



HAL
open science

Se déplacer en voiture à Boston : essai de mesure de circulation en temps réel par usage des floating car data (données flottantes automobiles)

Gerald Billard, Alain Wrobel

► To cite this version:

Gerald Billard, Alain Wrobel. Se déplacer en voiture à Boston : essai de mesure de circulation en temps réel par usage des floating car data (données flottantes automobiles). NETCOM : Réseaux, communication et territoires / Networks and Communications Studies, 2015, 29-1/2, pp.203 - 222. 10.4000/netcom.1934 . hal-01626049

HAL Id: hal-01626049

<https://hal.science/hal-01626049>

Submitted on 3 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Netcom

Réseaux, communication et territoires

29-1/2 | 2015

Tracer sa route à l'heure du numérique

Se déplacer en voiture à Boston : essai de mesure de circulation en temps réel par usage des *floating car data* (données flottantes automobiles)

Driving in Boston area : essay to measure the real time traffic flow by using floating car data

Gérald Billard et Alain Wrobel



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/netcom/1934>

DOI : 10.4000/netcom.1934

ISSN : 2431-210X

Éditeur

Netcom Association

Édition imprimée

Date de publication : 14 décembre 2015

Pagination : 203-222

ISSN : 0987-6014

Ce document vous est offert par Nantes Université



Référence électronique

Gérald Billard et Alain Wrobel, « Se déplacer en voiture à Boston : essai de mesure de circulation en temps réel par usage des *floating car data* (données flottantes automobiles) », *Netcom* [En ligne], 29-1/2 | 2015, mis en ligne le 17 décembre 2015, consulté le 03 novembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/netcom/1934> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/netcom.1934>



Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International - CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**SE DEPLACER EN VOITURE A BOSTON :
ESSAI DE MESURE DE CIRCULATION EN TEMPS REEL PAR
USAGE DES *FLOATING CAR DATA* (DONNEES FLOTTANTES
AUTOMOBILES)**

BILLARD GERALD¹, WROBEL ALAIN²

Résumé - *Comment mesurer les temps de trajets réels des automobilistes dans les métropoles américaines ? Tout en introduisant la problématique de l'adaptation de l'urbanisme aux nouveaux enjeux de la mobilité aux États-Unis, cet article a pour objectif simple d'exposer une méthodologie développée afin de mesurer l'accessibilité d'un lieu donné. L'originalité de cette méthode est l'exploitation des données en ligne fournies en temps réel par le site TomTom.*

Mots-clés - *mobilité, mesure, données flottantes automobiles, GPS, Boston.*

Abstract - *How could we measure the real car travel time in the US metropolitan areas ? After introducing the context of urban planning and the new issues of mobility in the United States, this paper will present a new methodology developed to measure the accessibility of a given place. This original method uses real time data extracted from the TomTom website.*

Key-words - *mobility, measure, Floating Car Data, GPS, Boston.*

INTRODUCTION

En 2009, la loi « *American CleanEnergy and Security Act* » votée aux États-Unis pose comme objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Outre le défi de la diminution de la dépendance vis-à-vis de fournisseurs étrangers et de la réduction de la production issue des ressources en hydrocarbure, cette réflexion engagée par les États-Unis sur la problématique de la reconversion énergétique renvoie en partie à la question des modes d'habiter des Américains. Elle soulève aussi la question de l'étalement urbain

¹ Professeur, Université du Maine, CNRS UMR 6590 ESO-Le Mans, gerald.billard@univ-lemans.fr

² Ingénieur d'études, Université du Maine, CNRS UMR 6590 ESO, alain.wrobel@univ-lemans.fr

(*urban sprawl*) et des modes de déplacement. La durabilité de la ville américaine ne peut se penser sans s'interroger sur la place de l'automobile individuelle et de l'agencement métropolitain qui a favorisé, notamment après la Seconde Guerre mondiale, la construction d'immenses *suburbs* à la faible urbanité fonctionnelle et sociale. En réponse à cette dépendance de la voiture, l'une des voies explorées dans les métropoles états-unienne réside dans le déploiement de plus en plus systématique d'un urbanisme articulé autour des réseaux de transports de masse, notamment les transports en commun en site propre. Derrière cette logique d'aménagement se pose le problème du choix des usagers et notamment du différentiel de temps de trajet entre l'automobile et les transports en commun. Depuis 2006, TomTom, le constructeur de système de navigation automobile collecte anonymement les données des utilisateurs de ses produits (60 millions dans le monde)³ afin de générer des cartes de trafic dynamiques (vitesses de déplacement, points de ralentissement) et offrir en retour des alternatives de routes plus fluides pour les automobilistes⁴. En exploitant le va-et-vient de ces données émises et reçues par les GPS et téléphones embarqués (*Floating Car Data - FCD* ou données flottantes automobiles), l'objectif de cet article est de présenter une tentative de mesure en « temps réel » de la circulation automobile et de comparer au final la différence d'accessibilité au centre-ville entre véhicules individuels et transports en commun.

I. L'ARTICULATION ENTRE URBANISME ET TRANSPORTS EN COMMUN AUX ETATS-UNIS

En 2010, le recensement américain (*US Census*) estime que 230 millions de véhicules (voitures + minivans) circulent aux États-Unis. Sur les 71,8 millions de navetteurs, 81,9 % utilisent seuls leur voiture pour se rendre sur leur lieu de travail pour un temps de trajet domicile/travail de 26 mn et une distance de 30 km en moyenne. Néanmoins, certains chiffres témoignent de situations particulièrement symptomatiques de la dépendance à l'automobile aux États-Unis : 1,7 million d'Américains passent plus de 90 mn le matin pour se rendre au travail en voiture. Aujourd'hui, proposer une alternative urbanistique au modèle suburbain est aussi une manière de lutter contre l'usage de l'automobile. Actuellement une piste est largement explorée par de nombreuses agglomérations (San Diego, Portland, Houston, Jacksonville...) : la densification et la diversification fonctionnelle des espaces voisins des stations de métro et de tramway. Selon Hamman (2011 : 13), la réflexion et les réalisations de réseaux de transport en commun « *doivent être perçues comme des actions à dimensions multiples visant à (re) façonner la ville et/ou une agglomération, suivant une combinaison variable de plusieurs référentiels (environnemental, social, économique...)* ».

