



HAL
open science

Enjeux méthodologiques de l'analyse croisée entre mobilité quotidienne, environnements et santé

Camille Perchoux

► **To cite this version:**

Camille Perchoux. Enjeux méthodologiques de l'analyse croisée entre mobilité quotidienne, environnements et santé. Julie Vallée. Mobilité quotidienne et santé, ISTE Group, pp.49-86, 2023, Encyclopédie des Sciences - Domaine Géographie et Démographie (Géographie des réseaux d'infrastructure et des mobilités), 9781789481099. 10.51926/iste.9109.ch2 . hal-04184050

HAL Id: hal-04184050

<https://hal.science/hal-04184050v1>

Submitted on 21 Aug 2023

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.

2

Enjeux méthodologiques de l'analyse croisée entre mobilité quotidienne, environnements, et santé

Camille Perchoux

*Luxembourg Institute of Socio-Economic Research (LISER), Esch-sur-Alzette,
Luxembourg*

L'étude des effets de l'environnement sur la santé remonte à la tradition Hippocratique de la médecine (Cummins 2007 ; Perchoux 2015). Cependant, ce n'est qu'à partir de la deuxième moitié du XX^e siècle, face à une sévère diminution de l'occurrence de maladies infectieuses et une augmentation spectaculaire de maladies chroniques, que l'épidémiologie a porté un intérêt accru à l'étude de la contribution des environnements socio-économiques, bâtis et naturels à la promotion et au maintien de la santé (Susser et Susser 1996). Ces travaux sont alors désignés dans les années 1990 comme l'étude des effets de « quartier », de « voisinage » ou encore de « contexte » sur la santé (Diez Roux 2001). La notion de « quartier » se traduit ici par

« un espace de vie central à travers lequel les individus ont accès à des ressources matérielles et sociales, dans lequel ils se déplacent pour accéder à d'autres opportunités, et qui symbolise des aspects de l'identité de ceux qui y résident pour eux-mêmes et pour les autres » (traduit de (Meegan et Mitchell 2001, p. 2172)). S'il est aujourd'hui reconnu que les environnements dans lesquels les individus résident et se déplacent influencent leur santé par des mécanismes physiques, sociaux, cognitifs et psychologiques, la définition spatiale de ces environnements géographiques de vie et la mesure de leurs attributs sont empreintes de véritables défis méthodologiques (Schipperijn *et al.* 2013, Perchoux 2015).

Ce chapitre tente de référencer les enjeux méthodologiques liés à la prise en compte des mobilités quotidiennes des individus dans la mesure des effets de l'environnement sur la santé. Il introduit en premier lieu l'importance conceptuelle et méthodologique de prendre en compte les mobilités quotidiennes dans les études concernant les effets de contexte sur la santé à travers l'utilisation du concept d'espace d'activité (section 2.1). Il retrace ensuite les différents outils de collecte de données, représentations, qualification et quantification de l'espace d'activité dans les études de santé (section 2.2). Enfin, si la prise en compte des mobilités quotidiennes permet une mesure plus précise des effets de l'environnement sur la santé (section 2.3), elle s'accompagne de nouveaux défis en termes d'inférence causale liés à la prise en compte du biais de mobilité quotidienne sélective (section 2.4).

2.1. La prise en compte des mobilités quotidiennes dans les études de santé : le concept d'espace d'activité

2.1.1. Limites d'une approche traditionnelle centrée sur les quartiers de résidence

La grande majorité des études ayant investigué les effets de l'environnement sur la santé ont réduit l'étendue spatiale des environnements géographiques de vie au seul quartier de résidence des individus. Dans un premier temps, ce dernier a été massivement délimité spatialement et opérationnalisé dans les études de santé par des zonages prédéfinis comme des unités administratives de résidence (par exemple, zones de recensement, codes postaux, îlots regroupés pour l'information statistique) (Perchoux 2015). Dans un second temps, suite à l'introduction des Systèmes d'Information Géographique (SIG) dans les études de santé, des zonages à taille et forme variables telles que des zones tampons circulaires ou prenant en compte le réseau de rues centré sur le lieu de résidence (Perchoux *et al.* 2013) ont progressivement remplacé l'utilisation systématique des zonages administratifs. Le quartier résidentiel perçu a également fait l'objet d'un intérêt accru pour délimiter le

quartier de résidence en raison de sa capacité à retranscrire spatialement les préférences, les perceptions et les expériences des individus en matière d'espace et d'environnement (Coulton *et al.* 2001 ; Perchoux 2015 ; Vallée *et al.* 2015). Toutefois, l'essentiel des études sur les effets de l'environnement sur la santé demeure centré sur le quartier de résidence : en 2011 ce sont ainsi plus de 90 % des études sur la santé cardio-métabolique qui considèrent exclusivement le quartier de résidence comme unité spatiale d'intérêt pour mesurer les expositions environnementales des individus (Leal et Chaix 2011).

Ces définitions « statiques » des environnements géographiques de vie (Perchoux *et al.* 2013), centrées sur le quartier de résidence, ont été sévèrement critiquées à de multiples égards. Les concepts de « piège local » (Cummins 2007) et de « piège résidentiel » (Chaix *et al.* 2009) remettent en question la pertinence d'une approche locale et résidentielle dans l'estimation des effets de l'environnement sur la santé. En effet, cette approche (qu'elle s'appuie sur des unités administratives, des zones tampons et des quartiers résidentiels perçus) ne tient pas compte du comportement spatio-temporel de mobilité des individus et des environnements non-résidentiels dans lesquels ils se déplacent au cours de leurs activités quotidiennes (Perchoux 2015). L'estimation des effets des attributs de l'environnement sur la santé se trouve *de facto* biaisée par l'utilisation d'un zonage qui diffère du contexte géographique « réel et causalement pertinent » auquel les individus sont exposés (Kwan 2012). Ce défi méthodologique, récemment dénommé « The Uncertain Geographic Context Problem » (UCGoP) (Kwan 2012), tient en deux composantes majeures :

- une incertitude spatiale quant à l'identification des différents environnements qui exercent une influence sur la santé des individus ;
- une incertitude temporelle quant à la durée d'exposition à ces environnements auxquels les individus sont soumis.

Ces deux incertitudes spatio-temporelles conduisent à mésestimer les expositions environnementales, et contribuent à une évaluation incomplète, voire erronée, des effets de l'environnement sur la santé.

À ce titre, « l'expologie contextuelle » est une sous-discipline du champ de recherche des « effets de quartier sur la santé », qui vise à réduire ces deux incertitudes en évaluant de manière précise « la configuration spatio-temporelle des expositions environnementales » (Chaix *et al.* 2012), *via* notamment la prise compte des mobilités quotidiennes. Cela implique notamment un changement de paradigme visant à ne plus centrer la définition spatiale des expositions environnementales sur les lieux (par exemple, le lieu de résidence), mais sur les individus et leurs mouvements dans le

temps et dans l'espace (Miller 2007). On parle alors d'approche « individu-centrée » (Miller 2007).

2.1.2. La mobilité quotidienne : un vecteur d'exposition à des environnements géographiques de vie diversifiés

La « polygamie spatiale » (Matthews et Yang 2013) part du constat simple que les individus peuvent expérimenter en plus de leur quartier résidentiel d'autres lieux localisés en dehors de leur quartier de résidence tels que leur lieu de travail, des magasins d'alimentation, des lieux d'activité sportive, sociale et récréative. Une étude géo-ethnographique réalisée sur 10 familles résidant dans un quartier de Boston (USA), a montré que les individus réaliseraient seulement 27 % de leurs activités quotidiennes dans leur secteur de recensement résidentiel ou dans les secteurs de recensement adjacents, et 73 % dans d'autres parties de la ville (Matthews 2011). Plus spécifiquement, ces 73 % englobent un large spectre de types d'activités quotidiennes allant du travail, aux achats (par exemple, alimentaires ou non), aux activités sociales et récréatives, et aux activités de garde d'enfant, d'accès aux services et de recours aux soins.

Dans la même veine, une étude réalisée à Paris (France) au sein d'une population d'adultes, a montré que les activités domestiques telles que les courses alimentaires et le recours aux services de proximité sont essentiellement réalisées au sein du quartier de résidence, alors que les activités sociales et récréatives telles qu'aller dans un café ou un restaurant, visiter de la famille et des amis, sont principalement conduites en dehors du quartier de résidence (Vallée *et al.* 2010). Chez des adolescents âgés de 15 à 19 ans et résidant à Philadelphie, Pennsylvanie, (USA), 71 % du temps passé en dehors de leur domicile, serait passé à l'extérieur de leur quartier de résidence (Basta *et al.* 2010).

Toutes les populations ne présentent cependant pas des comportements de mobilité homogènes. En termes de classes d'âge, les populations les plus jeunes et les plus âgées concentrent généralement une part plus importante de leurs activités dans leur quartier de résidence, renforçant ainsi l'influence que pourrait avoir l'environnement résidentiel sur leur santé. Néanmoins, même au sein de ces populations moins mobiles, le quartier de résidence ne délimite pas correctement l'étendue spatiale de leur comportement de mobilité (Perchoux 2015). Une étude réalisée dans quatre quartiers de la ville de New York (États-Unis) a montré que les personnes âgées passeraient 40 % de leur temps en dehors de leur secteur de recensement résidentiel, notamment pour y réaliser des activités sociales, d'achats ou encore de l'activité physique (Cornwell et Cagney 2017). Selon une étude réalisée à Boston, Massachusetts (États-Unis), les enfants passeraient une majeure partie de leur temps

dans leur quartier de résidence (Robinson et Oreskovic 2013). Une étude concordante réalisée à Wellington (Nouvelle Zélande) a montré qu'ils le quittaient cependant quotidiennement pour aller à l'école, visiter famille et amis, ou encore se rendre dans des magasins d'alimentation (Chambers *et al.* 2017). D'autres facteurs individuels tels que la pauvreté (McBride, Davis et Goulias 2019), ou des événements traumatiques (Friedmann *et al.* 2020) sont corrélés à des comportements de mobilité plus limités, bien que non contraints par les limites du quartier de résidence.

Puisque les activités quotidiennes des individus ne sont pas bornées à leur quartier de résidence, ce dernier ne rend pas compte de l'ensemble des environnements géographiques qui exercent des influences sur la santé (Kwan 2012). Ce chapitre développe les enjeux méthodologiques liés à l'analyse des mobilités comme vecteur d'exposition à des environnements dont les caractéristiques sociales, bâties et naturelles influencent la santé.

2.1.3. Intégrer les mobilités quotidiennes dans les études de santé : le concept d'espace d'activité

Le concept d'« espace d'activité », hérité des sciences sociales et issu de notions plus large telles que « l'espace d'action » (Wolpert 1965) ou encore « l'espace de vie » (Lewin 1936), est une mesure individuelle du comportement spatial permettant de décrire l'ensemble des interactions entre un individu et son environnement.

