

---

## A la recherche d'espaces invisibles de la mobilité

Usages, apports et limites des techniques GPS dans l'étude des déplacements urbains à l'échelle pédestre

Sandrine Depeau et Erwan Quesseveur

---

**Éditeur**

Netcom Association

**Édition électronique**URL : <http://netcom.revues.org/1539>

DOI : 10.4000/netcom.1539

ISSN : 2431-210X

**Édition imprimée**

Date de publication : 16 décembre 2014

Pagination : 35-54

ISSN : 0987-6014

**Référence électronique**

Sandrine Depeau et Erwan Quesseveur, « A la recherche d'espaces invisibles de la mobilité », *Netcom* [En ligne], 28-1/2 | 2014, mis en ligne le 02 mars 2015, consulté le 03 octobre 2016. URL : <http://netcom.revues.org/1539> ; DOI : 10.4000/netcom.1539

---

Ce document est un fac-similé de l'édition imprimée.



Netcom – Réseaux, communication et territoires est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

**A LA RECHERCHE D'ESPACES INVISIBLES DE LA MOBILITE  
USAGES, APPORTS ET LIMITES DES TECHNIQUES GPS DANS  
L'ETUDE DES DEPLACEMENTS URBAINS  
A L'ECHELLE PEDESTRE**

**DEPEAU SANDRINE<sup>1</sup>, QUESSEVEUR ERWAN<sup>2</sup>**

**Résumé** – *Le recours aux techniques GPS pour la collecte de données de déplacement connaît un essor important. Si ces techniques permettent en effet d'accroître la qualité spatio-temporelle des données, leur mise en œuvre en termes de collecte et d'analyse requiert encore des phases d'expérimentation pour autoriser à la généralisation. Cet article rend compte des différentes phases d'une étude exploratoire ayant recours aux techniques de recueil de déplacements quotidiens par GPS. L'enquête menée auprès d'enfants visait d'une part à tester « l'acceptabilité » de l'outil GPS et d'autre part à dépasser l'approche origine-destination en testant des analyses portant sur l'espace du déplacement, lui-même appréhendé à partir d'indicateurs : imprégnation verte, attractivité sociale potentielle, rupture de voies (sécurité routière).*

**Mots-clés** – *mobilité, GPS, SIG, contexte.*

**Abstract** – *Resorting to GPS technics for collecting daily travel behaviors is knowing an important development. Indeed, those techniques allow to increase the space and time quality of data. However, their implementation in terms of collection and analysis still requires experimentation phases to permit data generalization. This article reports different phases of an experiment research resorting to GPS tracking of children's daily travels in urban context. The survey carried out with children aimed on the one hand at testing "children's acceptability" of traveling with a GPS. On the other hand, it was about going over the origin-destination approach by testing analyses concerning the daily travel space, which was estimated with three indicators: green impregnation, potential social attractiveness, road-split (road crossings).*

**Key words** - *mobility, GPS, GIS, context.*

---

<sup>1</sup> Chargée de recherche à l'Université Rennes 2

CNRS UMR ESO CNRS 6590, Place du Recteur Henri Le Moal F-35043 Rennes, France  
Tel. (+33) 2 99 14 20 96 - sandrine.depeau@univ-rennes2.fr

<sup>2</sup> Maître de conférences à l'Université Rennes 2

CNRS UMR ESO CNRS 6590, Place du Recteur Henri Le Moal F-35043 Rennes, France  
Tel. (+33) 02 99 14 13 85 - erwan.quesseveur@univ-rennes2.fr

## INTRODUCTION

Les enjeux de société et injonctions de durabilité entraînent un développement de plus en plus important des recherches relatives à la mobilité. Elles mobilisent une palette méthodologique aussi diversifiée qu'abondante qui, bien que progressivement guidées par les nouvelles technologies, sont le plus classiquement basées sur des techniques de recueil indirect. Celles-ci permettent d'éprouver à partir de carnets de bord, questionnaires, entretiens ou trajets commentés, le discours des individus sur un rapport particulier au déplacement. Ces techniques constituent des modes indirects qui, pour autant que leur mise à l'épreuve soit déjà bien établie, passent à côté d'un ensemble de données fines, du fait de filtres imposés par la parole et la mémoire. Or, certaines populations peuvent éprouver des difficultés de rappel (mnésique) pour décrire un ensemble d'activités quotidiennes. C'est le cas des enfants en particulier, des adolescents (Wiehe & al., 2008) et aussi des personnes âgées (Shoval, N., Auslander, G., Cohen-Shalom, K, Isaacson, M., Landau, R., Heinik, J., 2010). Par ailleurs, les méthodes classiques de recueil de données de mobilité rendent la capture temporelle et spatiale fine souvent difficile. Elles tendent même à augmenter le taux de déperdition des informations qui seraient recueillies quotidiennement par les enquêtés (Pearson, 2004; Wolf et al., 2003). Ces méthodes contribuent par ailleurs à négliger les aspects de dynamique temporelle des comportements des individus au cours de leurs déplacements (Stopher et al., 2005) ainsi que les distances parcourues et les vitesses pratiquées dans certains environnements (Murakami & Wagner, 1999 ; Wolf, Oliveira, Thompson, 2003).

Parmi les techniques possibles de collecte de données, émergent depuis quelques années les technologies mobiles ou méthodes dites passives de type GPS (Global positioning system), de façon plus ancienne - fin des années 1990 - aux USA et de manière plus discrète sur le plan national (début des années 2000 en France). Tout du moins, le recours aux méthodes dites passives de recueil de données par GPS demeure encore sur le plan national (dans le champ des mobilités spatiales), une technique de collecte des activités géolocalisées qui, quand elles ne sont pas utilisées et observées en temps réel, ne rendent souvent compte que des lieux d'activités et de la temporalité des usages des lieux. De plus, toujours sur le plan national, dans les recherches relatives à la compréhension des déplacements, la chaîne dynamique des données est souvent exploitée de manière différée. De même que la dimension temporelle et les caractéristiques fines du contexte sont insuffisamment prises en compte.

A l'opposé, sur le plan international, et plus spécifiquement dans le champ des mobilités ou des transports, les méthodes dites passives d'enregistrement de données - GPS, et plus largement celles développées depuis les cinq dernières années, commencent à montrer la palette d'objectifs visés. Notons alors à l'appui de quelques études sélectionnées, l'intérêt de ces méthodes dans l'observation fine et répétée non seulement de patterns de déplacements (Bierlaire & Frejinger, 2008) mais également de comportements (Asakura, 2007), des rythmes temporels des activités quotidiennes (Forrest & Pearson, 2005) ainsi que des différences spatiales (Ahas, & al. ; 2010). Enfin, une série d'études vise également la compréhension fine des stratégies de déplacement

(Li, Guensler, and Ogle, 2005, Papinski, Scott & Doherty, 2009), la détection des objectifs de destination (Wolf, Guensler, and Bachman, 2001) et même encore plus récemment en associant des méthodes GPS avec celle du Web questionnaire-carto des études cherchant à détecter et modéliser un réseau piétonnier (Kasemsuppakorn & Karimi, 2013). Des recherches au plan international permettent également d'approfondir, outre les difficultés techniques rencontrées au fil des générations de modules GPS utilisés dans les enquêtes (Chen & al., 2010 ; Stopher & al., 2008), les questions déontologiques relatives à l'acceptabilité, à la fidélité des données, etc. (Stopher & al., 2008 ; Christophe & al., 2010). Questions déontologiques qui nous ramènent aux conditions sociales d'utilisation du module GPS et à leurs gains, notamment avec les enfants (Legendre & al., 2005 ; Depeau, 2005, 2009). L'avantage des techniques de recueil via un récepteur GPS est aussi et surtout de pouvoir enregistrer en continu des données de déplacement plus objectives qui ne ressortent pas du filtre subjectif des enquêtés, quand bien même la donnée spatio-temporelle extraite des traces GPS ne se suffit pas toujours à elle-même et peut donc être entendue comme muette dans certaines conditions d'enquête, tout du moins selon certains objectifs de recherche.

