



HAL
open science

Mobilité des individus et présences agrégées dans l'espace géographique

Hadrien Commenges, Julie Vallée

► To cite this version:

Hadrien Commenges, Julie Vallée. Mobilité des individus et présences agrégées dans l'espace géographique. Thomas Buhler. L'individu mobile. Vie quotidienne, temps long et subjectivités mobiles, ISTE Editions, pp.51-76, 2026, Encyclopédie SCIENCES, 9781789482270. <10.51926/ISTE.9227.ch3>. <halshs-05612371>

HAL Id: halshs-05612371

<https://shs.hal.science/halshs-05612371v1>

Submitted on 6 May 2026

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.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

Référence :

COMMENGES H., VALLÉE J. (2026) « Mobilité des individus et présences agrégées dans l'espace géographique », in BUHLER T. (dir.) *L'individu mobile. Vie quotidienne, temps long et subjectivités mobiles*, ISTE éditions; Encyclopédie des Sciences, pp.51-76. DOI : 10.51926/ISTE.9227.ch3

3

Mobilité des individus et présences agrégées dans l'espace géographique

Hadrien Commenges¹ et Julie Vallée^{1,2}

¹Géographie-cités, CNRS, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, France

²LISST, CNRS, Toulouse, France

Introduction

Un pan important de la géographie s'intéresse de près ou de loin à la caractérisation de la population dans le temps et dans l'espace. Lorsque cette étude comporte une dimension quantitative, la source d'information privilégiée est le recensement de la population, qui consiste à dénombrer et à qualifier la population à son domicile. Toutes les analyses et les connaissances qui s'ensuivent portent ainsi sur des habitants ou des résidents : nombre et densité d'habitants des régions, des villes, des quartiers, leurs caractéristiques démographiques (âge, sexe), leur composition sociale ou ethnique.

Depuis le début des années 2000, un certain nombre de travaux ont cherché à estimer la population présente sur un créneau spatio-temporel donné et ainsi à dépasser cette focalisation sur la population résidente. Dans la lignée des premières estimations américaines sur les centres urbains, certains ont tenté d'estimer la population présente à une échelle spatio-temporelle fine, en suivant les mouvements d'individus au sein d'une agglomération durant la journée (Banos, Thevenin 2005; Bertrand *et al.* 2008; Hurez 2010). Aux Etats-Unis, le bureau du recensement a mis en place une méthode standard pour comptabiliser la population présente durant la

journée dans les quartiers d'une agglomération (U.S. Census Bureau 2013), et certaines villes comme San Diego ont développé des modèles pour estimer plus finement la présence des individus tout au long de la journée (San Diego's Regional Planning Agency 2000). On trouve aussi des estimations à l'échelle d'une région ou d'un pays. En France par exemple, la Direction du tourisme a effectué une enquête pour quantifier la population présente dans les départements français durant les douze mois de l'année (Terrier *et al.* 2006).

Ce regain d'intérêt pour la population présente ne doit pas pour autant faire penser qu'il s'agit d'une préoccupation récente. On retrouve des mentions de ce problème dès les années 1930. Crowe (1938) défend que la géographie ne devrait pas seulement se préoccuper de la distribution d'*Homo dormiens*. Engel-Frisch (1943) constate que la distribution spatiale des résidents n'est pas suffisante pour comprendre le fonctionnement d'un espace urbain et qu'il faudrait également s'intéresser à la distribution temporelle de la présence des individus. Ainsi, les recherches sur la population présente (*daytime population* dans la littérature anglo-saxonne) sont anciennes mais apparaissent toujours comme minoritaires et originales vis-à-vis du quasi-monopole de l'approche résidentielle.

Dans l'analyse des pratiques individuelles, ce focus sur le seul lieu de résidence est dépassé depuis longtemps, grâce aux recherches sur l'espace de vie et l'espace vécu.

Ces notions sont mobilisées depuis un demi-siècle en géographie, en sociologie et en démographie pour spatialiser l'étude des modes de vie (Frémont 1976; Courgeau 1988; Di Méo 1990; Guérin-Pace 2003; Robette 2012). L'espace de vie d'un individu est constitué de tous les lieux qu'il fréquente, on parle aussi souvent d'espace d'activité ou d'espace d'action (*activity space* ou *action space* en anglais). Cet espace peut être défini comme « l'espace concret du quotidien », ou encore comme « la portion d'espace où l'individu effectue ses activités [...] non seulement les lieux de passage et de séjour, mais également tous les autres lieux avec lesquels l'individu est en rapport » (Courgeau 1988). Cependant, dans les travaux sur l'espace de vie, il manque un passage à l'échelle : les individus sont bien mobiles dans un territoire qui n'est pas forcément celui de leur quartier de résidence, mais il faudrait en tirer toutes les conséquences d'un point de vue agrégé. Si les individus sont mobiles, alors on peut poser l'hypothèse peu risquée que les espaces (et les quartiers) varient quant à leur population et à leur composition.

Ce chapitre aborde trois aspects fondamentaux apportés par les recherches sur la population présente : d'abord, l'estimation de la population présente, c'est-à-dire la variation spatio-temporelle des effectifs de population et les conséquences de cette variation. Ensuite, la variation spatio-temporelle de la composition sociale et donc la variation de la ségrégation sociale. Enfin, l'exposition des individus à une composition sociale variable.

3.1. Estimer la population présente

3.1.1. Bref état de l'art

La première étude visant à estimer la population présente est certainement celle effectuée par Gerald Breese, s'appuyant sur des données issues d'enquêtes et de comptages dans les transports publics à Chicago. L'étude estime la population diurne du *Central Business District* (CBD) pour un jour ouvrable type de mai 1940 (Breese 1949; Foley, Breese 1951). Plusieurs articles postérieurs de G. Breese et D. Foley reprennent et développent cette étude originelle. Comparant plusieurs agglomérations, ils mettent en avant l'importance fonctionnelle du CBD mesurée à la fois en termes de flux (au moins 1 personne sur 5 se rend dans le CBD durant un jour ouvrable) et en termes de présence (au pic de l'accumulation, 1 résident de la ville sur 10 est présent dans le CBD). À la même époque, F.S. Chapin et H.S. Pearson (1959) estiment la population diurne dans la ville de Flint (Michigan). Ce travail qui s'appuie sur une enquête ainsi que sur des comptages mène à la réalisation d'une carte des densités de population présente à différentes heures de la journée.

On pourrait s'attendre à ce que l'étude de la présence dynamique des individus dans l'espace soit un champ d'application privilégié de la *time geography*. En réalité, Hägerstrand et ses collègues de Lund sont rarement cités dans ces travaux et les approches de *time geography* contribuent peu à cette étude. Kwan (2000) propose deux méthodes qui se rapprochent de l'estimation d'une population présente, mais dans le premier cas il s'agit d'une densité d'activités, fixe au cours de la journée. Dans le second cas, il s'agit d'une présence en fonction de la distance au domicile et non d'une présence localisée sur l'espace d'étude. Cette rareté s'explique facilement par le caractère individu-centré de la *time geography*, l'un des objectifs d'Hägerstrand étant justement de dépasser les approches agrégées pour s'intéresser aux individus : « what about people in regional science ? » (Hägerstrand 1970).