L'espace d'activité se définit comme « le sous-ensemble de lieux avec lesquels un individu a un contact direct en raison de ses activités quotidiennes » (Golledge et Stimson 1997) dans une période de temps définie. Spatialement, l'espace d'activité est caractérisé par l'emplacement des lieux d'activités et la distance entre ces lieux. Il se caractérise par trois ensembles de lieux et mouvements dans l'espace :

- le lieu de résidence et les mouvements autour du lieu de résidence, souvent nombreux, courts et réalisés à pieds ;
- les lieux visités quotidiennement ou régulièrement pour travailler, faire ses courses et socialiser, et les mouvements autour de ces lieux également souvent réalisés à pieds ;
- les mouvements et déplacements entre les lieux visités, réalisés majoritairement *via* des modes de transport motorisés (Golledge et Stimson 1997).

Temporellement, l'espace d'activité est défini par la fréquence, la régularité et la durée à laquelle les lieux sont visités sur une période donnée.

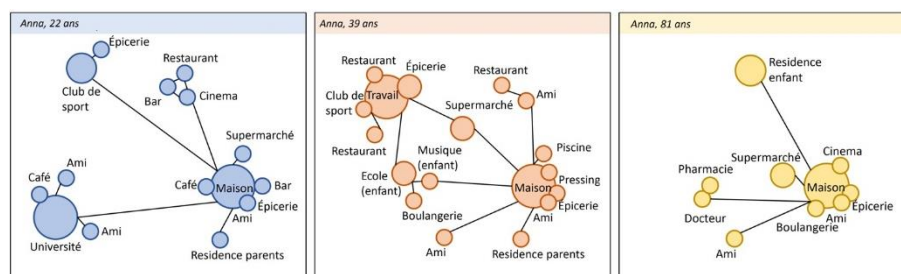


Figure 2.1. Représentation de l'espace d'activité à différents âges
(source : reproduit et adapté (Perchoux et al. 2013))

Le concept d'espace d'activité a été introduit en épidémiologie autour des années 2010 (Vallée *et al.* 2010, 2011 ; Chaix *et al.* 2012 ; Vallée et Chauvin 2012 ; Perchoux *et al.* 2013). Il marque un tournant notable dans la mesure des effets de contexte sur la santé avec l'identification et la mesure des interactions entre les individus et leurs environnements au cours de leurs mobilités quotidiennes.

À ce jour, les études de santé ont principalement investigué la dimension spatiale de l'espace d'activité dans le but de mesurer les expositions environnementales résidentielles et non-résidentielles qui y sont associées. La prise en compte de sa dimension temporelle dans la mesure des expositions environnementales reste cependant bien plus anecdotique (voir section 2.2.3). Comme le présente la figure 2.1, l'espace d'activité d'un individu n'est pas un concept figé dans le temps, mais peut être utilisé pour retranscrire l'évolution de ses mobilités quotidiennes à travers le temps (Dubreuil *et al.* 2020). Cependant, il n'existe pas à ma connaissance d'études longitudinales reliant les changements de comportement de mobilités quotidiennes à travers le temps, et les expositions environnementales qui y sont associées, avec un phénomène de santé.

2.1.4. Une approche interdisciplinaire du concept d'espace d'activité : appréhender les interactions individus-environnements

Une revue de littérature non-systématique sur la mesure de l'exposition environnementale en épidémiologie a exploré les cadres conceptuels issus de la *time-geography*, la recherche dans le domaine des transports, la psychologie environnementale, et la recherche sur les interactions sociales, afin de mieux appréhender la structure des espaces d'activités et les mécanismes qui sous-tendent les interactions entre les mobilités quotidiennes, l'environnement et la santé

(Perchoux *et al.* 2013). Reprenant les résultats de cette étude, les trois axes présentés ci-dessous proposent une réflexion interdisciplinaire sur le concept d'espace d'activité pour les études épidémiologiques.

2.1.4.1. Définir une hiérarchie au sein de l'espace d'activité

Plusieurs méthodes de hiérarchisation de l'espace d'activité ont été proposées dans la littérature (Jakle 1976 ; Flamn et Kaufmann 2006). Les dimensions spatiales et temporelles de l'espace d'activité permettent par exemple de définir une hiérarchie de lieux en fonction du temps passé en chaque lieu. Théoriquement, plus le temps passé en un lieu est important, plus les caractéristiques de ce lieu et des environnements environnants auraient un fort impact sur la santé d'un individu. Cet effet dit « dose réponse » a notamment été observé sur la relation entre la durée d'exposition aux espaces verts et les niveaux de stress au cours des activités quotidiennes (Hunter *et al.* 2019 ; Vallée 2021).

Faisant appel au concept de « réseau personnel de lieux habituels », Flamn et Kaufmann (2006) ont proposé une hiérarchisation des lieux d'activité en fonction de leur importance relative (Flamn et Kaufmann 2006). On compte les lieux d'ancrage *majeurs* tels que le domicile ou les lieux de travail dans lesquels les individus passent une part significative de leur temps et qui ont généralement une portée symbolique ; les lieux d'activité *mineurs* qui englobent les lieux d'activité secondaires tels que les magasins et lieux de services localisés à proximité des lieux d'activité majeurs, et les *corridors de circulation* qui désignent les itinéraires empruntés pour relier les différents lieux visités (Flamn et Kaufmann 2006 ; Perchoux *et al.* 2013).

Enfin, d'autres approches plus qualitatives pourront permettre de hiérarchiser l'espace d'activité en fonction du sentiment d'appartenance, d'attachement ou d'identité qu'un individu associe aux différents espaces qu'il visite, en lien avec les activités qu'il y réalise et les caractéristiques environnementales de ces espaces (Reginster et Edwards 2001 ; Matthews 2011).

2.1.4.2. Évaluer les contraintes associées aux types d'activités quotidiennes

Des contraintes et barrières de multiples sortes (par exemple, besoins physiologiques, capacités physiques, environnement, distances, contraintes temporelles, politiques, morales, légales, culturelles, sociales, etc.) régissent nos déplacements et nos activités quotidiennes (Hägerstrand 1970 ; Golledge et Stimson 1997). Ces contraintes ont théoriquement une influence directe sur :

- les comportements de mobilités, en façonnant les capacités individuelles à se déplacer ou s'engager dans une activité ;

– les expositions environnementales relatives aux lieux visités lors des déplacements et des activités précitées ;

– les comportements de santé tels que l'utilisation de modes de transport actifs ou motorisés.

Les différents types d'activités (par exemple, professionnelles, domestiques, sportives, sociales et récréatives, etc.) sont le reflet des contraintes qui s'exercent sur la capacité des individus à s'engager dans une activité spécifique ou un déplacement (Perchoux *et al.* 2019).. Par exemple, les courses de produits lourds, habituellement réalisées dans des hypermarchés impliquent de transporter une lourde charge sur le chemin de retour au domicile, or les contraintes physiques liées au port de biens volumineux ou pesant sont l'une des raisons majeures de l'utilisation de la voiture (Mackett 2003). Le type d'activité réalisé à destination a donc une influence directe sur la probabilité de marcher jusqu'à ladite destination (Perchoux *et al.* 2019). Par ailleurs, si la distance entre l'origine et la destination a un effet inhibiteur sur la probabilité de marcher ; la force de cet effet inhibiteur varie en fonction du type d'activité réalisé. Les activités dites « discrétionnaires » (par exemple, activités de temps libre, visites à la famille et aux amis, restaurants, bar et cafés), comparée aux activités dites « obligatoires » (par exemple, courses, banques, etc.) seraient plus flexibles dans le temps et dans l'espace, et plus susceptibles d'être réalisées dans des conditions idéales telles qu'une météo favorable, une bonne santé physique, une bonne prédisposition de l'état d'esprit, etc., facilitant ainsi la pratique de la marche et réduisant de concert l'effet inhibiteur de la distance (Perchoux *et al.* 2019).

2.1.4.3. *Intégrer les relations sociales aux comportements de mobilité*

Les interactions sociales ou « réseaux sociaux » compris dans leur acception la plus stricte, déterminent les opportunités de se déplacer, les comportements de mobilité (Tindall et Wellman 2001) et la distribution des activités quotidiennes dans l'espace. La distribution des activités sociales dans l'espace, soit l'espace d'activité social, dépend de localisation des individus avec lesquels nous socialisons. Or le sens même des lieux visités pour raison sociale est différent des autres lieux, car ils ne répondraient pas uniquement à des logiques de distance, de coûts ou de ressources environnementales, mais également à la localisation des personnes avec lesquelles nous engageons ces activités sociales (Carrasco *et al.* 2008b, 2008a). Par essence, les lieux d'activités sociaux ne sont pas interchangeable comme peuvent l'être deux supermarchés (Carrasco *et al.* 2008b).

Les dimensions spatiales et temporelles de l'espace d'activité seraient proportionnelles à la géographie des réseaux sociaux (Axhausen 2008). Les réseaux sociaux et les interactions sociales contribueraient notamment à définir le nombre, la

variété, la fréquence et la durée de visite des lieux d'activités ainsi que les environnements géographiques de vie auxquels les individus sont exposés (Kestens *et al.* 2016, 2017 ; Naud *et al.* 2020). Il ne s'agit donc plus uniquement d'examiner où les individus se déplacent, mais également de comprendre « pour qui » ou « avec qui » ils se déplacent et « pourquoi » ils choisissent de visiter certains lieux ou de s'engager dans certaines activités (Kestens *et al.* 2017).

2.2. Espace d'activité : du concept à la mesure

2.2.1. Outils de mesures et congruence entre les représentations de l'espace d'activité

Depuis l'émergence du concept d'espace d'activité en épidémiologie, différents outils de collecte de données ont été mobilisés pour quantifier les mobilités. On notera l'utilisation de questionnaires non spatialisés (par exemple, *Lawton's Instrumental Activities of Daily Living scale*) (Letellier *et al.* 2019) ou de questionnaires prenant en considération l'espace, mais ne permettant pas de géolocaliser les activités quotidiennes (par exemple, *Action Space Questionnaire*). Par exemple, le *Life Space Questionnaire* (Stalvey *et al.* 1999), évalue, sur une période de temps définie, à quelle fréquence un individu se déplace dans différentes zones hiérarchiquement imbriquées et à distance croissante du domicile (par exemple, domicile/jardin ; quartier résidentiel proche ; municipalité ; etc.) (Fillekes *et al.* 2019a).