Pour autant, si les techniques de recueil de données de déplacement usant des outils GPS se développent, les difficultés d'exploitation des données ne sont pas toutes résolues. En partie, lorsqu'il s'agit de récolter des données qui permettront de mieux prendre en compte le contexte de mobilité dans sa continuité. Parmi les difficultés les plus importantes, on peut retenir, en dehors du caractère d'imprécision locale (des données spatio-temporelles recueillies) lié aux mauvaises conditions de mesure (Chen, Gong, Lawson & Bialostozky, 2010), des contraintes relatives au pré-traitement de la donnée une fois collectée. Ces contraintes relèvent surtout d'un besoin de filtrage et de nettoyage ainsi que de séquençage des traces produites par l'enregistrement GPS (Du & Hall, 2007). Par ailleurs, pour que la technique de recueil par GPS soit efficiente et permette de récolter une information de qualité en quantité, les protocoles de fouille et d'analyse de la donnée ont encore besoin d'être explorés afin de rendre certains procédés plus systématiques.

Enfin, le recours aux techniques GPS dans le champ des déplacements quotidiens devient un atout important dans l'analyse des mobilités spatiales dès lors que les traces récoltées sont exploitées et soumises aux données de contexte via le traitement par système d'information géographique (SIG). L'analyse contextuelle des données spatio-temporelles récoltées via le GPS se limite souvent aux grandes catégories de contexte telles que la voirie, le bâti ou encore (à une autre échelle) aux grands axes d'infrastructure routière. Pour autant, et face aux objectifs d'aménagement durable, certains déplacements dits « actifs » ou « doux », comme la marche, requièrent de plus en plus un ensemble de données contextuelles plus fines et adaptées à l'échelle de cette activité. A notre connaissance, peu d'études utilisant le GPS tiennent compte du contexte de façon singulière et systématique. Repérons cependant quelques études liées à des questions sanitaires et de nuisances environnementales ou encore des recherches où la caractérisation de contextes est associée à certaines activités physiques chez les enfants (Coombes & al., 2013). L'objectif de caractérisation de contexte des

déplacements entraîne un besoin précis de référentiels géographiques qui soit surtout adapté aux besoins et objectifs de la recherche. Une difficulté qui semble par ailleurs souvent peu abordée dans la littérature alors même qu'elle constitue une entrave de taille.

Dans l'objectif de mieux appréhender le processus de mobilité des enfants en milieu urbain, et dans la poursuite des travaux précédents (Depeau, 2003, 2005, 2008, b.), notre but est de saisir les déplacements quotidiens, non pas comme un fait individuel, mais comme un processus qui s'inscrit dans un système familial et social où la place des contextes de vie revêt un caractère fondamental. Il s'agit de repérer des formes de routines d'une part et de compléter d'autre part, l'analyse socio-environnementale en vue de comprendre les facteurs explicatifs de l'apprentissage des déplacements en milieu urbain.

A plus long terme, l'objectif est de comprendre les choix de déplacements faits par (ou pour) les enfants, en fonction du milieu de vie, et d'analyser leurs spécificités au regard des mobilités plus générales. Ces particularités peuvent être appréhendées à partir des classes de facteurs souvent repérées dans la littérature, comme certaines expositions aux nuisances environnementales et aux risques urbains : accidentologie, exposition aux polluants, rupture de trajets, aménités sociales et végétales, lieux d'animation (Depeau, 2003). Dans la poursuite de travaux engagés sur la mobilité enfantine où le recueil de données procédait en enquêtes par entretien (Depeau, 2003, 2005, 2008 a.), l'objectif consiste ici à dépasser ces formats de collecte de données et à tester un recueil via le GPS avec des enfants d'âge scolaire.

D'un point de vue empirique, l'enquête menée auprès des enfants visait à compléter les analyses origine-destination par des analyses tenant compte de l'espace du déplacement lui-même, grâce au recueil des traces GPS produites par les enfants durant leurs déplacements quotidiens. Outre la compréhension des déplacements dans leur dynamique spatio-temporelle, l'enquête visait également à tester l'outil d'un point de vue méthodologique avec les enfants. Il s'agissait alors de tester la faisabilité, « l'acceptabilité » de l'outil par les enfants mais aussi celle des parents autorisant l'enfant à porter un GPS et de tester la fiabilité des données recueillies. Enfin, toujours dans le registre méthodologique, l'objectif consistait surtout à tester la construction d'indicateurs pour une enquête ultérieure. Les indicateurs en question étaient :

- Imprégnation verte,
- Attractivité sociale,
- Rupture de voies (sécurité routière).

## 1. METHODOLOGIE

### 1.1. Un terrain en commune périurbaine de Rennes<sup>3</sup>

L'enquête a été réalisée dans une commune périurbaine de Rennes, d'un peu plus de 8000 habitants, en voie de forte urbanisation (les zones en cours d'urbanisation représentaient plus du double des sites urbanisés).

Au cœur de cette commune en voie d'aménagement et constituée pour une grande part de logements individuels (pavillonnaires) et de petits collectifs, on compte trois établissements scolaires (maternelle et primaire), dont un privé situé au sud-est de la commune. Les deux autres établissements (publics) couvrent une zone au nord et une autre au sud de la commune.

L'enquête s'inscrivait également dans une observation de dispositifs pedibus (trois lignes au total), c'est pourquoi il paraît nécessaire de décrire les trois cheminements type que les enfants empruntaient fréquemment au moment de l'enquête.

**Une ligne bleue** : d'une longueur de 1270 m, les itinéraires suivent, pour une large moitié de l'espace couvert, des sentes piétonnières en zone végétalisée (bord d'un étang) et pour le reste des axes assez passants.

**Une ligne rouge** : constituée de deux itinéraires (variant selon les accompagnateurs) de longueurs différentes, un premier d'une longueur de 577 m et un second de 295m ; elle dessert le même établissement que la ligne bleue. Quels que soient les itinéraires, le tracé des itinéraires suit ici des voies de type secondaires et un grand axe passant.

**Une ligne jaune** : d'une longueur de 576m, cette ligne suit un circuit établi principalement en sente piétonnière serpentant au milieu de lots résidentiels.