³ VAN RIJMENAM M (2015), TomTom Takes Big Data To the Extreme, <https://datafloq.com/read/tomtom-big-data/515>

⁴ TomTom (2012), Real time & historical traffic, <http://www.tomtom.com/lib/doc/licensing/RTTHT.EN.pdf>

En 2010, sur les 4 416 stations de métro ou de tramway, environ 1 580 sont concernées par un projet *Transit-Oriented Development* (TOD), dans une cinquantaine d'aires métropolitaines états-uniennes. Cette nouvelle stratégie reposant sur l'articulation entre urbanisme et transports en commun se présente comme un cheval de Troie d'un mouvement plus global (*Smart Growth*), visant notamment à la densification et à la création de nouvelles centralités urbaines, dans des métropoles américaines en proie à l'étalement urbain (Billard, 2010). D'un point de vue générique, un projet reprenant les principes du TOD s'articule géographiquement autour d'une station de métro, de tramway ou de train, généralement connectée à une voire plusieurs lignes de bus (principe d'interconnexion des réseaux de transport de masse). Ce caractère de transit multimodal est souvent renforcé par la présence de parking-relais permettant un transfert de charge. Autour de ce point nodal, une zone d'environ 400 m de rayon est ciblée pour accueillir les opérations immobilières les plus denses (*core area*). La plupart des municipalités appliquent une régulation foncière dans ces *core areas* autorisant la construction d'immeubles de grande hauteur à vocation tertiaire et résidentielle. À côté des tours d'affaires et résidentielles, les commerces de détail, restaurants, cafés, cinémas et parfois les crèches ou bibliothèques, voire les bâtiments administratifs, complètent le caractère multifonctionnel de cet espace central. Du fait de la densité et la diversité des fonctions, la priorité est donnée aux cheminements piétonniers. La qualité du design et du mobilier urbain, de l'éclairage, de l'aménagement des trottoirs et des places doit contribuer au retour d'un urbanisme de rue favorisant les interrelations sociales. Au-delà de ce *core area*, l'occupation des sols est généralement moins dense dans un périmètre compris entre 400 et 800 m de la station de transit. Bien que la diversité de l'utilisation des sols soit maintenue, les densités constructibles ont tendance à décroître afin d'assurer une transition douce vers des quartiers périphériques présentant parfois un profil résidentiel de maisons individuelles.

En théorie, ces opérations immobilières sont porteuses de nombreux bénéfices pour la collectivité. Tout d'abord, les TOD ont pour vocation de favoriser l'usage des transports en commun en facilitant les connexions entre les réseaux et en offrant une proximité entre la station et une offre de services et de commerces. Logiquement par effet de balancier, la hausse des usagers des transports en commun et la concentration de commerces, bureaux et logements doivent faire diminuer la congestion automobile et les accidents de la circulation. Ceci participerait aussi à une échelle macro à la lutte contre l'émission des gaz à effet de serre, responsables du réchauffement climatique. Au niveau de l'aménagement urbain en lui-même, ce sont des arguments autour de l'amélioration de la qualité de vie qui sont avancés : moins de stress, plus d'espaces porteurs de socialisation et d'échanges communautaires, un cadre de vie valorisé et valorisant... Les supporters des principes des TOD reprennent ainsi la rhétorique néo-traditionaliste déjà portée par les défenseurs du *new urbanism*, en vogue depuis le milieu des années 1990 aux États-Unis. Enfin, pour les municipalités, les TOD représentent une chance de retour sur investissement dans un premier temps, puis de consolidation de la revalorisation foncière à moyen et long terme.

Malgré la réussite reconnue de certaines opérations comme à Dallas par exemple, (Billard, 2011), dynamisées par les investissements publics, y compris fédéraux⁵, une question simple se pose aux aménageurs : les Américains sont-ils prêts culturellement à lâcher leur voiture ? A Dallas, si 62 % des résidents de Dallas apprécient le *light rail train* (transport en site propre de type tram-train), seuls 4,4 % d'entre-eux l'utilisent pour aller travailler. L'augmentation du coût de l'essence (0,65 euro/litre de Sans Plomb aujourd'hui contre 0,43 euro en moyenne en 2000) ne modifie guère les comportements de transfert modal vers les transports en commun. Seuls 5 % des actifs pratiquant les migrations pendulaires aux États-Unis utilisent les transports en commun (US Census, 2010).

Pour Walker (2012 : 27), le transport en commun doit répondre à sept besoins pour l'utilisateur dont « se déplacer là où il a envie », « quand il a envie » et avec « une optimisation de son temps de trajet ». Des premiers travaux exploratoires sur l'aire métropolitaine de Dallas (A. Wrobel et G. Billard en 2013), utilisant des comparaisons de temps de trajet entre les transports en commun et la voiture⁶, avaient montré que la voiture individuelle était toujours plus rapide. Seuls, les transports en commun en site propre permettaient de diminuer le différentiel entre les deux modes de transport mais sans remettre en cause l'hégémonie de la voiture. Cependant, la méthodologie mobilisée pour nos calculs souffrait à l'époque d'un handicap majeur : les temps de trajet automobile n'étaient en aucun cas impactés par l'état d'encombrement du réseau routier, les accidents, la météo... Nous avons donc cherché à pallier ce problème en tentant de calculer des trajets automobiles en temps réel, aux heures de pointe.

II. MESURER LES TEMPS DE TRAJET EN VOITURE INDIVIDUELLE : L'EXEMPLE DE BOSTON

Depuis la fin des années 2000, de nombreux travaux explorent les possibilités d'exploitations des *Floating Car Data* (FCD) à des fins de modélisation, de prédiction du trafic automobile (Wuest, Mioc, 2007), voire de la surveillance et du contrôle de véhicules à distance (Devikiruba, 2013). Nombreuses sont les études qui utilisent les signaux émis par les taxis en combinant une analyse GPS et SIG et en mobilisant des algorithmes relativement complexes⁷. Si le fondement de notre méthodologie s'inscrit dans ce mouvement du recours au *crowdsourcing* (remontée directe d'informations via les usagers), notre approche se veut plus ergonomique par une modélisation utilisant les principes du carroyage (et non le linéaire viaire) et de la représentation en isochrones. Afin de collecter les données embarquées (FCD), nous exploitons les informations

⁵ *Transportation Bill, Moving Ahead for Progress in the 21st Century*, juillet 2012.

⁶ Comparaison des temps d'accessibilité au centre de Dallas entre l'usage des transports en commun (y compris accès aux stations et correspondances) et celui de la voiture individuelle en utilisant le site *Google Maps*.

⁷ SHI W., KONG Q., LIU Y. (2008).

fournies par le site *TomTom Route Planner* (véhicule individuel)⁸. Cette base de données est alimentée par les GPS et Smartphones embarqués dans les voitures utilisant les informations de navigation fournies en temps réel par les services *TomTom*, en tenant compte notamment des ralentissements du trafic. En fait, la méthodologie repose globalement sur trois étapes qui vont de la délimitation de l'aire de mesure, la collecte puis la représentation des données.

2.1. La détermination de l'espace de travail

A l'origine, ce travail de mesure des temps de trajets en véhicule individuel a été calibré pour permettre une comparaison entre une dizaine de métropoles aux États-Unis. Même si l'exemple développé dans cet article est celui de Boston, il a donc fallu choisir dès le début de nos travaux une aire géographique suffisamment pertinente pour rendre compte à la fois des effets de la double relation suburbanisation/motorisation et de l'emprise des réseaux de transports en commun⁹. Cette définition spatiale devait aussi prendre en compte nos contraintes concernant la précision de notre carroyage afin de ne pas trop peser sur nos temps de calcul informatique, tout en assurant une certaine finesse à notre découpage. Pour des raisons à la fois techniques et géographiques, notre choix s'est donc porté sur un carré de 50 km de côté, centré sur l'hôtel de ville de la ville-centre principale¹⁰.

En partant de cette base géométrique, un fond de carte virtuel est élaboré en prenant pour base un carroyage constitué par une grille de 250x250 mailles (200 m x 200 m) auquel est associé une table attributaire correspondante : ainsi 62 500 cellules sont générées puis identifiées par leur position en ligne et colonne dans la grille. Dans un second temps, pour des considérations encore une fois techniques (temps de traitement) mais aussi esthétiques, ce fond de carte virtuel a été limité à un cercle de 125 mailles de rayon, ce qui réduit la table à un peu plus de 49 000 cellules (cf. Figure 1). Ce même principe est également utilisé afin de transformer la zone de travail géographique : notre aire de calcul s'étend donc dans un cercle de 25 km de rayon, toujours centré sur l'hôtel de ville.

