

Eclairage méthodologique et exploration (carto)graphique de l'accessibilité géographique aux ressources urbaines

Ramdane YAHATENE (Univ. Paris 1 Panthéon Sorbonne)

12/2019 – mis à jour en 02/2020

Ce travail s'inspire en grande partie de mon mémoire de stage réalisé dans le cadre de la formation master 1 Géographie, parcours Géoprisme à l'université Paris 1- Panthéon Sorbonne. L'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) et AgroParisTech, en collaboration avec l'IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports de l'Aménagement et des Réseaux) ont proposé ce stage dans le cadre du projet AERAU, *Accessibilité des Espaces Ruraux aux Aménités Urbaines*, financé par le ministère de la transition écologique dans le cadre du programme n°135 du PUCA, Plan Urbanisme Construction Architecture. Le stage a été dirigé et encadré par Clarisse DIDELON-LOISEAU (U. Paris 1 Panthéon Sorbonne) & Françoise BAHOKEN (U. Paris-Est / IFSTTAR, AME-SPLOTT) – je les remercie énormément- et a fait l'objet d'un mémoire académique s'intitulant *Analyse cartographique de l'accessibilité aux magasins spécialisés dans les produits alimentaires biologiques*, soutenu le 05 juillet 2019.

Résumé

Ce travail de recherche s'inscrit dans un contexte de forte demande d'analyse cartographique de l'accessibilité à des aménités urbaines par des réseaux de transport. La démarche que nous avons suivie est purement quantitative. Elle visait à répondre à une demande d'analyse de l'accessibilité en nous basant sur différentes mesures d'éloignement ou de proximité entre les lieux de demande (des communes) et les lieux d'offres (communes équipées en ressource) à deux niveaux géographiques : celui des communes et celui des ressources en question (les localisations des ressources). Plusieurs scénarios d'accessibilité ont été étudiés en fonction de la distance considérée (métrique euclidienne, voisinage, métrique réseau ...) en kilomètres ou en temps de trajet en minutes.

Mots clés

Accessibilité, Ressources, Distance, Lieux, Proximité, Réseau, Temps de trajets, Potentiel.

Abstract

This research work inscribes itself in a context of strong demand for cartographic analysis of urban amenities' accessibility by transportation networks. Our approach is purely quantitative. Its aim was to respond to a demand for an analysis of accessibility based on different measures of distance or proximity between the places of demand (municipalities) and the places of supply (municipalities equipped with resources) at two geographical levels: that of the municipalities

and that of the resources in question (the locations of resources). Several accessibility scenarios have been studied according to the distance considered (Euclidean metric, neighborhood, network metric, etc.) in kilometers or travel time in minutes.

Keywords

Accessibility, Resources, Distance, Places, Proximity, Network, Travel time, Potential.

« Le monde du partage devra remplacer le partage du monde. » Claude LELOUCHE

Introduction

L'organisation de l'espace autour des centres des villes et des espaces périphériques qui gravitent autour de ceux-ci favorise l'implantation des services et activités de la ville dans les lieux les plus centraux - les plus accessibles- censés maximiser l'accès aux usagers. Ce sont alors les positions relatives de localisation par rapport à un centre qui déterminent l'accès à ce dernier et aux ressources qu'il concentre, compte tenu de sa position centrale. Cela induit à des inégalités en termes d'équipement entre un monde urbain souvent mieux équipé qu'un monde rural. Mais au-delà de ces inégalités binaires, la distribution spatiale des équipements est hétérogène et inégalitaire même au sein de ces ensembles.

L'action publique, bien qu'elle soit grandement impliquée dans la production de ces centralités urbaines et des inégalités qui en découlent de celles-ci, doit agir de manière à permettre un accès équitable à la ville et aux ressources qu'elle concentre en s'assurant que les lieux les plus défavorisés en termes d'éloignement soient les mieux reliés par les réseaux de communication (réseaux de transports). Un réseau de transport efficace est un réseau qui réajuste les positions relatives des lieux en termes de proximité ou d'éloignement par rapport aux lieux d'intérêt, dont l'accès suppose un déplacement, en maximisant les inégalités au profit des plus faibles « Principe maxi-min de la théorie de la justice de Jhon Rawls » pour garantir un accès qui soit selon le principe d'équité au sens de Jhon Rawls, juste.

En tant que géographes, nous devrions faire preuve de beaucoup de rigueur quand nous abordons cette question d'accessibilité géographique aux ressources urbaines. Etant multidimensionnelle il est indispensable de bien la définir en amont avant de se lancer dans une quelconque analyse. Une fois définie, le choix d'une approche et des méthodes d'analyse constitue le plus grand enjeu. Il devient alors nécessaire de déterminer la méthodologie de travail en fonction de la nature de l'usage des ressources que nous voulons étudier (usage rare, fréquent...) ou les contraintes d'accès à celles-ci définies par un zonage d'exercice administratif (ex :une commune est rattachée à une telle préfecture/sous-préfecture) mais également selon

ce que nous voulons caractériser dans l'accès potentiel aux ressources étudiées (pénibilité, coût, proximité/ éloignement, répartition et inégalités d'équipement...etc.) .

Ainsi, nous jugeons qu'il est incontestablement nécessaire d'étudier les différentes définitions de l'accessibilité, et aborder par la suite les différentes méthodes permettant de l'analyser. L'objet de cet article est de revenir sur les différentes mesures d'une approche agrégée (nous l'expliquons plus-bas) de l'accessibilité. Il s'agit de positionner ou de remettre chacune des méthodes dans son contexte, selon les formes de mesures, qui les véhiculent- ou les résultats qu'elles caractérisent.

Pour que l'article soit illustratif nous ferons appel à certains de nos résultats obtenus dans le cadre de l'analyse de l'accessibilité géographique aux salles de cinéma en Ile-de-France. Un fichier métrologique reprenant de manière détaillée l'analyse avec les données que nous avons utilisés sont mis à votre disposition de manière à ce que vous puissiez la reproduire - sur le logiciel gratuit et en libre accès pour tou.te.s qu'est le **R/RStudio**.

Cependant, nous tenons à préciser que le choix de travailler sur les salles de cinéma était plus fixé par contrainte de données. En fait, comme nous avons voulu mettre à disposition les données utilisées dans le traitement afin que notre démarche soit reproductible, il était question de travailler sur des données accessibles et assez bien fournies. Pour cela, nous sommes bien conscients que l'espace ou la spatialité est loin d'être l'unique variable explicative de la répartition des salles de cinéma, et à un degré plus lointain, la variable qui déterminerait l'accessibilité à ces dernières, dans la zone étudiée. Nous aurions préféré travailler sur une autre ressource dont l'accessibilité aurait été plus conditionnée par l'espace et la proximité à celle-ci (l'espace serait le déterminant le plus discriminant dans l'accessibilité à la ressource). Ça pouvait correspondre, par exemple, aux hôpitaux (services d'urgence notamment) ou encore les maternités... Mais faute de données ou faute de temps vu que nous n'avons pas fouillé suffisamment, nous nous sommes lancés dans le traitement avec les données des salles de cinéma. Si jamais vous souhaiteriez voir une autre analyse effectuée dans le cadre d'un autre travail universitaire vous pouvez consulter le fichier (Rmarkdown.htm) détaillant le traitement et l'analyse de l'accessibilité des séniors aux hôpitaux dans le département du Gard en Occitanie – que nous avons réalisé, dans le cadre de la formation Master 2 GéoPrisme , grâce à une partie du script qui a été produit de base pour ce traitement dédié à analyse de l'accessibilité aux salles de cinéma en région d'Ile-de-France.

En travaillant sur la question de l'accessibilité nous avons jugés d'emblée impensable de le faire avec un outil peu accessible car nous estimons que cela aurait été en contradiction avec le sujet. Ce présent article et l'analyse faite sur R - qui lui est associée¹- ont une vocation avant tout métrologique. Ils visent à répondre aux problématiques suivantes :

Quelles solutions méthodologiques, et quelles explorations (carto)graphiques nous permettrait d'aborder cette question de l'accessibilité géographique ? Dans quelle mesure pourrions-nous les rendre accessibles et facilement reproductibles ?

¹ Un dépôt github, détaillant toutes les étapes et la méthodologie de l'analyse tout en mettant à disposition des lecteurs à la fois les données et le code du programme R/R-studio développé, a été créé et n'attend que la publication pour être diffusé (actuellement privé nous prévoyons de le rendre public à des fins de reproductibilité)

L'accessibilité géographique au cours du temps ; vers une conceptualisation, intégrant et combinant plusieurs dimensions ?

Bien que ça pourrait paraître une simple énumération des définitions de l'accessibilité spatiale et une manière indigeste de présenter une multitude de définitions... nous tenons à préciser, que derrière cela, se cache une volonté de notre part de procéder ainsi, dans la mesure où nous voulons montrer l'évolution et la complexation de plus en plus prégnante de ce concept d'accessibilité spatiale. Pour cela vous remarquerez que nous les présentons en suivant un ordre chronologique qui montre bien cette évolution dans les définitions, qui inclurait et/ou combinerait de plus en plus de dimensions – ce qui témoigne du caractère multidimensionnel du sujet d'étude (l'accessibilité spatiale).

Pour la plupart des auteurs, l'accessibilité peut être définie comme la plus ou moins grande facilité avec laquelle un lieu donné peut être atteint à partir d'un ou plusieurs autres lieux (Lévy et Lussault, 2004 ; Bavoux et al., 2005).

C'est dans la littérature anglo-américaine à partir de **1960** qu'on retrouve les premières définitions de l'accessibilité qui est définie en **1959**, selon Hansen, comme « le potentiel d'opportunités pour les interactions ». L'accessibilité a été associée ou définie comme étant « la proximité des activités (Ingram, **1971**) », ou également par « la connectivité entre les lieux » (Taaffe et Gauthier, **1973**), l'accessibilité correspond encore selon Burns (**1979**) à « la facilité avec laquelle les individus participent à des activités ».

Pour Chapelon (**1996**), l'accessibilité ne se limite pas qu'aux possibilités de déplacements offertes aux individus mais doit aussi tenir compte des capacités de ceux-ci à utiliser les modes de transports qui permettent le déplacement vers les lieux d'intérêts « lieux désirés ». Une telle définition apporte une dimension sociale aux définitions précédentes dans la mesure où elle met en avant les capacités inégales des individus à utiliser des moyens mis à leurs disposition ce qui suppose des inégalités d'accès dépendantes des caractéristiques des groupes d'individus. Moseley, en **1997** a préféré de parler de possibilité que de facilité dans sa définition ; l'accessibilité « comme la possibilité d'accéder et de participer aux activités ».