D'autres travaux ont utilisé des enquêtes de mobilité et des journaux d'activités pour géolocaliser les activités quotidiennes (Schönfelder et Axhausen 2003). Des questionnaires d'activité combinés à des cartes interactives permettent de collecter des informations complémentaires sur les activités quotidiennes réalisées (c'est-à-dire, type d'activité, fréquence, seul ou accompagné, etc.) tout en les géolocalisant sur une carte (Chaix *et al.* 2012 ; Hinrichs *et al.* 2020). À titre d'exemple, le questionnaire VERITAS (*Visualization and Evaluation of Route Itineraries, Travel Destinations, and Activity Spaces*) développé dans l'étude RECORD (*Residential Environment and CORonary heart Disease*) à Paris permet de géolocaliser 22 types de lieux visités régulièrement (Chaix *et al.* 2012). Si les espaces d'activités issus de questionnaires d'activités autodéclarés sont susceptibles d'être affectés par le biais de mémoire, l'avènement des GPS a permis de collecter des données de mobilité objective à des échelles spatiale et temporelle plus précises. Par ailleurs, si les GPS permettent d'observer les mobilités individuelles sur une période déterminée et limitée dans le temps, ces données ne sont pas nécessairement représentatives des mobilités quotidiennes régulières qui sont, elles, capturées par les questionnaires de type VERITAS. Bien que la majorité des études GPS utilisent des protocoles de collecte

de données s'étalant sur 7 jours, il est recommandé de collecter un minimum de 14 jours de données GPS valides pour mesurer l'espace d'activité (Zenk *et al.* 2018).

Enfin, les plateformes de médias sociaux comme Twitter ou Facebook ont été utilisées pour représenter les espaces d'activités individuels (Lee *et al.* 2016 ; Hu *et al.* 2020), bien que ces représentations soient directement impactées par l'utilisation limitée de géotags (par exemple, moins de 1 % des tweets sont géolocalisés (Sloan et Morgan 2015)), la faible diversité de types de lieux géocodés, et la représentativité limitée de la population utilisant les réseaux sociaux comparé à la population générale.

La congruence spatiale¹ entre ces différents outils de mesure a été examinée et comparée aux données GPS, généralement utilisées comme mesure de référence. Les indicateurs GPS et le *Life Space Questionnaires* ont montré un taux de concordance de 58 % (Fillekes *et al.* 2019a). Les journaux d'activité ont démontré une précision raisonnable, permettant de géolocaliser plus de 77 % des visites de fast-foods et de supermarchés enregistrées *via* GPS (Scully *et al.* 2017). Enfin, les questionnaires d'activité géolocalisés ont montré des taux de concordance relativement élevés avec les données GPS, bien que variables selon les études et des méthodes de comparaison utilisées (Hinrichs *et al.* 2020 ; Kestens *et al.* 2018 ; Shareck *et al.* 2013 ; Zenk *et al.* 2019).

En moyenne, 73 % à 75 % des lieux d'activités géolocalisés *via* les questionnaires sont situés dans un rayon de 100 à 400 mètres d'un lieu d'activité enregistré *via* GPS (Shareck, Kestens et Gauvin 2013 ; Zenk *et al.* 2019). Inversement, dans une étude comparant les données GPS aux données collectées *via* le questionnaire d'activités quotidiennes géolocalisées VERITAS, plus de la moitié de la population d'étude passerait 86 % du temps de suivi GPS à moins de 500 mètres des lieux d'activités géolocalisés *via* le questionnaire (Kestens *et al.* 2018). La congruence spatiale élevée entre les questionnaires d'activités localisées et les GPS indique que ces questionnaires fournissent des représentations valides des lieux visités régulièrement, bien qu'ils ne permettent pas de représenter toute l'étendue spatiale des mobilités quotidiennes individuelles et leurs variabilités en fonction des différents jours d'enquête (c'est-à-dire, jour de semaine *versus* week-end) (Kestens *et al.* 2018) et de la durée de période de collecte de donnée.

¹ Se définit ici comme l'accord ou la superposition dans l'espace des différentes représentations de l'espace d'activité selon les méthodes employées pour collecter les données de mobilités quotidiennes individuelles.

2.2.2. Géométrie des espaces d'activités et santé

Ces différentes représentations ont permis de qualifier et de quantifier les mobilités individuelles. Différentes dimensions liées à la géométrie de l'espace d'activité ont été identifiées et incluent la taille (c'est-à-dire, l'étendue spatiale), le centrage sur le quartier de résidence, le volume d'activités, la spécialisation des activités, l'élongation de l'espace d'activité, et sa centralité (Perchoux *et al.* 2014 ; Fillekes *et al.* 2019b ; Hasanzadeh *et al.* 2019).

La géométrie de l'espace d'activité a été examinée comme prédicteur de comportements de santé et d'états de santé. Un espace d'activité de taille limitée, centré sur le quartier de résidence et constitué d'un fort volume d'activité favoriserait le transport actif (Harding 2013 ; Perchoux *et al.* 2014). Un espace d'activité de taille limitée, centré sur le quartier de résidence limite aussi la fréquence de recours aux soins, notamment pour les habitants qui résident dans des espaces où la densité de médecins est faible (Vallée *et al.* 2010 ; Vallée et Chauvin 2012). Un espace d'activité de petite taille serait un facteur protecteur contre la dépression chez les individus résidant dans un quartier socio-économiquement favorisé ; inversement, il constituerait un facteur de risque de dépression plus important chez les individus résidant dans des quartiers défavorisés (Vallée *et al.* 2011). La taille de l'espace d'activité est corrélée à la santé perçue (Hasanzadeh *et al.* 2017). Cependant, la taille et la forme de l'espace d'activité n'ont montré aucune association avec la qualité du régime alimentaire, le stress perçu, l'obésité et le diabète (Drewnowski *et al.* 2019).

2.2.3. Mesure de l'exposition environnementale en fonction des différentes représentations de l'espace d'activité

Au-delà de leurs géométries, les représentations spatiales et temporelles des espaces d'activités sont utilisées pour mesurer les expositions environnementales liées aux mobilités quotidiennes. La revue de littérature systématique de Smith *et al.* (2019) sur l'utilisation des espaces d'activités dans l'étude de l'activité physique, en fournit un aperçu détaillé (Smith *et al.* 2019).

2.2.3.1. Représentations spatiales de l'espace d'activité

Les représentations les plus couramment utilisées incluent (Smith *et al.* 2019):

- des zones tampons de taille variables autour des lieux d'activité et des traces GPS (figures 2.2a, 2.2d) ;
- des ellipses de déviation standard dont l'orientation et la compacité sont fonction de la distribution spatiale des lieux d'activité et des traces GPS (figures 2.2b, 2.2e) ;

– des enveloppes convexes représentant le plus petit polygone permettant d’englober un ensemble de points (figures 2.2c, 2.2f).

Ces représentations spatiales conditionnent la manière dont sont mesurées les expositions environnementales (Perchoux *et al.* 2019). Par exemple, les zones tampons autour des lieux d’activités visités ou des traces GPS tiennent uniquement compte des lieux visités, alors que les enveloppes convexes ou les ellipses de déviation standard englobent à la fois des lieux visités, et des zones accessibles, bien que non-nécessairement visitées. Différentes représentations de l’espace d’activité sont susceptibles de donner des résultats différents concernant les associations entre l’environnement et la santé (Laatikainen *et al.* 2018).

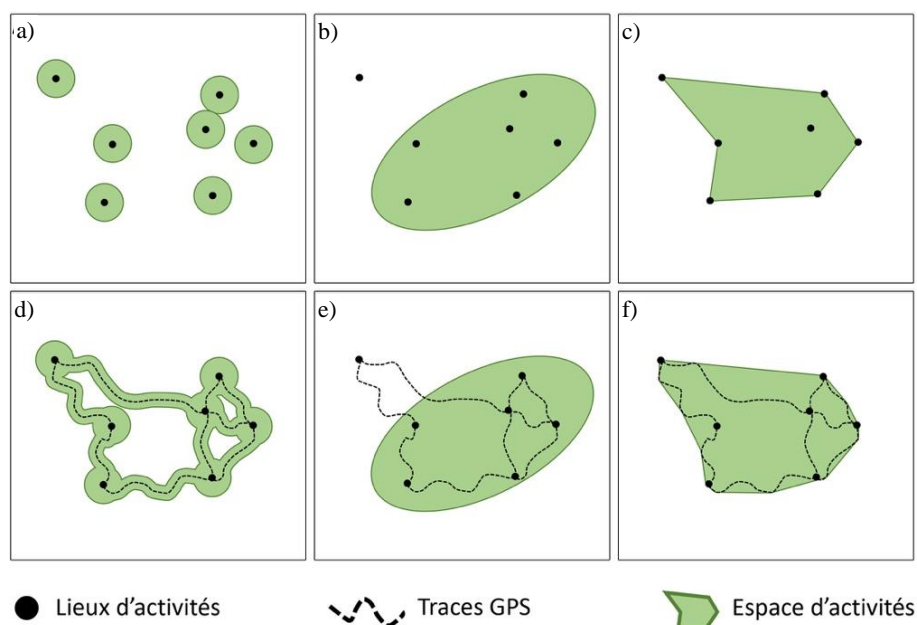


Figure 2.2. Représentations spatiales de l'espace d'activité
(source : reproduit et adapté (Smith *et al.* 2019))

2.2.3.2. Représentations temporelles de l'espace d'activité

La fréquence de visite, la durée d’exposition à certains lieux d’activité, ou encore le temps de déplacement, sont rarement pris en considération dans la modélisation de l’espace d’activité. Or une représentation précise de la dimension temporelle de l’espace d’activité permettrait de pondérer l’exposition environnementale en fonction du temps passé en chaque lieu.

Parmi les modélisations les plus simples, on compte l'utilisation de zones tampons autour des lieux visités, dont la taille varie en fonction de la fréquence de visite : des zones tampons plus grandes sont appliquées autour des lieux plus fréquemment visités (par exemple, résidence, lieux de travail), où les individus sont susceptibles de passer plus de temps et d'avoir davantage de contacts avec les environnements alentour (Perchoux *et al.* 2015, 2016 ; Li *et al.* 2018). D'autres modélisations plus complexes prennent en compte le temps passé au lieu d'activité ou le long de la route en fonction de la vitesse de déplacement et du mode de transport pour pondérer l'exposition environnementale (Jankowska *et al.* 2015 ; Wang *et al.* 2018 ; Scully *et al.* 2019 ; Jankowska *et al.* 2021). Au-delà de permettre une mesure plus individualisée de l'exposition environnementale, la prise en compte de la dimension temporelle de l'espace d'activité interroge les mécanismes d'influence de l'environnement sur la santé (Perchoux *et al.* 2019). Par exemple, existe-t-il une relation dose-réponse entre la durée de l'exposition environnementale et son effet sur la santé ? Peut-on observer un effet seuil à partir duquel une certaine fréquence ou durée d'exposition à un effet accru sur la santé (Jankowska *et al.* 2015) ?