⁸ Si nous ne disposons pas des chiffres précis pour les États-Unis, TomTom revendique 60 milliards de remontées de données par jour, dans le monde (GPS, GSM, capteurs sur la route...) avec une actualisation du statut du trafic sur les routes toutes les 30 secondes.

⁹ Le deuxième objectif des travaux est de comparer nos résultats à nos calculs des temps en de trajet en transport en commun.

¹⁰ L'hôtel de ville (City Hall) est souvent localisé à toute proximité des quartiers d'affaires centraux, de certains équipements structurants (palais des sports, centre de congrès...) et du nœud principal de transport en commun (gare, métro, réseau de bus...).

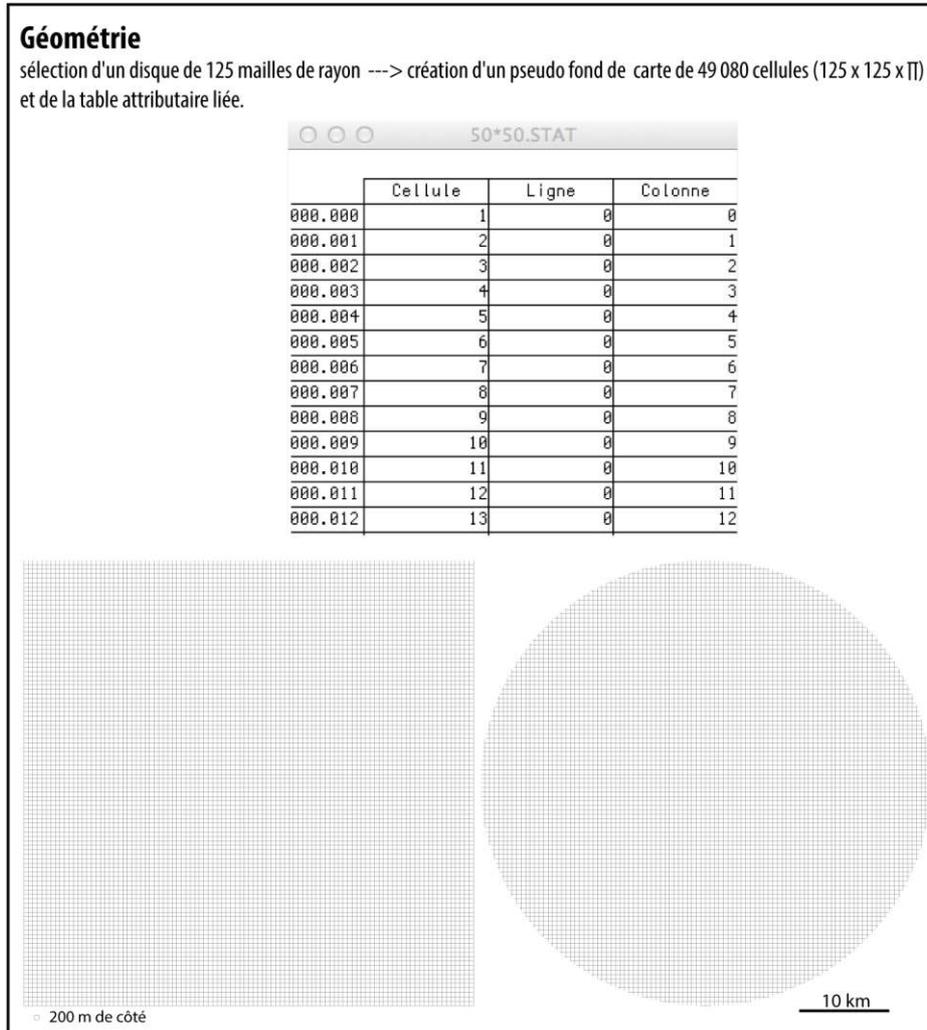


Figure 1 : le fond de carte virtuel.

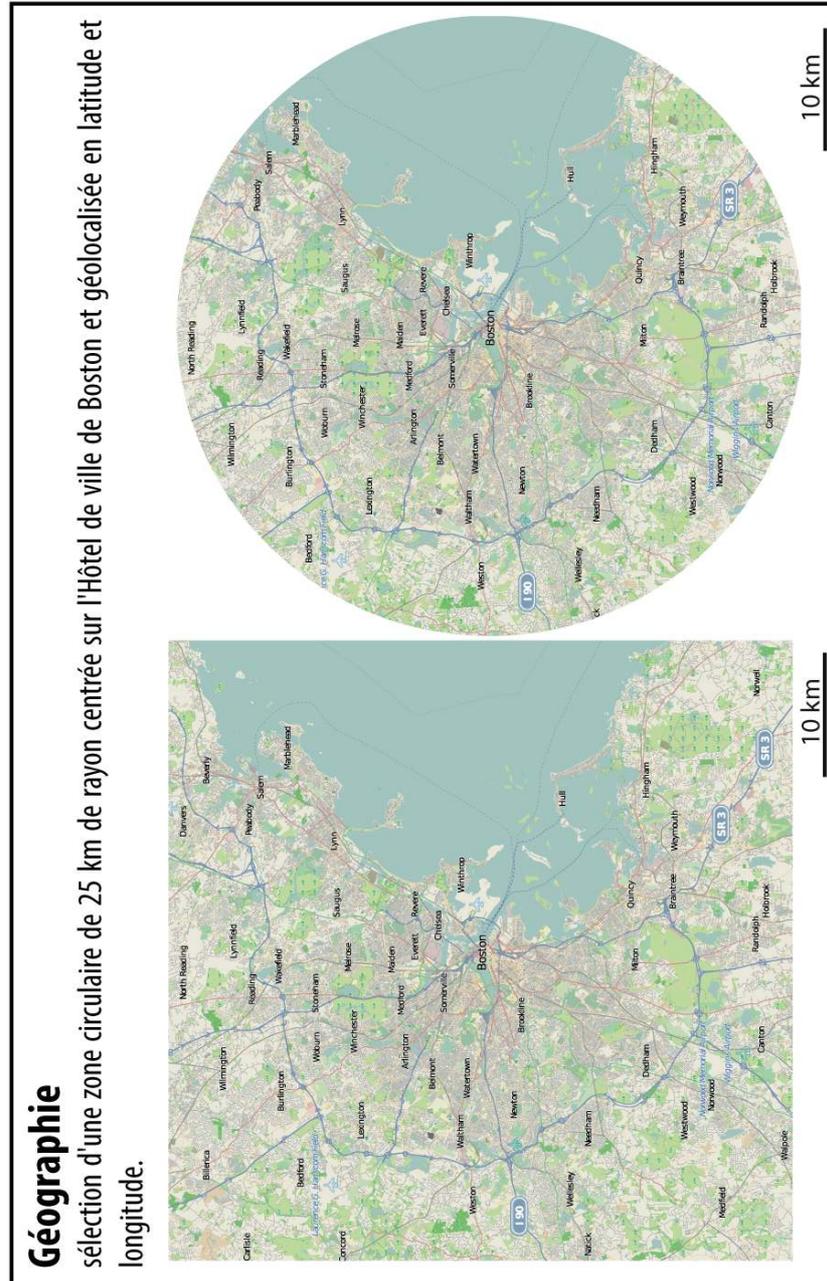


Figure 2 : La délimitation de l'aire géographique (exemple de Boston).