### 1.2. Population d'enfants suivis et interrogés

La population enquêtée fait partie dans sa totalité d'un groupe de familles, toutes impliquées dans ces dispositifs de déplacement scolaire.

Un ensemble de 10 familles impliquées dans les différentes lignes pedibus (un des parents et l'enfant impliqué dans le pedibus), soit 22 individus au total (parents et enfants compris), ont donc participé à l'enquête et au recueil de données par entretien. L'enquête s'est déroulée en différentes étapes :

- L'observation des trajets scolaires des enfants,
- Une deuxième phase a consisté à remettre à l'enfant sur autorisation parentale un module GPS<sup>4</sup> pour une période de 48 heures,
- A l'issue de laquelle, un ensemble de traces récoltées et « nettoyées » ont été soumises à l'enfant pour lecture et commentaires donnant lieu à la troisième

---

<sup>3</sup> Pour des raisons de respect de confidentialité avec les enquêtés et compte tenu des résultats présentés ensuite, nous préférons ne pas divulguer le nom de la commune d'enquête. Nous limitons donc au maximum certaines précisions des données de contexte qui permettraient d'identifier les lieux de résidence des enquêtés.

<sup>4</sup> DG-100 Data Logger, Globalsat technology Corporation

phase déroulée autour d'un entretien semi-directif individuel au domicile avec l'enfant.

- Enfin, la quatrième phase de recueil de données a pris la forme d'un entretien avec les parents, élaboré autour des déplacements de l'enfant, son autonomie, la sécurité et les motivations à s'inscrire dans un pédibus.

Les enfants enquêtés et ayant porté le GPS (N=12) étaient âgés en moyenne de 9,5 ans (médiane = 9 ; écart-type = 1,62). Le groupe est constitué de 7 filles et 5 garçons. En majorité, les enfants faisaient partie de familles habitant le quartier depuis plus de 8 ans (50% des familles) ; seulement une faible proportion habitait dans la partie récemment aménagée de la commune.

### **1.3. Vers une systématisation de l'analyse des conduites de sûreté: rupture, imprégnation, animation**

Nous ne prendrons en considération ici que les données aidant à la construction des indicateurs présentés dans les objectifs de cet article, soit les données extraites des traces GPS (n=12). L'ensemble de ces observations reste partiel : nous avons insisté sur notre souci plus expérimental que systématique dans la construction d'indicateurs. Néanmoins, la recherche a permis – c'était un des objectifs – d'établir un protocole et une technique formalisés d'analyse des données spatio-temporelles en vue de généraliser à d'autres contextes.

L'observation des espaces, de leur qualité et des effets sécuritaires passe donc par la construction d'indicateurs et leur expérimentation dans un référentiel géographique, apte à nous aider à révéler le réglage des distances à certains éléments du contexte repérés comme pertinents dans les logiques de déplacements des enfants et dans les logiques prescriptives des parents. Espace et sécurité sont ici travaillés à partir de trois notions :

- celle de *ruptures*, autrement représentées par les traversées de route,
- celle d'*imprégnation* verte (ou végétale), autrement mesurée à partir des surfaces végétales et périmètres verts (haies),
- celle d'*animation sociale* observée à partir de la densité sociale et du potentiel de fréquentation de lieux publics et commerciaux.

La production et le traitement des traces de déplacements des enfants constituent une étape longue et importante de ce travail.<sup>5</sup>

Les traces recueillies à l'aide des modules GPS sont confrontées à une série d'indicateurs contextuels permettant de caractériser les espaces de sécurité des enfants.

L'analyse spatiale et temporelle des traces GPS n'est ici qu'une mise en perspective de traitements possibles à approfondir, en vue de comprendre les notions de sécurité à partir des questions de distances à des lieux et de zone d'imprégnation des déplacements.

---

<sup>5</sup> L'ensemble de la mise en place et de l'expérimentation des traitements a par ailleurs mobilisé à cette occasion un travail d'équipe réunissant plusieurs membres de l'équipe du laboratoire RESO (Erwan Quesseveur, Arnaud Lepetit) ainsi que des étudiants du Master SIGAT de l'Université Rennes 2, que nous remercions ici.

Plus concrètement dans cette recherche, les indicateurs de qualification du contexte de mobilité des enfants confrontés aux traces produites par les modules GPS contribuent à rendre possibles des comparaisons inter-groupe, inter-contexte et inter-enfant.

La mise en place des traitements s'est déroulée selon trois étapes successives:

- La compilation et la structuration des référentiels géographiques,
- La généralisation des informations géographiques par la construction d'indicateurs pour rendre possible l'analyse spatiale et temporelle,
- L'exploration spatiale et temporelle de la mobilité et du contexte de mobilité des enfants dans la ville.

#### **1.4. Les données en entrée – compilation et structuration des référentiels géographiques**

##### **1.4.1 - Traces GPS**

Avant de décrire le traitement et ses avancées, rappelons que l'information recueillie initialement par le GPS est très désagrégée. Constituée d'une série temporelle de points GPS (1 position par période de 2 secondes), la résolution spatiale de l'information (de l'ordre de 5 mètres) peut également être affaiblie en certains points, du fait des corrections liées à l'extraction des stations immobiles ou encore liées à une réception rendue difficile lors du portage du GPS. Ces limites étant posées, les traitements géomatiques entrepris doivent pouvoir aider à la compréhension du jeu d'indicateurs liés à la sécurité dans la lecture des cheminements d'enfants enquêtés.

##### **1.4.2 - Référentiels géographiques**

Au préalable, rappelons que les traitements ont pu être établis grâce au croisement de plusieurs sources de données géographiques :

- le référentiel « plan de ville » mis à notre disposition par Rennes Métropole décrivant les voies, le parcellaire, les bâtiments, les espaces verts publics ;
- l'orthophotographie de l'agglomération Rennes produite en 2004 et fournie par Rennes Métropole – résolution 40 cm ;
- l'orthophotographie de l'agglomération de Rennes produite en 2006 et fournie par le Conseil Général d'Ille et Vilaine – résolution 50 cm ;
- le référentiel libre Open Street Map qui s'apparente lui aussi à un plan de ville générique.

Un travail d'appariement des plans de ville et de vérification in situ, en s'appuyant entre autres sur les orthophotographies permet d'obtenir un référentiel de voirie exhaustif, chacune des sources de données initiales présentant des erreurs et des manques. Outre le référentiel voirie, des informations géographiques spécifiques ont été produites concernant :

- les jardins et espaces verts (publics et privés),
- les haies,
- les lieux d'animations sociales (commerce, bâtiment et équipement public, etc.)
- les passages piétons.



## **1. 5. Phase de généralisation**

Dans l'objectif d'établir des comparaisons entre les déplacements des enfants et de qualifier le contexte, un travail de généralisation préalable de l'information disponible a été entrepris. Il porte d'une part, sur la description du contexte du terrain d'étude couvrant la globalité des déplacements et d'autre part, sur les traces GPS, afin de fusionner ces deux informations ensuite.