Dans la littérature récente, la définition de l'accessibilité a évolué et s'est largement complexifiée avec l'intégration de plusieurs composantes. Bhat et al. (**2000**) intègrent l'intérêt des lieux (attractivité) pour d'autres lieux qui cherchent à les rejoindre. Dans ce sens, ils définissent l'accessibilité comme la « plus ou moins grande facilité avec laquelle un lieu ou une fonction économique attractive (emplois, commerces, services,) peut être atteint à partir d'un ou de plusieurs autres lieux, à l'aide de tout ou partie des moyens de transports existants ». Bavoux et al. (**2005**) intègrent l'usage d'un moyen de transport assurant la communication entre les lieux, ils considèrent alors que ; « l'accessibilité renvoie à la facilité avec laquelle un lieu donné peut être atteint à partir d'un autre lieu, en utilisant un moyen de transport existant ». Pumain (**2006**) définit l'accessibilité comme étant la « facilité avec laquelle un lieu peut être atteint depuis plusieurs autres », l'auteur développe que l'accessibilité est liée à « l'exercice de

la centralité, et se développe généralement en rapport avec elle, grâce à l'aménagement d'infrastructures de communication ». Jouffe et al., (2015) viennent appuyée la dimension sociale de l'accessibilité en mettant l'accent sur la localisation résidentielle et celle des ressources et les inégalités d'accès que celles-ci supposent. Dans ce sens, les auteurs considèrent que « les inégalités d'accès sont donc une construction multidimensionnelle qui associe plusieurs facteurs comme la localisation résidentielle des ménages, la localisation des ressources elles-mêmes et les caractéristiques des individus ».

Face à cette multitude de définitions et le caractère multidimensionnel de celles-ci il existe plusieurs formes de mesures et indicateurs permettant d'approcher cette question de l'accessibilité géographique aux ressources. Deux principales approches sont mentionnées dans la littérature ; quand l'analyse se voit tournée vers l'espace en le considérant comme l'élément principal par lequel est caractérisé l'accessibilité des lieux et des individus qui les habitent on parle de l'approche agrégée de l'accessibilité. Dans l'autre cas, l'approche faisant des comportements individuels (ex : des itinéraires individuels étudiés à travers de prismes spatio-temporels) l'objet central dans l'analyse de l'accessibilité, est dite désagrégée.

Dans les lignes qui suivent nous présenterons de manière globale et synthétique les différentes méthodes permettant d'analyser, avec une approche agrégée, la question de l'accessibilité spatiale à des ressources avec l'exemple des salles de cinéma en Ile-de-France dont nous discuterons les résultats tout en mettant en exergue l'intérêt de recourir aux formes de mesures desquelles ils découlent. Nous parlerons parfois- quand c'est nécessaire et utile - d'autres cas de figures que les salles de cinéma.

Analyse de l'accessibilité géographique aux ressources urbaines ; l'exemple des salles de cinéma en Ile-de-France

Cette étude de cas présente deux biais méthodologiques. Le premier est lié aux « effets de bord », et consiste à la non prise en considération de ce qui pourrait être observé en dehors de la zone d'étude sélectionnée. Alors que la sélection de la zone d'étude ne se base que sur des limites administratives abstraites- imaginaires. En fait, nous l'isolons comme si elle était une île coupée d'un monde extérieur, alors qu'en réalité, des interactions et des échanges sont possibles entre les lieux que nous séparions. Pour parer à ce problème il aurait été possible d'inclure dans l'analyse une zone tampon de « x » kilomètres ou « x » temps de trajet autour de la zone d'étude. Toutefois, comme nous n'avons réussi à avoir que les salles de cinéma localisées en région d'Île-de-France cela aurait été inutile- car il aurait fallu disposer des données sur les salles de cinéma incluses dans la zone tampon que nous aurions déterminé.

Le second biais quant à lui concerne l'homogénéisation des unités spatiales sur lesquelles nous avons travaillé. En fait, quand nous faisons des calculs sur la maille communale nous réduisons la commune à son centroïde, alors qu'une analyse à des mailles plus fines – telles que les IRIS- aurait pu donner lieu à des résultats plus nuancé et hétérogène au sein même de ces unités spatiales que nous homogénéisons. Cependant, conformément à la commande du projet nous

étions obligés de rester sur la maille communale. Nous reviendrons également sur d'autres limites au fur et à mesure que nous discutons les analyses menées et leurs résultats.

L'accessibilité comme simples mesures de l'offre

Nous retrouvons fréquemment dans la littérature que l'analyse de l'accessibilité géographique est réduite à la mesure de l'offre résidentielle en ressources tel que le dénombrement de ressources (voir **la Figure 1– Carte (A)**) ou également à différents calculs caractérisant la densité (densité au km², densité relative...etc.) sur différentes mailles administratives. Or, cela ne tient pas compte des échanges qui peuvent s'opérer entre les lieux en considérant chaque unité spatiale (ex : les communes) comme un lieu inaccessible depuis les autres entités spatiale qui l'entoure. Comme si nous travaillons sur des îles isolées, inaccessibles depuis les autres lieux. En d'autres termes, l'offre en ressources dans une unité spatiale donnée se voit réservée aux populations s'y trouvant- habitants. En réalité un lieu peut-être à la fois un lieu de l'offre et de demande(s). Il n'est pas également pris en compte dans cette forme de mesure ni la distance séparant les lieux ni le réseau permettant de les relier – les rendre accessibles.

En se basant sur la localisation des ressources il est possible de les regrouper par maille communale (ou autres mailles) et calculer ensuite des indices de concentration et d'équipartition des ressources (ex : indice de Gini & indice de Hoewer...etc.) mais ce qui est largement discutable avec ces types de mesures est le fait qu'ils dépendent de la maille que nous aurions choisie pour les calculer. Or ni la taille des mailles, ni leur position relative ne sont prises en considération dans le calcul. Les résultats renvoyés par ces mesures ne nous renseignent que sur le degré de concentration des ressources que nous étudions, et qui nous indiquent la part de ces ressources qu'il faudrait redistribuer pour arriver à une situation d'équipartition. Ils ne nous renseignent en aucun cas sur l'environnement spatial des individus à déplacer, et c'est pour ceci que ces indices sont dits a-spatiaux. Si nous devons rester sur une maille irrégulière, nous pensons qu'il est plus intéressant de calculer le nombre puis la part de ressources relatifs à chacune des unités spatiales – selon la maille choisie. Ce qui nous permettra par la suite, par un raisonnement multiscalaire, de mesurer des déviations quant à des parts calculées pour des échelles supérieure- plus grande. La déviation ou la comparaison peut être également calculée quant à des voisins directs (les K plus proches voisins) ou encore, à des voisins se situant à une portée de distance donnée - qui nous semble plus intéressante dans la mesure où elle nous permettrait d'identifier d'éventuelles ressemblances ou dissemblances quant à un voisinage défini.

Dans le cas où nous voulons nous affranchir du maillage territorial et des effets de MAUP² qu'induit sa prise en compte il existe pour cela différentes méthodes. En fait, nous pouvons

² MAUP (Modifiable Areal Unit Problem) Le concept de MAUP a été proposé par Openshaw et Taylor en 1979 pour désigner l'influence du découpage spatial (effets d'échelle et effets de zonage) sur les résultats de traitements statistiques ou de modélisation. Depuis, une littérature importante a été consacrée au sujet, et plusieurs travaux proposent différentes solutions d'ordre technique pour remédier à ce qui est considéré comme un problème. <http://www.parisgeo.cnrs.fr/spip.php?article33&lang=fr>

définir une maille régulière tel que le permette par exemple la méthode du carroyage consistant à travailler sur des unités spatiales – carreaux- égales en termes de tailles ce qui annule l'effet de MAUP. Il est également possible d'opter pour la méthode dite de « quadrats » qui nous permette non seulement de s'affranchir du maillage mais également de mesurer un indice de concentration spatial des ressources – semis de points- qui n'est rien d'autre que le rapport entre la densité moyenne de points par carreaux d'observation (5km par exemple) et la variance de cette densité sur l'ensemble des unités de l'échantillon. L'indice de concentration correspond alors à la formule suivante :

$$IC = V(D)/D$$

Où :

Densité moyenne $D = \text{nb. de points} / \text{nb. de quadrats}$,

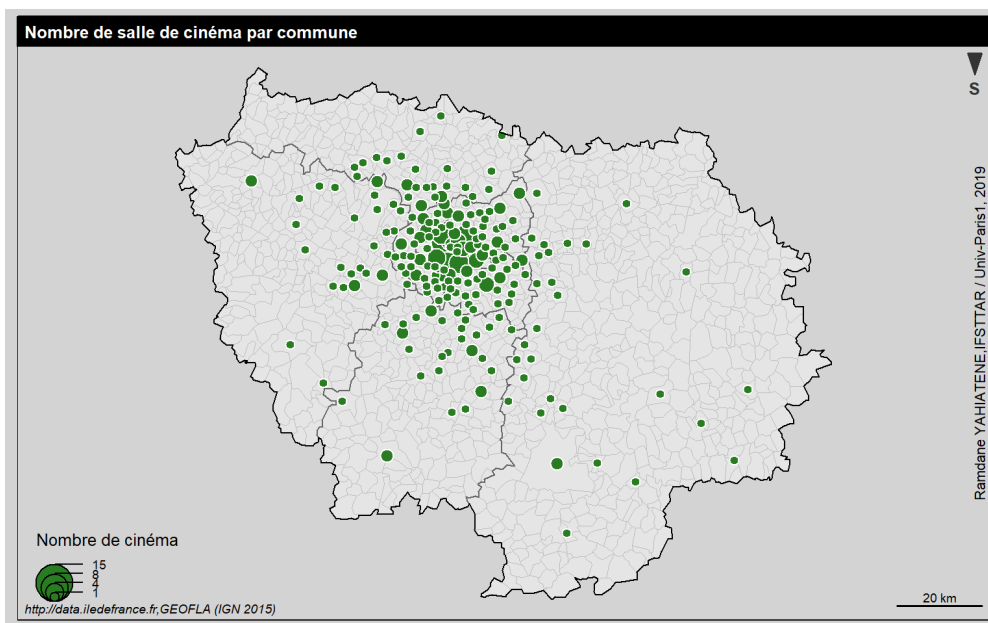
Variance $V(D) = \text{Somme des écarts à la moyenne} / \text{Nombre de quadrats} - 1$

Cependant, ces méthodes présentent des limites. En fait, il nous revient de choisir un pas de distance pour définir la taille de la maille régulière d'observation. Travailler sur un maillage régulier comme c'était également le cas avec un maillage irrégulier ne tient pas en compte de la notion de voisinage et des probables possibilités d'interactions - ou d'échanges- pouvant s'opérer entre les lieux. Pour cela, nous pensons que les différentes méthodes d'interpolation et de lissage spatial³ présentent une bonne solution métrologique quand nous voulons caractériser la forme de la distribution spatiale des ressources. En fait, elles présentent le double avantage consistant à garder l'information sur la localisation des ressources tout en s'affranchissant du maillage- mailles territoriales. Comme elles proposent de prendre en compte les interactions potentielles entre les lieux- qui décroîtraient avec la distance. **La carte (B)** affichée dans **la Figure 1** représente le nombre potentiel de salles de cinéma observées dans un rayon de distance à vol d'oiseau de 5km autour des lieux de demande. Cela a été calculé avec la méthode de Stewart 1973 avec une pondération de la distance par son carré.