A ce stade, il est maintenant possible de fusionner les grilles géographiques et géométriques servant de cadre à nos calculs. Chaque maille de la grille correspond alors

à un carré de 200 m de côté auquel est affecté en X/Y les coordonnées latitude et longitude de son centre : ces dernières sont ensuite mémorisées dans la table attributaire (cf. Fig. 3). Pour terminer, un dernier rognage de l'espace de travail est effectué en excluant les mailles correspondant à l'océan, aux lacs et rivières ou encore aux zones marécageuses (cf. Fig. 4). Lors de cette étape, l'usage d'un SIG (comparaison des coordonnées de mailles avec une couche SIG) est nécessaire. Pour nos calculs sur Boston, les mailles non couvertes par la MBTA (Massachusetts Bay Transportation Authority) ont également été rognées en partant des itinéraires demandés vers le centre-ville, requêtes non retournées par *Google Transit*. Au final, notre grille se compose de 35 000 mailles/cellules actives sur Boston.

Détermination de la latitude et de la longitude du centre de chacune des cellules (celles ci correspondent ainsi à des mailles de 200 m de côté). Stockage des coordonnées dans la table attributaire.

	Cellule	Ligne	Colonne	OK	Lat	Long	RND	
	000.114	115	0	114	5	42.5844006	-71.0829994	2698
	000.115	116	0	115	6	42.5844006	-71.0805566	9220
	000.116	117	0	116	5	42.5844006	-71.0781138	6915
	000.117	118	0	117	5	42.5844006	-71.0756710	17567
	000.118	119	0	118	1	42.5844006	-71.0732282	9748
	000.119	120	0	119	1	42.5844006	-71.0707854	25465
	000.120	121	0	120	6	42.5844006	-71.0683426	26677
	000.121	122	0	121	5	42.5844006	-71.0658998	9449
	000.122	123	0	122	1	42.5844006	-71.0634570	11070
	000.123	124	0	123	5	42.5844006	-71.0610142	13878
	000.124	125	0	124	4	42.5844006	-71.0585714	18787
	000.125	126	0	125	4	42.5844006	-71.0561286	26811
	000.126	127	0	126	2	42.5844006	-71.0536858	9745
	000.127	128	0	127	5	42.5844006	-71.0512430	8504
	000.128	129	0	128	4	42.5844006	-71.0488002	487
	000.129	130	0	129	4	42.5844006	-71.0463574	20834
	000.130	131	0	130	4	42.5844006	-71.0439146	22683
	000.131	132	0	131	8	42.5844006	-71.0414718	20623
	000.132	133	0	132	7	42.5844006	-71.0390290	17981
	000.133	134	0	133	1	42.5844006	-71.0365862	15001
	000.134	135	0	134	6	42.5844006	-71.0341434	17785
	000.135	136	0	135	3	42.5844006	-71.0317006	6280
	001.106	357	1	106	6	42.5826018	-71.1025418	2704
	001.107	358	1	107	8	42.5826018	-71.1000990	13319

Figure 3 : La table attributaire de notre aire de travail.

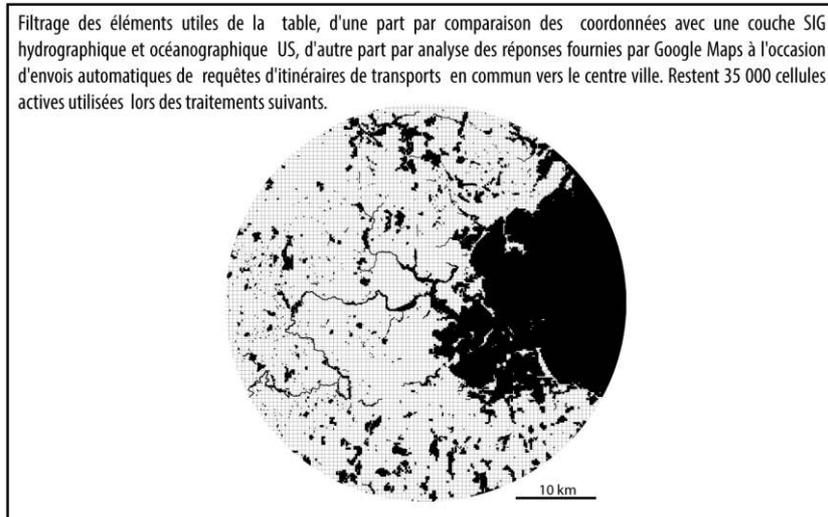


Figure 4 : Le filtrage des éléments utiles pour déterminer les cellules actives.

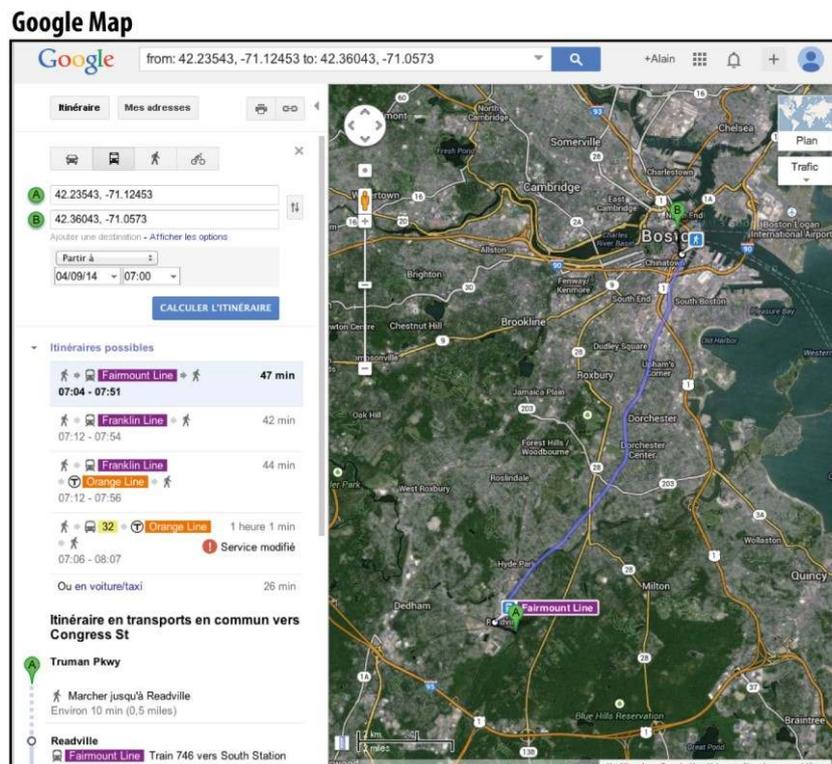


Figure 5 : Le calcul des mailles non couvertes par les transports en commun.