### **1.5.1. Transformation des traces GPS en séquence de mobilité**

Les relevés de points GPS ont été agrégés sous forme de polygones qui constituent des séquences de mobilité à la fois continues (aucune, voire très peu, de pauses durant les déplacements) et avec un but, donc une destination précise (faible taux de déplacements type balade). Le recueil des données étant de 48h, les déplacements de chaque enfant ont donc été séquencés sous forme de différents trajets. Chacun d'eux prend en compte, le mode d'accompagnement, le mode de transport, l'objectif du déplacement, les heures de début et de fin, les caractéristiques individuelles. Lors de ce processus, les stations longues qui génèrent des nuages de points très denses sont supprimées. De même, les points GPS qui semblent incohérents du fait d'une erreur de mesure ne sont pas pris en compte.

### **1.5.2. Mise en œuvre d'un référentiel géographique pour la qualification du contexte de mobilité**

Pour plus de clarté, décrivons les différentes étapes de traitement qui ont permis d'aboutir à la mise en relation des données.

Les descripteurs du contexte de mobilité des enfants ont été rattachés au référentiel voirie préalablement constitué dans le projet. La mise en relation des paramètres de contexte avec la voirie par relation de voisinage constitue en soi une forme de généralisation spatiale. Pour chaque type d'indicateur de contexte, un modèle de traitement et de mise à jour est créé (cf. figure 1). Un outil de construction de modèle est mobilisé afin d'automatiser des séquences de traitement et de modifier à volonté les paramètres de généralisation (en particulier la définition des relations de voisinage). L'ambition est ici de disposer d'un environnement de traitement évolutif. La nature des analyses doit pouvoir évoluer sans que l'ensemble de la chaîne de traitement ne soit rendu inopérante. De même, de nouvelles informations contextuelles pourraient être mobilisées lors de poursuites de cette expérimentation et de traitements futurs. Enfin, nous souhaitons aussi disposer d'un cadre d'analyse qui puisse être mobilisé lors de projets portant sur d'autres territoires d'étude.

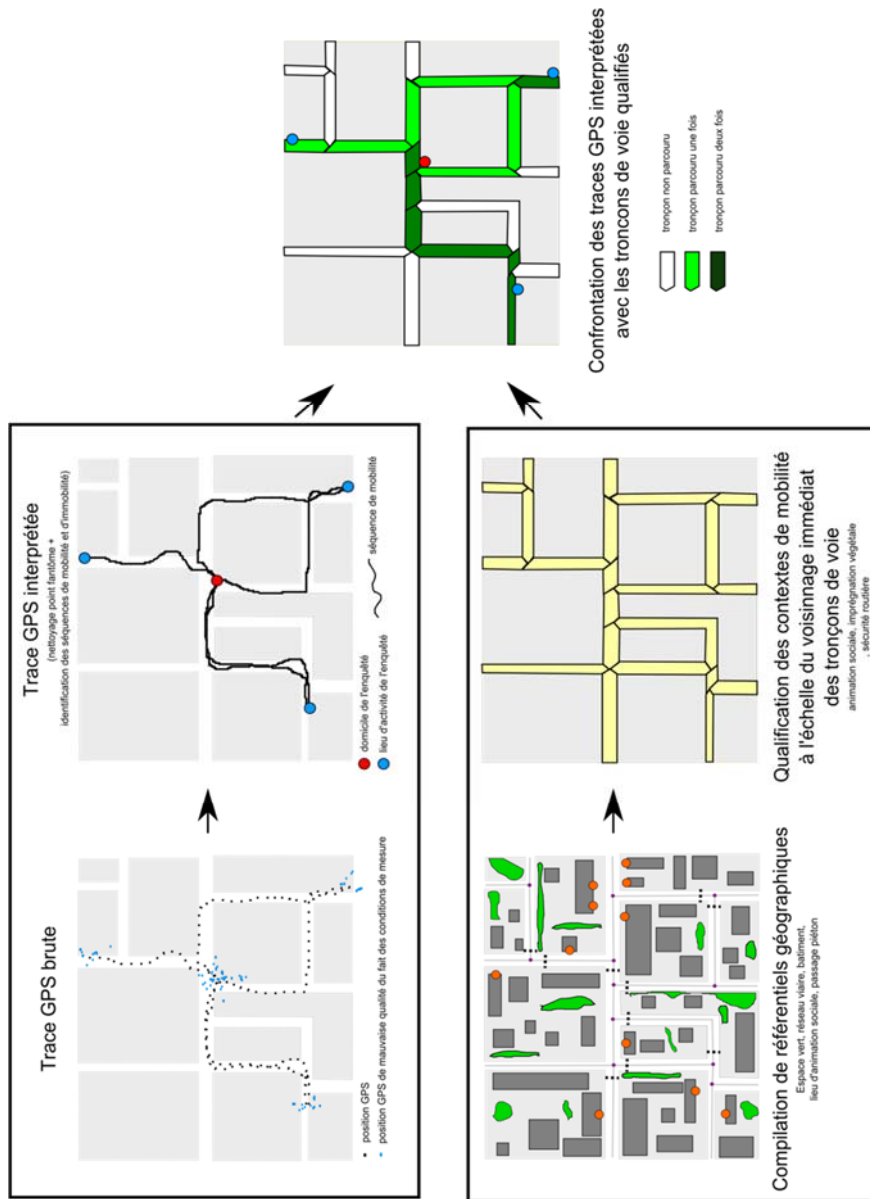


Figure 1: Chaîne de traitement des indicateurs

Trois types d'indicateurs de contexte ont été produits sur la base des informations géographiques récoltées :

- **Imprégnation végétale** : il s'agit d'une compilation de données relatives à la présence de haies (longueur en m) et d'espaces verts (surface en m<sup>2</sup>) au voisinage d'une voie (20 mètres). L'indicateur est ensuite raffiné en tenant compte de la longueur du segment de voie parcourue pour chaque séquence de mobilité observée. Ce ratio permet d'appréhender la part d'immersion dans le « végétal » des déplacements des enfants.

- **Potentiel « attractivité sociale »** : l'indicateur qualifie ici chaque voie de la zone d'étude en tenant compte du type (densité et fréquence d'usage) et du nombre de lieux d'animation sociale présent à proximité (25 mètres) de la voie de déplacement. Chaque lieu considéré, qu'il s'agisse d'un équipement public, d'un commerce, etc., est qualifié à partir de la densité sociale d'accueil et la fréquence potentielle de passage ou fréquentation du lieu. Ce qui permet d'appréhender le potentiel d'animation social d'un lieu. Cette qualification de l'animation sociale peut ensuite être croisée avec le statut de la voie (voie de déplacement mode doux, voie de desserte, pénétrante, voie de transit) qui renseigne également sur la densité sociale.

Densité et fréquence de passage ont alors été catégorisées en 4 classes, résumées ensuite à deux (faible/fort) catégories pour chacune :

- *Densité* : très faible (> 5 personnes), faible (5-10 personnes), moyenne (10-30 personnes), importante (>30 personnes).

- *Fréquence* : journalier, hebdomadaire, quasi mensuel, peu courante.

