



POLYTECH[®]
TOURS

Département
Aménagement et Environnement



Ecole d'ingénieurs
polytechnique
de l'université de Tours

CITERES
UMR 6173
Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement

Projet de Fin d'Etudes

IMPACTS DE FUTURS AMÉNAGEMENTS SUR LES FLUX DOMICILE-TRAVAIL DE L'AGGLOMÉRATION TOURANGELLE À L'HORIZON 2030



2017-2018

Semestre 9

Directeurs de recherche

SERRHINI Kamal

ANDRIEU Dominique

CHUSSEAU Aurélien
MULLER Olivier

Impacts de futurs aménagements sur les flux domicile-travail de l'agglomération tourangelle à l'horizon 2030 :

Quels tronçons routiers seront les plus affectés par les
flux domicile-travail liés au développement de la
métropole tourangelle ?

**CHUSSEAU Aurélien
MULLER Olivier**

**Directeurs de recherche
SERRHINI Kamal
ANDRIEU Dominique**

**2017-2018
Semestre 9**

Avertissement

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

Les auteurs de cette recherche ont signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,

Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement

Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

Remerciements

Durant ce semestre, nous avons pu compter sur le soutien et les conseils de plusieurs professionnels que nous souhaitons remercier.

M. Kamal SERRHINI, Directeur de Recherche de ce PFE et Enseignant-Chercheur à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, Département Aménagement, pour son encadrement et son suivi tout au long de notre travail, pour le temps qu'il nous a accordé ainsi que pour ses précieux conseils.

M. Dominique ANDRIEU, Géographe-Cartographe dans la recherche en sciences humaines et sociales, Ingénieur d'Etudes à la Maison des Sciences de l'Homme Val de Loire (MSH VdL) «Villes et Territoires » de l'Université de Tours, pour ses conseils et remarques avisés tout au long de ce travail de recherche.

M. Houssein ALAEDDINE, Post-Doctorant à l'École Polytechnique de l'Université de Tours, Département Aménagement, pour son Modèle d'Optimisation Spatio-Temporel (STOM) pour l'évacuation de la population située en zone inondable et exposée aux catastrophes naturelles ; et d'avoir apporté son aide technique.

Enfin, nous remercions toutes les autres personnes qui sont intervenues dans notre travail.

Sommaire

AVERTISSEMENT	5
FORMATION PAR LA RECHERCHE, PROJET DE FIN D'ETUDES EN GENIE DE L'AMENAGEMENT ET DE L'ENVIRONNEMENT	6
REMERCIEMENTS	7
SOMMAIRE	8
INTRODUCTION	10
ETAT DE L'ART	12
ETALEMENT URBAIN	12
MOBILITE	13
ACCESSIBILITE	14
MODELISATION	14
METHODOLOGIE ET MODELISATION	17
CONSTRUCTION DES DONNEES ET MODELISATION A L'ETAT ACTUEL.....	17
<i>Présentation des données d'entrée.....</i>	17
<i>Génération des actifs et des emplois par commune</i>	18
<i>Affectation des flux et choix du meilleur scénario</i>	19
CONSTRUCTION DES DONNEES POUR LE SCENARIO 2030	20
<i>Génération des actifs et des emplois par commune à l'horizon 2030</i>	21
Evolution à l'horizon 2030 du nombre d'actifs et d'emplois sur notre terrain d'étude	22
Densification du territoire (actifs et emplois).....	22
Etalement urbain.....	23
<i>Distribution des flux probables entre communes à l'horizon 2030 selon le modèle de Huff. 27</i>	
Modèle de Huff.....	27
Calibrage du modèle.....	28
RESULTATS ET ANALYSES	30
EVOLUTION DU NOMBRE D'ACTIFS ET D'EMPLOIS PAR COMMUNE ENTRE 2010 ET 2030.....	30
<i>Taux de croissance des actifs</i>	30
<i>Taux de croissance des emplois</i>	31
AFFECTATION DES FLOTS SUR LE RESEAU ROUTIER	32
COMPARAISON DES FLOTS DOMICILE-TRAVAIL ENTRE 2010 ET 2030	37
CONCLUSION.....	43
ANNEXES	44
<i>Annexe 1 : Interface de LogSTOM</i>	44
<i>Annexe 2 : Résultats du test de corrélation de Bravais-Pearson pour chaque scénario considéré pour la génération des flux en 2010 (source : PFE des années précédentes)</i>	44
BIBLIOGRAPHIE	46
TABLE DES ILLUSTRATIONS	49

<i>Cartes</i>	49
<i>Images</i>	49
<i>Graphiques</i>	50
<i>Schéma</i>	50
<i>Tableaux</i>	50