2.3. Vers une estimation plus précise des relations entre l'environnement et la santé

Grâce au développement récent de nouvelles technologies permettant de quantifier les mobilités individuelles, le nombre d'études épidémiologiques se référant au concept d'espace d'activité pour mesurer l'exposition environnementale relative aux mobilités quotidiennes a augmenté de manière exponentielle au cours de cette dernière décennie. Il est intéressant de constater que ses champs d'application sont aussi nombreux que variés, incluant l'étude des comportements de santé tels que :

- l'activité physique récréative ou liée au transport (Perchoux *et al.* 2015, 2019 ; Smith *et al.* 2019) ;
- la consommation de tabac (Shareck *et al.* 2016, 2020 ; Kowitt et Lipperman-Kreda 2020 ; Lipperman-Kreda *et al.* 2020), d'alcool et autres substances (Byrnes *et al.* 2015 ; Mason *et al.* 2015 ; Freisthler *et al.* 2019) ;
- les comportements alimentaires (Zenk *et al.* 2011 ; Gustafson *et al.* 2013 ; Widener *et al.* 2018 ; Drewnowski *et al.* 2019 ; Li et Kim 2020 ; Liu *et al.* 2020 ; Raskind *et al.* 2020) ;
- et le recours aux soins (Sherman *et al.* 2005 ; Vallée *et al.* 2010 ; Traoré *et al.* 2020).

De nombreuses études ont également examiné comment les expositions environnementales résultantes des mobilités quotidiennes contribuent à définir des profils de santé cardio-métabolique (Kestens *et al.* 2012 ; Lebel *et al.* 2012 ; Colabianchi *et al.* 2014 ; Kimbro *et al.* 2017 ; Tamura *et al.* 2017, 2018 ; Drewnowski *et al.* 2019 ; Raskind *et al.* 2020 ; Sharp et Kimbro 2021), de santé mentale (Vallée *et al.* 2011 ; Mennis *et al.* 2018 ; Zhang *et al.* 2018 ; Letellier *et al.* 2019 ; Sturge *et al.* 2020), de santé perçue (Inagami *et al.* 2007 ; Sharp *et al.* 2015) et certaines maladies infectieuses (Worrell *et al.* 2017). La somme de ces études empiriques constitue un réservoir de preuves scientifiques sur l'apport de la prise en compte des mobilités quotidiennes dans :

- la mesure des expositions environnementales ;
- l'estimation des effets de l'environnement sur la santé.

2.3.1. Quantification des erreurs de mesure des expositions environnementales

Puisque les mobilités quotidiennes participent à la caractérisation de l'environnement géographique de vie, la mesure des expositions environnementales au sein du seul quartier de résidence conduit à une mesure biaisée des expositions environnementales. La comparaison des mesures d'expositions environnementales au sein du quartier de résidence et au sein de l'espace d'activité permet de quantifier l'importance de cette erreur de mesure.

Les attributs de l'environnement bâti (par exemple, destinations utilitaires, infrastructures de transport, trafic routier) résidentiel et non-résidentiel seraient significativement différents dans plus de 90 % des cas (Hurvitz et Moudon 2012). Les paysages alimentaires, en termes d'accessibilité spatiale aux supermarchés (Christian 2012 ; Hurvitz et Moudon 2012), fast-foods (Kestens *et al.* 2010) et magasins d'alimentation dits « sains » (Li et Kim 2020) sont significativement différents au sein du quartier de résidence et de l'espace d'activité, et exhibent des gradients sociaux plus prononcés dans l'espace d'activité (Kestens *et al.* 2010 ; Li et Kim 2020) (voir chapitre 3). Les environnements favorisant l'activité physique et la marche ne font pas exception (Tribby *et al.* 2015 ; Perchoux *et al.* 2016). Une comparaison de mesures de « marchabilités » entre les quartiers résidentiels et les espaces d'activités non-résidentiels exhibe des expositions similaires en termes de densité urbaine dans uniquement 21 % des cas, 32 % en termes d'accès pédestres, 35 % concernant la sécurité routière, 45 % en termes d'aménités et 46 % en termes de criminalité (Tribby *et al.* 2015). Enfin, les expositions au bruit et à la pollution sont également sujettes à des erreurs de mesure (Duncan *et al.* 2017 ; Ma *et al.* 2020 ; Kim et Kwan 2021).

Au-delà d'illustrer l'influence directe de la définition spatiale de la zone d'exposition sur l'estimation des expositions environnementales, ces différences d'exposition moyenne à des ressources environnementales entre le quartier de résidence et l'espace d'activité non-résidentiel relèvent de trois types de situations (Kim et Kwan 2021) :

– situation 1 : l'exposition moyenne à ces ressources environnementales est plus forte dans le quartier de résidence, signifiant que lors de ses déplacements en dehors du quartier, un individu visite des quartiers dont les niveaux d'exposition sont plus faibles ;

– situation 2 : l'exposition moyenne à ces ressources environnementales est plus faible dans le quartier de résidence, signifiant que l'individu accède au cours de ses déplacements en dehors du quartier à des espaces dont les niveaux d'exposition sont plus élevés ;

– la situation 3 relève d'individus ayant des niveaux d'expositions à ces ressources environnementales similaires dans leur quartier de résidence et lors de leurs déplacements en dehors du quartier.

Selon Kim et Kwan (2021), les deux premières situations conduisent à faire converger les niveaux d'exposition individuels vers la moyenne lorsque les mobilités individuelles en dehors du quartier sont prises en compte. L'utilisation de mesures d'expositions uniquement centrées sur le quartier de résidence tendrait à surestimer la significativité statistique et la taille des effets de quartier sur la santé (Kim et Kwan 2021). Cette erreur méthodologique est liée à la fois à l'estimation erronée des expositions individuelles et au calcul de la moyenne des effets de quartier (Kwan 2018).

2.3.2. Estimation des relations entre les expositions environnementales au sein de l'espace d'activité et la santé

En tenant compte des interactions entre les individus et les lieux à des échelles spatiales et temporelles plus raffinées, les espaces d'activités permettent de fournir de nouvelles informations sur les effets de l'environnement sur la santé. Par exemple, la prise en compte des expositions non-résidentielles augmente la magnitude des associations entre le niveau socio-économique des quartiers et la santé perçue, comparée à une approche centrée sur le quartier de résidence (Inagami *et al.* 2007). Autre exemple : alors que le tabagisme des jeunes adultes montréalais n'est pas associé à la présence de bureaux de tabac à proximité de leurs lieux de résidence, la prévalence de tabagisme observée parmi les jeunes adultes dont les lieux d'activités

sont plus proches des bureaux de tabac s'avère de 36 % à 42 % plus élevée que parmi ceux menant leurs activités quotidiennes loin de points de vente (Shareck *et al.* 2016). Concernant l'activité physique, la marchabilité est positivement associée à la pratique du transport actif, mais la magnitude des associations varie selon que les caractéristiques du quartier de résidence ou de l'espace d'activité sont considérées, la marchabilité au sein de l'espace d'activité présentant des associations plus fortes avec le transport actif que la marchabilité au sein du quartier de résidence (Howell *et al.* 2017). Des résultats similaires ont été observés sur les relations entre la mixité de l'occupation du sol et les déplacements motorisés : la part de la variance expliquée *via* l'exposition au sein de l'espace d'activité est supérieure à celle du quartier de résidence (Li *et al.* 2018).

D'un point de vue analytique, la prise en compte de chacun des lieux composant l'espace d'activité, et des expositions aux ressources environnementales qui y sont associées, n'augmente pas forcément de manière égale la part de la variance expliquée de la variable de santé d'intérêt. Une étude sur la marche récréative a examiné la contribution des conditions environnementales dans différentes portions de l'espace d'activité selon les types de lieux visités (lieu de travail, services, destinations récréatives et destinations sociales) (Perchoux *et al.* 2015). La prise en compte des conditions environnementales autour des lieux récréatifs en plus du lieu de résidence a permis d'augmenter la prédiction de la marche récréative, alors que la prise en compte d'autres lieux visités (par exemple, supermarché, lieux de travail, etc.) n'a pas amélioré les performances du modèle.

En d'autres termes, la promotion d'un environnement propice à la marche autour de lieux récréatifs (c'est-à-dire, loisirs, sport) pourrait entraîner une augmentation significative de la marche récréative et avoir une influence bénéfique plus importante qu'un environnement propice à la marche autour d'autres lieux d'activités tels que les supermarchés ou le lieu de travail (Perchoux *et al.* 2015). D'autres études, notamment sur les relations entre le paysage alimentaire et l'indice de masse corporel, ont montré que la prise en compte de tout ou certaines parties de l'espace d'activité non-résidentiel n'améliorait pas systématiquement les performances du modèle de prédiction (Tamura *et al.* 2018 ; Dornelles 2019).

2.4. De l'importance du « biais de mobilité quotidienne sélective » ou l'impact des préférences individuelles lors des mobilités quotidiennes

La prise en compte des mobilités quotidiennes dans les mesures d'expositions environnementales n'est cependant pas nécessairement synonyme d'une meilleure estimation des relations de causalité entre les caractéristiques des environnements géographiques de vie et la santé (Chaix *et al.* 2013 ; Perchoux *et al.* 2019). En effet, à

l'instar du « biais de sélection résidentielle » (Boone-Heinonen *et al.* 2011) dont l'effet de confusion résulte de l'impact de facteurs non-mesurés lié à la sélection des quartiers de résidence (voir encadré 2.1), les études sur les liens entre l'environnement, les mobilités quotidiennes et la santé sont susceptibles d'être affectées par le « biais de mobilité quotidienne sélective » (Chaix *et al.* 2012, 2013).

Le biais de mobilité résidentielle renvoie au phénomène d'auto-sélection du lieu de résidence en fonction de préférences individuelles impactant simultanément l'exposition et le comportement d'intérêt, par exemple le comportement de santé (Diez Roux 2004). En effet, certains individus choisissent d'emménager dans certains quartiers justement dans l'idée de bénéficier des ressources disponibles (par exemple, espaces verts) et de faciliter ainsi la réalisation de certains comportements auxquels ils accordent de l'intérêt (par exemple, la pratique quotidienne de course à pied). Prenant l'exemple de la pratique de la course à pied, celle-ci résulterait alors à la fois de l'effet de l'exposition résidentielle aux espaces verts, et de l'effet de l'intérêt porté à la pratique de la course à pied (Boone-Heinonen *et al.* 2011).

La sélection résidentielle peut donc constituer une importante source de biais dans les études étudiant l'effet des caractéristiques du quartier de résidence sur la santé, et *a fortiori* sur des comportements de santé. Pour minimiser l'impact de ce biais, différentes approches méthodologiques ont été développées, et référencées dans la publication de Boone-Heinonen *et al.* (2011). Parmi ces méthodes on compte l'utilisation de design d'étude longitudinaux, l'ajustement statistique sur les attitudes et les préférences individuelles, l'ajustement sur des prédicteurs observés de la sélection du lieu de résidence, et l'utilisation de variables instrumentales. Pour plus de détails sur ces différentes méthodes, se référer à (Boone-Heinonen *et al.* 2011).