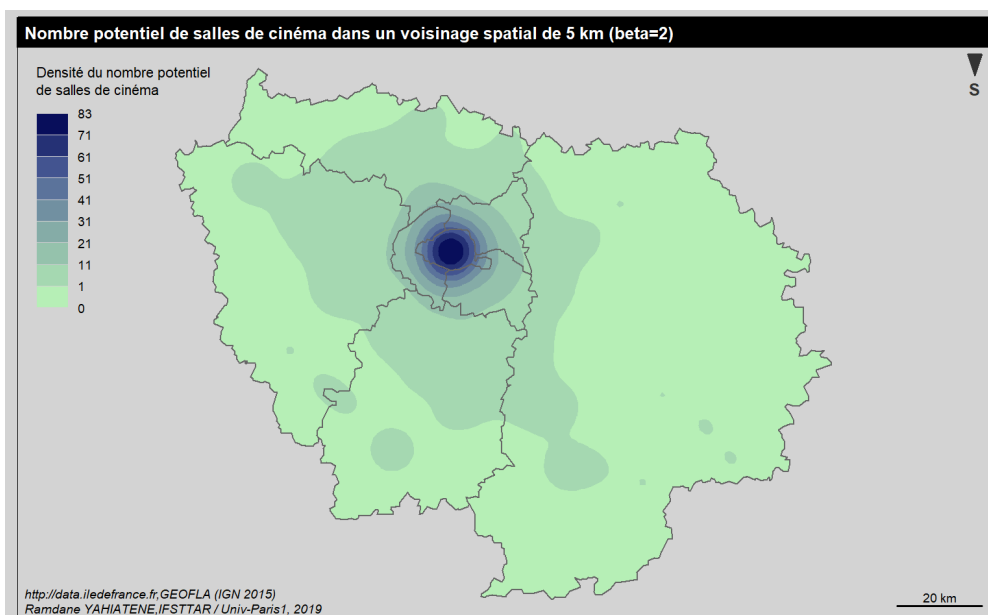
³ Voir le chapitre 8 du « *manuel d'analyse spatiale* » INSEE, 2018 <https://www.insee.fr/fr/information/3635442>

Figure 1 répartition territoriale et distribution spatiale des ressources

(A)



(B)



Quelle que soit la méthode suivie dans les formes de mesures évoquées dans cette partie, celles-ci ne caractérisent que la forme de distribution (territoriale/spatiale) des ressources à partir de leurs localisations. Le passage d'un semis de points- localisation des ressources- à des formes de distributions nous permet d'identifier d'éventuelles zones de concentration et/ou de carence des ressources qu'il faudrait prendre en compte avec d'autres déterminants dans l'analyse de l'accessibilité géographique aux ressources.

L'usage théorique des ressources ; pour une détermination de la demande en fonction de l'offre

Il existe plusieurs modèles qui, en simplifiant plus au moins le comportement spatial des individus, permettent de les comprendre – ou les rendre compréhensibles. Ces différents modèles théoriques déterministes ou probabilistes soient-ils, cherchent à déterminer la partition d'un espace à partir d'une utilisation théorique des services ou à estimer la position des agents – des individus – quant aux lieux d'intérêts qu'ils chercheraient à rejoindre dans le but de satisfaire un besoin.

Le modèle du « **plus proche voisin** » reposant sur l'hypothèse qui stipule que chaque individu – agent – s'orienterait vers la salle de cinéma la plus proche nous permet de délimiter – déterminer - des aires et/ou des réseaux d'influence théoriques.

Dans le cas où nous cherchons à mettre en avant un réseau d'influence théorique, nous pouvons représenter sous forme de segments, les liens entre les lieux de demande « origines » et les ressources qui leurs sont les plus proches « destinations ». Les nœuds du réseau correspondraient aux ressources- les salles de cinémas- tandis que les arcs représentent les liens vers les lieux de demande- communes- faisant partie du réseau d'influence théorique de chaque sommet. L'influence théorique représentée sous forme d'un réseau nous permet d'identifier des centralités locales « centralité de degré » déterminées par le nombre d'arrêtes incidentes vers chaque sommet – les nœuds du réseau- qui correspondent aux connexions commune/ressource la plus proche. Cela peut nous aider à repérer d'éventuelles fragilités du réseau en mettant en exergue les nœuds les plus influents. Ce type de représentations peuvent nous permettre d'observer à quoi ressemblerait le réseau si un sommet devait disparaître (fermeture d'une salle de cinéma) ou inversement apparaître (ouverture d'une salle de cinéma).

La méthode de Voronie 1908 nous permet de déterminer et de représenter sous formes polygonales des aires d'influences théoriques des salles de cinéma ce qui nous donne la possibilité de calculer le nombre de populations théoriques incluses dans chacune des aires d'influences. Il nous est alors possible de représenter la part d'une catégorie de population cible qui à priori serait plus susceptible à fréquenter les ressources que nous étudions – les salles de cinéma.

La carte (A) affichée dans **la Figure 2** présente une délimitation- détermination – des aires d'influences théorique avec la méthode de Voronie 1908 à l'intérieur desquelles est représenté en aplat de couleur pour une salle de cinéma ; le nombre potentiel des population jeunes (de 15 à 29 ans) qui fréquenterait potentiellement chacune des salles de cinéma. La taille ou l'étendue

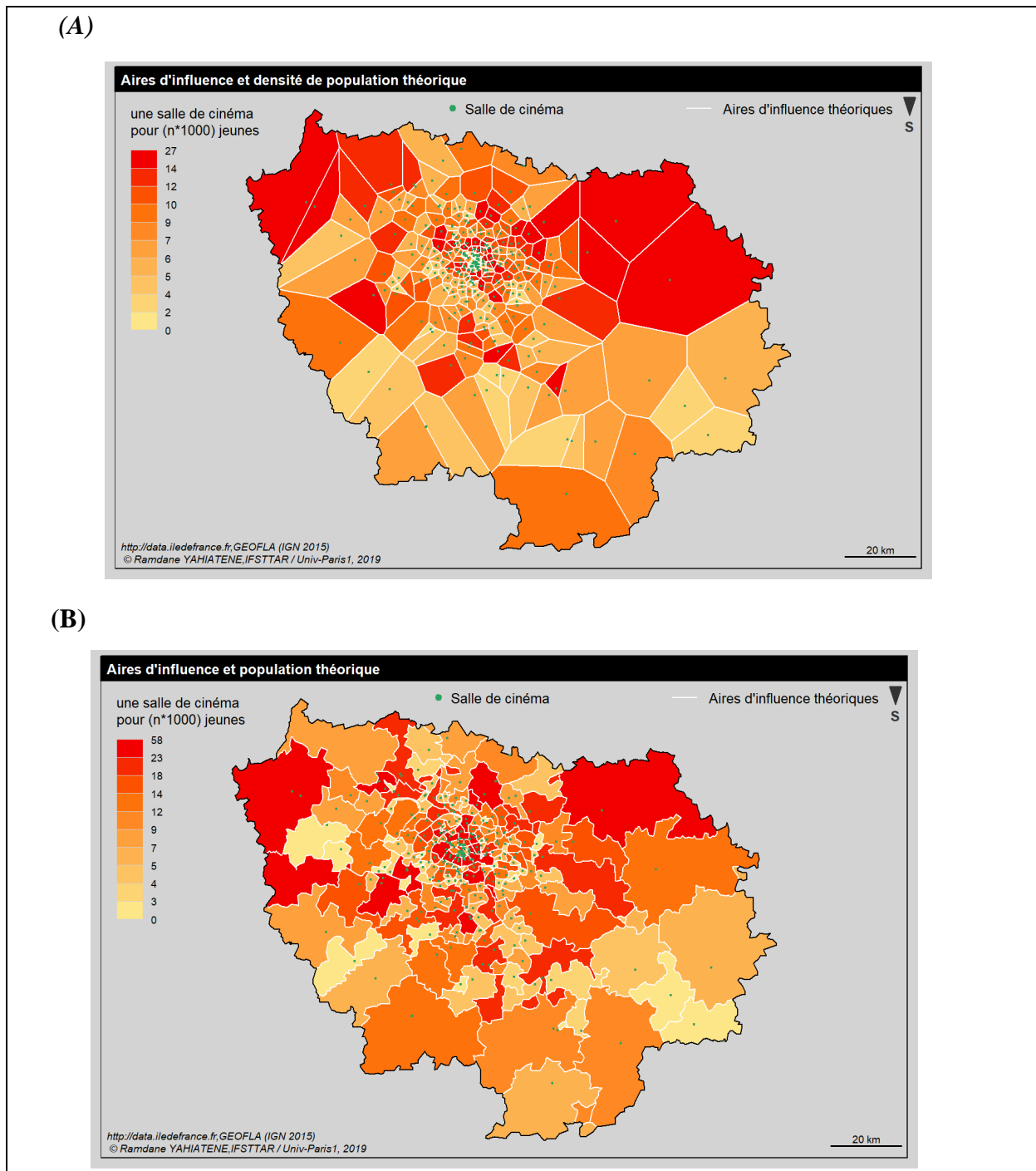
des zones d'influence délimitées en blanc nous renseigne sur les dimensions théoriques de chacune des aires d'influence et sur la manière dont les salles de cinéma se répartissent des usagers potentiels. La taille des zones nous livre aussi des informations sur le nombre et sur la concurrence des salles de cinéma. En fait, plus la taille de la zone d'influence théorique est grande, moins la présence des lieux de l'offre, les salles de cinéma en l'occurrence, est grande.

Cependant, la méthode est très déterministe dans la mesure où la redirection des lieux de demande vers le lieu de l'offre le plus proche est une approche très simpliste des comportements des agents. L'utilisateur potentiel ne se dirigera pas forcément vers la salle de cinéma qui lui est la plus proche. Par une telle méthode les salles de cinémas sont appréhendées comme étant des lieux proposant une offre équivalente alors qu'en réalité une salle de cinéma diffère d'une autre selon le nombre de place qu'elle propose ou la qualité de services qu'elle offre. Ces caractéristiques de taille ou de qualité du service mettent l'utilisateur devant un panel de choix divergents, et c'est en ce sens que la notion d'utilité reposant sur l'attractivité intervient dans le choix de l'utilisateur de la ressource qu'il lui conviendrait le mieux. La troisième limite majeure d'une telle approche simplificatrice est le fait qu'elle repose sur des distances continues – métrique euclidienne – alors que le plus proche spatialement sur un réseau théorique optimal n'est pas forcément le plus proche en réalité – sur un réseau de transport réel.

Le modèle de Reuilly (1931) et le modèle de Huff (1962) nous permettent de déterminer des aires fonctionnelles théoriques, qui prennent à la fois compte les temps de trajets séparant les lieux « i » des lieux « j » ainsi que le nombre d'opportunités qu'offre les lieux « j », qui ensemble déterminent l'attraction de « j » sur « i ». L'aire fonctionnelle dont dépend chacun des lieux de demande « i » est déterminée par l'attraction maximale exercée par les lieux de l'offre « j ». Le modèle de Huff 1962 est moins déterministe que le modèle de Reuilly dans la mesure où il repose sur des probabilités qu'un lieu « i » fréquenterait des lieux « j ». L'aire d'influence est alors estimée pour chacun des lieux « i » grâce à la probabilité maximale-attraction relative- qu'un lieu « i » fréquente un lieu « j ».