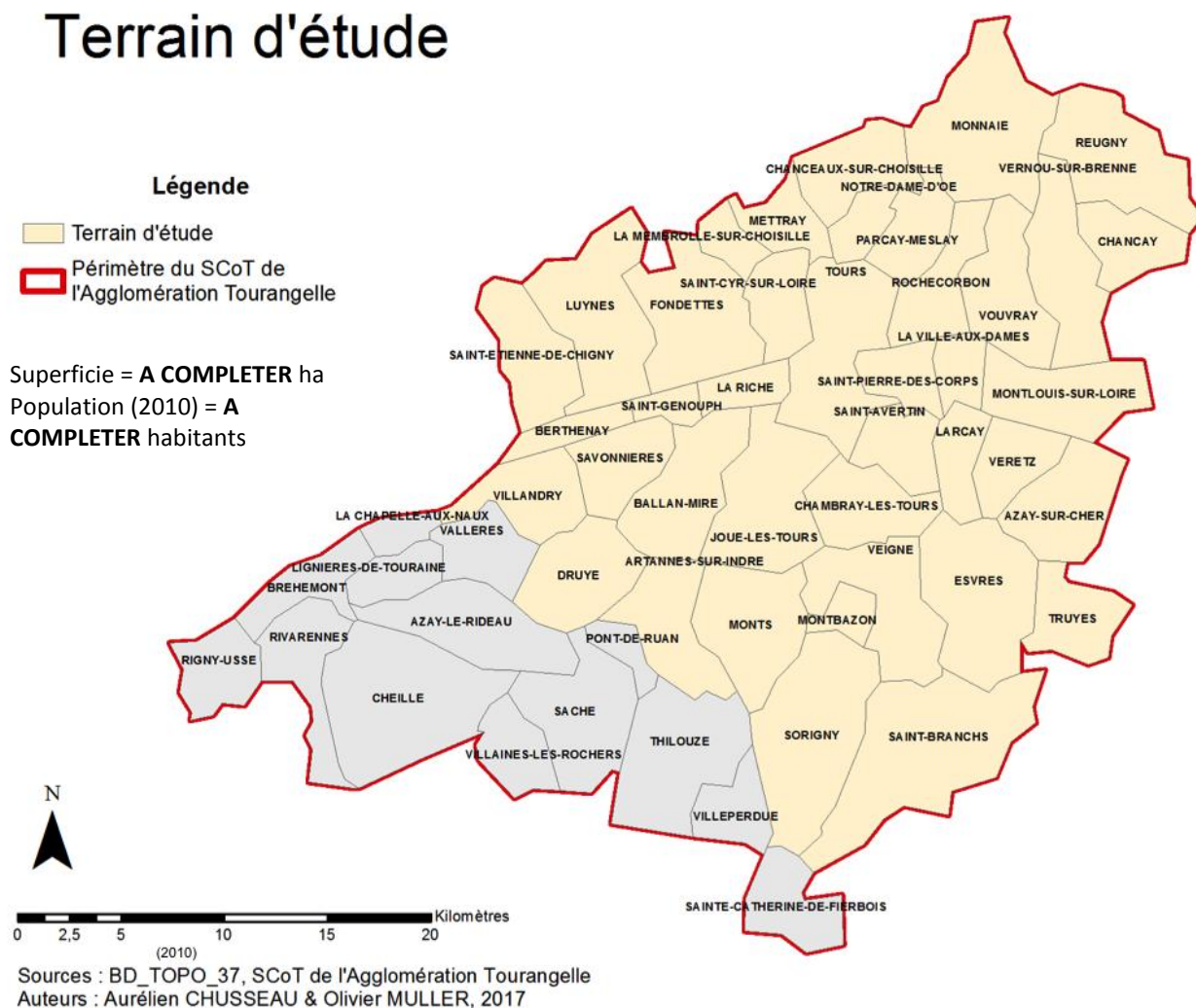
Introduction

Le Projet de Fin d'Etudes (PFE) est un exercice de recherche réalisé en cinquième année d'ingénieur du département « Génie de l'Aménagement et de l'Environnement » de Polytech Tours.

Le sujet de ce mémoire s'inscrit dans le cadre du projet de recherche COEUR (Croissance, Optimisation, Economie, Urbanisation, Réseau) des universités de Tours et d'Orléans et traite des mobilités domicile-travail sur l'agglomération tourangelle dans une perspective de simulation de l'étalement urbain.

Notre terrain d'étude est constitué de 40 des 54 communes du Schéma de Cohérence Territorial (SCoT) de l'Agglomération Tourangelle.

Terrain d'étude



Carte 1 : Présentation du terrain d'étude

Du point de vue démographique, le territoire du SCoT pèse considérablement en Indre-et-Loire (37). Celui-ci accueille 60% de la population départementale. Cela se ressent sur le nombre d'actifs¹ : plus de 165 000 y résidaient en 2009 (SCoT de l'Agglomération Tourangelle, 2013). Même importance pour les emplois, 70% de ceux du département sont situés dans ce territoire ; et près de la moitié dans la commune de Tours (INSEE, 2011).

Le SCoT de l'agglomération tourangelle prévoit d'aménager des zones d'activités et d'habitat en extension du bâti existant. De plus, l'INSEE² prévoit une augmentation de 2,7% du nombre d'actifs et d'emplois dans la région Centre à l'horizon 2030³. Nous appliquerons ce taux d'évolution à notre terrain d'étude. Le but de ce projet est de déterminer, à travers des modèles de simulation, l'impact de ces futurs aménagements sur le trafic avec la génération de nouveaux flux à l'horizon 2030.

Un état de l'art spécifique nous a permis de nous approprier le sujet du PFE, de définir les enjeux qui en ressortent, et d'identifier notre problématique :

Dans quelles mesures l'implantation de nouvelles zones d'activités et d'habitations affectera le trafic du réseau routier de l'agglomération tourangelle ? Quels tronçons seront les plus affectés ?

Pour tenter d'y répondre, nous allons modéliser les trajets domicile-travail à l'aide du logiciel STOM (Modèle d'Optimisation Spatio-Temporelle) conçu par M. ALAEDDINE. Ce dernier détermine les temps de trajets parcourus par des individus pour aller de leur domicile à leur lieu de travail. STOM ne prend en compte que les trajets en voiture. Toutefois il donnera un bon aperçu de la situation future du réseau routier car la voiture reste le mode de transport privilégié par les actifs de Tours Métropole Val de Loire : 67,6% d'entre eux, soit près de 78 000 actifs⁴ (INSEE, 2011) !

Ce mémoire s'articule en trois parties. Dans un premier temps, nous présenterons notre état de l'art. Ensuite, nous expliquerons notre approche méthodologique, soit la manière utilisée pour construire nos fichiers et réaliser la modélisation des flux domicile-travail. Enfin, nous présenterons et analyserons les résultats issus de cette modélisation.

¹ Actifs : correspondent aux personnes ayant un emploi plus ceux en recherche d'emploi

² INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

³ « La population active en métropole à l'horizon 2030 : une croissance significative dans dix régions », INSEE (disponible sur : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2124013>)

⁴ Données INSEE : dossier complet CU Tour(S)Plus

Etat de l'art

Étalement urbain

L'étalement urbain désigne le phénomène de développement des surfaces urbanisées en périphérie des villes. Apparu au milieu du 20^{ème} siècle, il est la conséquence de l'explosion des mobilités et de l'accroissement des milieux bâtis faiblement denses. Il peut être interprété « comme le résultat d'une croissance rapide de la population dans des aires de faible densité » (S. Sultana & J. Weber, 2007). En géographie urbaine, on le distingue sous la forme monocentrique ou polycentrique et le caractérise par l'absence d'une densité continue du centre jusqu'aux extrémités de l'urbanisation (Ewing 1994).