- **Sécurité** : l'indicateur de sécurité compile une information relative au nombre de passages piéton traversant chaque voie de la zone avec le statut de cette même voie (voie de déplacement mode doux, voie de desserte, voie de transit).

Ce dispositif de production des indicateurs à base d'arbre de traitement automatisé a permis de ne pas fixer définitivement la définition de nos indicateurs et laisse la possibilité d'expérimenter l'usage d'autres sources d'informations contextuelles si nécessaire.

### 1.5.3. Mise en relation des séquences de mobilité et du référentiel- voirie enrichi d'informations contextuelles

Pour chaque séquence de mobilité, une jointure spatiale a été réalisée avec le référentiel voirie enrichi (voir point précédent). Sur la base d'un rayon de proximité de 20 mètres, les informations contextuelles associées à la voirie sont mises en relation avec les informations concernant chaque séquence de mobilité parcourant la voie.

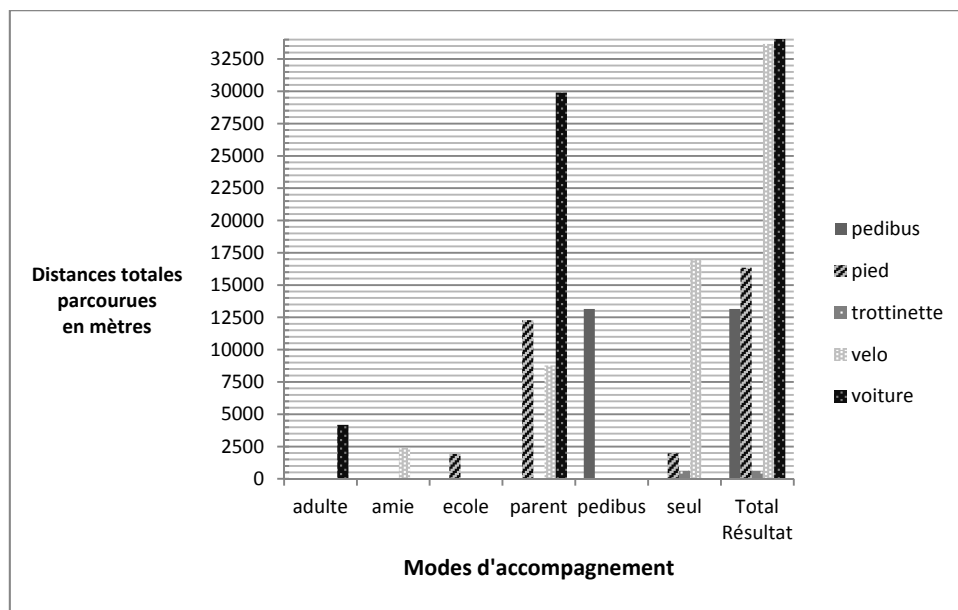
On dispose ainsi d'une base de données unique, constituée de 53 séquences de déplacements pour l'ensemble des enfants enquêtés, qu'il est possible d'interroger selon de multiples points de vue, par le truchement de croisements variés selon les modes d'accompagnement, de déplacement, les objectifs de déplacement, voire encore à l'échelle d'un individu, pour un moment particulier de la journée, pour une seule voie

parcourue par plusieurs enfants.

## 2. RESULTATS

L'objectif de l'exploration des relations entre variables (spatiales, temporelles, comportementales) n'est pas tant de poser des résultats généralisables que de mettre en avant des principes d'exploration méthodologiques et de mises en relation de données sur des questions de comportements, d'espace et de contexte résumé à quelques aménités. Les premiers traitements géomatiques permettent de donner un premier niveau de lecture des contextes et d'appariement de variables (qu'il s'agisse de poursuivre et d'approfondir à l'avenir).

Par ailleurs, les quelques résultats présentés ici sont à lire avec circonspection. Ils permettent seulement de mieux comprendre et de donner des niveaux de lecture possibles issus des traitements géomatiques réalisés sur les données composant les indicateurs de contexte.



*Figure 2 : Distances totales parcourues (mode accompagnement x mode déplacement)*

Relevons pour commencer les résultats permettant de décrire quelques éléments de synthèse.

La figure 2 permet d'observer les distances totales parcourues par les enfants durant l'enregistrement GPS, soit une période de 48h. On note à l'évidence que c'est en compagnie des parents et surtout en voiture que la distance maximale est réalisée (30kms). Toutefois, on observe que la seconde distance maximale (16,5 kms) est réalisée seul et à vélo par les enfants (n=5). Ces modes de déplacement totalisent d'ailleurs sur

la période un nombre de kms (en cumulé) quasi équivalent à la voiture (33,5 kms pour le vélo et 34 kms pour la voiture).

La notion de distance parcourue sur la période d'enquête est ici importante. Elle servira de dimension à partir de laquelle peuvent être mis en rapport les indicateurs de contexte.

En termes de traitement, les tests et analyses ont été élaborés dans l'objectif de mettre en place une démarche associative permettant de comparer certaines dimensions de contexte dans le choix des parcours selon les modes de déplacement et d'accompagnement. Néanmoins, en utilisant la notion de distance à l'une ou l'autre aménité (lieux d'animation sociale, le végétal, etc.), l'exercice de traitement et d'analyse des traces de déplacement permet de mettre en place un canevas de requêtes (à poursuivre) sur la base de comparaisons de groupes de trajets.

Les résultats issus des premiers traitements réalisés sur les indicateurs (cf. tableau 1 & 2) permettent ici d'illustrer la démarche qui consiste à mettre en parallèle les indicateurs de contexte en fonction des modes de déplacement ou d'accompagnement. Relations sur lesquelles pourraient être posées nos hypothèses quant à la définition de patterns.

Modes de déplacement	Nb de voies	Longueur cumulée de voies	Nb de passages piéton	Longueur cumulée de haies (en mètres)	Surface cumulée végétale (en m <sup>2</sup> )
pedibus	397	22923,0	84	9669	130919,2
pied	425	23174,4	83	7623,9	108472,7
trottinette	34	1892,9	6	676,1	161,9
vélo	1164	59646,8	172	19872,3	318722,1
voiture	1205	65493,9	330	28396,7	186693,8

*Tableau 1 : Ensemble des indicateurs sur séquences de mobilité de tous les enfants selon le mode de déplacement*

