 954	17 213 531

Source : préparé par les auteurs.

* Les résultats présentés pour la «contribution publique» n'incluent pas les PCM qui n'ont pas besoin de financement public pour être rentables par eux-mêmes.

⁴¹ Documentation for Demand, Impact and Projection Models, M. Kennet.

⁴² Le projet satellite PCM 0, considéré pour les cas les plus éloignés, peut être envisagé comme un projet spécial, puisqu'il requiert l'utilisation de fonds publics pour atteindre 98 % de l'investissement.

Le projet a engendré une grande quantité d'informations, notamment des tableaux, des documents, des présentations et des représentations géographiques schématiques, disponibles par l'intermédiaire de l'ANATEL.

Sur une durée d'un an, plusieurs domaines à améliorer dans la méthodologie utilisée ont été identifiés, notamment : i) utiliser une granularité plus fine dans la localisation des lacunes en matière de services à haut débit dans les milieux urbains ayant une forte densité de population⁴³ ; ii) comparer de manière systématique et régulière les informations de couverture de services à haut débit issues du *crowdsourcing* avec d'autres sources d'informations réglementaires⁴⁴ ; iii) établir de programmes permettant d'assurer une actualisation régulière des informations de couverture de services à haut débit issues du *crowdsourcing* ; iv) développer des outils permettant non seulement de consulter facilement les données développées par C2DB, mais aussi de simplifier les analyses reposant sur la base de la population et de la couverture, en automatisant le regroupement de la demande⁴⁵ et l'analyse d'endroits clés bien spécifiques⁴⁶ ; v) étudier les possibilités du *crowdsourcing* pour soutenir la réglementation des marchés de télécommunications de gros ; vi) incorporer des droits de passage supplémentaires, tels que les infrastructures de routes régionales et les infrastructures de distribution électrique, dans le but d'enrichir les possibilités de connexion ; vii) enrichir et automatiser la réalisation des estimations de coûts à partir de points de référence nationaux⁴⁷ ; viii) soutenir la création de mécanismes financiers pour aider le secteur privé à développer des infrastructures de connectivité en zones rurales ; et ix) adapter la méthodologie développée pour identifier les lacunes en matière de connectivité à d'autres secteurs productifs et sociaux, tels que l'agriculture, le transport, l'énergie, la santé et l'éducation.

⁴³ La granularité GH6 est souvent plus grande que certains secteurs de recensement urbains.

⁴⁴ Parmi les autres informations réglementaires, on retrouve des projections de propagation des ondes radio, des vérifications de couverture et de qualité du service de type *drive tests*, l'utilisation de sondes pour le contrôle des spectres et du trafic, la collecte de données provenant des systèmes de gestion de réseau et des enquêtes.

⁴⁵ Le regroupement en clusters de demande non satisfaite pourrait être automatiquement réalisé autour de certains endroits clés ou sur la base de la proximité des droits de passage disponibles.

⁴⁶ Ces endroits clés constitueraient un ensemble de données géographiques (lignes, points, zones), que les utilisateurs pourraient charger pour connaître la couverture de services à haut débit.

⁴⁷ Ceci devient particulièrement intéressant à mesure que sont mises en œuvre de nouvelles bandes, technologies et applications.

Conclusion

Le *crowdsourcing* peut être utilisé pour évaluer avec précision, exhaustivité et en temps opportun la localisation géographique de la demande et de l'offre de services à haut débit. En se basant sur des millions de GH6 contenant les données empiriques relatives à la demande et à l'offre de services à haut débit, de multiples analyses peuvent être effectuées. Cette étude a démontré qu'il est possible d'estimer les écarts de couverture de population de services à haut débit fixe, mobile et institutionnel, et les coûts de leur réduction, ainsi que d'évaluer le pourcentage des apports publics nécessaire à leur viabilité financière.

Concrètement, on en arrive à la conclusion que la couverture de 422 000 km² de zones ne présentant aucune trace de services à haut débit **permettrait d'accroître la couverture de la population de 90,7 % à 98,2 %, en augmentant le produit intérieur brut de 2,4 % pour un coût de 9 500 millions de dollars américains**, dont presque les deux tiers devraient être issus des apports publics afin que le secteur privé puisse compter sur une viabilité financière, selon les conditions de marché de la fin de 2021.