2.2. La collecte des données « temps de transport »

Même si notre objectif est d'exposer la méthodologie déployée afin de calculer les temps de trajets en automobile, il n'en reste pas moins que notre travail s'inscrit aussi dans une démarche de comparaison avec les transports en commun (bus, métro, train de banlieue, ferry). En nous appuyant sur la grille élaborée dans la première étape, un envoi automatique de requêtes sur Google Maps nous permet de déterminer les temps de trajets entre chaque maille de notre grille géoréférencée et le carré dans lequel se localise le *city hall*. Nos calculs ne s'effectuent pas « en temps réel », c'est-à-dire qu'ils ne tiennent pas compte des perturbations de trafic entraînant des retards dans le service de transport en commun (incidents techniques, conditions de circulation sur le réseau routier). Cet élément est important à souligner car Google Maps utilise des itinéraires multimodaux entre les stations (correspondance bus et métro par exemple) et calcule les temps d'accès à pied ou en voiture au point de départ et d'arrivée¹¹. Comme nous effectuons une mesure aux heures de pointe, nous avons choisi un départ à 7h00 (cet horaire sera identique pour les automobilistes). Néanmoins, comme le font les sites des opérateurs de transports en commun¹², les départs indiquent un horaire à « partir de 7h00 » (heure locale) et non à « 7h00 » pour laisser plus d'amplitude possibles aux usagers. Il est important de souligner ce biais car un bus partant à 6h59 ne sera pas pris en compte alors que le suivant passant à 7h14 par exemple sera celui choisi pour le calcul.

Nous pouvons ainsi générer une première carte sous forme d'isochrones présentant les temps d'accès différenciés de chaque partie du territoire métropolitain au centre-ville. Dans un second temps, cette carte est lissée avec un rayon de 400 m afin de rendre sa lecture plus lisible et gommer partiellement les effets de durée de traitement qui prend plusieurs minutes (cf. Fig. 6)¹³. Le même traitement sera appliqué pour la représentation des résultats concernant les trajets automobiles.

¹¹ Au delà d'une certaine distance à la station de métro ou arrêt de bus les plus proches, Google Maps fait le choix d'utiliser la voiture au lieu de la marche à pied.

¹² voir par exemple le site de la Massachusetts Bay Transportation Authority http://www.mbtta.com/rider_tools/trip_planner/

¹³ Toutes cartes finales ont été réalisées par Sébastien Angonnet, ingénieur cartographe, ESO-Le Mans.

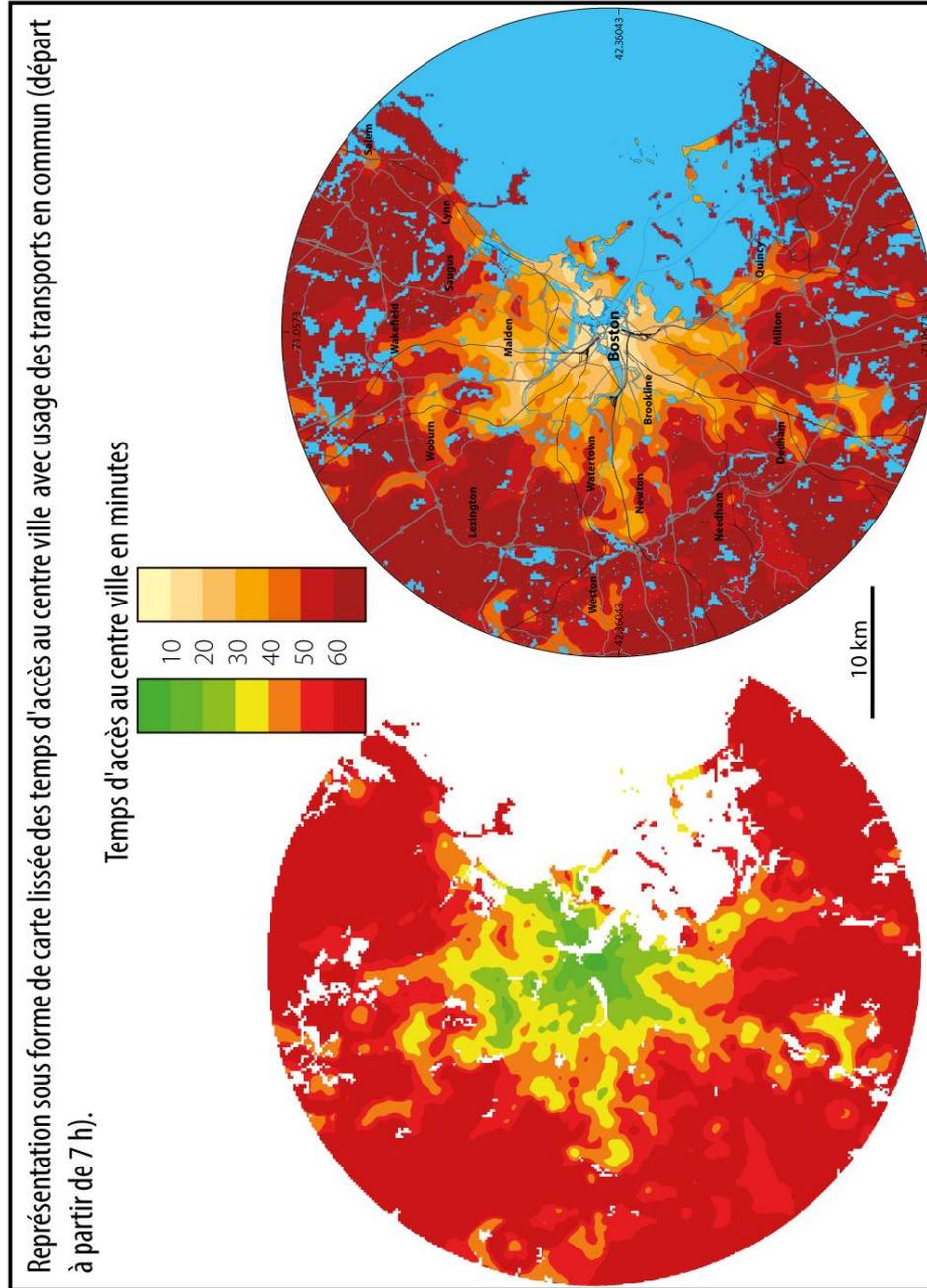


Figure 6 : Carte initiale puis lissée des temps d'accès au centre-ville de Boston en transports en commun.

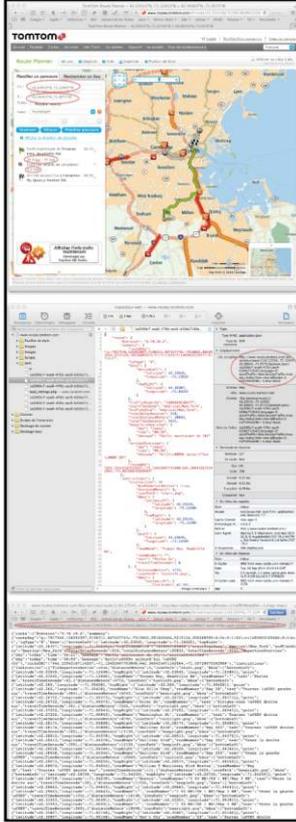
Concernant maintenant les temps de trajets en voitures, les informations sont obtenues en temps réel depuis le serveur web du site TomTom. Un envoi automatique de 35 000 requêtes, correspondant à toutes les cellules actives de notre grille, est donc effectué à 13h00 heure française, soit 7h00 heure de Boston. Ce traitement est effectué à partir d'une application Macintosh nommée Moulineks et développée au sein d'ESO-Le Mans : il combine un générateur automatique de requêtes http et un "parseur" de code source html. Ce programme crée de façon automatique une requête compréhensible par le serveur de TomTom¹⁴ et correspondant à la question "*combien de temps faut-il en ce moment pour aller du point A au point B*", puis il lance la demande sur le réseau (requête http). Il récupère ensuite la réponse retournée par le serveur (code source html) et l'analyse pour en extraire la réponse (*parsing*) et la stocker dans un fichier. La procédure sera répétée jusqu'à ce que l'ensemble des mailles de la zone d'étude soit couvert.