Il reste néanmoins le fruit d'une volonté individuelle d'accéder à une propriété individuelle (pavillonnaire) ; soit d'accéder à un meilleur cadre environnemental tout en bénéficiant de la proximité d'une ville. De plus, les entreprises ont vu une opportunité financière en s'implantant dans les nouvelles zones d'activités périphériques (foncier/loyer moins cher), attirant avec elles une partie de la population (M. Wiel, 2010).

Les analyses urbaines portent un regard très critique vis-à-vis de ce phénomène. En effet, il pose des problèmes environnementaux, sociétaux et économiques (M. Wiel, 2010). Néanmoins, de nombreuses recherches ont décrit l'étalement urbain comme étant un modèle spatial à part entière (Malpezzi, 1999 ; Galster et al., 2001 ; Hasse and Lathrop, 2003a ; Lopez and Hynes, 2003 ; Ewing, Pendall and Chen, 2004 ; Wolman et al., 2005).

Un modèle spatial implique un développement des mobilités bien spécifique. Dans le cas de l'étalement urbain, l'amélioration des infrastructures de transport périphériques a fortement favorisé l'utilisation de la voiture. Or il a été démontré que les individus vivant dans les zones touchées par l'étalement urbain parcourent plus de distance et ont des temps de déplacement plus longs (S. Sultana & J. Weber, 2007).

Nous allons retrouver cette problématique au sein de notre projet car la métropole tourangelle va continuer de croître dans les années à venir (SCoT de l'Agglomération Tourangelle, 2013). Une partie de la nouvelle population et des nouveaux emplois vont contribuer à densifier l'urbanisation existante. Mais le reste se développera en extension, alimentant ainsi le phénomène d'étalement urbain, et de ce fait le trafic.

Mobilité

La mobilité correspond à une action de déplacement d'un sujet dans l'espace. Notre PFE ne traitera que de mobilités dites « locales », soient celles décrivant des « déplacements faits à l'occasion d'activités situées dans un rayon inférieur à 80 kilomètres à vol d'oiseau autour du domicile »⁵. De plus, on peut rajouter que les mobilités domicile-travail sont considérées comme des mobilités régulières⁶.

Il est difficile d'étudier les logiques de mobilité urbaine et les déplacements afférents sans s'intéresser aux comportements des usagers. Pour cela, on peut se baser sur la conjecture de Zahavi qui affirme que « les déplacements de la vie quotidienne se font à budget-temps constant et que leur portée spatiale est une fonction de la vitesse de déplacement » (Joly, 2003). Celle-ci se construit sur les hypothèses que « la stabilité du budget temps de transport quotidien individuel se situe aux alentours d'une heure » ; et que « la stabilité du budget monétaire de transport représente 3% du revenu disponible des ménages non motorisés et 15% du revenu disponible des ménages motorisés » (Joly, 2003).

Un individu déterminera son moyen de transport en fonction de ses ressources temporelles et financières (Joly, 2003). Cela expliquerait pourquoi une telle part des actifs choisit la voiture comme moyen de déplacement pour se rendre au travail. Dans la majorité des cas, elle reste l'outil le plus adapté en termes de mobilité. L'amélioration technique du véhicule et de ses infrastructures lui a permis d'accroître sa vitesse de déplacement.

L'Enquête Nationale Transports et Déplacements (2008) réalisée auprès des ménages a permis de mettre en évidence de grandes tendances comme la diminution du nombre de déplacements quotidiens, l'augmentation de 6% de la distance parcourue quotidiennement par une personne ou encore l'augmentation du poids de la voiture chez les ménages français. Néanmoins, les déplacements avec des modes de transports alternatifs à la voiture sont en augmentation dans les villes denses.

Notre PFE traite des mobilités automobiles dans l'agglomération tourangelle. Bien que Tours soit une métropole de près de 300 000 habitants, sa densité n'est pas comparable à des villes comme Paris ou Marseille. La place de la voiture y est encore forte. La simulation unimodale de LogSTOM sur le réseau routier tourangeau prend donc sens.

⁵ Définition du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (disponible sur : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Themes/Transports/Transport_de_voyageurs/Deplacements/Mobilite_longue_distance/Définitions et concepts LD.pdf)

⁶ Définition du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (disponible sur : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Themes/Transports/Transport_de_voyageurs/Deplacements/Mobilite_longue_distance/Définitions et concepts LD.pdf)

Accessibilité

L'accessibilité représente la mesure dans laquelle l'occupation des sols et les systèmes de transport permettent aux individus d'atteindre des activités ou destinations grâce à une combinaison de moyens de transports (Geurs & Van Wee, 2004). L'accessibilité est généralement évaluée avec des critères simples comme la vitesse ou le temps de déplacement. Toutefois un critère d'accessibilité efficace devrait être complet et regrouper les facteurs liés à l'occupation des sols, au transport, à l'individu et au temps (Geurs & Van Wee, 2004).

La notion d'accessibilité apparaîtra dans notre projet quand on affectera l'algorithme des chemins minimaux (Dijkstra) et le modèle de déplacement sur notre réseau routier.

Modélisation

L'étalement urbain offre plus de choix résidentiels et allonge les distances de déplacements. Il donne aux décideurs, dans le cadre du développement durable (Nicolas J-P, 2010), de nouveaux défis pour prévoir l'évolution des mobilités (Antoni & al, 2016). Depuis les années 1950, la modélisation des mobilités est un outil d'aide à la décision pour l'élaboration des politiques de transport et est utilisée dans un cadre prospectif (Debizet, 2011). Elle s'est développée avec l'invention du modèle gravitaire.

Le modèle gravitaire est une analogie du modèle d'attraction de Newton. Il suppose que les déplacements entre deux zones sont proportionnels à la population de ces deux zones, et inversement proportionnels à la distance qui les sépare. De caractère universel, ce modèle est utilisé pour la prévision de déplacements futurs, reposant sur des hypothèses de développement.

Il a été couplé au modèle gravitaire un module affectation pour construire le modèle dit à quatre étapes : **génération** (des populations, emplois dans les zones d'un bassin urbain), **distribution** (des déplacements entre ces zones par une matrice origines-destinations), **répartition modale** (choix du mode de transport, uniquement déplacement automobile dans notre cas) et **affectation** (des flux sur le réseau routier) (Debizet, 2011). Le modèle à quatre étapes permet d'évaluer l'évolution du trafic sur les différents arcs du réseau routier grâce à des scénarios d'implantations de nouvelles zones d'activités et d'habitat. « Il permet de générer, distribuer et affecter les flux quelle que soit l'évolution future du réseau de voirie » (Debizet, 2011).