Quelques auteurs ont tenté la synthèse entre l'approche désagrégée de la *time geography* et l'estimation de présences agrégées. Zandvliet (2006), par exemple, procède par agrégation des trajectoires (*paths*) spatio-temporelles. Il définit de cette manière une population de visiteurs constituée des individus présents dans une tranche spatio-temporelle donnée. Il définit également un environnement de visiteurs (*visitor population environment*) qui correspond à la structure de présence quotidienne pour un espace donné. Dans le même esprit, Banos et Thévenin (2005) proposent une approche de modélisation qui vise d'abord à produire une information spatio-temporelle désagrégée pour la réagréger par la suite et produire des cartes de rythmes urbains.

3.1.2 Méthodes

Les méthodes utilisées pour estimer la population présente peuvent être classées en deux grands types : l'estimation sur données de stock et l'estimation sur données de flux.

L'estimation sur données de stock est la méthode la plus simple. Elle consiste, pour une unité spatiale donnée, à sommer la population résidente avec la population de navetteurs. L'U.S. Census Bureau (2013) propose deux méthodes équivalentes pour estimer la population diurne d'une zone i :

$$PD_i = R_i + E_i - POR_i \quad (1)$$

$$PD_i = R_i + NE_i - NS_i \quad (2)$$

- (1) La population diurne en i (PD_i) est égale à la somme des résidents en i (R_i) et des emplois en i (E_i) à laquelle on retranche la population occupée résidente en i (POR_i) afin d'éviter un double compte.
- (2) La population diurne en i (PD_i) est égale au nombre de résidents en i (R_i), plus le nombre de navetteurs qui entrent en i (NE_i), moins le nombre de navetteurs qui sortent de i (NS_i).

Ce type de méthode est utilisé par Mille (2000), qui la raffine en ajoutant une composante dynamique issue de données sur les heures de pointe et sur la fréquentation d'établissements commerciaux. Cette méthode est pauvre puisqu'elle est statique (une seule estimation globale pour la journée) et qu'elle ne considère les mobilités quotidiennes que du point de vue des emplois : elle met ainsi de côté les mobilités des personnes non actives mais aussi les mobilités non professionnelles (loisirs, courses etc.) des populations actives.

L'estimation sur données de flux est plus riche puisqu'elle s'appuie sur une information qui confère aux individus des propriétés temporellement estampillées (*time-stamped*). Connaissant les activités et les déplacements effectués par un échantillon d'individus tout au long de la journée, il est possible de faire des agrégations spatio-temporelles et de comptabiliser les individus présents dans les unités spatiales durant des intervalles de temps. L'information peut être produite par des comptages ou par des enquêtes. Cette approche a été très tôt utilisée par Breese et Foley (1949, 1951), puis par Goodchild et Janelle (Goodchild, Janelle 1984; Janelle *et al.* 1997), Zandvliet (2006), ou encore Bertrand *et al.* (2008) et Commenges (2014). La méthode est séduisante parce qu'elle permet de quantifier la population présente dans sa pleine dimension spatio-temporelle.

L'enquête de mobilité aussi appelée enquête origine-destination (*household travel survey*) pose cependant des problèmes méthodologiques, en particulier des problèmes liés à la taille de l'échantillon de population nécessaire lorsqu'on souhaite réaliser des estimations de population présente avec une granularité spatiale fine : la taille des agrégats permettant d'avoir un échantillon suffisant de population et donc

de produire des estimations robustes augmente généralement à mesure qu'on s'éloigne des centres urbains. Notons aussi que les enquêtes qui sont menées à l'échelle nationale ne permettent généralement pas de produire des estimations robustes de la population présente au niveau intra-urbain car elles n'interrogent pas un nombre suffisant de participants dans des unités spatiales fines. Les localisations spatiales issues des enquêtes de mobilité peuvent également souffrir d'imprécisions quand elles s'appuient sur un zonage ou un carroyage spatial peu précis. Enfin, les enquêtes de mobilité produisent généralement des observations avec un recul temporel limité parce qu'elles interrogent les mobilités sur un faible nombre de jours : un jour ouvrable en général, deux jours parfois comme pour les enquêtes réalisées à Seattle ou à Portland (Commenges 2013).

Récemment, les populations présentes ont également été quantifiées à partir des traces numériques laissées par les téléphones portables, soit directement à partir des informations qui transitent via les antennes téléphoniques (Lenormand *et al.* 2015), soit plus indirectement à partir des applications installées sur les téléphones (Google, Facebook, Twitter/X, etc.) et par les informations GPS associées. Ces traces numériques sont intéressantes par leur volume : elles renseignent les positions spatiotemporelles de très nombreux individus avec une granularité spatiale fine et un recul temporel de l'ordre de plusieurs semaines ou mois. Notons toutefois que la précision spatiale des traces téléphoniques est étroitement liée à la densité d'antennes téléphoniques, et que cette densité est bien plus faible dans les zones rurales (voir Encadré 1). De plus ce type de données pose systématiquement le problème de la représentativité : quel est le biais de sélection si on considère uniquement les clients d'un certain opérateur ou bien uniquement les utilisateurs d'une certaine application comme Twitter/X ou Facebook ?

3.1.3. Enjeux et applications

Passer d'une approche par les déplacements et les flux à une approche par les présences a d'abord un intérêt théorique. Ce changement d'approche permet de reconsidérer les hypothèses et les résultats de la recherche dans plusieurs domaines comme la socio-économie des transports ou la ségrégation socio-spatiale. Mais ce changement donne aussi lieu à des applications très simples en termes d'indicateurs statistiques. Plutôt que de comparer les quartiers en fonction de leurs densités d'équipements calculées en rapportant par exemple le nombre d'équipements au nombre de personnes résidentes, on aurait intérêt – d'autant que les services sont ouverts en journée – à les rapporter à la seule population présente. C'est aussi le cas de la criminalité, pour laquelle certaines agglomérations américaines (San Diego) ont construit des indicateurs en rapportant le nombre de crimes non à la population résidente mais à la population présente. Ce changement de dénominateur est d'autant plus nécessaire que la maille spatiale considérée est fine, puisque dans ce cas le différentiel entre mobilités entrantes et sortantes est encore plus important.

Dès les travaux des années 1950, plusieurs domaines de possibles applications sont mentionnés : la planification des transports, la planification urbaine et enfin la gestion de crise (défense et catastrophe naturelle). À titre d'exemple, les travaux de la Direction du Tourisme sur la population présente mois par mois (Terrier *et al.*

2006) coïncident avec le développement de la grippe H5N1 en 2005-2006 et le Ministère de la Santé a été le premier intéressé pour connaître la population effectivement présente sur le territoire à une date donnée.

Les travaux sur la population présente naissent donc dans les années 1950, en même temps que les travaux plus nombreux et plus connus sur les déplacements et les flux. L'approche de la population présente apporte un éclairage alternatif sur la mobilité quotidienne. S'intéresser à la population présente sert à dépasser la vision de la mobilité quotidienne comme simple mécanique des fluides, qui pose des questions opérationnelles uniquement en termes d'infrastructures et de services de transport. Cette approche porte la vision d'un espace urbain dynamique dont certaines parties se vident et se remplissent successivement au cours de la journée et permet de dépasser la vision persistante des stocks fixes de population résidente : la ville de l'*homo dormiens*.

