HAL open science

Socio-géographie de la téléphonie mobile

Éric Guichard, Anthony Busson, Thomas Begin

To cite this version:

Éric Guichard, Anthony Busson, Thomas Begin. Socio-géographie de la téléphonie mobile. 7ème Rencontres Francophones sur la Conception de Protocoles, l'Evaluation de Performance et l'EXpérimentation des Réseaux de Communication, CORES'22, Jun 2022, Lyon, France. hal-03647759

HAL Id: hal-03647759

https://hal.science/hal-03647759v1

Submitted on 20 Apr 2022

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.

Socio-géographie de la téléphonie mobile

Éric Guichard[1] et Anthony Busson[2] et Thomas Begin[2]

[1]*Enssib & Triangle, Ens de Lyon, Lyon, France*
[2]*Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Inria, ENS de Lyon, CNRS, LIP, Lyon, France*

Afin de vérifier s'il existe des discriminations sociales ou spatiales en matière d'accès à la téléphonie mobile, nous croisons la localisation des antennes téléphoniques avec des données spatialisées de l'Insee. Nous montrons que les ménages pauvres sont plus proches des antennes que les autres ménages. Nous étudions enfin quelques villes remarquables pour montrer les évolutions diachroniques de leur couverture.

Mots-clefs : Antennes téléphoniques, ségrégation spatiale, big data, cartographie

Pour savoir si la distribution spatiale des « antennes » téléphoniques privilégie ou non des quartiers populaires ou des classes d'âge, nous avons sollicité les sources suivantes.

Téléphonie mobile Emetteurs et antennes sont rapportés à un même support physique. À partir du site `http://data.gouv.fr`, nous avons sélectionné les latitude, longitude, code postal, technologie, opérateur et date de mise en fonction des émetteurs associés aux 54 000 supports de la téléphonie grand public.

Socio-démographie de la France L'autre source de données provient de l'Insee, qui a découpé la France en carrés habités de 200 mètres de côté. Nous avons conservé 895 767 carrés de plus de 10 habitants (Hexagone et Corse), décrits par : les nombres d'individus et de ménages, le nombre de ménages « pauvres » (déclarant un revenu fiscal de moins de 7500 Euros) et les nombres de personnes de moins de 15 ans, de 15 à 25 ans, d'adultes et de plus de 65 ans.

Mise en correspondance des deux sources Pour articuler ces deux bases, nous avons converti les coordonnées des carrés (décrites au format Lambert 2 étendu) en WGS84. Nous avons ensuite vérifié si l'un des 54 000 points-supports était ou non dans l'un des 900 000 carrés, puis repéré les supports en zone habitée et ceux qui ne l'étaient pas : un sur deux est en pleine campagne.

1 Ce que masquent et dévoilent les sources

Huit millions de Français, qui résident en des zones rurales, disparaissent de notre étude : du fait de l'Insee ou pour éviter des extrapolations abusives relatives aux carrés de moins de 10 habitants.

Par ailleurs, il n'est pas aisé de repérer des classes sociales : l'Insee rabat les 9e et 10e déciles des revenus fiscaux des ménages sur le 8e ; à Paris, il n'y a que 73 carrés parisiens dont le revenu fiscal moyen des ménages excède 26 000 Euros. Inversement, le revenu des ménages pauvres est toujours relevé à 7 500 Euros. Il s'ensuit que les riches et les très pauvres nous échappent. Néanmoins, la carte fig. 1 aide à repérer des territoires explicitement connus comme pauvres (en orange ou en rouge). Ainsi avons-nous défini comme « ménages pauvres » les ménages « à très bas revenus fiscaux hors prestations sociales ».

2 La distance des ménages aux antennes

Nous ne distinguons pas ici les générations d'antennes ni les opérateurs. Les carrés Insee sont divisés en quatre sous-carrés de tailles égales afin d'affiner ce calcul des distances pour les zones denses où plusieurs antennes peuvent se trouver dans un même carré Insee. Nous avons dénombré 23 801 292 ménages distribués en nos 900 000 carrés devenus environ 3 600 000 petits carrés de 100 mètres de côté.

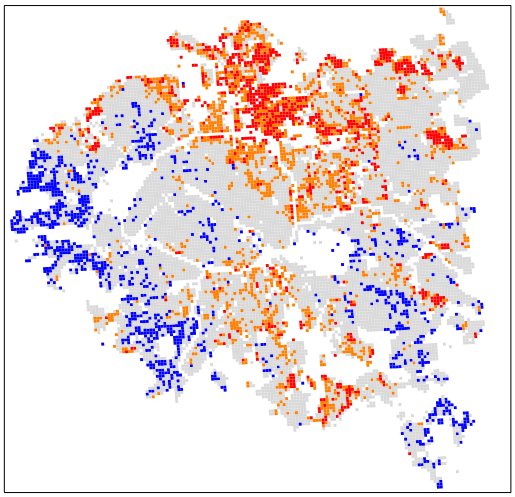

FIGURE 1 : Carrés Insee des départements 75, 92 , 93, 94.
Carrés dont plus de 25% des ménages des revenus inférieurs à 7500 Euros par an et dont la moyenne fiscale est supérieure à 9000 Euros par ménage : carrés non toujours pauvres, avec plus de 25% de très pauvres.
Carrés a) dont plus de 25% des ménages ont de très bas revenus fiscaux **et** b) dont la moyenne fiscale est inférieure à 9000 Euros par ménage (carrés pauvres avec beaucoup de ménages très pauvres).
Carrés de moyenne fiscale supérieure ou égale à 27 000 Euros par ménage ; les riches îlots parisiens sont sous-représentés.
Autres carrés.