En France, l'Etat, le Ministère de l'Équipement et ses services (Directions Départementales de l'Équipement) ont été en charge de l'élaboration et l'application des politiques de transport depuis les années 1950, avec l'avènement de l'automobile. La modélisation du trafic a justifié le développement des grandes infrastructures routières. Elle s'est développée avec des modèles français à « trois étapes » (DAVIS pour les modèles

routiers, TERESE pour les transports en commun). Ces modèles sont dits unimodaux car ils simulent les mobilités selon un unique moyen de transport, et ne prend pas en compte la marche à pied, le vélo ou le tramway. La maîtrise de la modélisation a permis aux services de l'Etat, puis aux collectivités, de gérer la production des infrastructures routières jusque dans les années 1990 et les politiques de déplacements urbains (Debizet, 2011).

Autour des années 2000, les collectivités territoriales françaises ont progressivement assigné des enjeux du développement durable, avec la prise en compte des préoccupations environnementales (Antoni & al, 2016). Elles ont alors peu à peu délaissé les modèles unimodaux français pour adopter les modèles multimodaux américains (Debizet, 2011). Les Autorités Organisatrices des Transports Urbains ont pu faire appel à des acteurs extérieurs (Bureaux d'Etudes spécialisés, Agences d'Urbanisme, Exploitants de Transports en Commun) pour la mise en œuvre, l'application et l'interprétation de ces modèles. Les logiciels américains, parfois peu adaptables au territoire français ou demandant un important travail de récupération de données, ne permettaient pas toujours une claire interprétation des résultats.

Etant donné que les modèles de déplacement sont des outils d'aide à la décision qui permettent d'évaluer les impacts de la mise en place d'une nouvelle infrastructure ou politique de transport, une représentation comprise des flux apparaît nécessaire pour planifier les mobilités urbaines. En ce sens, le modèle STOM (SpatioTemporal Optimization Model) développé par H. ALAEDDINE, K. SERRHINI, M. MAIZIA, et E. NÉRON (2015) est directement applicable sur le territoire français (agglomération tourangelle et orléanaise) pour la modélisation du trafic routier (ARBOUCH S., RAUTUREAU Z. sous la direction de SERRHINI K. et ANDRIEU D., 2017). Ce modèle est basé sur le modèle à quatre étapes, mais ne simule que les déplacements automobiles. La génération des populations et emplois repose sur le modèle gravitaire de Huff, qui donne la probabilité P_{ij} qu'un individu en une origine i se rende à une destination j (Huff D., 1964). Cette probabilité dépend de la masse de chaque destination - le nombre d'emplois proposés dans le cas des mobilités domicile-travail - et du temps de trajet entre le lieu de résidence et le lieu travail.

$$P_{ij} = \frac{\frac{S_j}{D_{ij}^\beta}}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{S_j}{D_{ij}^\beta} \right)} \text{ avec } \begin{cases} S_j \text{ nombre d'emplois à la destination } j \\ D_{ij} \text{ temps de trajet entre } i \text{ et } j \text{ pour un individu} \\ \beta \text{ frein au déplacement} \end{cases}$$

Ainsi le nombre attendu de flux E_{ij} entre i et j est égal au nombre d'individus C_i à l'origine i multiplié par la probabilité P_{ij} qu'un individu en i se déplace en j .

$$E_{ij} = C_i * P_{ij}$$

L'affectation des flux sur les différents arcs du réseau routier dépend de l'algorithme du plus court chemin de Dijkstra. Cet algorithme, publié en 1959, calcule le plus court chemin entre une origine et une destination en connaissant le réseau routier. Le modèle STOM est capable de simuler des déplacements entre origines et destinations en prenant en compte plusieurs plus courts chemins. Ainsi, si le flot maximum automobile atteint la capacité d'un tronçon routier sur le plus court chemin entre une origine et une destination et que des flots résiduels apparaissent, le modèle STOM simule le comportement humain et un changement d'itinéraire et affecte les flux résiduels vers le second, troisième etc. plus court chemin.

Méthodologie et modélisation

Construction des données et modélisation à l'état actuel

Notre PFE s'inscrit dans la continuité de PFE précédents. Mme CESSY, M. PARMENTIER, Mme ARBOUCH et Mme RAUTUREAU (sous la direction de M. SERRHINI et M. ANDRIEU) ont travaillé sur le modèle STOM ces deux dernières années. Après avoir construit les fichiers nécessaires au fonctionnement du logiciel LogSTOM, ces derniers ont calé le modèle à partir de données réelles (TMJA⁷ 2010) et modélisé les flux sur le réseau tourangeau et orléanais à l'état actuel. La partie qui suit présente les données d'entrée qu'ils ont utilisé et leur démarche méthodologique, réelle guide pour notre PFE.

Présentation des données d'entrée

Les données utilisées pour modéliser les flux en 2011 proviennent de l'IGN⁸ et de l'INSEE.

Les données concernant le réseau routier et les bâtis proviennent de la BD_TOPO_37 de l'IGN (2010). La première des deux a été modifiée afin de représenter le réseau routier tourangeau en 2011 de la manière la plus complète possible. Les tronçons de routes ne pouvant être utilisés par le grand public sont exclus (exemple : voies de service autoroutier). Une vitesse a été affectée aux tronçons restant afin de pouvoir y appliquer l'algorithme du chemin le plus court (Dijkstra). Le périmètre du réseau considéré est plus grand que celui du territoire du SCoT afin de prendre en compte les portions de routes empruntées en dehors de celui-ci.

En ce qui concerne les flux domicile-travail, nos prédécesseurs ont utilisé des données décrivant le nombre d'actifs se déplaçant entre les communes. Elles sont issues du fichier détail du recensement millésimé 2008 de l'INSEE.

Ce même institut a produit un carroyage de 200 mètres de côté avec les données démographiques de 2010. Celui-ci donne la répartition des actifs et des emplois sur le terrain d'étude.