En se basant sur la méthode proposée par le modèle de Reuilly 1931 – attraction maximale - **La carte (B) de la Figure 2** représente les aires fonctionnelles théoriques des salles de cinéma en faisant figurer en représentation zonale pour chacune des salles de cinémas ; le nombre de clientèle potentielle (les jeunes de 15 à 29 ans) inclus dans les zones d'influences théoriques déterminées. Le résultat est moins théorique que le précédent -basé sur le modèle du « plus-proche voisin » - car il tient à la fois compte de l'attractivité des lieux (j) se traduisant par la masse d'opportunités qu'ils offrent - ici nous avons choisi comme variable d'attractivité ; le nombre de film inédits diffusés par les salles de cinéma, ça pouvait être aussi l'offre 3D ou une autre modalité mais nous n'avons malheureusement pas les données - et de la distance fonctionnelle séparant les lieux (i) des lieux (j). Cela veut dire que la mesure dépend également d'un réseau de transport (le réseau routier) pouvant « potentiel » relier les lieux « i » aux lieux « j ». Cependant le scénario de circulation est optimal et peu réaliste en raison de la non-prise en compte de la congestion du réseau - circulation à la vitesse maximale autorisée. Une vitesse qui aurait été variablement réduite, selon la typologie des routes (capacité, fréquentation, vocation...etc) formant les tronçons du réseau.

Figure 2 aires d'influence et populations théoriques



Nous retenons des résultats que nous avons obtenus dans cette partie que chacun des scénarios mis en œuvre présente des limites, dans la mesure où chaque résultat correspond à une modélisation de la réalité, ce qui sous-entend une simplification de cette réalité. Cependant il serait intéressant de les confronter à des résultats de fréquentations réelles des salles de cinéma dans le but de comparer l'attractivité réelle à l'attractivité théorique que nous avons déterminés ou estimées avec différentes méthodes. Dans le cas où nous travaillons sur des ressources ou des services administratifs territorialisés- qui dépendent d'aires fonctionnelles définies selon

l'appartenance à un découpage administratif- telles que (les préfectures / sous-préfectures) ou les tribunaux...etc. Il serait intéressant de vérifier la pertinence de celles-ci à différentes périodes temporelles en prenant en considération l'évolution démographique – variabilité de peuplement des lieux. Il s'agit de vérifier à quel point les services territorialisés sont en adéquation avec la demande – les populations en question.

L'accessibilité comme expression de la distance : des mesures de séparation entre l'offre et la demande

Les mesures d'accessibilité basées sur les distances mesurent la proximité ou l'éloignement des lieux en se focalisant sur la distance les séparant. L'accessibilité correspond alors à une fonction décroissante de la distance dont la formulation est la suivante :

$$A_i = \sum_j A_{ij} f(d_{ij})$$

Où :

- A_{ij} est l'accessibilité de la zone j depuis la zone i
- $f(d_{ij})$ est une fonction de résistance
- d_{ij} correspond à la distance entre i et j

Il existe toutefois différentes mesures et considérations de l'espace entre les lieux. La distance peut être l'expression de métriques continues tel que les métriques euclidiennes qui résument l'éloignement entre deux lieux à l'espace géométrique les séparant - séparation spatiale. La mesure de la distance peut également être l'expression de métriques discrètes qui se focalisent sur la proximité entre les lieux en prenant en compte la notion de voisinage. Dans sa forme topologique, la distance est évaluée à base de propriétés d'un réseau modélisé en graphe : on parle alors de distance physique pour caractériser cette forme de mesure. La distance peut être également temporelle et correspondre aux temps de trajets séparant les lieux. Ce « coût temporel » est appelé « coût généralisé » s'il prend en considération les composantes monétaires des déplacements.

La distance calculée et représentée dans **la carte (A) de la Figure 3** ne correspond pas à une métrique, nous lui avons donné un sens topologique qui « établit le degré de séparation entre deux sommets du graphe à partir d'une matrice de connexité » (Pumain, 2009) qui correspond dans notre cas d'étude à la connexion entre les communes limitrophes basée sur la contiguïté territoriale. Nous cherchons donc dans cet exemple d'application à mesurer « le degré de séparation » entre les communes – les sommets – et les communes équipées « lieux d'intérêts » les plus proches qui correspondent aux sommets du graphe que cherchent à rejoindre les autres sommets. Le résultat correspond à un dénombrement de frontières à franchir d'une commune vers la commune équipée la plus-proche en empruntant un réseau de circulation reliant les communes limitrophes.

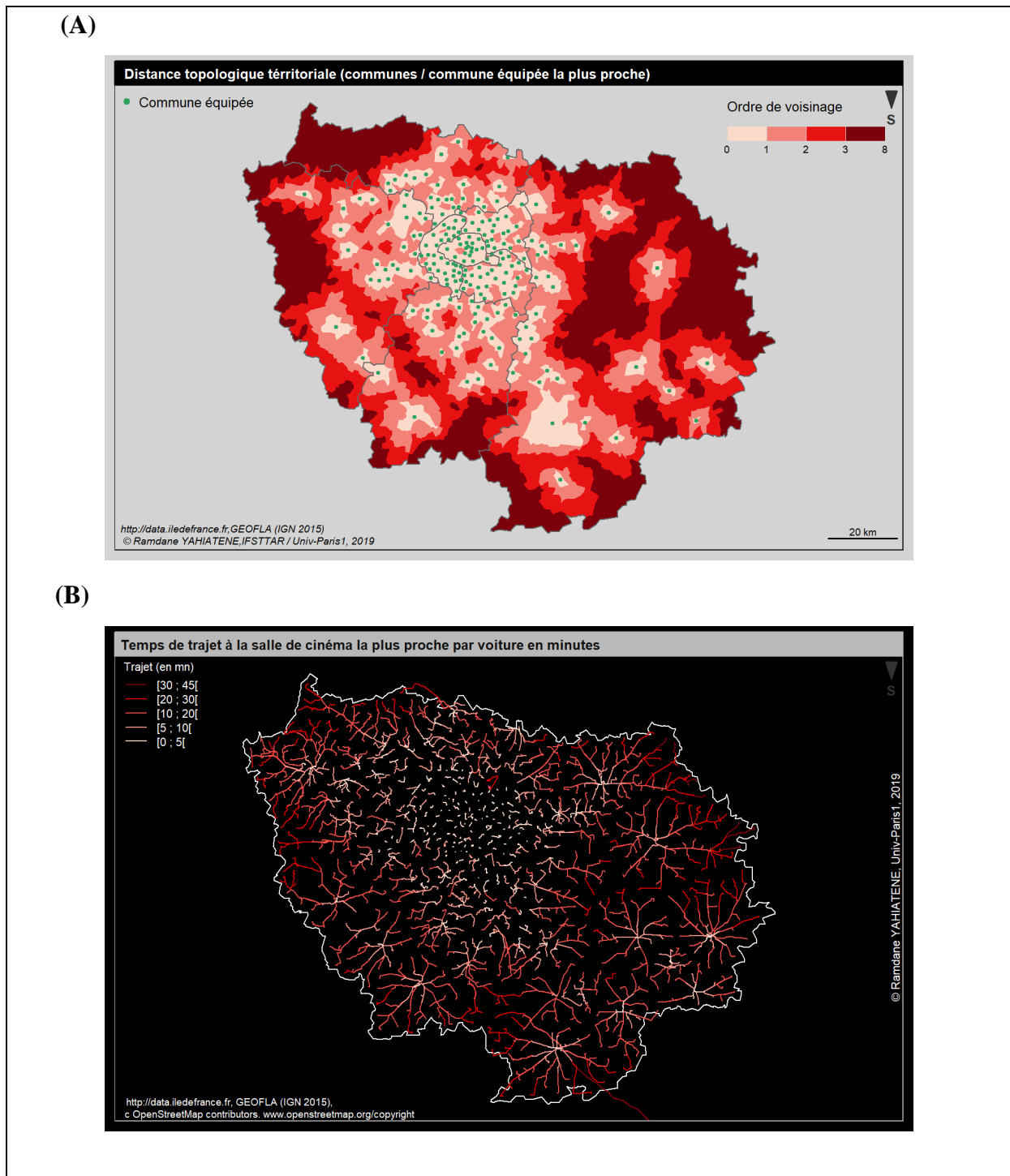
En ce sens, pour donner un sens de métrique « métrique réseau » à ce résultat nous pouvons transformer le graph connexe non-valué (où chaque arrête correspond à une frontière) en un graph-valué où chaque arrête correspond à une valeur (en kilomètres, ou en mètres ...etc.) qui n'est rien d'autre que la longueur du segment – que nous pourrions appeler métrique territoriale.

Cependant cette carte présente plusieurs limites. En fait, il nous revient au départ de déterminer l'ordre de voisinage contiguë que nous voulons explorer et ce choix est souvent difficile à justifier. C'est pourtant sur ce premier choix d'ordre de voisinage que repose le réseau théorique que nous construisons pour mesurer « le degré de séparation entre deux sommets du graph ». Si nous représentions la distance territoriale – dans son sens de métrique – un exemple de résultat consisterait à dire que le déplacement sur un réseau de communes limitrophes entre une « commune A » et une « commune D » (non limitrophes) se ferait à travers des liaisons à vol d'oiseau entre communes limitrophes jusqu'à ce que la commune A (non équipée) rejoigne la commune D (équipée). Le cheminement aurait pu être le suivant « A vers B, B vers C, C vers D ». Or la configuration réelle d'un réseau reliant les lieux – réseau de transport - est beaucoup plus complexe.

Néanmoins, cette analyse reste pertinente dans la mesure où elle aborde l'espace non pas comme étant continu « les métriques continues » mais comme étant discret et parsemé de frontières qui peuvent correspondre non pas aux frontières territoriales – comme c'est le cas ici - mais aussi à toutes les contraintes que l'espace peut présenter. C'est pour cela que nous jugeons nécessaire et indispensable de tourner l'analyse vers le réel en effectuant nos mesures d'accessibilité sur un réseau de transport.

En travaillant sur un réseau de transport nous pouvons caractériser la proximité ou l'éloignement des lieux de demande quant à un lieu d'offre en calculant des temps de trajets- qui prennent en compte l'usage d'un réseau de transport - vers la ressource la plus proche. Il est également possible de caractériser la centralité des lieux de demande quant au réseau des lieux d'offre en calculant la distance – temps de trajet- vers la ressource la plus éloignée qui correspond à l'indice de centralité d'éloignement maximal de König. En restant sur ce même indice (indice de König) et en inversant le raisonnement, nous pouvons déterminer les ressources les plus accessibles - les plus centrales, qui correspondraient aux ressources dont l'éloignement maximal quant à l'ensemble des lieux de demande, est le plus réduit. Une autre manière de caractériser l'éloignement global des lieux à des ressources est la mesure de la distance depuis tous les lieux de demande vers un point de référence – point moyen ou central. Dans notre cas d'étude il peut correspondre au point minimisant la distance entre les salles de cinéma- qui n'est rien d'autres que le centre de gravité des ressources en question (salles de cinéma). Cependant cette dernière méthode est loin d'être la meilleure car nous réduisons la localisation des objets d'étude en une seule localisation arbitraire - peu objective.

Figure 3 la distance comme mesure de séparation(s)



La carte (B) affichée dans **la Figure 3** représente deux informations ; les tronçons de chemins les plus courts par route en voiture à la salle de cinéma la plus proche depuis chacune des communes de la région d’Ile de France. Représentés sous forme de tronçons routiers, ces liens sont dirigés vers le sommet « salle de cinéma » qui leur est le plus proche. La longueur du tronçon nous renseigne sur la longueur réelle du chemin à parcourir. Nous avons fait le choix de retenir 5 classes de temps de trajet (< 5 minutes, de 5 à moins de 10 minutes, de 10 à moins de 20 minutes, de 20 à moins de 30 minutes, de 30 à moins de 45 minutes). Une variable visuelle

valeur fait varier la couleur en fonction de ces classes, où plus la couleur est claire et plus le temps de trajet est faible et inversement, plus la couleur est sombre et plus le temps de trajet est important. L'intérêt d'une telle représentation cartographique est de repérer des zones où des communes bien desservies par le réseau, ce qui se traduit par des temps de trajets courts. Elle peut aussi nous renseigner sur l'efficacité du réseau routier si on arrive à repérer, par exemple, des tronçons de longueur plus au moins grands qui seraient écourtés en termes de temps, par un réseau de transport efficace.