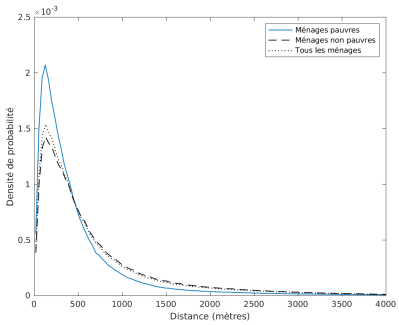

FIGURE 2 : Distributions empiriques de la distance des ménages à leur antenne la plus proche. Quatre points par carré.

2.1 Distance aux antennes : ménages pauvres et non-pauvres

La figure 2 montre les distributions des distances des ménages pauvres, non pauvres (les autres), et de tous les ménages confondus. Les ménages pauvres sont donc distribués plus près de leurs antennes que les autres ménages. Cela apparaît clairement dans les moyennes et médianes présentées dans la table 1.Cet écart d'environ 200 mètres semble se maintenir quelle que soit la distance du ménage au support (une fois le pic dépassé). Nous allons désormais explorer la nature de cette statistique.

2.2 Extrapolation de la distribution empirique

Un certain nombre d'études [1] s'appuie sur une modélisation aléatoire de la distance utilisateur-antenne pour évaluer les systèmes de communications. La distribution choisie a un fort impact sur les performances du système et doit refléter la distribution réelle du terrain. Aussi devons-nous comparer cette distribution empirique de la distance de nos 23 801 292 ménages aux antennes à diverses distributions classiques, comme les suivantes ; normale, log-normale, de Weibull, exponentielle, Gamma et Poisson, car de très nombreux articles supposent une distribution poissonnienne des antennes.

Pourtant, tous les tests d'hypothèses Smirnov-Kolmogorov rejettent la concordance entre la distribution empirique et ces distributions théoriques. Aussi, afin de sélectionner la distribution la plus adéquate, avons-

	Moyenne	Médiane
Ménages pauvres	532m	317m
Ménages non pauvres	735m	452m
Tous les ménages	698m	422m

TABLE 1 : Moyennes et médianes des distances ménage-antenne.

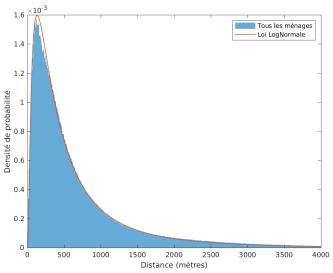

FIGURE 3 : Distribution de la distance des ménages à l'antenne la plus proche : loi empirique et log-normale.

nous calculé la norme L^1 entre la distribution empirique et chacune d'entre elles †. Il s'ensuit que la loi log-normale de paramètres $(6.02, 1.06)$ offre la meilleure approximation avec une erreur qui est au moins deux fois inférieure aux autres distributions. La figure 3 illustre cette grande proximité entre la loi log-normale et la distribution empirique.

En revanche, la distribution issue du modèle poissonnien offre les pires résultats, avec une erreur significative (approximativement 7 fois supérieure à celle de la loi log-normale). Ceci prouve que le modèle poissonnien n'est pas le plus adapté pour modéliser la distance ménage-antenne.

2.3 Première conclusion

La littérature nous confirme que la majorité des distributions de distances entre lieux d'habitation et un service donné suivent une distribution log-normale [2]. Nos résultats montrent que les services (supposés immatériels) du numérique ont le même comportement statistique que les services matériels.

La faible pertinence du modèle poissonnien nous semble instructive.

Il n'est pas aisé d'expliquer la proximité des ménages très pauvres aux émetteurs. Les raisons peuvent être politiques (volonté des groupes sociaux aisés de préserver une esthétique paysagère) comme démographiques (les ménages pauvres habitent en des zones denses, où les antennes sont les plus nombreuses).

Notre seconde hypothèse de départ était que les opérateurs aient pu privilégier les plus grands consommateurs d'appels, de SMS et de bande passante : les jeunes adultes et les adolescents autonomes. Il n'en est rien (peut-être du fait de l'existence de l'Arcep), comme le prouve le graphique 4.

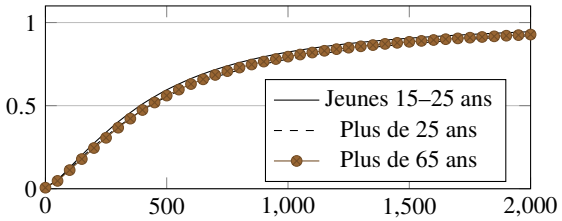

FIGURE 4 : Histogrammes cumulés de la distance à la plus proche antenne des 15-25 ans (jeunes), plus de 25 ans et plus de 65 ans. 4 points par carré.