Afin de limiter les effets de désynchronisation durant l'interrogation du site TomTom, une exécution aléatoire (*random*) et simultanée du programme sur 8 copies permet de réduire le temps de requêtes à 1/2h. D'un point de vue méthodologique, avec une cadence de 3 requêtes par seconde, il faudrait environ près de 3h30 pour effectuer le balayage de notre aire d'étude en utilisant un seul programme : nous évitons ainsi un différentiel trop important entre le début et la fin de notre mesure. Néanmoins, ceci n'empêche pas que 2 mailles voisines puissent être traitées avec un peu moins d'1/2h d'écart. Au cours d'une semaine mais à la même heure, l'opération est répétée plusieurs jours avec une randomization différente à chaque exécution pour tenter de neutraliser en partie les effets ponctuels liés à la météo, les accidents, les travaux sur le réseau routier ou encore plus simplement la durée du traitement : ceci évite aussi que la même cellule soit interrogée toujours dans le même ordre lors de nos calculs sur plusieurs matinées. Sur la figure 8, les quatre exemples de mesures réalisées sur l'aire métropolitaine montrent bien des différences significatives, surtout lors de la journée du 13 et du 16 décembre 2013 alors que des épisodes neigeux s'étaient abattus sur la région de Boston. Le 16 décembre, il fallait en moyenne 37 mn aux automobilistes pour rejoindre le centre-ville contre 29 mn le lendemain¹⁵, soit une augmentation d'environ 50 % de la durée des temps de trajet. La carte finale (cf. Fig. 9) est donc élaborée en calculant une moyenne à partir de plusieurs traitements quotidiens lancés à 7h00 alors que les migrations pendulaires impactent fortement, en théorie, le réseau routier et autoroutier.

¹⁴ <http://www.routes.tomtom.com/#/route/>

¹⁵ A 5h du matin (heure de locale), il faut en moyenne 25 mn aux automobilistes pour rejoindre le centre-ville de Boston sur un réseau fluide.

Tom Tom



Lancement sur quatre jours différents d'envois automatiques de requêtes de calcul d'itinéraires avec utilisation de véhicule individuel sur les serveurs web de TomTom. Chaque requête étant lancée entre 7 h et 7 h 30 (heure locale) après randomization de l'ordre d'exécution.

1

This screenshot shows a web form for calculating routes. It includes fields for 'De' (start) and 'A' (end), a 'Calculer' button, and a 'Véhicule' dropdown menu. Below the form, there's a list of results with columns for 'ID', 'Chemin', 'L' type', 'Distance', 'DW', 'EUT', 'ETA', 'ETA', and 'MST'. The results are listed in a table format.

2

This screenshot shows a data table with columns for 'ID', 'Chemin', 'L' type', 'Distance', 'DW', 'EUT', 'ETA', 'ETA', and 'MST'. The table contains multiple rows of data, representing different route calculations.

3

This screenshot shows a data table with columns for 'ID', 'Chemin', 'L' type', 'Distance', 'DW', 'EUT', 'ETA', 'ETA', and 'MST'. The table contains multiple rows of data, representing different route calculations.

4

This screenshot shows a data table with columns for 'ID', 'Chemin', 'L' type', 'Distance', 'DW', 'EUT', 'ETA', 'ETA', and 'MST'. The table contains multiple rows of data, representing different route calculations.

Figure 7 : La procédure d'interrogation à distance du site web TomTom.

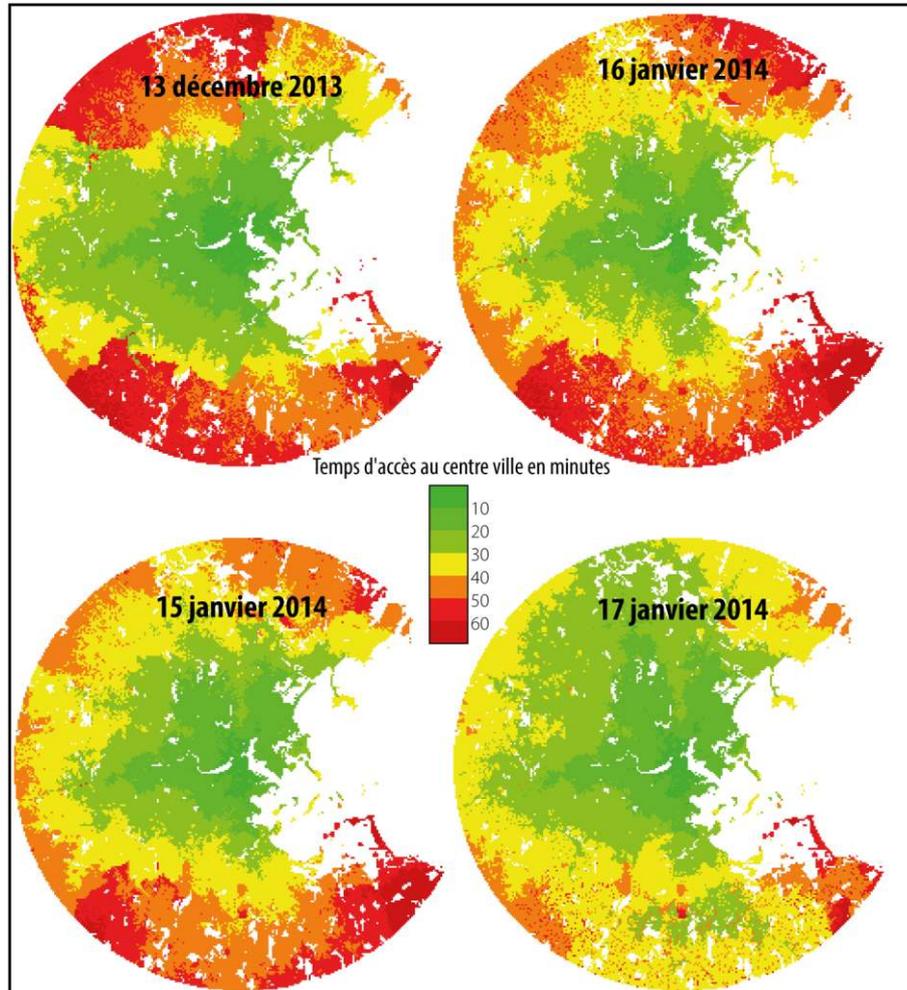


Figure 8 : Mesure des temps d'accès en automobile au centre-ville de Boston sur 4 jours différents.