La collaboration entre la BID et ANATEL relative à la mise en œuvre du *crowdsourcing* s'étendra sur la réglementation des télécommunications. Pour ce faire, les programmes A2IC (élargissement et approfondissement des informations de connectivité) et C2CS (*crowdsourcing* pour accroître la concurrence et l'accès au spectre radioélectrique au Brésil) ont été mis en place, permettant d'analyser la mise en application des données issues du *crowdsourcing* dans les études de la concurrence économique des marchés de services à haut débit (PGMC) et dans la mise en place d'un marché secondaire de spectre (RUE).

Dans une perspective d'avenir, on peut en conclure que l'entretien d'une base de population et de couverture actualisée et disponible, ayant accès aux acteurs du marché, constituerait un avantage pour le secteur des télécommunications du Brésil. Le secteur public pourrait ainsi compléter son appareil réglementaire et améliorer la conception et l'évaluation de ses politiques publiques, pendant que le secteur privé pourrait assister à une réduction de l'écart d'informations entre les acteurs du marché et atténuer les risques des projets par une amélioration de la visibilité relative à l'accès aux intrants essentiels, tels que les infrastructures, le spectre et les soutiens gouvernementaux.

Par conséquent, il nous semble nécessaire de créer un programme permettant l'actualisation régulière de la base de données de la population et de la couverture de services, d'encourager les acteurs du marché à l'enrichir et de mettre en place des outils permettant aux acteurs du marché d'y avoir accès et d'en consulter les données, de manière à pouvoir évaluer eux-mêmes le niveau de couverture des endroits clés, dans un environnement numérique et interactif. Parmi les acteurs du marché, on retrouve des consommateurs, des fournisseurs de services de télécommunications, des administrations locales et régionales, de même que des secteurs productifs et sociaux – agriculture, énergie, transport, éducation, santé – intéressés par la promotion de programmes de transformation essentiels au développement économique et à l'inclusion sociale dans le Brésil du XXI^e siècle.

Annexe 1. Exemples de représentations géographiques de C2DB

La représentation visuelle constitue une part importante de l'approche géographique appliquée à l'analyse des données. Le projet C2DB s'est notamment attaché à élaborer des représentations géographiques, qui ont ensuite été mises à disposition sur un [portail](#) présentant le projet, ses principales conclusions et les quatre représentations réalisées⁴⁸.

Figure 1. Le projet C2DB



Les schémas ci-dessous illustrent une partie des représentations générées dans le cadre du projet. Les schémas 1 et 2 représentent les données initiales : la situation de la distribution de la population et la couverture empirique des services fixes et mobiles (schéma 1) et la distribution et couverture des endroits clés (schéma 2). De leur côté, les schémas 3 et 4 montrent d'un point de vue géographique, les résultats de la phase d'analyse, plus particulièrement les connexions entre les clusters de demande non satisfaite et les points de connectivité maximale identifiés (schéma 3), et les estimations du modèle économique et financier sur le plan de la viabilité financière et des apports publics (schéma 4).

⁴⁸ L'accès au portail et aux différents schémas est disponible par l'intermédiaire de l'ANATEL à l'adresse <https://c2db-idb-gis.hub.arcgis.com/>.

Ces représentations ne sont qu'un exemple : une photo du développement du secteur en 2021, le début de la transformation numérique de l'analyse de fractures et la définition de projets et de politiques publiques de télécommunications reposant sur des données empiriques.

Schéma 1. Distribution de la population et couverture de services fixes et mobiles