Encadré 2.1. *Le biais de sélection résidentielle*

2.4.1. Biais de mobilité quotidienne sélective : définition

En termes de causalité, une des difficultés majeures des études prenant en compte les mobilités quotidiennes vient du fait que les déplacements observés, les lieux d'activité visités et les expositions environnementales associées, sont le résultat de processus de décisions individuels s'appuyant sur les préférences et les valeurs, ainsi que sur les caractéristiques environnementales (Perchoux *et al.* 2019). Le « biais de mobilité quotidienne sélective » découle du fait que les mesures d'accessibilités spatiales aux ressources environnementales sont calculées depuis des lieux d'activités

visités dans l'intention de réaliser un comportement d'intérêt, et sont utilisées comme prédicteur de ce même comportement d'intérêt (Chaix *et al.* 2012, 2013).

Par exemple, une étude sur les relations entre l'accessibilité spatiale à des équipements sportifs et la pratique de sport serait susceptible de voir ses résultats biaisés si les niveaux d'accessibilités aux équipements sportifs étaient mesurés depuis des équipements sportifs visités pour des raisons de préférences individuelles, et non pour des raisons d'accessibilité spatiale (Shrestha *et al.* 2019). Ainsi, les préférences individuelles (par exemple volonté de pratiquer un certain sport dans un certain environnement) seraient elles-mêmes la cause de la visite au lieu de sport – et ce ne serait pas l'accessibilité spatiale aux équipements sportifs en elle-même qui en serait la cause.

2.4.2. Impact du biais de mobilité quotidienne sélective

Dans les études examinant l'impact de l'environnement sur la santé, le biais de mobilité quotidienne sélective pourrait constituer une source de confusion plus importante que le biais de sélection résidentielle (Chaix *et al.* 2013). En effet, si des préférences en termes de mode de transport, de nutrition et d'activité physique peuvent influencer le choix de localisation résidentielle, ces mêmes préférences pourraient avoir un effet au moins aussi fort sur les décisions quotidiennes de visiter certains magasins d'alimentation, d'utiliser certaines infrastructures de transport ou encore certains équipements sportifs (Chaix *et al.* 2013). Cependant, à ce jour et à notre connaissance, aucune étude n'a empiriquement comparé la force de ces deux biais. Le biais de mobilité quotidienne sélective pourrait également être plus fort dans les études portant sur les comportements de santé tels que l'activité physique, les modes de transports ou l'alimentation. En effet, ces comportements font appel à des processus décisionnels plus ou moins conscients influencés par les préférences individuelles et s'appuyant sur des infrastructures urbaines physiques (par exemple, magasin d'alimentation, station de transport public, salle de sport). Néanmoins, ce biais peut également être présent dans des études qui analysent des expositions environnementales plus passives telles que le bruit ou la pollution (Chaix *et al.* 2012).

2.4.3. Méthodes d'évaluation et de quantification du biais de mobilité quotidienne sélective

À ce jour, le déploiement de méthodes empiriques pour évaluer et quantifier la force du biais de mobilité sélective reste très limité. Une revue de littérature exploratoire sur le biais de mobilité sélective a comptabilisé quatorze publications et deux thèses de doctorat dans lesquelles ce biais était discuté, dont uniquement trois

études ayant développé des méthodes empiriques pour l'endiguer (Plue *et al.* 2020). Une autre revue de littérature systématique de l'utilisation du concept d'espace d'activité dans l'étude de l'activité physique a compté neuf études parmi les quarante-sept retenues à faire état d'un potentiel biais de mobilité sélective dont deux l'ayant empiriquement limité (Smith *et al.* 2019).

Les méthodes proposées pour limiter le biais de mobilité quotidienne sélective ont été théorisées dans les écrits de (Chaix *et al.* 2012, 2013 ; Thierry *et al.* 2013), et sont référencées dans les écrits de (Plue *et al.* 2020). Parmi elles, une des approches les plus utilisées consiste à filtrer les mesures d'accessibilité spatiale aux ressources environnementales en excluant les lieux d'activité visités spécifiquement pour effectuer un comportement d'intérêt (Perchoux *et al.* 2015 ; Li *et al.* 2018 ; Scully *et al.* 2019 ; Shrestha *et al.* 2019) ou en retenant uniquement les lieux d'activités majeurs (par exemple, résidence, lieux de travail, etc.) pour mesurer l'accessibilité spatiale à des ressources environnementales (Perchoux *et al.* 2016 ; Howell *et al.* 2017).

L'utilisation d'un espace d'activité dit « tronqué » dont uniquement les lieux visités sans rapport direct avec l'exposition d'intérêt sont conservés permettrait théoriquement de réduire le biais de mobilité quotidienne sélective (Perchoux *et al.* 2016 ; Howell *et al.* 2017 ; Shrestha *et al.* 2019). Une étude sur les déterminants environnementaux de la marche récréative mobilisant des données de mobilité collectées *via* un questionnaire cartographique a filtré les mesures d'accessibilité environnementales en excluant les lieux que les participants ont déclaré visiter afin de promener leur chien, faire de la marche nordique ou de la marche rapide (Perchoux *et al.* 2015). Une autre étude sur l'exposition aux paysages alimentaires et les visites de restaurants fast-foods a utilisé des carnets de bord pour identifier les visites de fast-food, et les retirer manuellement des données GPS et des mesures d'exposition aux fast-foods subséquentes (Scully *et al.* 2019).

Quelques études ont comparé l'accessibilité spatiale à des ressources environnementales dans un espace d'activité « tronqué » et un espace d'activité « entier » (c'est-à-dire, non tronqué) incluant l'ensemble des lieux visités (Perchoux *et al.* 2016 ; Li *et al.* 2018 ; Shrestha *et al.* 2019). De manière consistante, ces études ont montré que les mesures d'accessibilité spatiale aux espaces verts et autres aménités (Perchoux *et al.* 2016) ou aux équipements sportifs (Shrestha *et al.* 2019) diffèrent entre ces deux modélisations de l'espace d'activité, présentant systématiquement des niveaux plus élevés d'accessibilité au sein de l'espace d'activité entier. L'exposition aux ressources environnementales varie davantage en fonction de gradients sociaux (par exemple, revenus du ménage) au sein de l'espace d'activité entier que de l'espace d'activité tronqué (Perchoux *et al.* 2016).

Allant plus loin dans la quantification du biais de mobilité quotidienne sélective, Shrestha *et al.* (2019) ont comparé la force des associations entre l'accessibilité spatiale aux équipements sportifs mesurée depuis l'espace d'activité tronqué et l'espace d'activité entier, et la pratique de sports. L'association entre l'accessibilité spatiale aux piscines et la probabilité de pratiquer la natation est trois fois plus élevée lorsque mesurée depuis l'espace d'activité entier que depuis l'espace d'activité tronqué. L'utilisation de mesures d'accessibilité spatiale calculées depuis l'espace d'activité entier conduirait donc à une estimation significativement différente de la force de l'association entre les ressources environnementales et les comportements de santé. Si davantage d'études sont nécessaires pour conclure sur la magnitude du biais de mobilité sélective, il semblerait, à l'instar du biais de mobilité résidentielle, conduire à une surestimation des effets de l'environnement sur les comportements de santé d'intérêt. La correction des mesures d'accessibilité spatiale *via* l'utilisation d'un espace d'activité tronqué constituerait ainsi une stratégie efficace pour limiter le biais de mobilité quotidienne sélective (Shrestha *et al.* 2019).

Une autre méthode de limitation du biais de mobilité quotidienne sélective, basée exclusivement sur l'utilisation de données GPS, consiste à exclure les traces GPS correspondant aux chemins empruntés entre les lieux visités, afin de mesurer les expositions environnementales le long du plus court chemin entre deux lieux (Burgoine *et al.* 2015 ; Chaix *et al.* 2016 ; Klein *et al.* 2021).

L'hypothèse sous-jacente est que les caractéristiques environnementales le long des chemins observés *via* la trace GPS diffèrent des caractéristiques mesurées *via* les plus courts chemins, reflétant ainsi les préférences individuelles en termes d'environnements et d'adéquation entre un environnement et un comportement ou un état de santé.

Burgoine *et al.* (2015) ont évalué l'impact d'utiliser les traces GPS plutôt que les plus courts chemins entre le domicile et l'école d'enfants âgés de 5 à 11 ans, sur l'estimation des associations entre l'environnement et l'indice de masse corporel (IMC). Cependant, aucune association entre l'environnement et l'IMC n'a été observée, ni le long des traces GPS, ni le long des plus courts chemins, ne permettant pas l'identification d'un potentiel biais de mobilité quotidienne sélective dans cette étude.

Dans une autre étude, Klein *et al.* (2021) ont également comparé les caractéristiques environnementales des chemins observés *via* traces GPS et des chemins les plus courts en fonction des modes de transports utilisés (motorisé *versus* marche), chez une population d'adultes résidant au Luxembourg. Les résultats ont montré une différence significative d'exposition aux zones à faibles vitesses de

circulation (par exemple, 30 km/h) et de connectivité du réseau de rues entre les chemins les plus courts et les chemins observés selon le mode transport, indiquant ainsi la présence d'un biais de mobilité sélective. Par ailleurs, une présence plus importante de lieux de services, de connectivité du réseau de rues, d'espaces verts et de zones à faibles vitesses de circulation est associée à une augmentation des pourcentages de détours entre les chemins observés et les chemins les plus courts pour les trajets réalisés à pieds (Klein *et al.* 2021).

Les divergences de résultats entre l'étude de Burgoine *et al.*, d'une part, et les études de Shrestha *et al.* (citées précédemment) et de Klein *et al.*, d'autre part, pourraient être attribuables au fait la « chaîne de causalité » reliant l'accessibilité spatiale à des ressources environnementales le long des chemins empruntés et l'IMC est plus distale que celle liant l'accessibilité spatiale à des équipements sportifs et la pratique d'activités sportives, ou celle reliant les caractéristiques environnementales des chemins empruntés aux modes de transport utilisé (Shrestha *et al.* 2019 ; Klein *et al.* 2021).

Enfin une dernière méthode, plus complexe, consisterait à évaluer si le comportement d'intérêt, observé en un lieu et un temps donné, résulte des opportunités environnementales observées aux lieux visités juste avant ou juste après ledit comportement (Thierry *et al.* 2013 ; Chaix *et al.* 2016). Ainsi, une étude sur les relations entre l'environnement bâti et la marche, mobilisant des données GPS et utilisant comme unité d'analyse la probabilité de marcher sur un trajet, a tenté de réduire le biais de mobilité sélective en prenant en considération les modes de transport utilisés lors du trajet précédent (Chaix *et al.* 2016). En effet, non seulement le mode de transport du trajet précédent aura influencé les caractéristiques environnementales du lieu visité (par exemple, un piéton se déplacera préférentiellement vers une destination dont l'environnement est favorable à la marche) mais également le mode de transport du trajet subséquent (par exemple, le même mode de transport est souvent utilisé pour l'aller et le retour) (Chaix *et al.* 2016).