Approcher l'accessibilité depuis cet angle de la distance à une ressource réduit l'offre à un seul lieu d'intérêt que chercheraient à rejoindre les demandeurs. Cela suppose la non prise en compte de la masse des opportunités offertes correspondants à la somme des choix offerts au tour d'un lieu, et qui renvoi à l'attractivité des lieux.

Il devient alors intéressant- nécessaire- de combiner la distance et la densité de l'offre dans un voisinage donnée permettant de prendre à la fois compte, la distance au sens de portée et les opportunités offertes pour les lieux de demande à égale portée de distance- autour de ceux-ci.

Vers des mesures isochrones de l'accessibilité ; entre coût du trajet et ressources atteignables

Une approche par isochrone mesure le nombre d'opportunités offertes à une zone déterminée autour des lieux de demande (i) ou inversement, au nombre d'utilisateurs pouvant « potentiel » être atteint, à une zone définie autour des ressources. La détermination des zones de dénombrement d'opportunités peut être fixée par l'application de contraintes de distances continues (500 mètres), discrètes ($K=4$) ou temporelles (5 minutes). Une telle approche vise à quantifier l'offre à une égale portée de distance – application de la même contrainte- en partant des lieux de demande. La formulation de l'accessibilité correspond alors à :

$$A_i = \sum_j W_j a_j$$

Où :

- A_i l'accessibilité depuis la zone i
- a_j les opportunités présentes dans la zone j
- W_j un paramètre : $W_j=1$ si $c_{ij} \leq c^*_{ij}$, et $W_j=0$ sinon
 - c_{ij} une mesure de coût entre les zones i et j
 - c^*_{ij} le seuil de coût au-delà duquel les opportunités ne sont plus comptabilisées.

Cette forme de mesure peut être utilisée dans plusieurs cas. En partant des ressources nous pouvons déterminer le nombre ou les parts de populations qui pourraient atteindre des ressources à différents pas de distance. Présenté sous formes d'une courbe cumulative

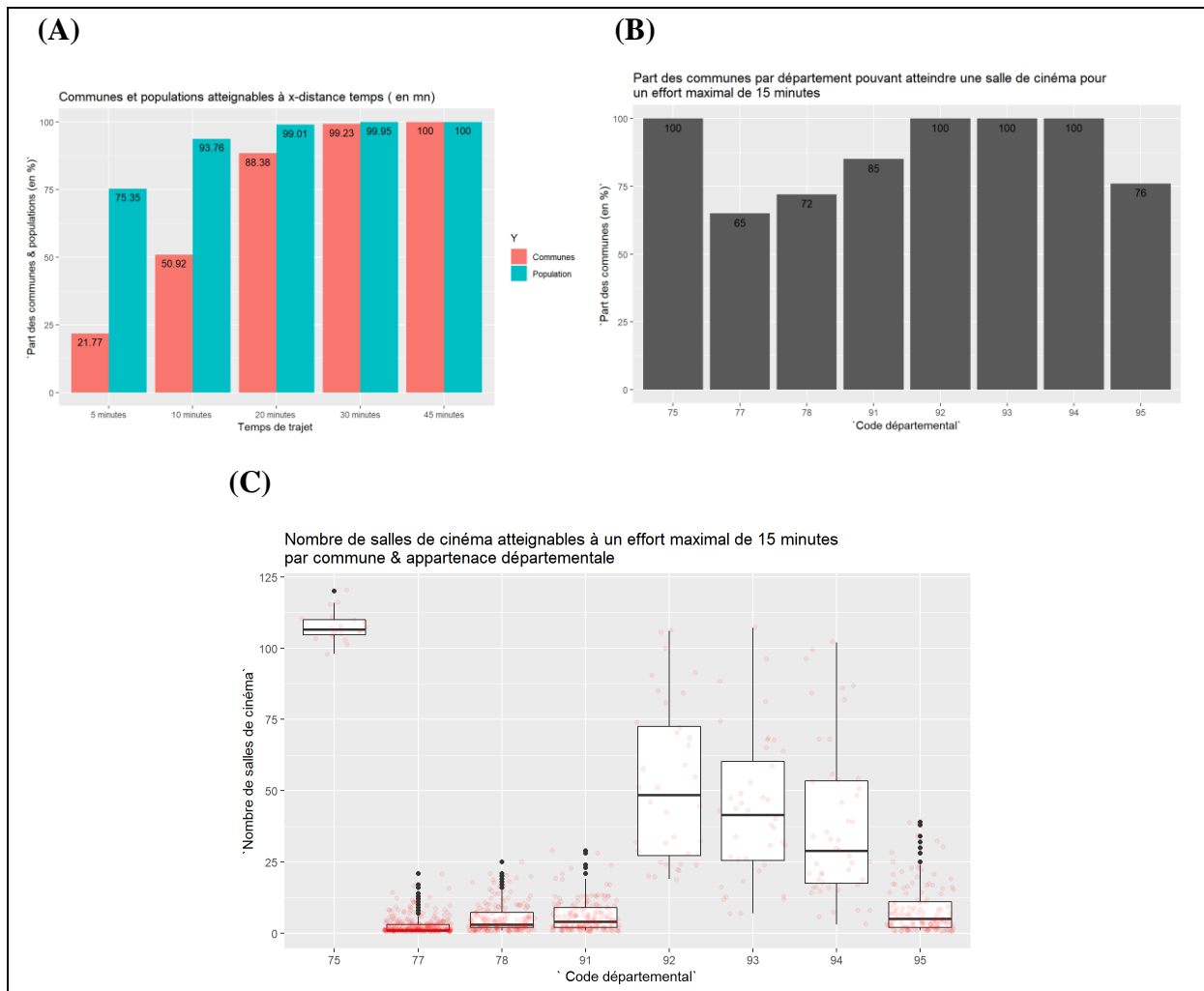
d'accessibilité ou également sous forme de diagrammes en bâtons...etc. le résultat nous permettrait de savoir, par exemple, à quel temps de trajet l'ensemble de la population peut atteindre une ressource ou plus.

Le graphique (A) de la Figure 4 représente sous la forme de diagrammes en battons la part des communes et de population en fonction du temps de trajet. Sur l'axe des « X » nous faisons figurer les classes de temps retenues. En « Y » les parts des communes et populations qui leurs correspondent. En ce sens nous lisons du graphique que près de 20 % (deux dixième) de communes peuvent atteindre au minimum une salle de cinéma pour un effort maximal de « 5 minutes ». En termes de population cela correspond à environs trois quarts (75%). A 45 minutes d'effort- maximal ; l'ensemble de la population peut être reliée par la route – en voiture- à une salle de cinéma. Nous signalons que nous ne tenons pas compte (absence de données...) des contraintes individuelles, financière ou physiques, qui auraient sans doute, prolonger les efforts temps, voir empêcher le déplacement des concernés tout court...

En inversant l'approche nous pouvons calculer le nombre de ressources potentiellement atteignables à un effort temps donné depuis les lieux de demande. En ce sens, **le graphique (B) de la Figure 4** représente le nombre de salles de cinémas pouvant être atteintes par commune et département d'appartenance pour un effort temps maximal de 15 minutes- autour des communes. En croisant la lecture des **graphiques (B & C)** affichés dans la même figure (**Figure 4**), nous pouvons lire qu'il est possible d'atteindre des salles de cinéma à un effort maximal de 15 minutes depuis Paris- tous les arrondissements Parisiens - et toutes les communes des départements limitrophes de la petite couronne. En revanche pour ce même effort maximal de 15 minutes plus de 100 salles de cinéma peuvent être atteinte depuis n'importe quel arrondissement Parisien. Elles ne sont qu'environ 55 salles- au maximum- atteignables depuis les communes du département du Val-de-Marne. Comme nous lisons que seul deux tiers des communes du département de la Seine-et-Marne peuvent atteindre entre une salle de cinéma au minimum et 23 salles différentes au maximum pour un effort maximal de 15 minutes de trajet par voiture.

Dans le cas où nous voulons différencier les lieux en termes de budget temps qu'il leur est nécessaire pour rejoindre « x » ressources - en nombre ou en % - il suffit de représenter sous formes de courbe cumulative d'accessibilité ; le nombre ou la part de ressources atteignables à différents budget temps depuis les lieux de demande. Quand nous travaillons sur un grand nombre d'effectif il est indispensable de procéder en amont à une sélection de certains individus pour garantir la lisibilité du graphique (Ex : choisir un certain nombre de communes pour chaque département). Cela nous permettra d'analyser ensuite la variabilité du budget temps qu'il faudrait pour chacune des communes retenues pour qu'elle puisse rejoindre un certain nombre ou une certaine part de ressources. Par exemple nous pouvons dire que les habitants d'une commune (A) pourraient atteindre 20 % des espaces verts à un budget temps de 10 minutes par voiture tandis que les habitants d'une autre commune (B) doivent consacrer 20 minutes supplémentaires de budget temps (soit un budget temps de 30 minutes) pour arriver à la capacité d'atteindre la même proportion d'espaces vert (20 %).

Figure 4 ressources et populations atteignables à x temps de trajet par voiture



Approcher l'accessibilité par cette forme- isochrones- ne prend en compte que la mesure des opportunités offertes aux lieux se situant à zone donnée de ces lieux. La zone est arrêtée avec l'application d'une contrainte de distance – cout du trajet. Les distances séparant les lieux dans la zone déterminée les interactions entre ceux-ci sont quant à elles ignorées. Cependant, elle reste très performante quand il s'agit d'étudier l'évolution temporelle de l'accessibilité à des services qui se voient rétractés – fermés. Dans ce cas de figure il est fortement recommandé de représenter dans un même graphique les deux courbes d'accessibilités cumulatives relatives aux années ou aux périodes sur lesquelles nous voudrions étudier l'évolution de l'accessibilité. Cela revient à dire, par exemple, qu'à une « x année » donnée « x % » de population pouvait atteindre une ressource donnée à un effort temps maximal de « x minutes » alors qu'à (x+n) années elles ne sont que (x %) de populations pour lesquelles la ressource en question est potentiellement accessible (spatialement parlé). Pour creuser cette piste nous vous recommandons de consulter les fichiers méthodologies réalisés avec Françoise BAHOKEN, sur l'analyse de l'accessibilité aux préfectures régionales (avec les 22 régions / 22 préfectures et le

passage aux 13 régions / 13 préfectures), réalisé toujours dans le cadre de mon stage, ou encore le travail universitaire réalisé avec Corentin Lara (étudiant master 2 GéoPrisme). Ce dernier s'inscrivant dans la continuité d'un travail de recherche initié par Marianne Guérois et Sophie Baudet-Michel, réalisé toujours dans le cadre de la même formation (Master 2 GéoPrisme), et qui porte sur l'analyse de l'évolution de l'accessibilité aux équipements judiciaires en 2000/2016. Ces deux énièmes travaux montrent que notre programme R, développé de base pour l'analyse faisant l'objet de ce papier, marche bien avec quasiment toutes les études portant sur cette question d'accessibilité spatiale. (Il suffirait juste de l'adapter un peu, mais le script a tellement été réfléchi pour qu'il soit reproductible que cela pourrait se faire facilement...)