3.2. Caractériser la composition sociale des populations présentes

3.2.1. Bref état de l'art

Au-delà de la quantification de la population présente, il s'agit aussi de pouvoir la qualifier. Les recherches sur la population présente ne se limitent en effet pas à l'estimation de la variation des stocks de population. Si on dispose d'une information sur la structure de la population mobile, il devient possible de caractériser la variation spatio-temporelle de la structure sociale de la population présente. Cette structuration socio-spatiale peut être désignée par un ensemble de termes plus ou moins synonymes : ségrégation sociale, ségrégation socio-spatiale, ségrégation résidentielle, ségrégation urbaine, ségrégation tout court. La ségrégation est un terme ancien, polysémique, mobilisé par différentes disciplines. Manuel Castells (1972, p.218) la définit comme « l'organisation de l'espace en zones à forte homogénéité sociale interne et à fortes disparités sociales entre elles, cette disparité étant comprise non seulement en termes de différence, mais aussi de hiérarchie ».

En sociologie comme en géographie, la ségrégation se pose rapidement en termes quantitatifs : comment le mélange des groupes sociaux peut-il être quantifié ? Et la quantification demande bien sûr un travail préalable de qualification des groupes en question : comment définir des classes sociales, des catégories socio-professionnelles ou encore des groupes ethniques ? La littérature américaine sur la ségrégation a été longtemps ponctuée de conflits sur les indicateurs pour quantifier correctement le mélange des groupes sociaux (Duncan, Duncan 1955; Cortese *et al.* 1976; Massey, Denton 1988). Tous ces conflits sur la façon de mesurer la ségrégation contrastent avec l'accord implicite sur l'assignation statistique des individus à leur espace de résidence : il s'agit dans tous les cas de mesurer l'organisation socialement différenciée de l'espace résidentiel (Préteceille 2006). Par ailleurs, même si les individus changent de domicile, leur mobilité résidentielle reproduit généralement l'organisation existante et ne se traduit donc pas par un mélange des groupes au sein de l'espace urbain (Pan Ké Shon 2009). Le monopole de l'approche résidentielle s'explique par deux raisons principales. D'abord, le

recensement de la population est une source d'information majeure, logiquement utilisée dans toutes les études sur la ségrégation, et cette source est par définition résidentielle. Ensuite, le logement est au cœur des préoccupations des sciences sociales à la fois parce que l'accès au logement est une dimension importante des inégalités sociales mais aussi parce que le parc de logement a un impact fort sur la structuration sociale de l'espace urbain. Depuis une dizaine d'années de plus en plus de travaux s'intéressent non plus seulement à l'estimation du nombre de personnes présentes durant les heures de la journée mais aussi aux variations quotidiennes de la composition sociale des quartiers et de la ségrégation sociale associée (Wong, Shaw 2011; Farber *et al.* 2015; Le Roux *et al.* 2017). Pour étudier la variation de la composition sociale, il faut au préalable définir des groupes distincts dans la population. Parmi les travaux qui traitent de la ségrégation au-delà de l'espace résidentiel, on trouve plusieurs types de groupes cibles : distinction entre résidents et touristes (Nuvolati 2003; Olteanu Raimond *et al.* 2012), entre femmes et hommes (Vallée 2020), distinctions ethniques ou linguistiques (Ellis *et al.* 2004; Silm, Ahas 2014) et bien sûr distinctions selon la position socio-économique (Le Roux *et al.* 2017; Park, Kwan 2017b).

3.2.2 Méthodes

Deux aspects méthodologiques peuvent être distingués pour considérer la composition sociale de l'espace urbain dans sa pleine dimension spatio-temporelle et générer une information socio-démographique d'un espace à n'importe quelle heure de la journée : 1/ les méthodes de qualification de la population présente selon son profil sociodémographique, 2/ les méthodes de mesures de la répartition spatiale de ces groupes sociaux.

Pour qualifier la population présente selon son profil sociodémographique, deux grands types de sources existent à l'instar de celles qui sont utilisées pour quantifier la population présente (voir ci-dessus) : les traces numériques et les enquêtes de mobilité. Dans le cas des traces numériques, les informations détenues par l'opérateur peuvent être utilisées pour caractériser le profil des utilisateurs. Par exemple Silm et Ahas (2014) sont capables de retracer la présence des individus en Estonie en distinguant les russophones et estonophones grâce à des informations données par l'opérateur (EMT) à partir de la base clients. À noter cependant, croiser l'activité des téléphones et la base clients est une opération qui est, selon les pays, interdite ou au moins encadrée par la loi. La caractérisation sociodémographique des individus peut aussi se faire a posteriori, par exemple Lamanna *et al.* (2018) retracent la localisation d'utilisateurs de Twitter et distinguent les locuteurs par une analyse automatique du contenu des tweets. Enfin, le profil social des individus est aussi souvent déduit du profil social agrégé de la population résidente de la zone couverte par l'antenne téléphonique de résidence (approximée à partir de l'antenne où le téléphone se connecte le plus souvent la nuit). Toutefois, cette inférence est soumise au risque d'erreur écologique ce qui conduit à la mettre en pratique uniquement dans des zones urbaines où le semis d'antennes téléphoniques est dense (pour avoir de micros-zones qui maximisent l'homogénéité sociale de la population résidente) et uniquement pour distinguer des catégories sociales dont l'entre-soi résidentiel est fort (par exemple les individus les plus riches et les plus pauvres). Ces

inférences ne sont donc pas adaptées pour distinguer les classes moyennes, les âges et les sexes et pour caractériser le profil social des habitants des territoires peu denses (voir Encadré 3.1).

Si les zones globalement couvertes par les réseaux de téléphonie mobile sont connues, la zone couverte par chaque antenne téléphonique est une information difficile à obtenir. Dans la littérature scientifique elle est souvent reconstruite à partir des sites où sont implantés les antennes : des polygones de Voronoï sont alors créés selon l'hypothèse que le téléphone se connecte à l'antenne dont il est le plus proche. Cette approche ne prend donc pas en compte l'orientation des antennes et leur puissance d'émission, autant de paramètres qui influencent pourtant la zone couverte par une antenne. L'analyse spatiale des 25 800 sites de France métropolitaine où sont implantées en 2020 les antennes de l'opérateur Orange (données ARCEP) montre par exemple que la surface moyenne des polygones de Voronoï est de 1,55 km² dans les communes densément peuplées, de 10,1 km² dans les communes de densité intermédiaire, de 34,1 km² dans les communes peu denses et de 43,3 km² dans les communes très peu denses (cf. grille communale de densité de l'Insee). Pour illustrer d'une autre façon les différences de couverture entre les territoires, on peut également calculer la distance entre les deux sites les plus proches où sont implantées des antennes. Pour le même jeu de données, cette distance est en moyenne de 638 mètres dans les communes densément peuplées, de 1465 mètres dans les communes de densité intermédiaire, de 3474 mètres dans les communes peu denses et de 4039 mètres dans les communes très peu denses.