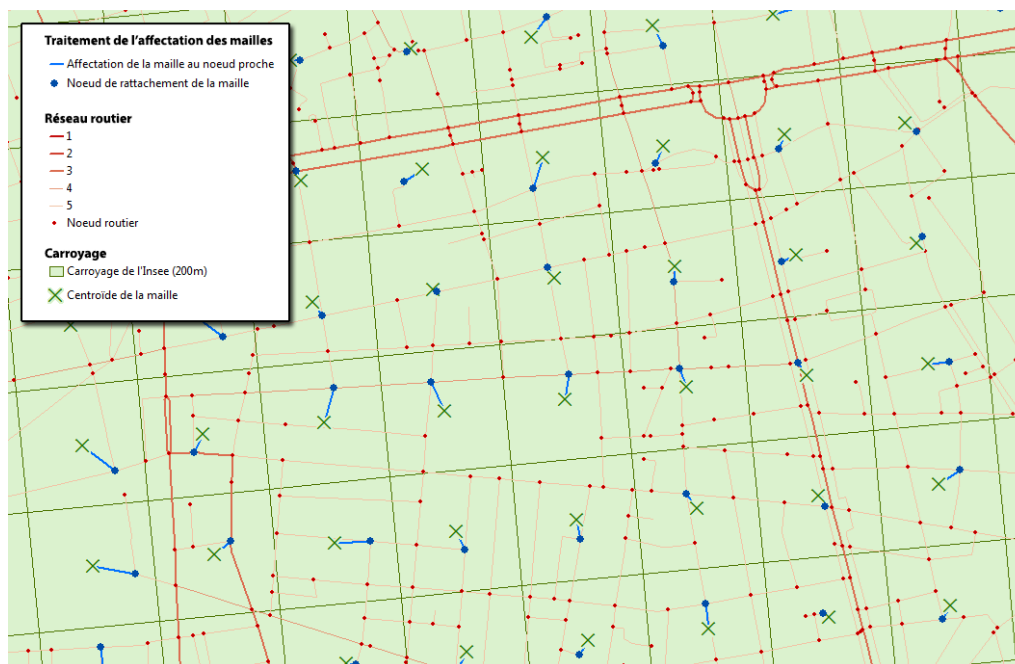
De la même manière, les lieux de travail (2006) (nœuds destinations) ont été localisés grâce à la base de données de l'Agence d'Urbanisme de Tours.

⁷ TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel. Source : Tour(s)Plus

⁸ IGN : Institut National de l'information Géographique et forestière

Génération des actifs et des emplois par commune

Déterminer et analyser des flux domicile-travail demande de travailler à une fine échelle. Pour ce faire, nos prédécesseurs ont simplifié le terrain d'étude en nœuds à partir des centroïdes du carroyage de l'INSEE (mailles de 200 mètres de côté). Les données comprenant le nombre d'actifs et le nombre d'emplois par mailles vont donc être affectées à chaque centroïde de carreau, puis au nœud du réseau le plus proche.



Carte 2 : Affectation des mailles aux nœuds le plus proche du réseau routier (D. ANDRIEU, K. SERRHINI et H. ALAEDINE, 2015)

On distingue les nœuds en trois catégories. Les nœuds « origines » contiennent uniquement des actifs (lieux de domicile). Ensuite viennent les nœuds « destinations », soient ceux qui ne rassemblent que des emplois (lieux de travail). Enfin certains nœuds regroupent à la fois des actifs et des emplois. Nous les avons classés dans les nœuds « origines et destinations ».

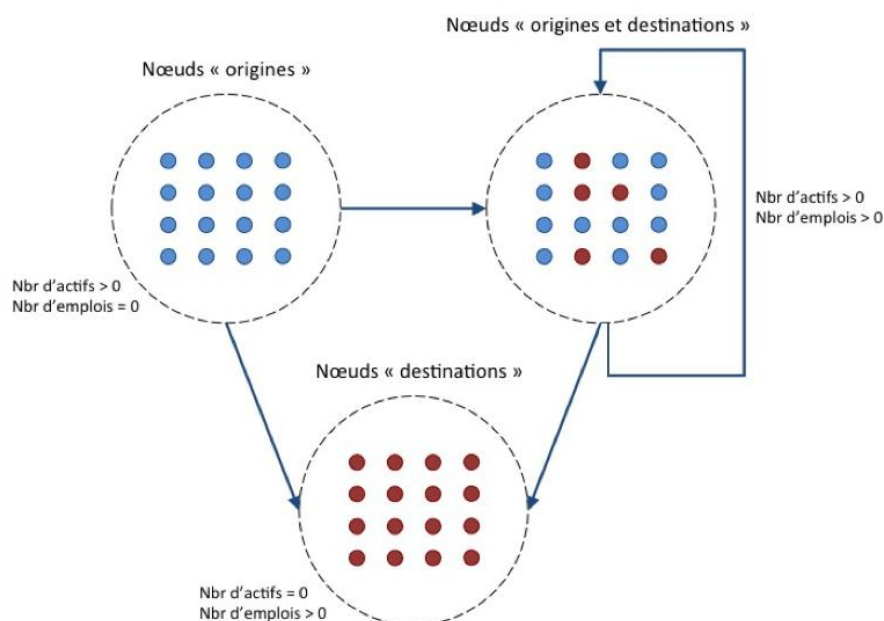


Schéma 1 : Représentation des flux entre les différentes catégories de nœuds – démarche LogSTOM (A. CHUSSEAU, O. MULLER, 2017) →

Affectation des flux et choix du meilleur scénario

Le logiciel LogSTOM développé par M. ALAEDDINE, chercheur postdoctoral dans le cadre du projet TRUC. Il permet de générer des scénarios de flux sur un réseau routier déterminé (sous la forme de fichiers ASCII). Ceux-ci dépendent de différents paramètres comme le nombre de chemins calculés, le nombre de chemins à considérer, le pourcentage de réduction de la capacité du réseau, le nombre de personne(s) par véhicule, ou encore le créneau horaire (pas de temps) considéré (voir aperçu de l'interface en annexe 1).

Pour notre travail prospectif nous devons choisir un scénario qui se rapproche le plus possible de la réalité, et donc déterminer les paramètres adéquats. Pour cela nous nous sommes basés sur les résultats obtenus par nos collègues lors des PFE des années précédentes (Mme ARBROUCH, Mme RAUTUREAU, Mme CESSY et M. PARMENTIER) et par M. SERRHINI et M. ANDRIEU⁹. Ces derniers ont comparé les résultats trouvés par LogSTOM avec ceux du trafic réel (TMJA¹⁰ 2010) dans le but de déterminer la meilleure corrélation. Pour cela, ils ont produit plusieurs scénarios différents en variant le nombre de chemin à considérer et/ou le pourcentage de réduction de la capacité du réseau.