L'accessibilité comme potentiel des lieux : entre attractivité et coût de transport

Dans les parties précédentes nous avons cherché à déterminer l'accessibilité en fonction de la distance à une ressource – la plus proche. Ce type de modélisation déterministe simplifie le comportement des déplacements des agents en réduisant leur stratégie de mobilité en un seul et même choix présumé rationnel - se diriger vers le plus proche. Cependant la réalité est beaucoup plus complexe.

C'est pour cela que nous pensons qu'il est plus approprié d'aborder cette question d'accessibilité spatiale à travers un modèle probabiliste qui cherche à estimer ou à prédire l'accessibilité des lieux en se basant sur l'hypothèse d'interactions spatiale entre les lieux qui dépend à la fois de l'attractivité des lieux « la masse d'opportunités » et de la distance séparant les lieux qui dépend elle-même des réseaux les reliant.

Une approche gravitaire de l'accessibilité peut envisager le calcul du potentiel de ressources susceptible d'être atteintes dans des lieux de l'offre (j) depuis des lieux de demande (i) tout en prenant en compte la distance séparant les lieux (i) et (j). L'accessibilité dépend alors de la présence des ressources et du coût (distance, temps de trajet, coût généralisé) de déplacement vers celles-ci. Ces mesures découlent du modèle gravitaire issu de la loi de gravitation universelle de Newton qui stipule que « ...deux corps de tailles différentes s'attirent avec une force proportionnelle à leur masse et inversement proportionnelle au carré de distance les séparant ».

La formulation de l'accessibilité prend alors la forme suivante :

$$A_i = \sum_j D_j f(c_{ij})$$

Où :

- **A_i est l'accessibilité depuis la zone i**
- **D_j sont les opportunités présentes dans la zone j**

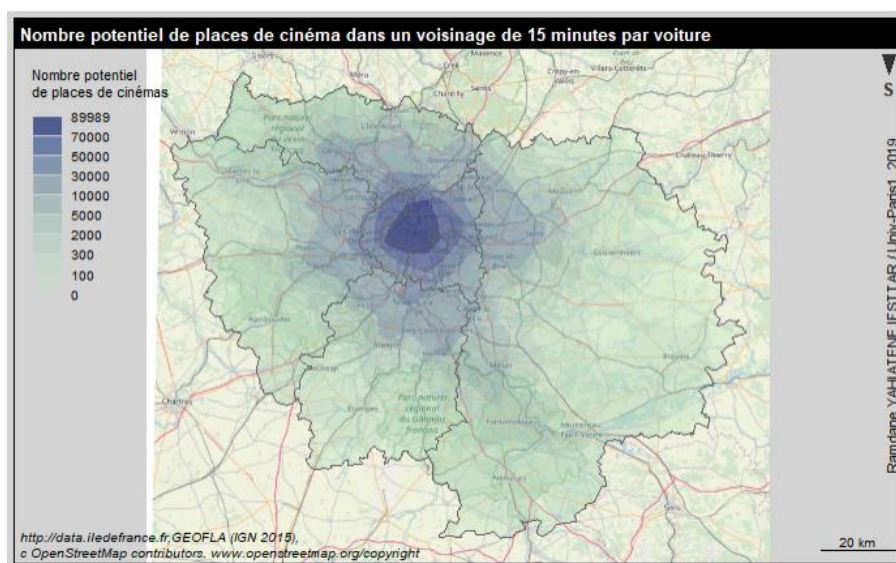
- **f (cij) est une fonction de résistance au coût du déplacement.**

Comme l'offre dépend aussi de la demande il est intéressant (ou nécessaire même) de calculer également un potentiel gravitationnel en termes de demande qui pourrait correspondre à des usagers potentiels, qui à priori, seraient plus susceptible à fréquenter les ressources que nous étudions. Par exemple, le potentiel spatial de femmes en âge de procréer dans une analyse de l'accessibilité aux maternités ou celui de personnes âgées, si notre objet d'analyse était les maisons de retraites, ou encore le potentiel des enfants en dessous d'un certain âge dans le cas où l'analyse porterait sur les crèches...etc. Si notre analyse avait porté sur l'accessibilité aux zones d'emplois (par exemple), il aurait été intéressant de calculer des temps de trajet vers les zones où l'offre potentielle est la plus abondante- qui à priori maximiserait les chances de trouver un emploi.

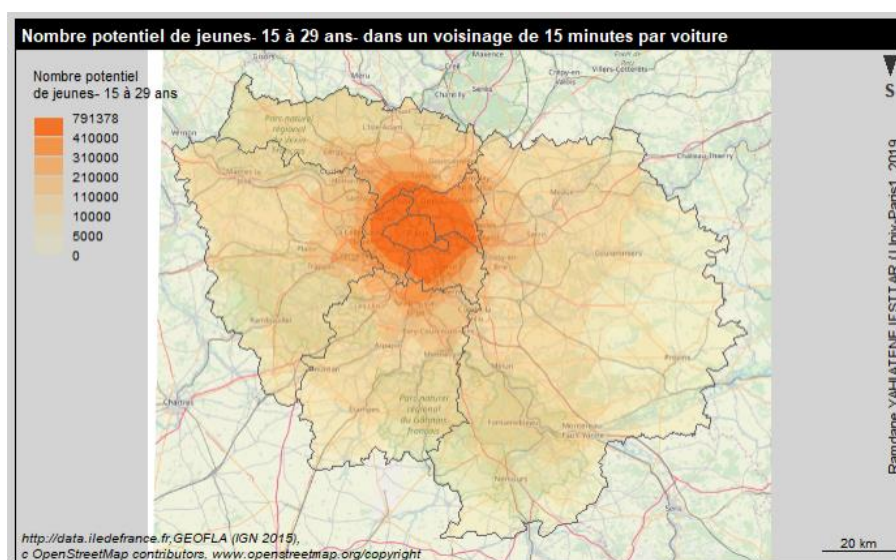
La Figure 5 (ci-dessous) représente deux cartes du potentiel calculé avec la méthode de Stewart 1973 du nombre de place de cinéma et d'usagers potentiels – les jeunes de 15 à 29 ans - accessibles en 15 minutes de temps de trajet en voiture, par le réseau routier. C'est dans le but de parer à l'appréhension équivalente de ce qui pourtant différent que nous avons décidé de travailler sur le nombre de place qu'offre chaque cinéma, qui avec une série d'autres caractéristiques (nombre de film inédits programmés à la semaine, nombre d'écrans...etc), détermine l'attractivité de chacune des salles de cinéma.

Figure 5 potentiel spatial en offre et en demande

(A)



(B)



Une implantation pareille de salles de cinéma (ou de répartition des populations potentielles) est réajustée par une offre de proximité abondante du point de vue du marché : c'est le mieux que puissent faire les salles de cinéma, qui comme agent économique, cherchent à maximiser leurs profits. Mais si nous regardons cela du point de vue des acteurs publics, c'est eux qui sont censés ajuster ces inégalités de répartition des ressources et garantir un droit d'accès aux ressources urbaines dont la répartition répond dans pas mal de cas à des logiques de marché. Afin de vérifier à quel degré l'intervention des pouvoirs publics et les politiques de rééquilibrage territorial sont efficaces, et dans le but de cerner quelles sont les communes les plus avantagées par celles-ci, nous proposons d'étudier dans une dernière partie l'efficacité du réseau routier pour voir dans quelle mesure ce dernier améliore l'accessibilité.

L'accessibilité globale des lieux : entre centralité et efficacité d'un réseau de transport

Si nous nous référons à la définition la plus répandue de l'accessibilité celle-ci correspond à la « facilité par laquelle un lieu pourrait être atteint depuis les autres lieux » et non uniquement depuis un seul autre lieu. Cela veut dire qu'elle repose bien sur « l'exercice de centralité » Denise PUMAIN. La centralité détermine alors, l'éloignement ou la proximité global d'un lieu quant à tous les lieux. Cela fait que les lieux les plus centraux sont les plus accessibles. Toutefois, la centralité peut être géométrique- métrique euclidienne- ou fonctionnelle – basée sur des métrique réseau. Quand il s'agit de distances physiques, la centralité d'un lieu est envisagée comme une mesure de la pénibilité qu'un lieu soit atteint depuis les autres lieux. La centralité pourrait être fonctionnelle tout en prenant en compte l'usage d'un moyen de transport qui accorde un sens de coût aux déplacements entre les lieux (temps de trajet, cout monétaire du trajet...). Dans ce cas, il serait plus judicieux de parler d'accessibilités globales et de travailler sur des mesures qui la caractérise.

Pour estimer l'accessibilité globale d'un lieu nous pouvons faire appel à l'indice d'accessibilité de Shimbel (1953) faisant varier l'accessibilité d'un lieu en fonction de la distance le séparant de tous les lieux- somme des distances vers tous les lieux - rapportée à la somme des distances séparant tous les lieux les uns des autres.

L'accessibilité d'un lieu « i » correspond à la formule suivante :

$$A_i = \sum_j D(i,j) / \sum_i D(i,j)$$

Où

- A_i est l'accessibilité depuis la zone i
- $D(i,j)$ une mesure de distance entre i et j .

Plus l'indice est grand, et moins le lieu est central- moins accessible. Il devient ici nécessaire de combiner la centralité géométrique d'un lieu depuis les autres lieux sur un réseau théorique optimal – liaisons à vol d'oiseau- et la centralité d'un lieu depuis les autres lieux avec l'usage d'un moyen de transport réel. Cela nous permet de questionner l'efficacité et l'équité du réseau de transport dont il est question.

Les cartes (A & B) affichées dans **la Figure 6** présentent respectivement « l'accessibilité globale géométrique » et « l'accessibilité globale routière » Bretagnolle A. & al 2010, de l'ensemble des communes de la région « Île-de-France » calculées avec l'indice d'accessibilité de Shimbel 1953. L'intérêt de présenter ces deux cartes ensemble est celui de les comparer : si la première carte mesure l'espacement théorique sur un réseau optimal abstrait, la deuxième quant à elle mesure le même espacement mais sur un réseau fonctionnel et non pas au sens de métrique mais plutôt celui du coût des trajets en termes de temps. Les différences qu'apportent la deuxième carte comparée à la première sont liées à la structure et aux caractéristiques du

réseau routier qui font que les temps de trajet varient selon les lieux d'origines desquels nous partons mais aussi selon les lieux de destinations que nous comptons rejoindre.