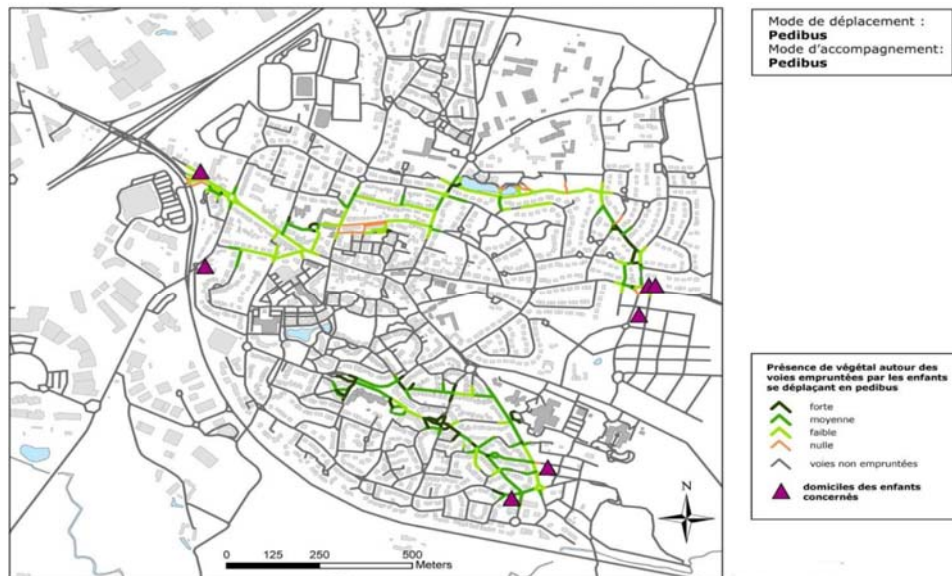
Modes d'accompagnement	Nb de voies	Longueur cumulée de voies	Nb de passages piéton	Longueur cumulée de haies (en mètres)	Surface cumulée végétale (en m <sup>2</sup> )
adulte	158	7732,3	53	6187,9	32564,6
amie	84	4336,2	23	2610,2	7081,4
école	49	3097,4	11	1690,8	652,0
parent	1655	88680,3	374	30950,2	395808,7
pedibus	397	22923,0	84	9668,9	130919,2
seul	698	37063,0	105	12594,1	152943,8

*Tableau 2 : Ensemble des indicateurs sur séquences de mobilité de tous les enfants selon le mode d'accompagnement*

Ces croisements (tableaux 1 et 2) permettent par exemple, en rapportant à la distance moyenne parcourue séparant les traversées (rapport longueur cumulée de -voies/nb passages piéton) sur les parcours des enfants, de remarquer que les déplacements en modes doux (pedibus en particulier) sont jalonnés de ruptures tous les 273 m en moyenne, et qu'ils traversent des zones d'imprégnation verte plus denses et plus étendues que les trajets faits en voiture, etc. Les trajets faits seuls sont quant à eux moins faits de ruptures que ceux réalisés en pedibus puisqu'on relève les traversées tous les 353 m en moyenne.

Par ailleurs ces résultats chiffrés prennent encore plus de sens à la lecture des cartes réalisées, en tenant compte des modes de déplacement et d'accompagnement pour quelques indicateurs.

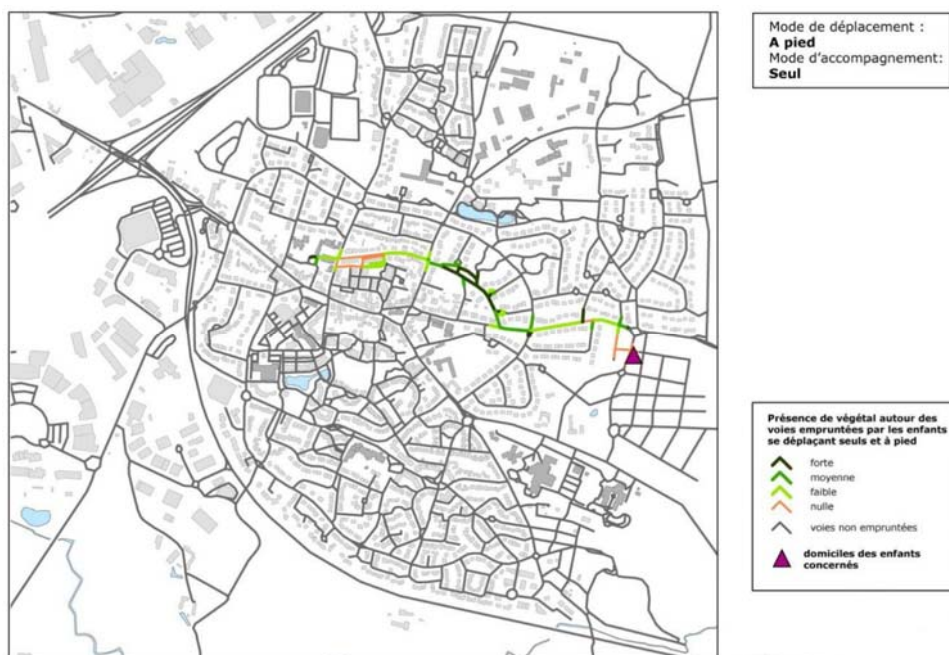
Nous présentons ci-après des cartes relatives à l'indicateur « imprégnation verte » pour les conditions de trajet qui relève de véritables stratégies dans l'éducation actuelle à la ville des enfants : prendre le pedibus ou laisser l'enfant seul faire son trajet.



*Figure 3: caractérisation végétale des cheminements scolaires (pedibus) des enfants*

Les résultats de la figure 3 permettent de mettre à l'épreuve l'indicateur d'imprégnation végétale pour l'ensemble des cheminements de la condition pedibus (accompagnement et déplacement).

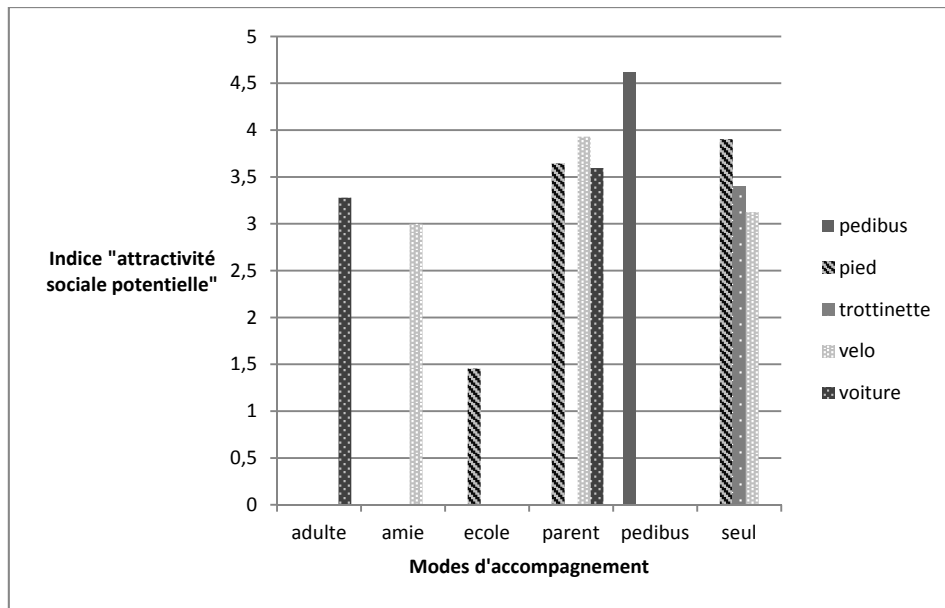
Cet exemple de carte permet d'observer les tronçons de voies les plus « verts » où l'indicateur d'imprégnation végétale est le plus élevé. Aussi, on remarque que ces portions de voies sont davantage situées en zone résidentielle et notamment au Sud de la commune qu'au centre-ville, et dans une moindre mesure dans l'autre partie résidentielle située dans la portion centre-est/nord-est.