Les résultats sont interprétés selon le test de corrélation de Bravais-Pearson. Celui-ci permet de calculer les coefficients de corrélation linéaire (R) et de détermination (R^2). « Le premier permet de mesurer l'intensité qui lie deux variables, tandis que le second vise à mesurer l'adéquation entre un modèle issu d'une régression linéaire et les données observées qui ont permis de l'établir »¹¹.

Au vu des résultats (voir ensemble des résultats en annexe 2), nos prédécesseurs ont retenu le scénario présentant à la fois le meilleur coefficient de corrélation linéaire ($R=0,6355$) et le meilleur coefficient de détermination ($R^2=0,4093$). A noter qu'un R compris entre 0,6 et 0,7 peut être interprété comme un lien fort entre deux variables¹² (ici flux calculés et flux connus).

Pour notre travail prospectif à l'horizon 2030 et dans une optique de comparaison des flux entre 2030 et 2010, nous reprendrons donc les paramètres de ce scénario, c'est à dire 3 chemins à calculer, 3 chemins calculés, 3 chemins à considérer, une réduction de 30% de la capacité du réseau, 1 personne par véhicule et un créneau horaire de 30 minutes (1800 secondes).

⁹ Référence des PFE des années précédentes dans la Bibliographie

¹⁰ TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel. Source : Tour(s)Plus

¹¹ Source de la définition : http://www.jybaudot.fr/Correl_regress/coeffdeterm.html

¹² Cours 11 de Sophie Dufour, EBSI, Université de Montréal (disponible sur : http://reseauconceptuel.umontreal.ca/rid=1J8QNNQ145-20CJVTT-7QZ/sci6060a_c11_pe_analyse_correlation.cmap)

Construction des données pour le scénario 2030

La situation actuelle recense 115 489 emplois et actifs sur le territoire étudié, et les flux domicile-travail sont issus du fichier détail du recensement de 2008 de l'INSEE.

L'INSEE prévoit une croissance de 2,7% du nombre d'actifs sur le territoire et le SCoT l'implantation de nombreuses zones d'activités et d'habitat. Partant de la situation actuelle et en s'appuyant sur les prévisions du SCoT, nous avons construit les données pour le scénario 2030 de la manière suivante.

Nous allons répartir nos nouveaux actifs et emplois en densification et en extension :

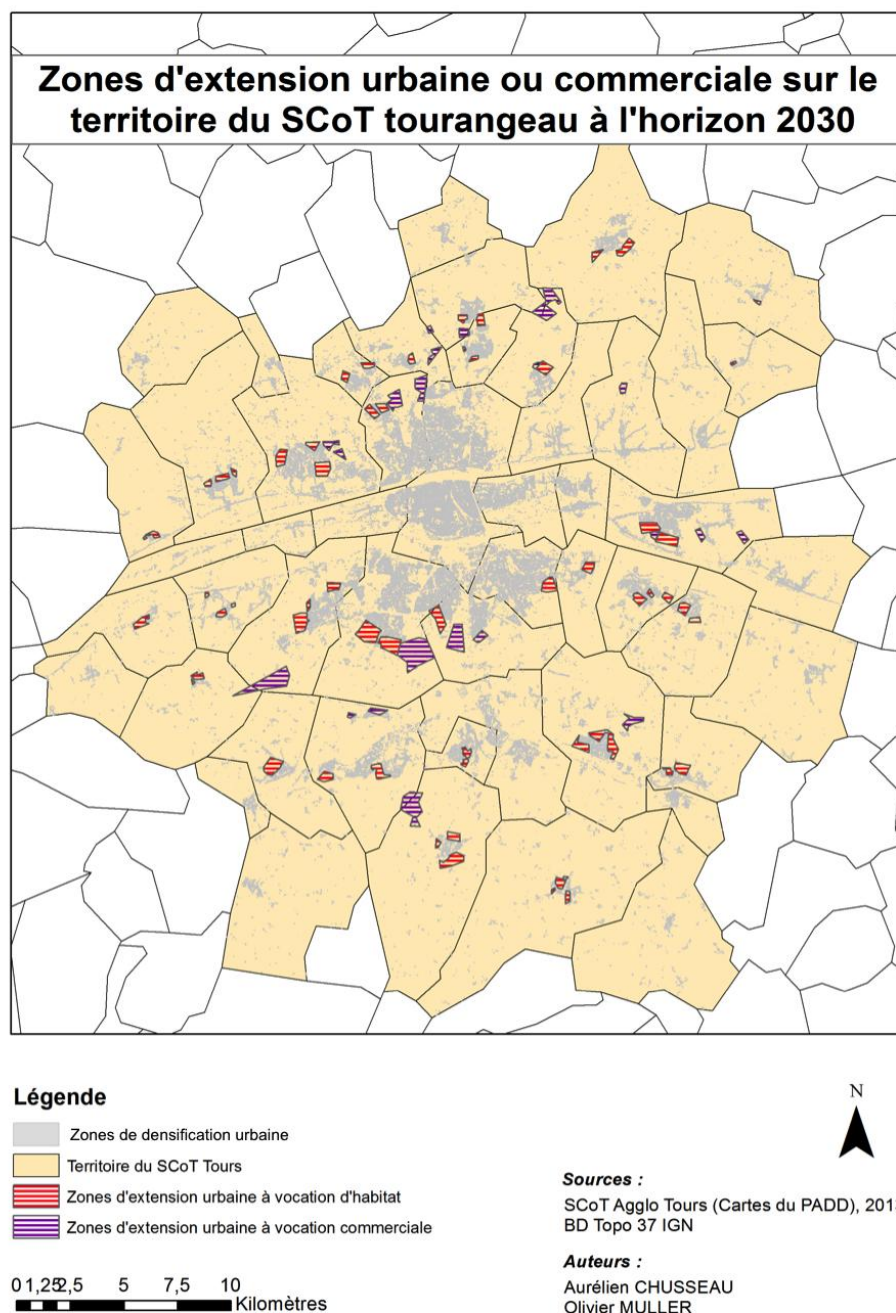
Nous définissons la **répartition en densification** comme étant la **répartition des nouveaux actifs et emplois dans le tissu urbain existant**. Cela signifie qu'on augmentera le taux de concentration des actifs/emplois dans les aires urbaines existantes. Pour cela on répartira uniformément les nouveaux actifs/emplois dans les nœuds des communes considérées.