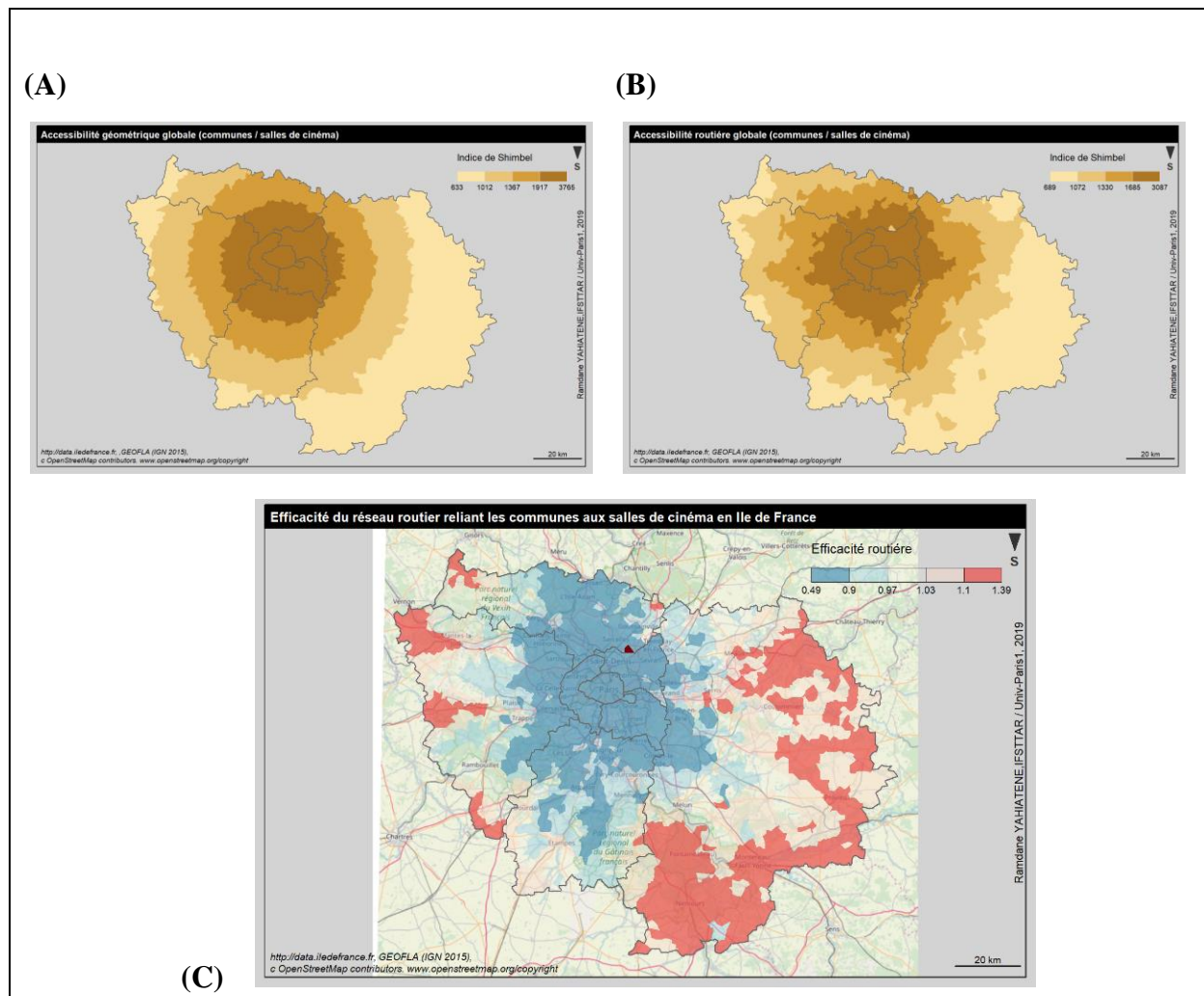
Si la première carte ne prend en compte que la séparation spatiale des lieux, qui fait que, les lieux dont la position géographique est centrale sont naturellement les plus accessibles. La deuxième carte inclut l'usage d'un réseau de transport parcouru pour se déplacer d'un lieu vers d'autres lieux que nous cherchons à rejoindre. Ainsi, nous constatons que la carte d'accessibilité routière globale apporte plus de nuances, comparée à la carte d'accessibilité géométrique globale, qui ne nous renseigne que sur le fait que les lieux les plus centraux (centre géographique) sont les plus accessibles. Cela revient à dire que l'accessibilité suit une simple fonction décroissante selon l'éloignement au centre- géométrique.

Tandis que, la carte d'accessibilité routière varie en fonction d'un réseau pouvant « Potentiel » assurer des déplacements entre les lieux.

Pour pouvoir analyser et mieux comparer ces deux premières cartes en termes d'accessibilité, nous avons calculer le rapport des indices d'accessibilités avec les distances euclidiennes et les temps de trajets par la route en voiture. Le résultat correspond à un indice « d'efficacité routière » Claude GRASLAND & Nadine CATAN 1997, qui quand il est supérieur à 1, indique que le réseau favorise l'accessibilité des lieux dans la mesure où il l'améliore quant à une situation d'éloignement géométrique calculé sur un réseau théorique et optimal (métrique euclidienne). Cela nous permettra d'observer si les lieux les plus éloignés – éloignement géométrique- sont les plus favorisés par le réseau qui correspondrait à une situation qui serait, selon un principe d'équité au sens de Jhon RAWLS « Principe maxi-min de la théorie de la justice de Jhon Rawls », juste. (Justice spatiale)

Nous affichons le résultat ci -dessous dans **la carte (C)** de **la Figure 6** dans le but de repérer les communes les plus favorisées par le réseau dans la mesure où celui-ci améliore le plus, leurs accessibilités aux salles de cinéma.

Figure 6 accessibilité globale géométrique et réseau (communes/ salles de cinéma)



Jusqu'ici nous avons abordés le réseau comme étant des routes fantômes réservées à la seule circulation de chaque individu sans aucune prise en compte du fait que plusieurs individus peuvent circuler au même temps, et se retrouver ainsi, en situation de concurrence pour rejoindre les lieux d'intérêt qu'ils cherchent à atteindre – Paracerque ils y vont à la même destination ou dans la même direction...etc.- ce qui fait que leurs chemins se croisent où se recoupent.

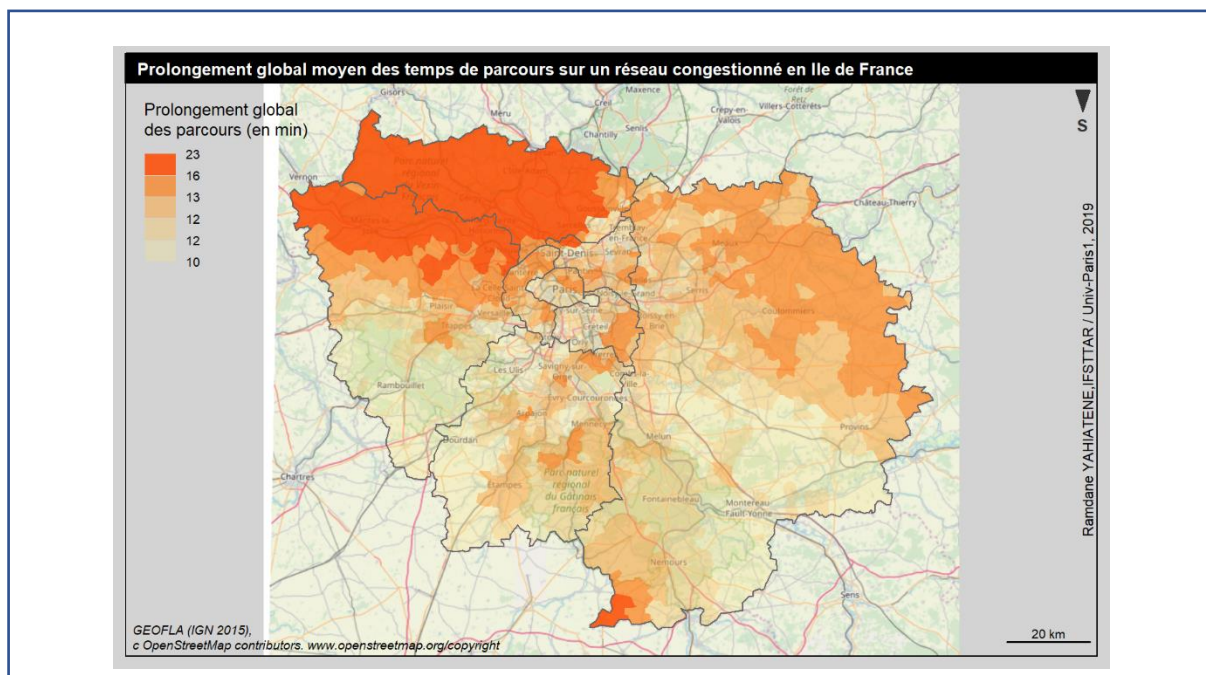
En réalité, c'est cela qui donne lieu aux problèmes de congestion routière, appelés communément « les bouchons ». Cette congestion routière implique des prolongements des temps de parcours, qui peuvent varier, selon le lieu du quel nous partons et du lieu que nous cherchons à rejoindre qui déterminent les routes que nous devrions emprunter

Dans le but d'analyser spatialement- territorialement- l'intensité de ces effets de congestion du réseau - liés à son usage, et qui se concrétisent par des prolongements de temps de parcours- nous pouvons déterminer, selon la capacité des routes et le débit de voitures..., un coefficient

de congestion, qui une fois multiplié par la vitesse maximale autorisée, déterminera une nouvelle vitesse de circulation sur chacune des routes dans un scénario de congestion. Par la suite, nous pouvons identifier les lieux les plus impactés par le scénario de congestion routière en calculant un différentiel, en termes de temps de trajets, entre chacun des lieux vers tous les autres lieux à une vitesse de circulation maximale « scénario optimal », et à une vitesse de circulation réduite par la congestion « coefficient de congestion ». En rapportant la somme des différences des temps de trajets (calculée sur deux scénarios de circulation routière) par le nombre de déplacements, nous obtenons un prolongement global moyen (en minutes par exemple) qui traduit des pertes d'accessibilités.

Cette méthode de calcul nous a servi à la réalisation de la carte affichée dans la **Figure 7**, qui montre bien des degrés d'intensité différents de l'impact de la congestion du réseau, qui se sont traduits par des pertes d'accessibilités (prolongements des temps de parcours) variables dans le temps et dans l'espace. Cela ajoute plus de complexité à cette question d'accessibilité, qui ne devrait pas être abordée comme étant figée dans le temps et dans l'espace. L'accessibilité en heure de pointe pourrait être très variable de l'accessibilité en heures creuses et cette variabilité temporelle ne s'observerait forcément, de manière homogène, dans l'espace. Par exemple, comme le montre bien la carte ci-dessous, le Val-d'Oise est le département le plus impacté par le scénario de congestion. Cela voudrait dire que c'est le département qui connaîtrait les plus grandes pertes d'accessibilités (Prolongement global moyen des temps de trajet, prévoir de 16 à 23 minutes de temps de trajet supplémentaire, pour les déplacements depuis les communes de ce département)

Figure 7 prolongement global moyen des temps de parcours sur un réseau routier congestionné



Synthèse et discussion(s) des résultats :

Les mesures basées sur la densité ou les formes de distribution des ressources nous permettent de distinguer les lieux -les unités spatiales- selon qu'ils soient équipés ou pas mais également les différencier en termes du degré de leurs équipements en ressources. Les modèles d'usage théorique viennent nous renseigner en partant de la localisation des ressources, sur la manière dont celles-ci se répartissent des usagers potentiels.