2.4.4. Biais de mobilité quotidienne sélective : quelle généralisation ?

L'importance théorique du biais de mobilité quotidienne sélective rend incontournable son identification et sa quantification dans les études prenant en compte les mobilités individuelles pour évaluer les effets de l'environnement sur les comportements de santé. Cependant, le faible nombre d'études ayant empiriquement évalué la force de ce biais ne permet pas aujourd'hui de généraliser les résultats observés en termes de force de ce biais (Plue *et al.* 2020).

L'hétérogénéité des méthodes utilisées pour calculer l'accessibilité spatiale aux ressources environnementales et pour filtrer ces expositions en fonction de processus de sélection lié aux préférences individuelles, contribue à diminuer la comparabilité entre les études. De plus, certaines méthodes comme l'utilisation d'espaces d'activités tronqués, ont été discutées au regard de leur approche de filtrage de l'exposition trop drastique qui pourrait conduire à conjointement supprimer la source du biais et perdre de l'information contextuelle permettant d'expliquer les logiques de choix et de comportement individuels (Li *et al.* 2018 ; Plue *et al.* 2020), notamment dans une perspective d'accumulation de l'exposition environnementale.

Des appels à l'utilisation de méthodes plus flexibles prenant en compte simultanément les lieux visités et les trajets empruntés ont été lancés malgré la complexité de ces méthodes (Plue *et al.* 2020). Enfin, les méthodes utilisées pour prendre en compte ce biais peuvent se révéler exigeantes en termes de données à collecter, et nécessitent de multiplier les outils de collecte (par exemple, journaux de bord, journaux d'activités, interviews, évaluation écologique momentanée). En effet, alors que les données GPS nous permettent de répondre aux questions du « où et quand » (Kestens *et al.* 2017) les individus interagissent avec leurs environnements géographiques de vie, elles donnent peu d'informations contextuelles sur le type d'activité effectué, le « quoi » (Perchoux *et al.* 2019) et les processus décisionnels (le « pourquoi ») (Plue *et al.* 2020), incluant les phénomènes de sélection, qui conduisent à adopter un comportement spécifique dans un lieu et un temps donné.

2.5. Conclusion : vers de nouveaux développements méthodologiques

L'analyse croisée des environnements géographiques et de la santé engendre de nombreux défis méthodologiques quant à l'intégration des mobilités quotidiennes. En détaillant ces défis, ce chapitre souligne que l'estimation des associations entre l'environnement et la santé ainsi que l'interprétation causale des résultats sont étroitement liés à la définition et à l'opérationnalisation des mobilités quotidiennes et des environnements géographiques de vie qui en sont dérivés.

En complément des défis méthodologiques précités, de nouvelles approches dites « écologiques » permettent de collecter des informations complémentaires sur les interactions environnement-individus de manière synchrone dans le temps et dans l'espace. Plus précisément, l'évaluation écologique momentanée (EMA), souvent délivrée *via* un questionnaire sur smartphone, consiste à collecter de manière répétée des informations sur le comportement, l'attitude, l'expérience d'un participant, dans son environnement et en temps réel.

Couplées à des GPS, les EMAs deviennent des « évaluations écologiques momentanées géographiquement explicites » (GEMA) et permettent de capturer les

localisations d'individus lors de leurs réponses aux EMAs pour les relier à des données environnementales objectives *via* des Systèmes d'Information Géographique.

Les GEMA ont notamment été utilisées pour collecter des données momentanées sur l'environnement perçu, les expériences subjectives (par exemple, émotions, stress), ou encore les comportements de santé. L'évaluation ambulatoire des expériences subjectives des individus peut également être complétée de divers capteurs permettant de collecter de manière passive et objective des observations environnementales (par exemple, pollution de l'air, pollution sonore, interactions sociales *via* wifi), comportementales (par exemple, accéléromètre) et physiologiques (par exemple, activité électrodermale, rythme cardiaque, température de la peau, glucose, etc.).

Des designs d'étude plus interventionnels ont capitalisé sur les développements récents en termes de réalité virtuelle ou de réalité augmentée pour examiner les interactions environnement-mobilité-santé. Prenant souvent la forme d'expérimentations de préférences déclarées, un nombre restreint bien que croissant de chercheurs a utilisé des environnements virtuels immersifs combinés à des simulateurs de marche ou de vélo pour examiner les préférences environnementales et les émotions associées aux comportements de mobilité dans des environnements contrôlés (Bialkova *et al.* 2018 ; Birenboim *et al.* 2019 ; Lieze *et al.* 2020 ; Birenboim, A. *et al.* 2021). Le potentiel de la réalité virtuelle à reproduire des environnements bâtis complexes et très réalistes tout en contrôlant les *stimuli* et facteurs de confusion extérieurs (par exemple, environnement sonore) confère à ces études une grande validité interne (Birenboim, A. *et al.* 2021).

Alors que ce chapitre tente d'exposer les défis méthodologiques liés à l'analyse croisée de la mobilité et de la santé, il est important de noter que ces méthodes ont ouvert de nouvelles opportunités : mieux comprendre les interactions entre les individus et leurs environnements géographiques de vie, à des échelles spatiales et temporelles raffinées.

2.6. Bibliographie

- Axhausen, K.W. (2008). Social networks, mobility biographies, and travel : Survey challenges. *Environment and Planning B : Planning and Design*, 35(6), 981–996. doi : 10.1068/b3316t.
- Basta, L.A., Richmond, T.S., Wiebe, D.J. (2010). Neighborhoods, daily activities, and measuring health risks experienced in urban environments. *Social Science and Medicine*, 71(11). doi : 10.1016/j.socscimed.2010.09.008.

- Bialkova, S., Ettema, D., Dijst, M. (2018). Urban future : Unlocking Cycling with VR Applications. Dans *2018 IEEE Workshop on Augmented and Virtual Realities for Good, VAR4Good 2018*. doi : 10.1109/VAR4GOOD.2018.8576888.
- Birenboim, A. *et al.* (2019). The utilization of immersive virtual environments for the investigation of environmental preferences. *Landscape and Urban Planning*, 189. doi : 10.1016/j.landurbplan.2019.04.011.
- Birenboim, A. *et al.* (2021). The Study of Walking, Walkability and Wellbeing in Immersive Virtual Environments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 364.
- Boone-Heinonen, J. *et al.* (2011). Environment and physical activity dynamics: The role of residential self-selection. *Psychology of Sport and Exercise*, 12(1), 54–60. doi : 10.1016/j.psychsport.2009.09.003.
- Burgoine, T. *et al.* (2015). Associations between BMI and home, school and route environmental exposures estimated using GPS and GIS : Do we see evidence of selective daily mobility bias in children?. *International Journal of Health Geographics*, 14(1). doi : 10.1186/1476-072X-14-8.
- Byrnes, H.F. *et al.* (2015). Tracking Adolescents with Global Positioning System-Enabled Cell Phones to Study Contextual Exposures and Alcohol and Marijuana Use: A Pilot Study. *Journal of Adolescent Health*, 57(2). doi : 10.1016/j.jadohealth.2015.04.013.
- Carrasco, J.A. *et al.* (2008a). Agency in social activity interactions : The role of social networks in time and space. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 99(5), 562–583. doi : 10.1111/j.1467-9663.2008.00492.x.
- Carrasco, J.A. *et al.* (2008b). Collecting social network data to study social activity-travel behavior: An egocentric approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35(6), 961–980. doi : 10.1068/b3317t.
- Chaix, B. *et al.* (2009). Neighbourhoods in eco-epidemiologic research: Delimiting personal exposure areas. À response to Riva, Gauvin, Apparicio and Brodeur. *Social Science and Medicine*. doi : 10.1016/j.socscimed.2009.07.018.
- Chaix, B. *et al.* (2012). An interactive mapping tool to assess individual mobility patterns in neighborhood studies. *American Journal of Preventive Medicine*, 43(4), 440–450. doi : 10.1016/j.amepre.2012.06.026.
- Chaix, B. *et al.* (2013). GPS tracking in neighborhood and health studies : A step forward for environmental exposure assessment, A step backward for causal inference ?. *Health and Place*, 21, 46–51. doi : 10.1016/j.healthplace.2013.01.003.

- Chaix, B. *et al.* (2016). À GPS-Based Methodology to Analyze Environment-Health Associations at the Trip Level : Case-Crossover Analyses of Built Environments and Walking. *American Journal of Epidemiology*, 184(8), 579–589. doi : 10.1093/aje/kww071.
- Chambers, T. *et al.* (2017). Kids in space : Measuring children's residential neighborhoods and other destinations using activity space GPS and wearable camera data. *Social Science and Medicine*, 193. doi : 10.1016/j.socscimed.2017.09.046.
- Christian, W.J. (2012). Using geospatial technologies to explore activity-based retail food environments. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 3(4). doi : 10.1016/j.sste.2012.09.001.
- Colabianchi, N. *et al.* (2014). Adolescent self-defined neighborhoods and activity spaces : Spatial overlap and relations to physical activity and obesity. *Health and Place*, 27. doi : 10.1016/j.healthplace.2014.01.004.
- Cornwell, E.Y., Cagney, K.A. (2017). Aging in activity space : Results from smartphone-based GPS-tracking of urban seniors. *Journals of Gerontology – Series B Psychological Sciences and Social Sciences*, 72(5). doi : 10.1093/geronb/gbx063.
- Coulton, C.J. *et al.* (2001). Mapping Residents Perceptions of Neighborhood Boundaries: A Methodological Note. *American Journal of Community Psychology*, 29(2). doi : 10.1023/A :1010303419034.
- Cummins, S. (2007). Commentary: Investigating neighbourhood effects on health - Avoiding the “local trap”. *International Journal of Epidemiology*. doi : 10.1093/ije/dym033.
- Diez Roux, A.V. (2001). Investigating neighborhood and area effects on health. *American Journal of Public Health*, 91(11), 1783–1789. doi : 10.2105/AJPH.91.11.1783.
- Diez Roux, A.V. (2004). Estimating neighborhood health effects: The challenges of causal inference in a complex world. *Social Science and Medicine*. doi : 10.1016/S0277-9536 (03)00414-3.
- Dornelles, A. (2019). Impact of multiple food environments on body mass index. *PLoS ONE*, 14(8). doi : 10.1371/journal.pone.0219365.
- Drewnowski, A. *et al.* (2019). Activity space metrics not associated with sociodemographic variables, diet or health outcomes in the Seattle Obesity Study II. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 30. doi : 10.1016/j.sste.2019.100289.