3 Typologies urbaines

Ces travaux nous ont incité à donner une dimension diachronique à l'enquête. Pour signaler cette dynamique temporelle avec un exemple, nous avons étudié l'évolution de l'équipement des communes en émetteurs 4G (dans cette partie, nous distinguons émetteurs, porteurs d'une « technologie », et antennes).

3.1 Taille des communes

Nous avons pour cela calculé le taux de couverture atteint (en supposant une couverture de 100% en juin 2020) mois après mois pour l'ensemble des communes en métropole. La table 2 présente la durée moyenne pour les communes selon leur taille pour atteindre un taux de couverture de 25%, 50% et 75%.

†. Elle mesure une distance entre théorie et empirie, qui correspond à l'intégrale de la valeur absolue entre les deux distributions.

Taille des communes (en habitants)	**Taux de couverture (émetteurs 4G)** 25%	50%	75%
De 2 000 à 10 000	4,9 ans	6 ans	7 ans
De 10 000 à 50 000	4,4 ans	5,8 ans	6,9 ans
Plus de 50 000	4,2 ans	5,7 ans	6,8 ans
Plus de 2 000	4,8 ans	5,9 ans	7 ans

TABLE 2 : Durée moyenne pour qu'une commune atteigne un taux de couverture de 25%, 50% ou 75%. Pour simplifier la lecture, les mois sont exprimés en fractions décimales d'année : 1 mois = 0,08 an ; 6 mois = 0,5 an...

Catégorie de communes	**Taux de couverture (émetteurs 4G)** 25%	50%	75%
8 villes les plus peuplées	2,9 ans	5,7 ans	6,8 ans
8 villes les plus riches	4,8 ans	5,9 ans	7 ans
8 villes les plus pauvres	3,8 ans	5,3 ans	6,75 ans
8 villes les plus jeunes	3,3 ans	6,25 ans	7,25 ans
8 villes les plus âgées	5,9 ans	6,6 ans	7,3 ans
Rappel villes de plus de 2000 hab.	4,8 ans	5,9 ans	7 ans

TABLE 3 : Durée moyenne pour atteindre un taux de couverture de 25, 50 ou 75% pour des catégories de communes. Pour simplifier la lecture, les mois sont exprimés en fractions décimales d'années : 7 mois = 0,6 an, etc.

À partir du lancement du déploiement de la 4G fin 2011, il aura fallu en moyenne 4 ans et 10 mois pour que les communes atteignent une couverture de 25% ; 5 ans et 11 mois pour atteindre les 50% et 7 ans pour atteindre les 75%. Le rythme de déploiement est assez rapide (25% de plus tous les 13 mois) et assez régulier, une fois passé le seuil 0–25%. Dans ce tableau 2, les villages ne sont pas pris en compte : ils accueillent la moitié des antennes et les effets du bâti sur le rayonnement des antennes sont moindre que dans les villes. Ce tableau montre aussi que les communes de petite taille ont atteint leur taux de couverture de 25%, 50% et 100% en moyenne 9 mois plus tard que les communes de plus grande taille.

3.2 Quelques cas emblématiques

Nous complétons ce comportement « moyen » de l'évolution de la couverture 4G pour quelques types de communes afin de vérifier l'influence éventuelle de certains facteurs quantitatifs comme leur richesse, leur taux de pauvreté, et l'âge de leurs habitants.

Le tableau 3 indique les évolutions de la couverture 4G. En plus des communes les plus peuplées, les 8 communes les plus jeunes et les 8 les plus pauvres ont généralement atteint plus rapidement ce taux de couverture de 25% que les 8 communes les plus riches et les 8 les plus âgées. Ces écarts, qui rappellent nos premiers résultats pour les pauvres, s'atténuent avec le temps.

L'évolution des 8 plus grandes villes est illustrée dans la figure de l'URL `http://barthes.enssib.fr/Cores/8-villes-plus-peuplees-zoom-TB.png`. Là encore, il n'y a pas de déterminisme social ni économique : Paris et Marseille sont équipées plus tardivement que Lyon ou Strasbourg [‡].

4 Conclusion

Nous avons montré que les zones de ménages pauvres sont mieux couvertes que celles des non-pauvres ; second résultat contre-intuitif, la distribution des uns comme des autres obéit à une loi log-normale, et non pas à une loi de Poisson. L'étude historique de la progression de la couverture 4G des villes montre que les plus grandes ont bénéficié d'un taux de couverture plus élevé que les autres dans les quatre premières années, mais que cet avantage s'est ensuite réduit.

Références

[1] F. Baccelli and B. Błaszczyszyn. Stochastic geometry and wireless networks. Volume I : Theory. *Foundations and Trends® in Networking*, 3(3–4) :249–449, 2010.

[2] D. Pumain. Lois d'échelle et mesure des inégalités en géographie. *Revue européenne des sciences sociales*, XLV-138, 2007.

‡. La majorité des autres images sont aussi disponibles à l'l'URL `http://barthes.enssib.fr/Cores`.