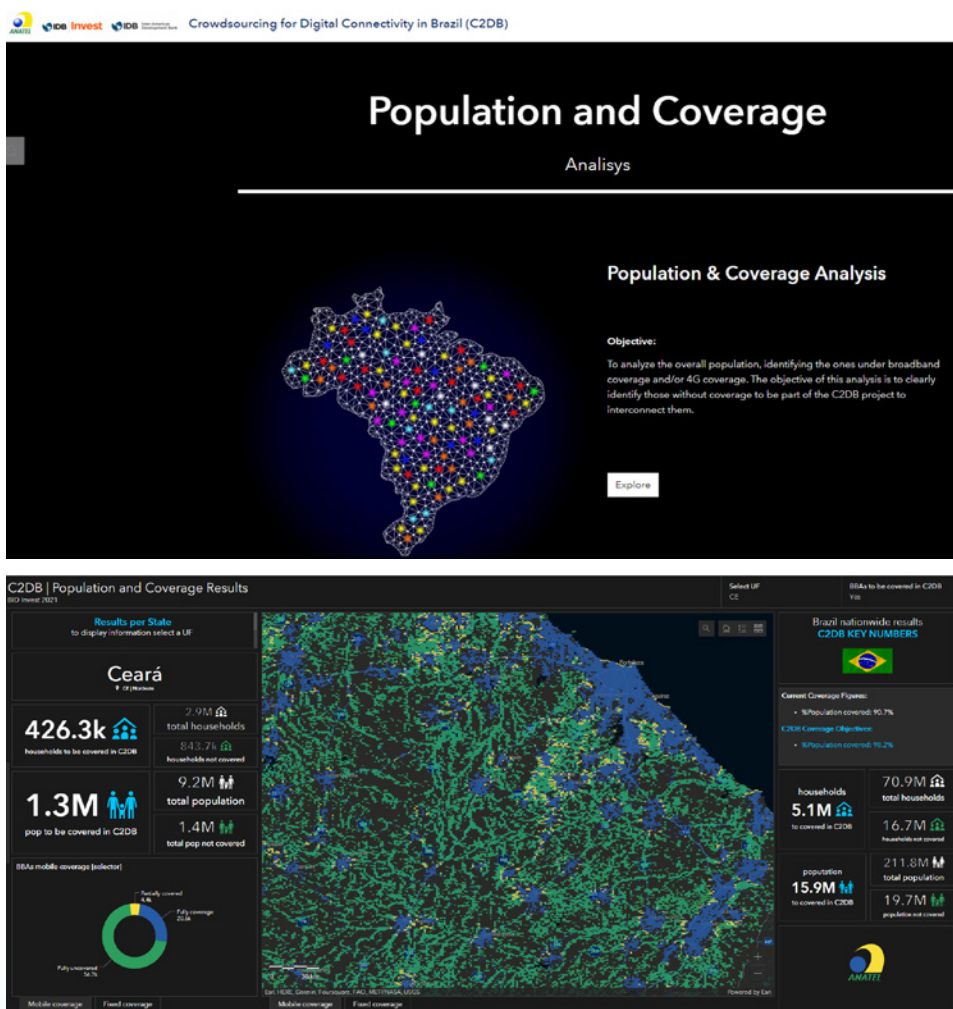


Schéma 2. Localisation et caractéristiques des endroits clés

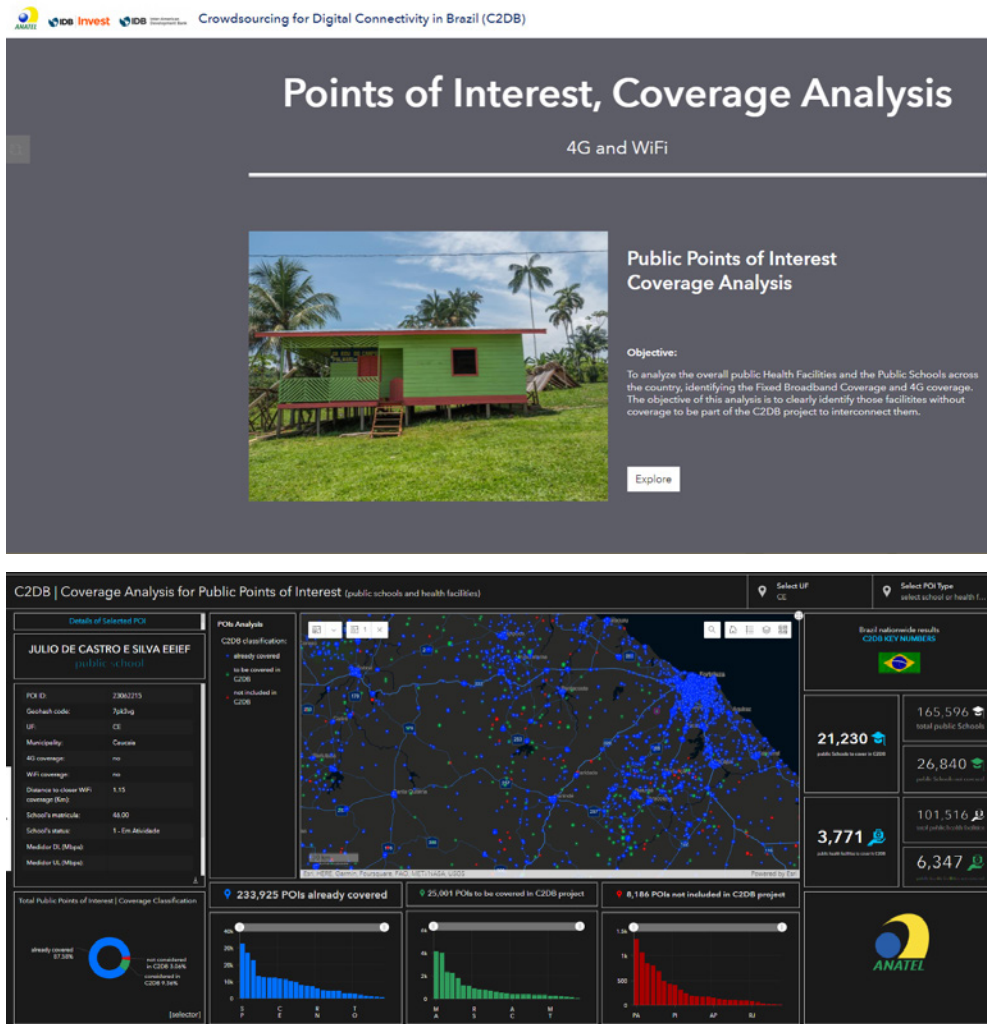


Schéma 3. Points de connectivité maximale et connexion aux clusters de demande non satisfaite

ANALISI Invest ICB Crowdsourcing for Digital Connectivity in Brazil (C2DB)

Connections

Clusters & PMCs



Cluster-PMC Connection Map

Objective:
To identify all Cluster connections from PMC's across the country, the result of this analysis connection delivers the total amount of optical fiber (km) projected in roads or waterways. This connection also consider, Microwave links and Satellite links.

[Explore](#)

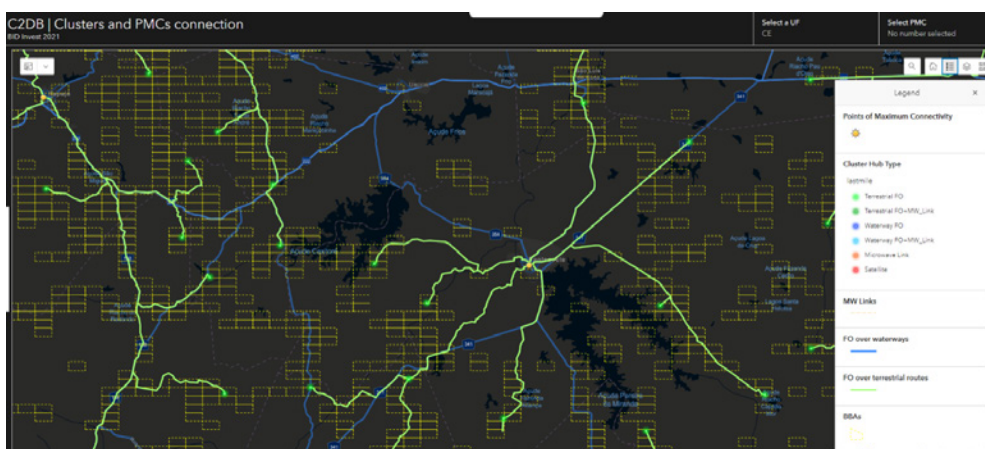


Schéma 4. Présentation géographique des résultats du modèle économique et financier accompagnée de la viabilité financière au niveau des PCM reposant sur un code couleur