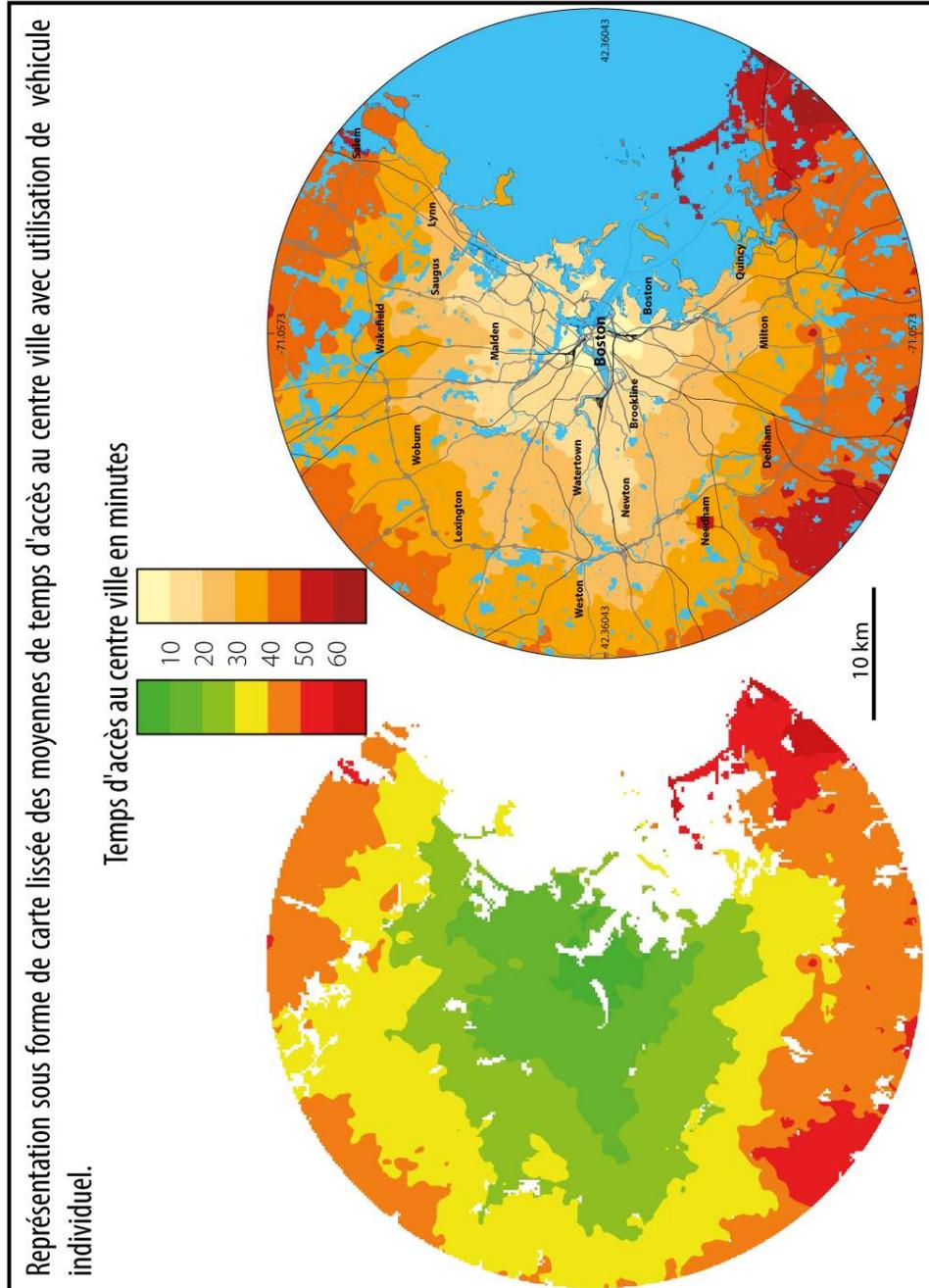


Figure 9: Carte finale des temps d'accès au centre-ville de Boston en voiture individuelle (Février 2014).

CONCLUSION : UNE MESURE ACCEPTABLE DES TEMPS DE TRAJETS ?

Comme déjà souligné dans cet article, notre objectif est de tendre, à terme, vers une mesure comparée des temps de trajets entre transports de masse et automobile. La méthodologie ainsi développée, en interrogeant d'une part le site *Google Maps* et celui de *TomTom*, permet en premier lieu de calculer séparément les temps d'accès au centre-ville. L'un des avantages de la méthode est de pouvoir paramétrer de nouveau le point d'arrivée des trajets en fonction du lieu choisi (stade, hôpital, zone commerciale ou d'activités) : il est possible alors d'approcher la notion d'accessibilité théorique d'un lieu en fonction du moyen de transport utilisé et de l'heure de la journée. Il est bien entendu accepté que le trajet soit linéaire (de A à B), ne prenant pas en compte les pérégrinations et détours possibles. Néanmoins, cette méthode est reproductible à la fois sur une aire géographique donnée (en changeant la localisation du point B) mais également transposable d'une métropole à l'autre en partant de la même grille, sous réserve de la disponibilité des données en ligne. Des comparaisons de fluidités, de vitesses de circulations, de couverture efficiente des réseaux de transport peuvent donc être menées entre plusieurs aires métropolitaines aux États-Unis.

Cependant, si nous avons déjà évoqué les limites de l'utilisation des données *Google Maps* pour les transports en commun, l'extraction en temps réel des données en ligne sur le site TomTom dure 30 minutes ce qui pose également des biais dans la méthode. Tout d'abord, la durée dans le lancement des requêtes fait que durant une demi-heure les conditions de circulation peuvent évoluer rapidement et impacter les temps de trajets, surtout pour les navetteurs éloignés : en lançant une requête à 7h00, pour un automobiliste ayant un temps de trajet estimé à 1h00, impossible de savoir si les conditions du réseau routier à 7h35 (soit 5 mn après la fin de notre mesure) lui feront perdre ou gagner du temps au final. D'ailleurs, plus globalement, l'évolution de la circulation (accidents, ralentissements, épisodes neigeux ou pluvieux) n'est plus pris en compte une fois que le calcul a été fait sur une cellule donnée : le temps de trajet entre le point A (carré de départ) et B (le centre-ville) restera figé puisque le programme ne traite qu'une seule fois la cellule durant la demi-heure de calcul. Autre élément, impossible de savoir si les voies réservées au co-voiturage sur le réseau routier, un aménagement largement diffusé aux États-Unis, sont pris en compte dans le calcul : ces couloirs *carpool* réservés généralement aux véhicules avec plus de 2 occupants sont généralement plus fluides aux heures de pointe. Nous ne prenons pas en compte non plus la présence de parkings plus ou moins éloignés et encombrés dans l'aire d'arrivée. Dire que nous mesurons la circulation automobile en temps réel est donc une affirmation que nous ne défendrons pas dans cet article qui se veut avant tout exploratoire en matière d'exploitation des données numériques en ligne.