Pour affiner la précision spatiale des traces issues des téléphones mobiles, il serait aussi utile de considérer que plusieurs antennes sont généralement implantées sur un même site (matériellement il s'agit d'un pylône supportant les antennes), avec des orientations et des puissances diverses. Ce sont ainsi par exemple 5 antennes qui sont en moyenne implantées sur un même site par l'opérateur Orange en France métropolitaine - avec là aussi une importante variation territoriale puisque le nombre moyen d'antennes co-localisées est de 6,5 dans les communes densément peuplées, de 5,9 dans les communes de densité intermédiaire, de 4,6 dans les communes peu denses et de 3 dans les communes très peu denses (chiffres issus des données ANFR). Rares sont cependant les travaux scientifiques qui considèrent la co-localisation des antennes (ainsi que leur orientation et leur puissance) pour spatialiser précisément les traces téléphoniques, sans doute car les opérateurs qui développent des cartes précises de couverture par antenne rechignent souvent à communiquer leurs secrets de fabrication pour ne pas concurrencer les offres commerciales qu'ils peuvent proposer (Coudin *et al.* 2021).

Toujours est-il que la qualité des analyses issues de traces téléphoniques est étroitement liée à la densité spatiale des antennes et que celle-ci varie selon la densité de population. Cette variation explique pourquoi les travaux menés à partir des données téléphoniques (et de surcroît lorsque le profil social des utilisateurs est déduit du profil social agrégé de la population résidente de la zone couverte par l'antenne téléphonique de résidence) se concentrent sur les territoires les plus densément peuplés (Galiana *et al.* 2018) : ce sont effectivement ceux où la précision spatiale est la plus fine.

Encadré 3.1 Précision spatiale des traces issues de téléphones mobiles.

L'autre grand type de source est l'enquête de mobilité quotidienne (*household travel survey*) et, éventuellement l'enquête emploi du temps (*time-use survey*). L'enquête emploi du temps permet de reconstruire la journée d'un individu en

assignant à chaque créneau horaire un lieu et la ou les activités qui s’y déroulent. Ce type d’enquête serait tout désigné pour produire des populations présentes mais l’information spatiale associée aux activités est souvent trop grossière pour être intéressante. De plus, dans la plupart des pays, les enquêtes emploi du temps sont des enquêtes nationales. Ainsi, à l’instar des enquêtes de mobilité nationales (l’ENTD en France), ces enquêtes emploi du temps présentent des échantillons trop petits pour zoomer sur une ville particulière. En revanche, les enquêtes de mobilité quotidienne présentent une information spatiale suffisamment fine puisqu’elles renseignent en premier lieu les origines et les destinations des déplacements. Ce faisant, elles réduisent les activités au statut d’entre-déplacements et il faut donc reconstruire les présences à partir de ces déplacements (Figure 3.1).

	Origine	Destination	Motif	Départ	Arrivée		Activité	Début	Fin	
Déplacement 1	Lieu 1	Lieu 2	Travail	9:00	9:30	}	Lieu 1	Domicile	4:00	9:00
Déplacement 2	Lieu 2	Lieu 3	Achats	18:00	18:30		Lieu 2	Travail	9:30	18:00
Déplacement 3	Lieu 3	Lieu 1	Domicile	19:30	19:40		Lieu 3	Achats	18:30	19:30
							Lieu 1	Domicile	19:40	4:00

Figure 3.1 Reconstruction des présences à partir des déplacements (Source : auteurs)

Comparé aux traces numériques, le volume d’information des enquêtes de mobilité quotidienne est cependant beaucoup plus faible. Les enquêtes ont des échantillons de taille variable selon les villes et les pays. L’espace d’enquête est divisé en zones, en général entre 50 et 100 zones dans lesquelles un nombre similaire de résidents sont interrogés. Si on cherche à estimer la population présente à chaque heure de la journée par catégorie socio-professionnelle avec une variable en 5 modalités, et cela dans 50 zones il convient de ventiler à chaque heure la population totale interrogée en 250 valeurs. Dès lors, certaines combinaisons de catégorie et de zone auront des échantillons faibles ou nuls (notamment au cœur de la journée dans les zones résidentielles peu attractives) rendant certaines estimations peu robustes. Pour illustrer ce point, on peut noter que pour l’enquête de Toulouse (2013) comportant 11 100 participants de plus de 15 ans répartis dans 66 zones, le nombre minimum de participants présents par zone est de 128 à 3h du matin mais chute à 64 à 15h. Il en est de même pour l’enquête de Québec (2011) comportant 51 100 participants de plus de 15 ans répartis dans 69 zones : le nombre minimum de participants par zone passe de 312 à 3h du matin à 221 à 15h (Vallée *et al.* 2022). Lorsqu’on utilise les enquêtes de mobilité pour caractériser le profil social de la population présente aux différentes heures de la journée, il convient donc d’arbitrer entre taille de l’échantillon de population enquêtée, granularité spatiale de la zone et granularité sociale de l’indicateur. Les enquêtes de mobilité demeurent toutefois une source précieuse d’information : en plus d’avoir l’avantage de ne pas exclure les individus qui sont en dehors du monde numérique et d’être représentatives de la population résidente, elles permettent de disposer d’informations sur le profil démographique et social des individus interrogés et de leur ménage et sur les déplacements réalisés (nature des activités réalisées, modes de transports utilisés).

Or, ce sont souvent ces informations relatives au qui, au pourquoi et au comment qui font défaut aux traces numériques.

L'estimation de la population présente par modélisation multi-agents à partir des données des enquêtes de mobilité peut permettre de combler certaines faiblesses relatives à la taille de l'échantillon et à la granularité des agrégats qui en sont issus. Le principe est alors de générer une population synthétique mobile qui dispose des mêmes caractéristiques de mobilité que les individus enquêtés tout en tenant compte de leur profil socio-démographique. C'est par exemple ce qui est fait dans le projet TRANSIMS (Smith *et al.* 1995), ou plus récemment dans les projets MIRO (Banos *et al.* 2010) et H24 (Cottineau *et al.* 2019).

Notons enfin que d'autres sources de données (par exemple issues de la billettique) sont envisageables, toutes ont leurs avantages et leurs inconvénients (Figure 3.2), l'idéal est donc de savoir les combiner efficacement.

	Recensement	Enquête de mobilité	Téléphonie mobile	Application mobile	Billettique
Mode de recueil	Déclaratif	Déclaratif	Passif	Passif	Passif
Fréquence de recueil	Ponctuelle (tous les ans)	Ponctuelle (tous les 10 ans)	En continu	En continu	En continu
Type de lieux considérés	Lieux de résidence et de travail	Lieux d'origine et de destination (du jour de recueil)	Tous les lieux de présence (téléphone allumé)	Tous les lieux de présence (application activée)	Stations d'origine et parfois de destination (sur le réseau)
Précision spatiale	Maillage communal	Zonage ou carroyage <i>ad hoc</i>	Antennes téléphoniques	Géolocalisation GPS (et WIFI)	Géolocalisation des stations
Précision temporelle	Aucune	hh:mm	hh:mm:ss	hh:mm:ss	hh:mm:ss
Information sur le mode et motif	Oui	Oui	Non	Non	Mode : oui Motif : non
Information sur les individus	Oui	Oui	Non (ou très peu)	Non (ou très peu)	Non (ou très peu)
Taille de l'échantillon	Quasi-exhaustive	Petit mais représentatif	Très grand (mais non représentatif)	Variable (mais non représentatif)	Variable (mais non représentatif)

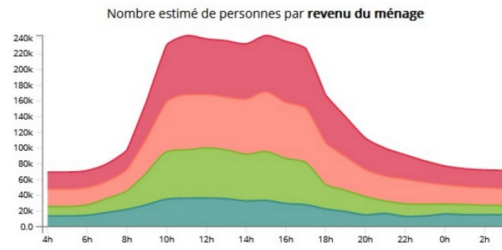
Figure 3.2 – Typologie des sources d'information géolocalisée (source : auteurs)

Concernant la répartition spatiale des groupes sociaux, les méthodes utilisées dans la littérature sur la population présente sont les mêmes que les méthodes utilisées pour mesurer la répartition résidentielle des groupes sociaux. Les indicateurs listés par Massey et Denton (1988) sont en particulier utilisés pour quantifier le mélange des groupes sociaux, la coprésence, ou encore l'autocorrélation. La spécificité de l'approche présente est qu'il est possible de calculer ces indicateurs synthétiques à chaque pas de temps et de construire des séries temporelles comme par exemple des indicateurs de ségrégation au cours des 24 heures de la journée (Le Roux *et al.* 2017; Lecomte *et al.* 2018).