La **répartition en extension** fait elle référence à l'action d'**attribuer des nouveaux actifs/emplois aux espaces non urbanisés**. Ces espaces se situent dans la continuité de l'urbanisation existante. Pour répartir les nouveaux actifs/emplois, nous tiendrons compte de du poids (de la masse) des zones, soit de la surface habitable pour les nouvelles zones d'habitat et la surface commerciale pour les nouvelles zones d'activités. Au vu de la couverture de l'ensemble des nœuds sur le terrain d'étude, il était inutile de créer de nouveaux nœuds et avons attribuer les nouveaux actifs /emplois sur les nœuds les plus proches.

La modélisation des flux à l'horizon 2030 sur notre territoire va s'inspirer du **modèle à quatre étapes**. Pour effectuer notre travail prospectif, nous allons dans un premier temps **générer les populations et emplois** sur les zones (nœuds origines et destinations) à l'horizon 2030. Puis, nous **distribuerons les déplacements probables** entre ces zones selon une matrice origine-destination. Nous n'avons pas à effectuer l'étape de répartition modale car notre modèle nous permet de modéliser uniquement les déplacements automobiles. Enfin, **l'affectation des flux** sur le réseau routier se fera grâce au logiciel LogSTOM (modèle de flot maximum – algorithme de Ford-Fulkerson¹³).

¹³ Référence « *A spatiotemporal optimization model for the evacuation of the population exposed to flood hazard* » dans Bibliographie

Génération des actifs et des emplois par commune à l'horizon 2030



Carte 3 : Zones de densification et d'extension urbaine ou commerciale sur le territoire du SCoT de l'agglomération tourangelle à l'horizon 2030

Hypothèse 1 : Le poids de chaque zone, c'est-à-dire sa propension à recevoir plus ou moins d'actifs ou d'emplois, sera sa surface en hectares. Autrement dit, plus une zone en **extension** est grande, plus elle se verra attribuer d'actifs ou de postes.

Evolution à l'horizon 2030 du nombre d'actifs et d'emplois sur notre terrain d'étude

Le terrain d'étude est inclus dans le territoire du SCoT de l'agglomération tourangelle, lui-même inclus la région Centre. L'INSEE prévoit une augmentation de 2,7% du nombre d'actifs à l'horizon 2030 dans la région Centre. En 2011, le nombre d'actifs et d'emplois sur le terrain d'étude était de 115 489.

Hypothèse 2 : Selon le scénario tendanciel, le **taux d'évolution du SCoT** de l'agglomération tourangelle **serait équivalent à celui de la région Centre**.

Afin de mettre en œuvre le modèle STOM, une condition nécessaire est que le nombre d'emplois doit être égal au nombre d'actifs sur le territoire. Le nombre d'emplois évoluera de la même manière que le nombre d'actifs, avec un taux d'évolution de 2,7%.

Ainsi, en 2030, d'après les prévisions de l'INSEE, le nombre d'actifs et d'emplois sur le territoire sera de **118 607**, représentant 3118 actifs et 3118 emplois supplémentaires.

Densification du territoire (actifs et emplois)

Répartition des actifs en densification sur les nœuds origines

Les 3118 nouveaux actifs sont répartis selon les préconisations du SCoT de l'agglomération tourangelle. Ce document donne la part de nouveaux logements construits en densification et renouvellement (60%) et en extension (40%), à l'horizon 2030.

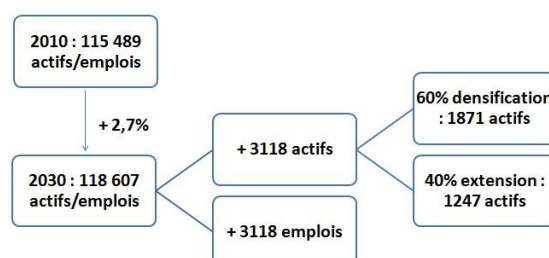


Schéma 2: Logigramme de répartition des actifs

. En considérant une part d'actifs similaire pour tous les logements, il s'agira de répartir 60% des nouveaux actifs sur les nœuds « origines » existants, soit 1871 actifs. Cette étape simulera la densification du territoire. Nous ne prenons pas en compte la densité existante de population sur le territoire, ne supposant pas qu'un territoire dense tendra à se densifier davantage

Hypothèse 3 : La répartition des actifs entre tous les nœuds « origines » est **uniforme**.

Les 1247 actifs restants (40% de 3118) seront répartis en extension sur les nœuds « origines », sur des nouvelles zones d'habitat.

Répartition des emplois en densification sur les nœuds destinations

Nous devons également répartir 3118 nouveaux emplois sur les nœuds « destinations ». Les ambitions du SCoT (cf. PADD du SCoT, p. 31-32) est de conserver le même nombre de zones commerciales en ville, et de développer l'économie sur de nouvelles implantations en continuité de l'urbain existant.

Hypothèse 4 : Constatant une absence de données chiffrées sur le développement économique, **nous faisons l'hypothèse que 10% des nouveaux emplois** seront répartis en **densification**, correspondant à des entreprises qui recrutent ou à l'installation d'entreprises à l'intérieur des zones d'activité existantes, **et que 90% des nouveaux emplois** seront répartis sur de **nouvelles zones d'activités**.

Pour répartir 10% des nouveaux emplois en densification sur les nœuds « destinations » existants, nous appliquons la même méthode que ci-dessus.

Ainsi, il s'agit maintenant, afin de simuler le futur étalement urbain, de répartir les actifs et postes dans les nouvelles zones d'habitat et d'activités sur le territoire du SCoT de l'agglomération tourangelle.

Etalement urbain

Répartition des actifs en extension sur les nœuds origines

Le scénario retenu dans le SCoT de l'agglomération de Tours implique de pouvoir accueillir 30 000 habitants et de produire 35 000 logements. Le territoire souhaite également accroître son développement économique aux portes de Paris (1h en TGV) et créer de nouveaux emplois pour rester le moteur de la région Centre. Ce développement urbain nécessite de mobiliser des terres nouvelles, et le Projet d'Aménagement et de Développement Durable du SCoT localise les zones en extension urbaine susceptibles d'accueillir de nouveaux logements ou de nouvelles entreprises.