Pourtant, à l'instar de la carte comparant les temps de trajets en transports en commun et en voiture automobile dans l'agglomération de Boston, nous nous approchons un peu plus d'une certaine réalité (cf. Fig 10). Avec notre précédente

méthode n'utilisant pas les données TomTom, nous avons montré qu'à Dallas, lorsque les transports en commun ne sont pas en site propre, abandonner sa voiture semble difficile : au-delà d'un périmètre de 5 km depuis les quartiers centraux, il faut au moins 30 à 40 mn de plus pour rejoindre en bus le centre-ville depuis la périphérie. Dans certains secteurs suburbains de la métropole texane, l'écart de temps de trajet entre l'usage de l'automobile et des transports collectifs peut dépasser l'heure : seuls les usagers empruntant le *light rail train* (équivalent d'un tram-train) ont un temps de trajet pratiquement équivalent entre la voiture et les transports en commun. A Boston, notre méthode permet d'affiner cette mesure. Si la voiture semble toujours gagnante quelque soit le point de départ et en tenant compte des conditions réelles de circulation, l'aire géographique dans laquelle les écarts sont de moins de 20 mn entre les deux modes de transports est largement plus étendue, y compris pour des zones non desservies par les transports en site propre. Pourtant, une constante persiste : dès que nous nous retrouvons dans le suburbain éloigné (rouge sur la carte – Fig. 10), un automobiliste voit son temps d'accès au centre-ville augmenté d'au moins une heure si l'envie lui prenait d'emprunter les transports en commun.

Depuis le début de la crise des *Subprimes* de 2007, la demande en logements collectifs s'est intensifiée aux États-Unis. Le nombre record de saisies de maisons (2,9 millions en 2000 ; 1,2 en 2011) ont stimulé en retour, la construction d'appartements pour des ménages en quête de logement locatif de plus petite dimension (Billard, Chevalier, 2012). Cette tendance à la densification urbaine observée dans de nombreuses villes (Atlanta, Houston, San Diego, Seattle...) et la remise en cause du tout-automobile déjà observable depuis la fin des années quatre-vingt dix ont ainsi été confortées par la crise immobilière et financière. Une enquête de *l'American's Center for Transit-Oriented Development* (<http://ctod.org/>) montrait déjà en 2004 que 71% des ménages les plus âgés désiraient vivre à proximité (*walking distance*) d'une station de transports en commun ; selon les mêmes sources, d'ici 2030, la moitié des ménages rechercherait un logement dans une zone TOD. Néanmoins, en raison de leur faible emprise foncière, les TOD ne peuvent supporter seuls la demande en logements, surtout que certains observateurs dénoncent déjà le caractère sophistiqué (condominium privés, commerces haut de gamme) et les prix trop élevés des logements dans les périmètres des stations de métro ayant subi de lourdes opérations d'aménagements urbains privés. La voiture a semble-t-il encore un avenir radieux dans les métropoles états-uniennes.

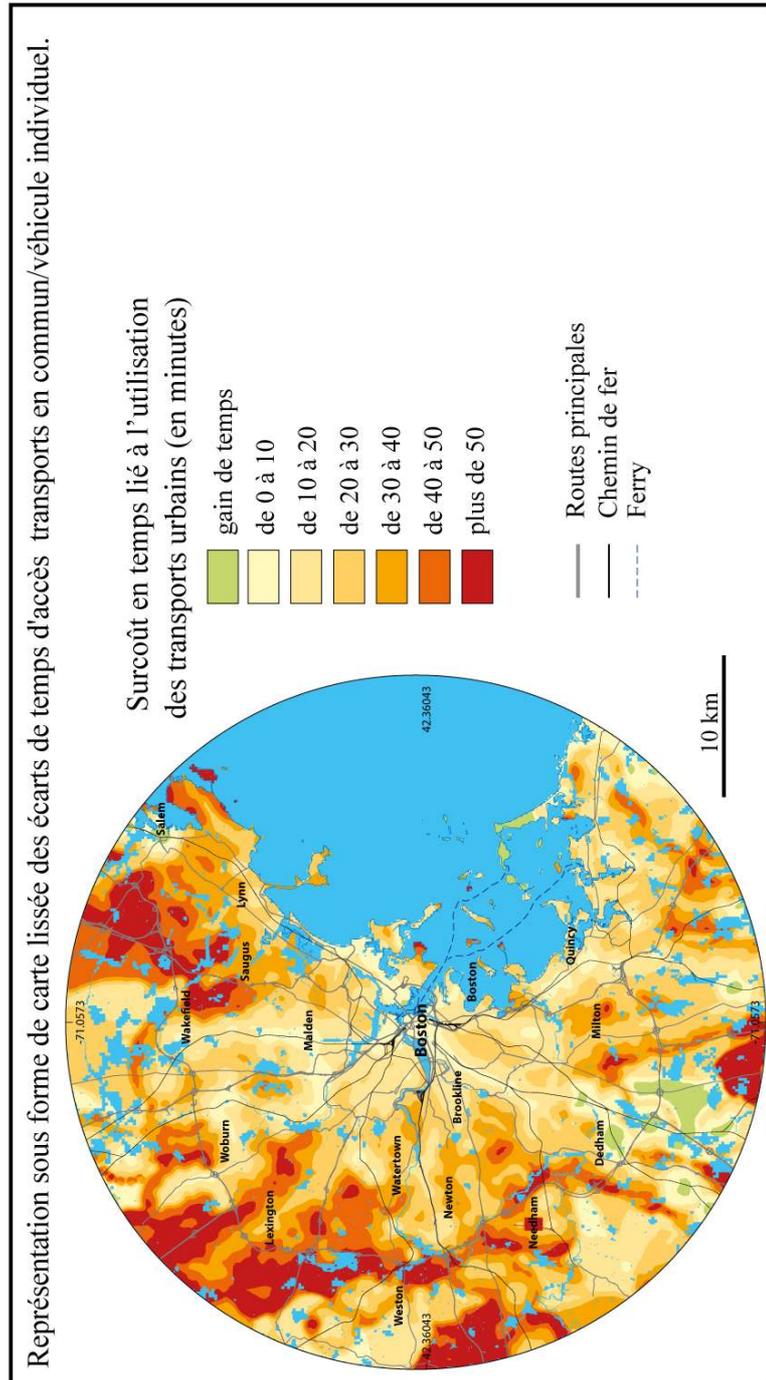


Figure 10 : Écarts des temps de trajets entre transports en commun et véhicules individuels (ces écarts montrent toujours un déficit de temps des transports en commun au profit des voitures).

BIBLIOGRAPHIE

- BILLARD G., CHEVALIER J. (2012), *Géographie et géopolitique des États-Unis*, Paris, Hachette, 221 p.
- BILLARD G. (2011), Transit Oriented Development : le cas de Dallas, *Études Foncières*, n°150, mars-avril 2011, 44-47.
- DEVIKIRUBA B. (2013), Vehicle Speed Control System Using GSM/GPRS, *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, Vol. 4 (6), 2013, 983-987.
- HAMMAN P. (dir.) (2011), *Le tramway dans la ville : le projet urbain négocié à l'aune des déplacements*, Rennes, PUR, 288 p.
- SHI W., KONG Q., LIU Y. (2008), *A GPS/GIS Integrated System for Urban Traffic Flow Analysis*, Proceedings of the 11th International IEEE, Conference on Intelligent Transportation Systems, Beijing, China, October 12-15, 2008.
- VAN RIJMENAM M (2015), *TomTom Takes Big Data To the Extreme*, <https://datafloq.com/read/tomtom-big-data/515>
- WALKER J. (2012), *Human Transit : how clear thinking about Public Transit can enrich our communities and our lives*, Washington, Island Press, 243 p.
- WUEST B. MIOC D. (2007), *Visualization and modeling of traffic congestion in urban environments*, 10th AGILE International Conference on Geographic Information Science 2007, Aalborg University, Denmark.