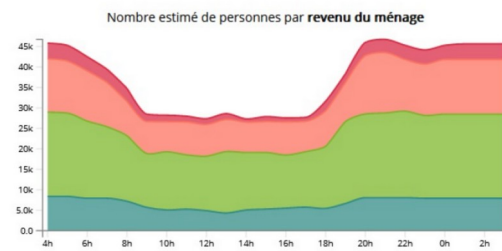
Pour calculer des indicateurs synthétiques de ségrégation (et leur variation horaire) à l'échelle de la ville, on utilise généralement les profils horaires de la population présente dans les quartiers de la ville en question. Ces profils locaux peuvent être très différents les uns des autres, comme illustré sur la Figure 3.3 à partir de l'outil 'Mobiliscope' (Vallée *et al.* 2022) pour quatre zones de la région Ile-de-France. Les 8e et 9e arrondissements de Paris et la zone autour de Saint-Denis sont deux zones dans lesquelles la population présente augmente très fortement en journée. Mais tandis que la composition sociale des 8e et 9e arrondissements demeure globalement la même au cours des 24 heures de la journée, ce n'est pas le cas pour la zone de Saint-Denis où on observe une nette augmentation de la part relative des personnes riches en journée (gentrification diurne). Si on s'intéresse maintenant à deux autres zones pour lesquelles la population présente est bien moins nombreuse le jour que la nuit, on constate que cette baisse ne correspond pas à une modification de la composition sociale pour La Ferté-sous-Jouarre et les communes environnantes (Seine-et-Marne) tandis qu'elle s'accompagne pour Montmorency et les communes environnantes (Val-d'Oise) d'une augmentation de la part relative des personnes pauvres en journée (paupérisation diurne). Toujours selon les heures de la journée, le 'Mobiliscope' donne aussi à voir les variations de l'indice de dissimilarité de Duncan pour l'ensemble de la région Ile-de-France en fonction des classes de revenus (Figure 3.3). Ce sont les riches qui remportent la palme du groupe social le plus concentré dans l'espace quelle que soit l'heure même si leur entre soi diminue légèrement en journée. Les pauvres se placent derrière et constituent le second groupe social le plus ségrégué la nuit comme le jour, leur entre soi ne diminuant d'ailleurs pas autant que celui des riches pendant la journée (Le Roux *et al.* 2017).

La construction de séries temporelles pour un indicateur de ségrégation (dissimilarité, autocorrélation, etc.) peut donner lieu à des indicateurs dérivés, simplement en caractérisant chacune de ses séries temporelles (forme, étendue, dispersion, centralité). Cependant, il n'existe pas encore d'indicateurs spécifiquement conçus pour l'approche présente, ce qui pourrait faire l'objet de recherches futures. Cela serait d'autant plus intéressant que l'analyse des séries temporelles des indicateurs de ségrégation pour un territoire donné ne souffre pas des mêmes limites méthodologiques que celles qui se posent dès lors qu'on cherche à comparer des mesures de ségrégation résidentielle pour une même ville sur plusieurs décennies et entre plusieurs villes à une même date (Musterd 2005).

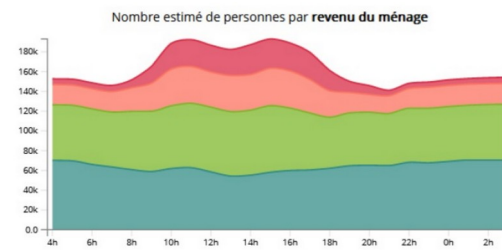
PARIS 8E ET 9E



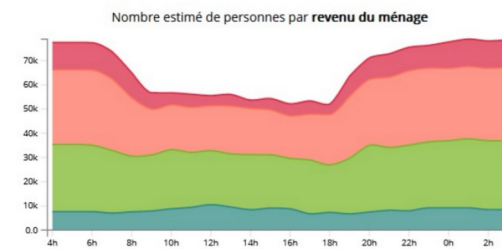
LA FERTÉ-SOUS-JOUARRE ; TRILPORT ; CRÉCY-LA-CHAPELLE



SAINT-DENIS ; AUBERVILLIERS ; SAINT-OUEN-SUR-SEINE



ERMONT ; EAUBONNE ; MONTMORENCY



DANS L'ENSEMBLE DE LA RÉGION

Intensité de la ségrégation selon le **revenu du ménage** (Duncan)

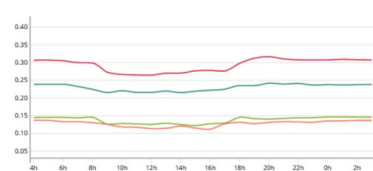


Figure 3.3 – Indicateurs de composition sociale au fil des heures de la journée en Ile-de-France (Source : Mobiliscope [2022 - v4.1] - <https://mobiliscope.cnrs.fr>)

3.2.3 Enjeux et applications

Les individus se déplacent durant la journée et modifient ainsi le mélange de groupes sociaux mesuré au domicile. Quotidiennement la majorité des individus est mobile durant la journée et rentre au domicile le soir. Mesurer la ségrégation résidentielle revient à mesurer le mélange des groupes sociaux la nuit. Il faut pouvoir répondre à la question de savoir si la mobilité quotidienne a tendance à accentuer la mise à distance entre groupes sociaux déjà observée dans l'espace résidentiel ou, au contraire, à mélanger des groupes sociaux qui sont séparés dans l'espace résidentiel.

Mesurer la ségrégation au quotidien pourrait ainsi être un instrument de mesure des inégalités qui pèsent sur la vie quotidienne des groupes sociaux, mais cela pourrait constituer un instrument de suivi de l'efficacité des politiques œuvrant pour une ville plus inclusive. Par exemple, pour les villes de l'Ouest de la France, on constate que la ségrégation selon le sexe est systématiquement plus élevée le jour que la nuit (Vallée 2020), et cela s'avère également vrai pour l'ensemble des 55 villes françaises et québécoises intégrées au 'Mobiliscope'. En ce sens, l'analyse répétée de cette mesure à plusieurs années d'intervalle pourrait constituer un instrument de suivi de l'évolution des contraintes spatio-temporelles auxquelles les deux sexes sont inégalement assujettis.

Si l'analyse de la ségrégation sociale des populations présentes constitue un champ de recherche en pleine extension, on peut toutefois regretter qu'il ne concerne que les territoires densément peuplés, là où le semis d'antennes téléphoniques est dense et les enquêtes de mobilité sont plus nombreuses et permettent des estimations avec une plus granularité spatiale plus fine.