*Figure 4 : caractérisation végétale du cheminement de l'enfant allant seul à pied sur la période d'enquête*

Sur cette autre carte (figure 4) représentant le cheminement du seul enfant allant seul à pied sur la période de 48 h d'observation, on peut observer que tout en habitant la même zone que les enfants concernés dans la figure 3, et en allant vers le même groupe scolaire, situé près du centre, le trajet est différent et ne suit pas les traces du pedibus.

Outre la valeur « verte » des cheminements, nous pouvons également observer (Figure 5) comment varie l'indicateur « attractivité sociale potentielle » selon les conditions de déplacement des enfants (accompagnement et mode).



*Figure 5 : distribution de l'indice d'attractivité sociale rapportée à la distance totale parcourue par les enfants selon les modes d'accompagnement et de déplacement*

On observe à partir de la figure 5, quelques nuances de l'indice selon les modes de déplacement et d'accompagnement. L'indice étant sensible à la proximité d'équipements et de commerces (zones potentiellement fréquentées), on remarque que c'est pour le mode « pedibus » qu'il semble le plus fort. En effet, et comme le montrent les figures 3 et 4, une partie du cheminement des deux lignes de pedibus traverse, en centre-ville, des zones à forte affluence sociale. Pour autant, les phases de suivis discrets des parcours des enfants ont également révélé qu'une partie des espaces traversés, située en zone verte est aussi une zone faiblement fréquentée, voire parfois isolée de la circulation et des équipements. On peut donc se demander à quoi tient ce score plus élevé en mode pedibus.

Néanmoins, des explorations plus poussées mises en œuvre à partir d'observations récurrentes in situ seraient nécessaires pour aller au-delà de cette première formulation d'indicateur.

Les référentiels géographiques utilisés pour construire cet indicateur restent souvent sommaires, obligeant à compléter via le terrain les objets (points remarquables) de bases de données et leurs attributs. Cet essai de construction ne vise pas à la généralisation mais à montrer comment quelques données de qualification du contexte pourraient être prises en considération pour décrire et expliquer des déplacements quotidiens à travers la recherche de récurrence et de nouvelles formes de routines spatiales.



## CONCLUSION

Les résultats présentés ici sont ceux d'une étude exploratoire dont l'objectif consistait à rendre visible les déplacements urbains des enfants selon des données de contexte souvent relevées dans la littérature mais de manière implicite ou indirecte seulement. Le recours aux techniques de recueil de déplacements par GPS permet, par tout un ensemble de traces, d'empreintes spatiales, d'aménagements et de temporalités de rendre le parcours saillant (voire familier à l'enfant lors de l'entretien sur le retour des traces de l'enquête) et appréhendable autant pour ceux qui le pratiquent que pour ceux qui l'observent, le croisent. Inscrits dans une recherche portant sur les dispositifs du *pedibus*, les objectifs visaient à caractériser le contexte de déplacement des enfants en vue de compléter des données d'entretien portant sur les questions d'apprentissage de la ville. L'enregistrement de données continues de déplacements via le GPS avait alors l'avantage de considérer dans sa globalité l'environnement parcouru et de relever des caractéristiques fines qu'il serait impossible de recueillir via le discours seulement.

Sur le plan méthodologique, la technique d'enregistrement GPS des déplacements d'enfants a permis tout d'abord d'observer que ce mode de recueil ne pose pas de difficultés particulières en termes d'acceptabilité par les familles et surtout les enfants. Aucun problème de perte, de casse, ni même d'arrêts des enregistrements n'a été observé. Néanmoins, et comme le présente la plupart de la littérature (Du & Aultman-Hall, 2007 ; Stopher, FitzGerald, Zhang, 2008 ; Christophe & al., 2010) l'usage des GPS pose encore un certain nombre de difficultés. Au-delà des questions déontologiques fondamentales qu'il convient de respecter, les données récoltées par GPS posent toujours quelques difficultés dans les phases de nettoyage de traces comme de séquençage des données (capacité de segmenter correctement les trajets ou micro-trajets réalisés). Des traitements et mises au point de programmes de formatage ont permis d'explorer le travail de nettoyage, de formalisation et de stabilisation des traces transformées à l'issue du recueil GPS. Ces traitements sont aujourd'hui au stade de l'exploration mais ne sont ni formalisés, ni stabilisés et doivent être éprouvés sur plusieurs jeux de données pour être stabilisés. Un travail de recueil auprès d'une cohorte de familles sur des terrains visant nos objectifs est encore à mener afin de mettre en œuvre des procédés de généralisation.

Par ailleurs, cette étude pilote a également permis de relever le caractère fondamental de la qualité des données des référentiels géographiques sans laquelle certaines dimensions du contexte ne peuvent être appréhendées. Afin de modéliser le contexte de mobilité des personnes enquêtées, nous avons mobilisé des sources d'information géographique qui décrivent l'espace public de manière générique (dans le sens d'un plan de ville) et selon des logiques de modélisation qui peuvent être très éloignées du regard porté par un enfant sur la ville. Un travail complémentaire doit ainsi être engagé pour décrire plus précisément la présence de végétation tout au long des parcours des personnes enquêtées. L'augmentation de la résolution spatiale des orthophotographies (aujourd'hui souvent supérieure à 40 cm) doit rendre possible

l'extraction des données géographiques relatives à la présence d'arbres ou d'espaces enherbés. Cette exploration est en cours de réalisation.

Quant à l'attractivité sociale potentielle du contexte, elle nous a semblé être un indicateur pertinent dans la problématique de l'apprentissage du déplacement et notamment avec les enfants. Cet indicateur contribue en effet au potentiel de sécurisation des espaces pour l'enfant. C'est d'ailleurs un facteur important dans l'éducation des parents (Depeau, 2008, a). Pour qualifier cet indicateur, le recours aux référentiels géographiques de gestion de ville n'est pas suffisamment adéquat. La mobilisation de sources de données géographiques participatives pourrait constituer un axe d'exploration pour nos futurs terrains d'étude.

Comme on a pu le présenter, les premiers indicateurs proposés pour qualifier le contexte de mobilité des enquêtés doivent être améliorés. Par exemple, l'ensemble de l'espace public doit être qualifié afin d'analyser les cheminements réels des personnes enquêtées au regard de l'ensemble des cheminements potentiels dans le but de détecter les facteurs contextuels qui pourraient influencer la mobilité.

Néanmoins, ces premiers résultats ont permis d'une part, de systématiser le recueil de données à partir de méthodes indirectes passives (GPS) en y associant la collecte de données discursives et d'autre part, d'approfondir les analyses spatio-temporelles de données de déplacements recueillies auprès de populations spécifiques (enfants). Ils ont également contribué à consolider les premiers essais de formalisation d'analyse et d'indicateurs dans l'analyse des données spatio-temporelles de déplacement.