Les résultats du calcul de différentes accessibilités et la cartographie des différentes métriques nous renseignent tous sur l'éloignement ou la proximité aux ressources, en position relative par rapport à des lieux d'intérêts (l'offre) qu'on cherche à rejoindre depuis les lieux de la demande. Les analyses présentées n'abordaient pas toutes, l'espace de la même manière : si d'une part, l'espace était considéré soit comme étant continu et navigable dans tous les sens depuis un point (un lieu) à un autre (métrique euclidienne). D'une autre part, l'espace a été abordé en prenant en compte de la dimension de voisinage censée nous renseigner sur la proximité des lieux et le degré de séparation entre ceux-ci. L'espace est alors transformé en un graphe navigable d'un sommet (a) à un sommet (b), à condition que (b) soit directement le voisin de (a). Dans ce cas, l'éloignement consiste à compter le nombre (k) de frontières communales à traverser pour rejoindre une commune équipée. Cette méthode reste très intéressante dans la mesure où l'on peut la reproduire en se basant sur différents nombres de voisins à franchir (k=2, k=3, k=4...). Cela peut nous informer sur la présence ou l'absence de ressources dans un voisinage plus ou moins proche.

L'analyse de l'accessibilité sur réseau semble être la partie de l'analyse qui répond le mieux à cette question de l'accessibilité géographique aux ressources. A noter que le calcul des temps de trajets est le résultat le plus pertinent. En fait, les métriques réseau en kilomètres nous apportent plus de précisions sur l'éloignement des lieux comparés à ce que nous avons obtenu avec les autres. Néanmoins, celles-ci ne mesurent que la longueur des tronçons, ce qui suppose que le réseau routier est homogène et navigable de la même manière- avec la même vitesse- quel qu'en soit le point de départ et le point de destination, alors que ce n'est pas le cas en réalité. Aborder la question de l'accessibilité en se basant sur la distance dans son sens physique de métrique (quel qu'en soit-elle) ne caractérisent que la pénibilité des trajets en termes de leurs longueurs. Les temps de trajets quant à eux prennent en compte l'usage d'un moyen de transport dont les caractéristiques des chemins à parcourir détermine la vitesse moyenne de circulation. La modélisation du réseau OpenStreetMap que nous avons utilisé prend en compte ce paramétrage des vitesses. Elle nous a permis de calculer des temps de trajet en minutes par la route et en voiture. En revanche, ces mêmes données OpenStreetMap ne prennent pas en considération la congestion, ce qui fait que, les temps de trajets que nous avons calculés ne varient pas en fonction des périodes de la journée pendant lesquelles la fréquence ou l'afflux du trafic routier ne sont pas les mêmes dont la prise en compte, aurait réduit variablement, la vitesse de circulation optimale- maximale-, d'un tronçon routier à un autre.

Dans les approches isochrones ou gravitaires, la distance prend un nouveau sens. Il s'agit d'une appréhension de la distance comme une portée autour des lieux de demande ou des lieux de l'offre. Le but étant de chercher à déterminer ou d'estimer le nombre d'opportunités- les choix- en ressources potentiellement offertes à des lieux à une égale portée de distance. Dans le cas où nous partons des lieux de l'offre le but serait d'estimer ou de déterminer le nombre ou la part d'utilisateurs potentiels se situant à une portée de distance autour de ceux-ci (lieux de l'offre). A noter qu'à l'inverse d'une mesure isochrone qui n'est rien d'autre que la somme des opportunités, les mesures gravitaires prennent également en compte la possibilité- probabilité- d'interactions entre les lieux qui serait proportionnelle à la masse d'opportunités et inversement proportionnelle à la distance séparant les lieux.

L'accessibilité globale (indice de Shimbel, 1953) et l'efficacité routière que nous avons présentés dans la dernière partie nous renseignent à la fois sur l'espacement séparant les lieux les uns des autres et sur la mesure dans laquelle le réseau contribue à les rapprocher en les reliant au mieux. La lecture des résultats par la méthode proposée par Claude GRASLAND et Nadine CATAN (1997) permet de questionner l'équité du réseau (justice spatiale) dans la mesure où elle nous permet d'identifier les zones bénéficiant d'une meilleure efficacité routière globale qu'on peut qualifier de lieux ayant gagné le plus en termes d'accessibilité sur le réseau routier- avec usage de la voiture.

Comme nous nous sommes juste limités au calcul des temps de trajet en voiture, il serait intéressant de mettre la main sur les données OSM de manière à ce que l'on puisse paramétrer manuellement des vitesses de circulation avec d'autres moyens de transports tels que le vélo ou la marche à pied et reproduire par la suite notre analyse en recalculant à nouveau une nouvelle matrice des temps de trajets avec de nouveaux moyens de transports autres que la voiture.

Pour aller plus loin dans l'analyse de l'accessibilité spatiale aux aménités urbaines et compléter le programme R d'analyse, nous estimons qu'il est également intéressant de modéliser le réseau routier-ou d'autres réseaux de transport- ex : ferroviaire, en le transformant en objet graphe où les nœuds des réseaux correspondront aux sommets du graphe tandis que les tronçons routiers seront les arcs. Le but derrière cela, c'est de pouvoir explorer les calculs d'indicateurs globaux et locaux d'accessibilité basés sur la théorie des graphes. Il s'agit de calculer les indicateurs d'accessibilité (connexité, connectivité, centralité... etc.). Si nous travaillons sur un réseau de transport ferroviaire, on pourrait faire des simulations où nous supprimons certaines stations et regarder alors l'impact de cela sur l'accessibilité des territoires.

Conclusion :

Il est tout à fait clair que le travail que nous avons exposé dans cet article est entièrement exploratoire et descriptif. Sa vocation est avant tout méthodologique et il est destiné à être reproductible pour d'autres recherches mais est appelé également à être étoffé sur plusieurs plans. Pour pouvoir dépasser ce stade de description et transiter vers un stade explicatif, d'autres données seraient nécessaires. Il serait par exemple nécessaire de mobiliser des données démographiques et socio-économiques afin de tester les relations spatiales (associations spatiales) qui pourraient exister entre les niveaux faibles / élevés d'accessibilités et les niveaux

de vie, faibles /élevés, des populations des unités spatiales d'analyse. Il serait également nécessaire, dans le but de prendre en compte les caractéristiques individuelles et des déterminants socio-économiques discriminants, d'inclure dans les indicateurs d'accessibilité calculés le coût monétaire et la valeur temporelle des déplacements. Cela nous permettrait de toucher davantage à la dimension sociale de l'accessibilité, qui n'est appréhendée jusqu'ici, que d'un point de vue purement spatial.

Enfin, nous nous interrogeons quant à la pertinence d'une approche ou de l'efficacité des politiques publiques faisant de la question de l'accessibilité une problématique étroitement liée à la mobilité. Ce qui obligerait les individus à devenir de plus en plus mobiles, au risque, d'être exclu socialement... quand nous savons tou.te.s que c'est les individus les plus défavorisés qui sont soumis aux contraintes de déplacements les plus pesantes compte tenu de la carence de services à proximité de leurs lieux de résidence ou de leur accès réduit aux moyens de déplacements (voiture, prix du transport...) nous nous demandons pourquoi on inverserait pas le raisonnement ? en essayant de consentir tous les efforts de manière à rapprocher les plus démunis, ou les plus défavorisés, des zones ou des centres les plus accessibles et les mieux équipés (ex : Construction de logement sociaux à proximité de ces centres)... ou bien de mener une politique de décentralisation massive des services publics - quand c'est raisonnable de le faire (pas très coûteux...)- mais faudrait-il déjà que les acteurs publiques maintiennent ces services publics en mettant fin aux fermetures de plus en plus récurrentes des équipements publics, pour de simples raisons, d'ordre économique.

Bibliographie

Bretagnolle A., Giraud T. et Verdier N., (2010), *Modéliser l'efficacité d'un réseau, Espace Géographique*, Éditions Belin, 2010, 2/10, pp.117-131.

<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00504320>

Bret, B., (2009), *Pour une géographie du juste. Lire les territoires à la lumière de la philosophie morale de John Rawls*, Presses universitaires de Paris Nanterre ,278 p.

Bahoken F., (2016), *Contribution à la cartographie d'une matrice de flux*, Univ.Paris Diderot, réalisée sous la direction de Grasland C. et Zanin C.,510 p.

<https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-01273776/document>

Bahoken F., (2014), *L'intérêt du raisonnement logique dans l'analyse cartographique des flux L'exemple de migrations interne*, Revue internationale de la géomatique, 250 p.

Bahoken F. et Drevelle M., (2014), *Les réseaux dans le temps et dans l'espace : Synthèse de la seconde journée du groupe fmr*, Netcom, 27(3-4).

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01067479>

Bahoken F., Koning M., Mimeur C., Olarte-Bacares C., Théveni T., (2016), *Les temps de parcours interurbains en France : une analyse géo-historique*, Projet BASECOGV, Transports n° 495 , 25 p.

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01302012>

Beauguitte L., Buard E., Commenges H., Cura R., Le Nechet F., Le Texier M., Mathian H., Rey-Coyrehourcq S., (2014), *R et espace. Traitement de l'information géographique*, Framabook, 278 p.

Hilal M., (2003), *Accessibilité aux emplois en France : le rôle de la distance à la ville*, Cybergeo, 6ème rencontre de ThéoQuant, Besançon, article 293. : <http://cybergeo.revues.org/index2790.html>

Giraud T., Pecout H., Ysebaert R., (2019), *Accessibilité et données OpenStreetMap sur R : exemple pratique sur les maternités de la Nièvre et de la Seine-Saint-Denis*, Séminaire CIST de juin 2019- atelier calculs d'accessibilités avec des données en libre accès. <http://cist.cnrs.fr/accessibilite-spatiale-aux-soins-eclairages-theoriques-et-methodologiques/>

Mercier A., (2008), *Accessibilité et évaluation des politiques de transport en milieu urbain : le cas du tramway strasbourgeois*, Univ.Lyon2, Sous la direction de Yves Crozet M., 304 p.

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00354832>

Pumain D., (2009), *Essai sur la distance et l'espace géographique*, ATALA n° 12, « La distance, objet géographique », 2009, 17 p.

<https://www.lycee-chateaubriand.fr/revue-atala/2009/10/23/atala-n12-la-distance-objet-geographique-2009/>

YAHIAATENE R., (2019), *Analyse cartographique de l'accessibilité spatiale à des aménités urbaines ; le cas des magasins biologiques spécialisés dans les produits alimentaires en région d'Île-de-France*, mémoire de stage du master 1 GéoPrisme à Paris 1 Panthéon Sorbonne, dirigé par Clarisse Didelon-Loiseau et encadré par Françoise Bahoken.

Valcourt V., (2018), *Analyse de la localisation des entrepôts logistiques des magasins biologiques spécialisés dans les produits alimentaires*, mémoire de stage à Univ Paris 7 / IFSTTAR.

Viana Cerqueira E-V., (2018), *Les inégalités d'accès aux ressources urbaines dans les franges périurbaines de Lille et Belo Horizonte (Brésil)*, Univ.Paris1 et Univ.Minas-Gerais, sous la direction de Le Goix R. et De Mendonça G., 460 p.

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02148194>

Table des figures :

[Figure 1 répartition territoriale et distribution spatiale des ressources](#)..... 8

Figure 2 aires d'influence et populations théoriques	11
Figure 3 la distance comme mesure de séparation(s)	14
Figure 4 ressources et populations atteignables à x temps de trajet par voiture	17
Figure 5 potentiel spatial en offre et en demande	19
Figure 6 accessibilité globale géométrique et réseau (communes/ salles de cinéma)	22
Figure 7 prolongement global moyen des temps de parcours sur un réseau routier congestionné	24