3.3 Définir l'exposition des individus en fonction de leurs lieux et heures de présence

3.3.1 Bref état de l'art

Caractériser la composition sociale des quartiers est utile pour explorer les logiques quotidiennes de ségrégation sociale, mais aussi, dans un mouvement de retour vers l'individu, pour estimer l'exposition individuelle au contexte social. Dans la littérature sur les effets de lieu, vouloir connaître l'exposition des individus à la concentration de la pauvreté est un champ de recherche important, notamment depuis que Wilson défend, dans son ouvrage *The Truly Disadvantaged* (1987), que l'effet de la pauvreté individuelle est plus important dans les quartiers où se concentrent des populations pauvres. Ces travaux proposent de croiser une même variable (le statut social) mais à deux niveaux, celui de l'individu et celui de son agrégat spatial. Toutefois, cette exposition s'est longtemps limitée à l'approche résidentielle : l'individu est localisé à son lieu de résidence et le profil social de l'agrégat est défini à partir des individus qui y résident.

Depuis une quinzaine d'années, des travaux ont pris en compte la mobilité au niveau de l'individu pour caractériser sa multi-exposition et estimer la mixité sociale à laquelle il est exposé au quotidien. Dans la littérature consacrée aux effets de lieu sur la santé, un certain nombre de travaux ont ainsi mis en relation la santé des individus non seulement avec la composition sociale de leur quartier de résidence mais aussi avec celles des quartiers où ils sont présents au quotidien. Toutefois ces travaux qui proposent de sortir de l'approche résidentielle qui prévaut dans l'analyse des effets de lieu, considèrent paradoxalement les quartiers comme des entités statiques au cours de la journée : leur composition sociale est uniquement caractérisée à partir de la population résidente (Inagami *et al.* 2007; Shareck *et al.* 2014; Kimbro *et al.* 2017).

On passe alors à côté de ce qui peut varier au quotidien dans les quartiers dont on cherche pourtant à mesurer l'effet (Vallée 2017). Ce hiatus n'est pas réservé à la littérature concernant les effets de lieu, on le retrouve dans la littérature consacrée à la ségrégation sociale. A titre d'exemple, on peut citer un article relativement récent (Wang *et al.* 2018) qui s'intéresse à l'entre-soi auxquels les habitants de cinquante villes américaines sont confrontés « not only where they live but also where they travel throughout a city ». Dans cette étude, le potentiel de mixité sociale offert par les quartiers quotidiennement fréquentés a été caractérisé à partir du profil social de la seule population résidente. Ce parti pris est d'autant plus discutable que l'objectif de l'article était justement d'explorer les contacts quotidiens et la coprésence entre les différentes catégories sociales (Vallée 2018).

La précision temporelle qu'on gagne à l'échelle de l'individu en intégrant les lieux où il est présent au quotidien est ainsi perdue à l'échelle de l'agrégat. Ce décalage n'est pas le propre des analyses sur l'exposition à la mixité sociale : il est également observable dans les études portant sur l'exposition et l'accès aux services et équipements puisque ceux-ci sont dénombrés indépendamment de leurs horaires d'ouvertures. C'est finalement dans la littérature sur l'exposition à des pathogènes ou à des nuisances sonores ou atmosphériques que l'exposition de l'individu est souvent la plus finement estimée avec l'utilisation de données contextuelles (comme celles issues des capteurs de pollutions atmosphériques) qui sont temporellement estampillées et qui sont mises en relation avec les lieux et les heures de présence de l'individu (Nyhan *et al.* 2016; Park, Kwan 2017a).

3.3.2 Méthodes

Pour caractériser l'exposition quotidienne d'un individu, des données spatiotemporelles à l'échelle de l'individu et de l'agrégat sont nécessaires, qu'elles soient ou non issues de la même source d'information. Lorsque ces données sont croisées, il faut aussi que leur granularité spatiale et temporelle soient conciliables ou du moins que leur petit dénominateur spatial et temporel commun ait du sens. Pour expliciter cette exigence méthodologique, prenons l'exemple de traces individuelles (par exemple des traces GPS) pour lesquelles on dispose de positions spatiales (x, y) et temporelles (hh :mn) précises. Croisons ces traces individuelles avec la composition sociale des quartiers dont la variation est quant à elle connue par tranches de 4 heures et dans des agrégats spatiaux de la taille d'une commune.

Dans ce cas, seule pourra être étudiée l'exposition des individus à la composition sociale des communes sur une tranche de 4 heures. L'exigence du plus petit dénominateur spatio-temporel commun se produit quand deux sources différentes de données sont mobilisées (et notamment quand la donnée agrégée est soumise au principe de confidentialité des données personnelles), mais elle peut aussi intervenir quand une seule source est utilisée, mais qu'il s'agit d'un échantillon restreint d'individus rendant impossible de petits agrégats spatiaux et/ou temporels.

Ce lissage spatial et temporel renvoie au « modifiable spatiotemporal unit problem », notion introduite en référence au « modifiable areal unit problem » : « analysis that is spatially detailed but temporally coarse might be just as likely to impair analysis as that which is temporally detailed but spatially coarse » (Martin *et al.* 2015). Ce lissage temporel et spatial peut être particulièrement limitant lorsque le phénomène dont on veut mesurer l'exposition, varie sur des échelles spatiales et temporelles plus fines que les agrégats dont on dispose. En ce sens, on prêtera une attention particulière aux phénomènes présentant d'importantes discontinuités dans l'espace (d'une rue à l'autre) mais aussi dans le temps (d'un quart d'heure à l'autre). Enfin, la précision nécessaire à l'étude du phénomène n'est pas forcément la même selon les espaces ou selon les périodes de la journée. A certaines périodes de la journée, par exemple le midi ou durant les périodes de pointes du matin ou du soir, la composition sociale des quartiers peut changer plus rapidement. De plus, ces périodes critiques ne sont pas nécessairement les mêmes selon les territoires : les signatures temporelles des lieux dépendent des caractéristiques sociales, culturelles et économiques (Liu *et al.* 2015). Entre les quartiers d'une région métropolitaine, les périodes critiques avec des changements importants de composition sociale de la population présente peuvent différer selon que l'on regarde les zones où la vie nocturne est intense, les zones où un grand nombre de familles et d'enfants vont à l'école, etc.

Une fois qu'on dispose de valeurs d'exposition répétées dans le temps (par exemple à chaque heure de la journée), on peut vouloir en faire une analyse synthétique. L'enjeu est alors de savoir si, en fonction de la thématique explorée, il est plus pertinent de calculer l'exposition moyenne ou l'exposition cumulée sur la journée en fonction du temps passé. On pourrait aussi vouloir retenir la valeur extrême afin de savoir en quel(s) lieu(x) et à quelle(s) heure(s) les individus sont exposés à une composition sociale la plus proche ou au contraire la plus éloignée de leur propre statut social. Il y a ici un large espace de réflexion encore peu investi.

3.3.3 Enjeux et applications

Caractériser l'individu mobile dans des espaces dont la composition varie temporellement est une tâche complexe qui nécessite de concevoir des méthodes adaptées. En termes de recherche, ce dernier point est le moins documenté, et donc le plus riche de pistes de recherche future.