- Dubreuil, A. *et al.* (2020). L'évolution des espaces d'activité lors de la transition vers l'âge adulte (Montréal, Canada). *Revue Jeunes et Société*, 5(1). doi : 10.7202/1070526ar.
- Duncan, D.T. *et al.* (2017). Quantifying spatial misclassification in exposure to noise complaints among low-income housing residents across New York City neighborhoods: a Global Positioning System (GPS) study. *Annals of Epidemiology*, 27(1). doi : 10.1016/j.annepidem.2016.09.017.
- Fillekes, M.P. *et al.* (2019a). Self-reported versus GPS-derived indicators of daily mobility in a sample of healthy older adults. *Social Science and Medicine*, 220. doi : 10.1016/j.socscimed.2018.11.010.
- Fillekes, M.P. *et al.* (2019b). Towards a comprehensive set of GPS-based indicators reflecting the multidimensional nature of daily mobility for applications in health and aging research. *International journal of health geographics*, 18(1). doi : 10.1186/s12942-019-0181-0.
- Flamn, M.F., Kaufmann, V. (2006). The concept of personal network of usual places as a tool for analysing human activity spaces: a quantitative exploration. *Conference Paper STRC*. doi : 10.1108/02580540410567256.
- Freisthler, B. *et al.* (2019). Activity spaces : assessing differences in alcohol exposures and alcohol use for parents. *GeoJournal*. doi : 10.1007/s10708-019-10059-5.
- Friedmann, F. *et al.* (2020). Life within a limited radius: Investigating activity space in women with a history of child abuse using global positioning system tracking. *PLoS ONE*, 15(5). doi : 10.1371/journal.pone.0232666.
- Golledge, R.D., Stimson, R.J. (1997). *Spatial behavior: A geographic perspective*. The Guilford Press, New York.
- Gustafson, A. *et al.* (2013). Food venue choice, consumer food environment, but not food venue availability within daily travel patterns are associated with dietary intake among adults, Lexington Kentucky 2011. *Nutrition Journal*, 12(1). doi : 10.1186/1475-2891-12-17.
- Hägerstrand, T. (1970). WHAT ABOUT PEOPLE IN REGIONAL SCIENCE?. *Papers in Regional Science*, 24(1), 7–24. doi : 10.1111/j.1435-5597.1970.tb01464.x.
- Harding, C. (2013). Activity space geometry and its effect on mode choice. Dans *92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board*.

- Hasanzadeh, K., Broberg, A., Kytta, M. (2017). Where is my neighborhood? A dynamic individual-based definition of home ranges and implementation of multiple evaluation criteria. *Applied Geography*, 84. doi : 10.1016/j.apgeog.2017.04.006.
- Hasanzadeh, K. *et al.* (2019). Beyond geometries of activity spaces : A holistic study of daily travel patterns, individual characteristics, and perceived wellbeing in helsinki metropolitan area. *Journal of Transport and Land Use*. doi : 10.5198/jtlu.2019.1148.
- Hinrichs, T. *et al.* (2020). Map-based assessment of older adults' life space: validity and reliability. *European Review of Aging and Physical Activity*, 17(1). doi : 10.1186/s11556-020-00253-7.
- Howell, N.A. *et al.* (2017). Residential or activity space walkability : What drives transportation physical activity?. *Journal of Transport and Health*. doi : 10.1016/j.jth.2017.08.011.
- Hu, L., Li, Z., Ye, X. (2020). Delineating and modeling activity space using geotagged social media data. *Cartography and Geographic Information Science*, 47(3). doi : 10.1080/15230406.2019.1705187.
- Hunter, M.C.R., Gillespie, B.W., Chen, S.Y.P. (2019). Urban nature experiences reduce stress in the context of daily life based on salivary biomarkers. *Frontiers in Psychology*, 10. doi : 10.3389/fpsyg.2019.00722.
- Hurvitz, P.M., Moudon, A.V. (2012). Home versus nonhome neighborhood : Quantifying differences in exposure to the built environment. *American Journal of Preventive Medicine*. doi : 10.1016/j.amepre.2011.11.015.
- Inagami, S., Cohen, D.A., Finch, B.K. (2007). Non-residential neighborhood exposures suppress neighborhood effects on self-rated health. *Social Science and Medicine*, 65(8). doi : 10.1016/j.socscimed.2007.05.051.
- Jakle, J.A. (1976). *Human spatial behavior : A social geography*. Duxbury Press, North Scituate.
- Jankowska, M.M., Schipperijn, J., Kerr, J. (2015). A framework for using GPS data in physical activity and sedentary behavior studies. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. doi : 10.1249/JES.0000000000000035.
- Jankowska, M.M. *et al.* (2021). Accounting for space, time, and behavior using GPS derived dynamic measures of environmental exposure. *Health and Place*. doi : 10.1016/j.healthplace.2021.102706.
- Kestens, Y. *et al.* (2010). Using experienced activity spaces to measure foodscape exposure. *Health and Place*, 16(6), 1094–1103. doi : 10.1016/j.healthplace.2010.06.016.

- Kestens, Y. *et al.* (2012). Association between activity space exposure to food establishments and individual risk of overweight. *PLoS ONE*, 7(8). doi : 10.1371/journal.pone.0041418.
- Kestens, Y. *et al.* (2016). Understanding the role of contrasting urban contexts in healthy aging : an international cohort study using wearable sensor devices (the CURHA study protocol). *BMC Geriatrics*, 16(1), 96. doi : 10.1186/s12877-016-0273-7.
- Kestens, Y. *et al.* (2017). Contextualizing Context : Reconciling Environmental Exposures, Social Networks, and Location Preferences in Health Research. *Current Environmental Health Reports*, 4(1), 51–60. doi :10.1007/s40572-017-0121-8.
- Kestens, Y. *et al.* (2018). Integrating activity spaces in health research : Comparing the VERITAS activity space questionnaire with 7-day GPS tracking and prompted recall. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 25, 1–9. doi :10.1016/j.sste.2017.12.003.
- Kim, J., Kwan, M.P. (2021). How Neighborhood Effect Averaging Might Affect Assessment of Individual Exposures to Air Pollution: A Study of Ozone Exposures in Los Angeles. *Annals of the American Association of Geographers*, 111(1). doi : 10.1080/24694452.2020.1756208.
- Kimbro, R.T., Sharp, G., Denney, J.T. (2017). Home and away: Area socioeconomic disadvantage and obesity risk. *Health and Place*, 44. doi : 10.1016/j.healthplace.2017.02.001.
- Klein, S. *et al.* (2021). What triggers selective daily mobility among older adults? À study comparing trip and environmental characteristics between observed path and shortest path. *Health & Place*, 102730. doi : 10.1016/j.healthplace.2021.102730.
- Kowitz, S.D., Lipperman-Kreda, S. (2020). How Is Exposure to Tobacco Outlets within Activity Spaces Associated with Daily Tobacco Use among Youth? À Mediation Analysis. *Nicotine and Tobacco Research*, 22(6). doi : 10.1093/ntr/ntz088.
- Kwan, M.P. (2012). The Uncertain Geographic Context Problem. *Annals of the Association of American Geographers*, 102(5). doi : 10.1080/00045608.2012.687349.
- Kwan, M.P. (2018). The neighborhood effect averaging problem (NEAP) : An elusive confounder of the neighborhood effect. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(9). doi : 10.3390/ijerph15091841.

- Laatikainen, T.E., Hasanzadeh, K., Kyttä, M. (2018). Capturing exposure in environmental health research : Challenges and opportunities of different activity space models. *International Journal of Health Geographics*. doi : 10.1186/s12942-018-0149-5.
- Leal, C., Chaix, B. (2011). The influence of geographic life environments on cardiometabolic risk factors: A systematic review, a methodological assessment and a research agenda. *Obesity Reviews*, 12(3), 217–230. doi : 10.1111/j.1467-789X.2010.00726.x.
- Lebel, A. *et al.* (2012). Local context influence, activity space, and foodscape exposure in two Canadian metropolitan settings: Is daily mobility exposure associated with overweight?. *Journal of Obesity*. doi : 10.1155/2012/912645.
- Lee, J.H. *et al.* (2016). Activity space estimation with longitudinal observations of social media data. *Transportation*, 43(6). doi : 10.1007/s11116-016-9719-1.
- Letellier, N. *et al.* (2019). Influence of activity space on the association between neighborhood characteristics and dementia risk: results from the 3-City study cohort. *BMC Geriatrics*, 19 (1). doi :10.1186/s12877-018-1017-7.
- Lewin, K. (1936). À DYNAMIC THEORY OF PERSONALITY. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 85(5), 612–613. doi : 10.1097/00005053-193611000-00051.
- Li, J., Kim, C. (2020). Exploring relationships of grocery shopping patterns and healthy food accessibility in residential neighborhoods and activity space. *Applied Geography*, 116. doi : 10.1016/j.apgeog.2020.102169.
- Li, J., Kim, C., Sang, S. (2018). Exploring impacts of land use characteristics in residential neighborhood and activity space on non-work travel behaviors. *Journal of Transport Geography*, 70. doi : 10.1016/j.jtrangeo.2018.06.001.
- Lieze, M. *et al.* (2020). Using virtual reality to investigate physical environmental factors related to cycling in older adults: A comparison between two methodologies. *Journal of Transport and Health*, 19. doi : 10.1016/j.jth.2020.100921.
- Lipperman-Kreda, S. *et al.* (2020). Youth daily exposure to tobacco outlets and cigarette smoking behaviors : does exposure within activity space matter?. *Addiction*, 115(9). doi : 10.1111/add.15001.
- Liu, B. *et al.* (2020). Association between time-weighted activity space-based exposures to fast food outlets and fast food consumption among young adults in urban Canada. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. doi : 10.1186/s12966-020-00967-y.

- Ma, X. *et al.* (2020). Who could not avoid exposure to high levels of residence-based pollution by daily mobility? Evidence of air pollution exposure from the perspective of the neighborhood effect averaging problem (neap). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4). doi : 10.3390/ijerph17041223.
- Mackett, R.L. (2003). Why do people use their cars for short trips?. *Transportation*, 30(3), 329–349. doi : 10.1023/A :1023987812020.
- Mason, M. *et al.* (2015). ‘Young adolescents’ perceived activity space risk, peer networks, and substance use. *Health and Place*, 34. doi : 10.1016/j.healthplace.2015.04.005.
- Matthews, S.A. (2011). Spatial Polygamy and the Heterogeneity of Place: Studying People and Place via Egocentric Methods. *Communities, Neighborhoods, and Health*. doi : 10.1007/978-1-4419-7482-2_3.
- Matthews, S.A., Yang, T.C. (2013). Spatial Polygamy and Contextual Exposures (SPACEs): Promoting Activity Space Approaches in Research on Place And Health. *American Behavioral Scientist*, 57(8). doi : 10.1177/0002764213487345.
- McBride, E.C., Davis, A.W., Goulias, K.G. (2019). Fragmentation in Daily Schedule of Activities using Activity Sequences. *Transportation Research Record*. doi : 10.1177/0361198119837501.
- Meegan, R., Mitchell, A. (2001). “It’s not community round here, it’s neighbourhood”: Neighbourhood change and cohesion in urban regeneration policies. *Urban Studies*, 38(12). doi : 10.1080/00420980120087117.
- Mennis, J., Mason, M., Ambrus, A. (2018). Urban greenspace is associated with reduced psychological stress among adolescents: A Geographic Ecological Momentary Assessment (GEMA) analysis of activity space. *Landscape and Urban Planning*, 174. doi : 10.1016/j.landurbplan.2018.02.008.
- Miller, H. (2007). Place-Based versus People-Based Geographic Information Science. *Geography Compass*, 1(3). doi : 10.1111/j.1749-8198.2007.00025.x.
- Naud, A. *et al.* (2020). Combining social network and activity space data for health research: tools and methods. *Health and Place*, 66. doi : 10.1016/j.healthplace.2020.102454.
- Perchoux, C. *et al.* (2013). Conceptualization and measurement of environmental exposure in epidemiology: Accounting for activity space related to daily mobility. *Health and Place*, 21, 86–93. doi :10.1016/j.healthplace.2013.01.005.