Les analyses sont aujourd'hui poursuivies dans le cadre d'un programme collectif débuté depuis 2011 et inscrit dans un ensemble d'objectifs emboîtés à la fois théoriques et méthodologiques. Celui-là vise, à moyen terme, à inscrire la recherche de structuration des déplacements des familles (enfants et parents) dans un cadre théorique afférent aux deux disciplines, psychologie environnementale et géographie et plus précisément deux champs particuliers relevant pour la première de la psychologie écologique (Barker, 1955, 1968, Depeau, 2003) et pour la seconde de la time-geography (Hagerstrand, 1970; Chardonnel, 2001). Deux champs mobilisant des concepts et mesures spécifiques en vue de caractériser des patterns de déplacements.

## BIBLIOGRAPHIE

- AHAS, R., AASA, A., SILM, S., TIRU, M. (2010). Daily rhythms of suburban commuters' movements in the Tallinn metropolitan area: Case study with mobile positioning data, *Transportation Research Part C*, 18, 45–54.
- ASAKURA, Y. & IRYO, T. (2007). Analysis of tourist behaviour based on the tracking data collected using a mobile communication instrument, *Transportation Research Part A*, 41, 684–690.
- BARKER, R. G. & WRIGHT, H. (1955). *Midwest and its children*. New York: Row & Peterson.

- BARKER, R. G. (1968). *Ecological psychology: concepts and methods for studying the environment of human behavior*. Standford, CA: Standford University Press.
- BIERLAIRE, M. & FREJINGER, E. (2008). Route choice modeling with network-free data. *Transportation Research Part C*, 16, 187–198.
- CHARDONNEL, Sonia (2001). La time-geography: les individus dans le temps et dans l'espace. *Aspects fondamentaux de l'analyse spatiale*. L. SANDERS (dir.). *Modèles en analyse spatiale*, Paris, HERMES Lavoisier. 333 pages.
- CHEN, C., GONG, H., LAWSON, C., BIALOSTOZKY, E. (2010). Evaluating the feasibility of a passive travel survey collection in a complex urban environment: Lessons learned from the New York City case study. *Transportation Research Part A*, 44, 830–840.
- COOMBES, E., VAN SLUIJS, E. & JONES, A. (2013). Is environmental setting associated with the intensity and duration of children's physical activity? Findings from the SPEEDY GPS study. *Health & Place*, 20, 62–65.
- DEPEAU, S. (2003). *L'enfant en ville : autonomie de déplacement et accessibilité environnementale*. Thèse de doctorat en psychologie. Université R. Descartes, Paris5, 422 pages.
- DEPEAU, S., RAMADIER, T. (2005). Les Trajets Domicile-Ecole en Milieux Urbains: Quelles conditions pour l'autonomie de l'enfant de 10-12 ans ? *Psychologie et Société*, 8, 81-112.
- DEPEAU, S. (2008, a.). Radioscopie des territoires de la mobilité des enfants en milieu urbain. Comparaison entre Paris intra-muros et banlieue parisienne, *Revue Enfances, Familles et générations*, Issue 8, en ligne. <<http://www.erudit.org/revue/efg/2008/v/n8/018489ar.html>>
- DEPEAU, S. (2008, b.). Nouvelles façons de se déplacer vers l'école ou l'expérimentation du pédibus dans un quartier rennais. Quelles incidences sur l'apprentissage de l'autonomie de déplacement des enfants et leurs rapports à l'espace ? *Revue Recherche Transport Sécurité*, n°101, 253-271.
- DEPEAU, S. (2009). *Zone atelier d'expérimentation : de la mobilité encadrée à la mobilité canalisée, dynamique ambulatoire des effets de seuils de la sécurité. Les cas des zones 30 et des pédibus*. In M. DUMONT (Dir.). Des périphéries urbaines, sous tranquillisants ? Productions et dynamiques des contextes de sûreté dans les territoires de l'Ouest. Rapport final du programme PUCA, oct. 2009.
- DU, J., AULTMAN-HALL, L., (2007). Increasing the accuracy of trip rate information from passive multi-day GPS travel datasets: automatic trip end identification issues, *Transportation Research Part A* 41 (3), 220–232.
- FORREST, T.L., PEARSON, D.F., (2005). Comparison of trip determination methods in household travel surveys enhanced by a global positioning system, *Transportation Research Record*, 1917, 63–71.
- HÄGERSTRAND, T., (1970). What about people in regional science? *Papers and proceedings of the Regional Science Association* 24, 7–21.
- KASEMSUPPAKORN, P. & KARIMI, H.A. (2013). A pedestrian network construction algorithm based on multiple GPS traces, *Transportation research, part C*, 26, 285-300.

- LEGENBRE, A., ENAUX, C., DEPEAU, S., RAMADIER, T., (2005). *Le développement de l'usage social et spatial des espaces publics au cours de l'enfance: l'apport des Nouvelles Technologies dans l'analyse des caractéristiques sensibles du milieu urbain*. Rapport de recherche Programme GETM, CNRS, 2005.
- LI, H., GUENSLER, R., & OGLE, J. (2005). An analysis of morning commute route choice patterns using GPS based vehicle activity data, *Transportation Research Record*, 1926, 162–170.
- MURAKAMI, E. & WAGNER, D.P. (1999). Can using global positioning system (GPS) improve trip reporting? *Transportation Research Part C*, 7, 149-165.
- PAPINSKI, D., SCOTT, D. M. & DOHERTY, S.T. (2009). Exploring the route choice decision-making process: A comparison of planned and observed routes obtained using person-based GPS, *Transportation research, part F*, 12, 347-358.
- PEARSON, D., 2004. A comparison of trip determination methods in GPS-enhanced household travel surveys. *84th Annual Meeting of the Transportation, Research Board, Washington, DC*.
- SHOVAL, N., AUSLANDER, G., COHEN-SHALOM, K, MICHAL ISAACSON, M., LANDAU, R., HEINIK, J., (2010). What can we learn about the mobility of the elderly in the GPS era?, *Journal of transport geography*, n°18, 603-612.
- STOPHER, P., JIANG, Q., FITZGERALD, C., 2005. Processing GPS data from travel surveys. *28th Australasian Transport Research Forum*, Sydney, Australia.
- STOPHER, S., FITZGERALD, C. & ZHANG, J. (2008). Search for a global positioning system device to measure person travel, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 16 (3), 350-369.
- WIEHE, S.E., CARROLL, A.E., LIU, G.C., HABERKORN, K.L., HOCH, S.C., WILSON, J.S., FORTENBERRY, J.D. (2008). Using GPS-enabled cell phones to track the travel patterns of adolescents, *International Journal of Health Geographics*, 7(22), 1-11.
- WOLF, J., GUENSLER, R., & BACHMAN, W. (2001). Elimination of the travel diary: An experiment to derive trip purpose from GPS travel data, *Transportation Research Record*, 1768, 125–134.
- WOLF, J., OLIVEIRA, M., THOMPSON, M., (2003). Impact of underreporting on mileage and travel time estimates – results from Global Positioning System enhanced household travel survey, *Transportation Research Record*, 1854, 189–198.