En termes d'application, ce genre d'études pourrait mener à une caractérisation plus précise des effets de lieu. Par exemple, Wilson (1987) affirme l'existence d'un « effet de concentration » avec un effet de la pauvreté individuelle plus important

dans les quartiers où se concentrent des populations pauvres. Le travail de Wilson se trouverait-il conforté, voire accentué, s'il était étudié à partir d'une mesure dynamique de l'exposition à la pauvreté ? Ce genre d'études pourrait aussi mener à une meilleure connaissance des logiques d'exclusion socio-spatiale. Souvent analysées à partir de la ségrégation résidentielle d'une part ou de la mobilité/immobilité d'autre part, les logiques d'exclusion socio-spatiale combinent ces deux phénomènes. Un individu qui ne sort pas de son quartier peut en effet voir son exposition varier si d'autres individus en sortent ou y viennent, faisant ainsi varier la composition sociale du quartier. A l'inverse, un individu mobile peut avoir une exposition stable tout au long de la journée si tous les quartiers qu'il fréquente ont la même composition sociale, à l'heure où il les fréquente.

Conclusion

Ce chapitre a présenté trois approches qui tirent les conséquences de la mobilité en termes de présence. Le focus sur le seul lieu de résidence est dépassé depuis longtemps en ce qui concerne l'analyse des pratiques individuelles de mobilité, grâce aux recherches sur l'espace de vie et l'espace vécu. Mais les recherches qui en tirent toutes les conséquences d'un point de vue agrégé sont plus rares et plus récentes (et concernent en grande majorité les territoires densément peuplés). Si les individus sont mobiles, alors les espaces aussi sont variables quant à leur population et à leur composition. On peut distinguer trois niveaux de complexité croissante dans l'appréhension de cette variabilité :

– 1. Individus fixes, localisés à leur lieu de résidence et dont le lieu de résidence est défini selon des caractéristiques temporellement figées calculées à partir de la population résidente.

– 2. Individus mobiles, localisés à leurs différents lieux de vie et dont les lieux composant l'espace de vie sont définis selon des caractéristiques temporellement figées temporellement figées calculées à partir de la population résidente.

– 3. Individus mobiles, localisés à leurs différents lieux de vie et dont les lieux composant l'espace de vie sont définis selon des caractéristiques temporellement variables en fonction de la mobilité des individus et *in fine* de la population présente.

L'individu n'est pas assigné à résidence et il ne faut pas réduire l'analyse à son espace résidentiel. Ce simple constat est riche de pistes de recherche à plusieurs niveaux. Au niveau individuel, on envisage classiquement la mobilité comme une mise en relation mais il faut la considérer aussi comme une variation de la présence, il est d'ailleurs possible de définir la mobilité comme « variabilité temporelle de la présence spatiale » (Commenges 2014). Au niveau agrégé, on caractérise les espaces de façon simple ou complexe, mais presque toujours de façon statique. Il faudrait pourtant aussi considérer les espaces comme des entités relationnelles et caractériser ainsi au mieux le *daycourse of place*, c'est-à-dire les variations de la composition sociale des espaces selon les heures de la journée (Vallée 2017).

Bibliography

Banos, A., Boffet-Mas, A., Chardonnel, S., Lang, C., Marilleau, N., Thévenin, T. (2010). Simuler la mobilité urbaine quotidienne : le projet MIRO. Dans *Mobilités urbaines et risques des transports. Approches géographiques*. Information Géographique et Aménagement du Territoire. Hermès.

Banos, A., Thevenin, T. (2005). Révéler les rythmes urbains quotidiens par la carte animée. *Revue Internationale de Géomatique*, 15(1), 11–32.

Bertrand, F., Couderc, C., Ladegaillerie, E. (2008). La dynamique des activités en Ile-de-France. Rapport, Les cahiers de l'EGT. DREIF, , No. Technical Report 10

Breese, G. (1949). *The Daytime Population of the Central Business District of Chicago: With Particular Reference to the Factor of Transportation* University of Chicago Press, Chicago.

Castells, M. (1972). *La Question Urbaine* Éd. revue. Maspero, Paris.

Chapin, F.S., Pearson, H.S. (1959). Population densities around the clock. Dans *Readings in Urban Geography*. University of Chicago Press, Chicago.

Commenges, H. (2013). L'invention de la mobilité quotidienne. Aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports. Thèse de doctorat, Université Paris-Diderot - Paris VII.

Commenges, H. (2014). La mobilité comme variabilité temporelle de la présence spatiale. *Flux*, 95(1), 41–55.

Cortese, C., Falk, R.F., Cohen, J.K. (1976). Further considerations on the methodological analysis of segregation indices. *American Sociological Review*, 41, 630–637.

Cottineau, C., Perret, J., Reuillon, R., Rey-Coyrehourcq, S., Vallée, J. (2019). H24 : un modèle multi-agents pour étudier les effets de la ségrégation sociale et temporelle sur les disparités alimentaires en Ile-de-France. Dans *Quatorzièmes Rencontres de ThéoQuant*. Besançon. [En ligne]. Disponible à l'adresse : <hal-02284547>.

Coudin, E., Poulhes, M., Suarez Castillo, M. (2021). The French official statistics strategy: Combining signaling data from various mobile network operators for documenting COVID-19 crisis effects on population movements and economic outlook. *Data & Policy*, 3, e10.

Courgeau, D. (1988). *Méthodes de Mesure de la Mobilité Spatiale: Migrations Internes, Mobilité Temporaire, Navettes*. INED Éditions, Paris. [En ligne]. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/ined/15730> [Consulté le 11 June 2024].

Crowe, P. (1938). On progress in geography. *Scottish Geographical Magazine*, 54, 1–19.

Di Méo, G. (1990). De l'espace subjectif à l'espace objectif : l'itinéraire du labyrinthe. *L'Espace géographique*, 19(4), 359–373.

Duncan, O.D., Duncan, B. (1955). A methodological analysis of segregation indexes. *American Sociological Review*, 20(2), 210–217.

Ellis, M., Wright, R., Parks, V. (2004). Work together, live apart? Geographies of racial and ethnic segregation at home and at work. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(3), 620–637.

Engel-Frisch, G. (1943). Some neglected temporal aspects of human ecology. *Social Forces*, 22(1), 43–47.

Farber, S., O'Kelly, M., Miller, H.J., Neutens, T. (2015). Measuring segregation using patterns of daily travel behavior: A social interaction based model of exposure. *Journal of Transport Geography*, 49, 26–38.

Foley, D.L., Breese, G. (1951). The standardization of data showing daily population movement into central business districts. *Land Economics*, 27(4), 348–353.

Frémont, A. (1976). *La Région, Espace Vécu* Presses universitaires de France, Paris. [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://books.google.fr/books?id=BpMEAAAAMAAJ>.

Goodchild, M.F., Janelle, D.G. (1984). The city around the clock: Space-Time patterns of urban ecological structure. *space-time patterns of urban ecological structure (Halifax, Canada)*, 16(6), 807–820.

Guérin-Pace, F. (2003). Vers une typologie des territoires urbains de proximité. *L'Espace géographique*, 32(4), 333–344.

Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science?. *Papers of the Regional Science Association*, 24(1), 1–12.

Hurez, C. (2010). Les pulsations urbaines. Localisation spatiale et temporelle des personnes et des voitures à partir des enquêtes ménages déplacements. *Mappemonde*, 2010.