- Perchoux, C. *et al.* (2014). Assessing patterns of spatial behavior in health studies: Their socio-demographic determinants and associations with transportation modes (the RECORD Cohort Study). *Social Science and Medicine*, 119, 64–73. doi : 10.1016/j.socscimed.2014.07.026.
- Perchoux, C. (2015). Accounting for residential and non-residential environments to measure contextual effects on health behavior : the case of recreational walking behavior. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI/École de santé publique de l'Université de Montréal, Paris/Montréal.
- Perchoux, C. *et al.* (2015). Accounting for the daily locations visited in the study of the built environment correlates of recreational walking (the RECORD Cohort Study). *Preventive Medicine*, 81, 142–149. doi : 10.1016/j.ypmed.2015.08.010.
- Perchoux, C. *et al.* (2016). Residential buffer, perceived neighborhood, and individual activity space : New refinements in the definition of exposure areas – The RECORD Cohort Study. *Health and Place*, 40, 116–122. doi : 10.1016/j.healthplace.2016.05.004.
- Perchoux, C., Chaix, B., Kestens, Y. (2019). Activity spaces in place and health research: Novel exposure measures, data collection tools, and designs. *Health and Place*, 58, 102130. doi : 10.1016/j.healthplace.2019.05.008.
- Perchoux, C. *et al.* (2019). Walking, trip purpose, and exposure to multiple environments: A case study of older adults in Luxembourg. *Journal of Transport and Health*, 13, 170–184. doi : 10.1016/j.jth.2019.04.002.
- Plue, R., Jewett, L., Widener, M.J. (2020). Considerations When Using Individual GPS Data in Food Environment Research: A Scoping Review of “Selective (Daily) Mobility Bias” in GPS Exposure Studies and Its Relevance to the Retail Food Environment’. doi : 10.1007/978-3-030-19573-1_6.
- Raskind, I.G. *et al.* (2020). An activity space approach to understanding how food access is associated with dietary intake and BMI among urban, low-income African American women. *Health and Place*, 66. doi : 10.1016/j.healthplace.2020.102458.
- Reginster, I., Edwards, G. (2001). The Concept and Implementation of Perceptual Regions as Hierarchical Spatial Units for Evaluating Environmental Sensitivity. *Urisa*.
- Robinson, A.I., Oreskovic, N.M. (2013). Comparing self-identified and census-defined neighborhoods among adolescents using GPS and accelerometer. *International Journal of Health Geographics*, 12. doi : 10.1186/1476-072X-12-57.

- Schipperijn, J., Ejstrud, B., Troelsen, J. (2013). GIS: A spatial turn in the health science?. *Neighbourhood Structure and Health Promotion*. doi : 10.1007/978-1-4614-6672-7_8.
- Schönfelder, S., Axhausen, K.W. (2003). Activity spaces: Measures of social exclusion ?. *Transport Policy*, 10(4), 273–286. doi : 10.1016/j.tranpol.2003.07.002.
- Scully, J.Y. *et al.* (2017). GPS or travel diary: Comparing spatial and temporal characteristics of visits to fast food restaurants and supermarkets. *PLoS ONE*, 12(4). doi : 10.1371/journal.pone.0174859.
- Scully, J.Y. *et al.* (2019). A Time-Based Objective Measure of Exposure to the Food Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7), 1180. doi : 10.3390/ijerph16071180.
- Shareck, M. *et al.* (2016). The added value of accounting for activity space when examining the association between tobacco retailer availability and smoking among young adults. *Tobacco Control*, 25(4). doi : 10.1136/tobaccocontrol-2014-052194.
- Shareck, M. *et al.* (2020). Is Smoking Cessation in Young Adults Associated With Tobacco Retailer Availability in Their Activity Space?. *Nicotine & tobacco research: official journal of the Society for Research on Nicotine and Tobacco*, 22(4). doi : 10.1093/ntr/nty242.
- Shareck, M., Kestens, Y., Gauvin, L. (2013). Examining the spatial congruence between data obtained with a novel activity location questionnaire, continuous GPS tracking, and prompted recall surveys. *International journal of health geographics*, 12(1), 40. doi : 10.1186/1476-072X-12-40.
- Sharp, G., Denney, J.T., Kimbro, R.T. (2015). Multiple contexts of exposure: Activity spaces, residential neighborhoods, and self-rated health. *Social Science and Medicine*, 146. doi : 10.1016/j.socscimed.2015.10.040.
- Sharp, G., Kimbro, R.T. (2021). Neighborhood social environments, healthy resources, and adult diabetes: Accounting for activity space exposures. *Health and Place*, 67. doi : 10.1016/j.healthplace.2020.102473.
- Sherman, J.E. *et al.* (2005). À suite of methods for representing activity space in a healthcare accessibility study. *International Journal of Health Geographics*, 4. doi : 10.1186/1476-072X-4-24.
- Shrestha, S. *et al.* (2019). Spatial access to sport facilities from the multiple places visited and sport practice: Assessing and correcting biases related to selective daily mobility. *Social Science and Medicine*, 236. doi : 10.1016/j.socscimed.2019.112406.

- Sloan, L., Morgan, J. (2015). Who tweets with their location? Understanding the relationship between demographic characteristics and the use of geoservices and geotagging on twitter. *PLoS ONE*, 10(11). doi : 10.1371/journal.pone.0142209.
- Smith, L., Foley, L. Panter, J. (2019). Activity spaces in studies of the environment and physical activity: a review and synthesis of implications for causality. *Health and Place* [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.17863/CAM.38880>.
- Stalvey, B.T. *et al.* (1999). The life space questionnaire : A measure of the extent of mobility of older adults. *Journal of Applied Gerontology*, 18(4). doi : 10.1177/073346489901800404.
- Sturge, J. *et al.* (2020). Using the concept of activity space to understand the social health of older adults living with memory problems and dementia at home. *Social Science and Medicine*. doi : 10.1016/j.socscimed.2020.113208.
- Susser, M., Susser, E. (1996). Choosing a future for epidemiology: I. Eras and paradigms. *American Journal of Public Health*, 86(5). doi : 10.2105/AJPH.86.5.668.
- Tamura, K. *et al.* (2017). Residential and GPS-Defined Activity Space Neighborhood Noise Complaints, Body Mass Index and Blood Pressure Among Low-Income Housing Residents in New York City. *Journal of Community Health*, 42(5). doi : 10.1007/s10900-017-0344-5.
- Tamura, K. *et al.* (2018). Assessments of residential and global positioning system activity space for food environments, body mass index and blood pressure among low-income housing residents in New York City. *Geospatial Health*, 13(2). doi : 10.4081/gh.2018.712.
- Thierry, B., Chaix, B., Kestens, Y. (2013). Detecting activity locations from raw GPS data: a novel kernel-based algorithm. *International journal of health geographics*, 12(14). doi : 10.1186/1476-072X-12-14.
- Tindall, D.B., Wellman, B. (2001). Canada as social structure : Social network analysis and Canadian sociology. *Canadian Journal of Sociology*, 265–308. doi : 10.2307/3341889.
- Traoré, M., Vallée, J., Chauvin, P. (2020). Risk of late cervical cancer screening in the Paris region according to social deprivation and medical densities in daily visited neighborhoods. *International Journal of Health Geographics*, 19(1). doi : 10.1186/s12942-020-00212-6.
- Tribby, C.P. *et al.* (2015). Assessing built environment walkability using activity-space summary measures. *Journal of Transport and Land Use*. doi : 10.5198/jtlu.2015.625.

- Vallée, J. *et al.* (2010). The combined effects of activity space and neighbourhood of residence on participation in preventive health-care activities: The case of cervical screening in the Paris metropolitan area (France). *Health and Place*, 16(5). doi : 10.1016/j.healthplace.2010.04.009.
- Vallée, J. *et al.* (2011). The role of daily mobility in mental health inequalities: The interactive influence of activity space and neighbourhood of residence on depression. *Social Science and Medicine*, 73(8), 1133–1144. doi : 10.1016/j.socscimed.2011.08.009.
- Vallée, J. *et al.* (2015). Mobilité quotidienne et accès potentiel aux ressources urbaines en Île-de-France : quelles inégalités sociales?. *Données urbaines*.
- Vallée, J. (2021). La force des lieux faibles. *PasserelleSHS*, 1. doi : 10.48649/pshs.91.
- Vallée, J., Chauvin, P. (2012). Investigating the effects of medical density on health-seeking behaviours using a multiscale approach to residential and activity spaces : Results from a prospective cohort study in the Paris metropolitan area, France. *International Journal of Health Geographics*, 11. doi : 10.1186/1476-072X-11-54.
- Wang, J., Kwan, M.P., Chai, Y. (2018). An innovative context-based crystal-growth activity space method for environmental exposure assessment: A study using GIS and GPS trajectory data collected in Chicago. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4). doi : 10.3390/ijerph15040703.
- Widener, M.J. *et al.* (2018). Activity space-based measures of the food environment and their relationships to food purchasing behaviours for young urban adults in Canada. *International Journal of Middle East Studies*, 21(11). doi : 10.1017/S1368980018000435.
- Wolpert, J. (1965). Behavioral aspects of the decision to migrate. *Papers of the Regional Science Association*, 15(1). doi : 10.1007/BF01947871.
- Worrell, M.C. *et al.* (2017). Use of Activity Space in a Tuberculosis Outbreak: Bringing Homeless Persons Into Spatial Analyses. *Open Forum Infectious Diseases*, 4(1). doi : 10.1093/ofid/ofw280.
- Zenk, S.N. *et al.* (2011). Activity space environment and dietary and physical activity behaviors: A pilot study. *Health and Place*, 17(5). doi : 10.1016/j.healthplace.2011.05.001.
- Zenk, S.N. *et al.* (2018). How many days of global positioning system (GPS) monitoring do you need to measure activity space environments in health research?. *Health and Place*, 51. doi : 10.1016/j.healthplace.2018.02.004.
- Zenk, S.N. *et al.* (2019). Convergent validity of an activity-space survey for use in health research. *Health and Place*, 56. doi : 10.1016/j.healthplace.2019.01.009.

Zhang, L. *et al.* (2018). Impacts of individual daily greenspace exposure on health based on individual activity space and structural equation modeling. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10). doi : 10.3390/ijerph15102323.