Inagami, S., Cohen, D.A., Finch, B.K. (2007). Non-residential neighborhood exposures suppress neighborhood effects on self-rated health. *Social Science & Medicine*, 65(8), 1779–1791.

Janelle, D.G., Klinkenberg, B., Goodchild, M.J. (1997). The temporal ordering of urban space and daily activity patterns for population role groups. *Geographical Systems*, 5, 117–137.

Kimbrow, R.T., Sharp, G., Denney, J.T. (2017). Home and away: Area socioeconomic disadvantage and obesity risk. *Health & Place*, 44, 94–102.

Kwan, M.-P. (2000). Interactive geovisualization of activity-travel patterns using three-dimensional geographical information systems: a methodological exploration with a large data set. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8(1–6), 185–203.

Lamanna, F., Lenormand, M., Salas-Olmedo, M.H., Romanillos, G., Gonçalves, B., Ramasco, J.J. (2018). Immigrant community integration in world cities. *PLOS ONE*, 13(3), 1–19.

Le Roux, G., Vallée, J., Commenges, H. (2017). Social segregation around the clock in the Paris region (France). *Journal of Transport Geography*, 59, 134–145.

Lecomte, C., Vallée, J., Le Roux, G., Commenges, H. (2018). Le Mobiliscope, un outil de géovisualisation des rythmes quotidiens des métropoles. *Mappemonde*, 14 February 2018, 1–5.

Lenormand, M., Picornell, M., Cantú-Ros, O.G., Louail, T., Herranz, R., Barthelemy, M., Frías-Martínez, E., San Miguel, M., Ramasco, J.J. (2015). Comparing and modelling land use organization in cities. *Royal Society Open Science*, 2(12), 150449.

Liu, Y., Liu, X., Gao, S., Gong, L., Kang, C., Zhi, Y., Chi, G., Shi, L. (2015). Social Sensing: A New Approach to Understanding Our Socioeconomic Environments. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(3), 512–530.

Martin, D., Cockings, S., Leung, S. (2015). Developing a flexible framework for spatiotemporal population modeling. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(4), 754–772.

Massey, D.S., Denton, N.A. (1988). The dimensions of residential segregation. *Social Forces*, 67(2), 281–315.

Massey, D.S., Denton, N.A. (1988). The dimensions of residential segregation. *Social Forces*, 67(2), 281–315.

Mille, M. (2000). Des densités habitantes aux densités mouvantes l'exemple de la métropole lilloise. [En ligne] *Cybergeo : European Journal of Geography*, article 121. [En ligne]. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/cybergeo/1866> [Consulté le 11 June 2024].

Musterd, S. (2005). Social and Ethnic Segregation in Europe: Levels, Causes, and Effects. *Journal of Urban Affairs*, 27(3), 331–348.

Nuvolati, G. (2003). Resident and Non-resident Populations: Quality of Life, Mobility, and Time Policies. *The Journal of Regional Analysis and Policy*, 33(2), 67–83.

Nyhan, M., Grauwin, S., Britter, R., Misstear, B., McNabola, A., Laden, F., Barrett, S.R.H., Ratti, C. (2016). “exposure track”—the impact of mobile-device-

based mobility patterns on quantifying population exposure to air pollution. *Environmental Science & Technology*, 50(17), 9671–9681.

Olteanu Raimond, A.-M., Couronné, T., Feng-Chong, J., Smoreda, Z. (2012). Le Paris des visiteurs étrangers, qu'en disent les téléphones mobiles ? Inférence des pratiques spatiales et fréquentations des sites touristiques en Île-de-France. *Revue internationale de géomatique*, 22(3), 413–437.

Pan Ké Shon, J.-L. (2009). Ségrégation ethnique et ségrégation sociale en quartiers sensibles: L'apport des mobilités résidentielles. *Revue française de sociologie*, 50(3), 451–487.

Park, Y.M., Kwan, M.-P. (2017a). Individual exposure estimates may be erroneous when spatiotemporal variability of air pollution and human mobility are ignored. *Health & Place*, 43, 85–94.

Park, Y.M., Kwan, M.-P. (2017b). Multi-Contextual segregation and environmental justice research: Toward fine-scale spatiotemporal approaches. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1–19.

Préteceille, E. (2006). La ségrégation sociale a-t-elle augmenté ? : La métropole parisienne entre polarisation et mixité. *Sociétés contemporaines*, 62(2), 69–93.

Robette, N. (2012). Les espaces de vie individuels : de la géographie à une application empirique en démographie. [En ligne] *Cybergeo : European Journal of Geography*, article 605. [En ligne]. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/cybergeo/25332> [Consulté le 11 June 2024].

San Diego's Regional Planning Agency (2000). Daytime population. The regions's population shifts dramatically from day to night. *Sandag Info*, 3, 2–18.

Shareck, M., Kestens, Y., Frohlich, K.L. (2014). Moving beyond the residential neighborhood to explore social inequalities in exposure to area-level disadvantage: Results from the interdisciplinary study on inequalities in smoking. *Social Science & Medicine*, 108, 106–114.

Silm, S., Ahas, R. (2014). The temporal variation of ethnic segregation in a city: Evidence from a mobile phone use dataset. *Social Science Research*, 47, 30–43.

Smith, L., Beckman, R., Baggerly, K. (1995). TRANSIMS: Transportation analysis and simulation system. Rapport, , , *Technical report*, No. LA-UR--95-1641, 88648 [En ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.osti.gov/servlets/purl/88648-fgWOUT/webviewable/> [Consulté le 11 June 2024].

Terrier, C., Armand, L., Antczak, M. (2006). Mobilité touristique et population présente. Les bases de l'économie présente des départements. Rapport, Direction du tourisme

U.S. Census Bureau (2013). Daytime population. Rapport,

Vallée, J. (2017). The daycourse of place. *Social Science & Medicine*, 194, 177–181.

Vallée, J. (2018). Urban isolation and daytime neighborhood social composition from twitter data. [En ligne] *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(51). [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1816937115> [Consulté le 11 June 2024].

Vallée, J. (2020). Les femmes et les hommes dans la ville : la parité au quotidien. Dans *Atlas social de la métropole nantaise*. Espaces et Sociétés - UMR 6590. [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://asmn.univ-nantes.fr/index.php?id=465> [Consulté le 11 June 2024].

Vallée J, Douet A, Le Roux G, Commenges H, Lecomte C, Villard E (2022). Mobiliscope, an open platform to explore cities and social mix around the clock [v4.2]. www.mobiliscope.cnrs.fr. doi:10.5281/zenodo.3628713.

Wang, Q., Phillips, N.E., Small, M.L., Sampson, R.J. (2018). Urban mobility and neighborhood isolation in America's 50 largest cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(30), 7735–7740.

Wilson, W.J. (1987). *The truly disadvantaged: the inner city, the underclass, and public policy* Univ. of Chicago Press, Chicago.

Wong, D.W.S., Shaw, S.-L. (2011). Measuring segregation: an activity space approach. *Journal of Geographical Systems*, 13(2), 127–145.

Zandvliet, R.M. (2006). In Perpetual Motion. Time-Space Variations in the Characteristics of Visitor Populations and the Performance of Places. Thèse de doctorat, Universiteit Utrecht, Utrecht.