Nous distribuerons les actifs et emplois en extension de l'urbain existant à ces nouvelles zones selon les préconisations du SCoT pour la population active (40% des 3118 nouveaux actifs, soit 1247 actifs) et nos critères pour les emplois (90% des nouveaux postes, soit 2806 postes). Cela nous permettra ensuite de répartir les déplacements entre ces zones et de mesurer leurs impacts sur le réseau routier, entre 2011 et 2030.

Afin de caler notre répartition d'actifs avec celle du SCoT, nous avons choisi de regrouper les zones d'extension urbaine par commune. Le SCoT identifie et classe les communes en trois catégories – le cœur métropolitain, les pôles relais et les communes périphériques – et répartit les nouveaux actifs aux catégories des communes. Ainsi, les communes du cœur

métropolitain accueilleront 44% des **1247 nouveaux actifs**, celles des pôles relais 21% et les communes périphériques 35%.

TyPOLOGIE DE COMMUNES	COMMUNES	PART DE NOUVEAUX ACTIFS (%)	NOMBRE D'ACTIFS A REPARTIR PAR TYPOLOGIE DE COMMUNES
CŒUR METROPOLITAIN	TOURS, SAINT-CYR-SUR-LOIRE, LA RICHE, JOUE-LES-TOURS, CHAMBAY-LES-TOURS, SAINT-AVERTIN, SAINT-PIERRE-DES-CORPS	44%	549
POLES RELAIS	FONDETTES, BALLAN-MIRE, MONTLOUIS-SUR-LOIRE	21%	262
COMMUNES PERIPHERIQUES	30 COMMUNES, DONT 7 COMPRENANT UNE GARE (LA MEMBROLLE-SUR-CHOISILLE, NOTRE-DAME-D'OË, MONNAIE, ESVRES-SUR-INDRE, MONTBAZON, MONTS, SAVONNIERES) ¹⁴	35%	436
			1247

Tableau 1 : Part (en %) et nombre absolu de nouveaux actifs par typologie de communes (selon le classement du SCoT)

Nous avons alors les surfaces prévues pour l'urbanisation en extension (à vocation d'habitat ou d'activités) dans chaque commune de notre terrain d'étude, et considérant le poids de chaque commune comme la surface de ses zones en extension, nous obtenons le nombre d'actifs à répartir par commune selon leur typologie.

Cœur métropolitain				
	Commune	Surface de zones à vocation habitat (ha)	Répartition (en %)	Nombre de nvx actifs
1	Chambray les Tours	33,75	18,4	101
2	Joué les Tours	97,5	53,1	291
3	Saint-Avertin	26,25	14,3	78
4	St Cyr sur Loire	26,25	14,3	78
	Total	183,75	100	549

¹⁴ 30 communes : Artannes-sur-Indre, Azay-sur-Cher, Berthenay, Chançay, Chanceaux-sur-Choisille, Druey, Esvres-sur-Indre, La Membrolle-sur-Choisille, La Ville-aux-Dames, Larçay, Luynes, Mettray, Monnaie, Montbazon, Monts, Notre-Dame-D'Oé, Parçay-Meslay, Reugny, Rochecorbon, Saint-Branches, Saint-Etienne-de-Chigny, Saint-Genouph, Savonnières, Sorigny, Truyes, Veigné, Vétetz, Vernou-sur-Brenne, Villandry, Vouvray.

	Pôles secondaires			
	Commune	Surface de zones à vocation habitat (ha)	Répartition (en %)	Nombre de nvx actifs
1	Ballan-Miré	60	30,8	81
2	Fondettes	75	38,5	101
3	Montlouis	60	30,8	81
	Total	195	100	262

	Communes périphériques			
	Commune	Surface de zones à vocation habitat (ha)	Répartition (en %)	Nombre de nvx actifs
1	Artannes-sur-Indre	15	3,3	15
2	Azay sur Cher	22,5	5	22
3	Chancay	1,5	0,3	1
4	Chanceaux sur Choisille	7,5	1,7	7
5	Druye	11,25	2,5	11
6	Esvres sur Indre	60	13,3	58
7	La Membrolle	18,75	4,2	18
8	Larcay	11,25	2,5	11
9	Luynes	18,75	4,2	18
10	Mettray	7,5	1,7	7
11	Monnaie	30	6,7	29
12	Montbazou	15	3,3	15
13	Monts	37,5	8,3	36
14	Notre Dame d'Oé	18,75	4,2	18
15	Parcay Meslay	18,75	4,2	18
16	Reugny	2,25	0,5	2
17	Savonnières	11,25	2,5	11
18	Sorigny	37,5	8,3	36
19	St Branchs	22,5	5	22
20	St Etienne de Chigny	7,5	1,7	7
21	Truyes	30	6,7	29
22	Veretz	30	6,7	29
23	Villandry	15	3,3	15
	Total	450	100	436

Tableau 2 : Répartition des nouveaux actifs par commune

Ainsi nous pouvons déduire, à partir du nombre de nouveaux actifs à répartir en densification et en extension, la population active à l'horizon 2030 de chaque commune et le taux de croissance de la population active de celles-ci entre 2010 et 2030.

Répartition des emplois en extension sur les nœuds destinations

Le SCoT de l'agglomération tourangelles ambitionne de développer son économie en continuité de l'urbain existant sur de nouvelles zones d'activités. Ainsi, la majorité (90%) des nouveaux postes créés sur le territoire le seront en extension.

La carte 3 (page 21) montre les principales zones d'activités en extension à l'horizon 2030. De la même manière que pour les zones d'habitat, nous avons répertorié les zones d'activités par communes, et leur avons affecté un poids : leur surface commerciale. Ainsi, plus une zone d'activités sera grande, plus elle recevra d'emplois.

Se basant sur les préconisations du SCoT tourangeau, nous n'avons pas opéré de distinction entre communes pour répartir les nouveaux postes. Ainsi une zone d'activités dans le cœur métropolitain ou dans une commune périphérique, à surface égale, recevra le même nombre de postes.

Cœur métropolitain			
	Commune	Surface de zones à vocation d'activités (ha)	Nombre de nouveaux emplois
1	Chambray les Tours	10	57
2	Joué les Tours	18	103
3	St Cyr sur Loire	60	343
	Total	88	503

Pôles secondaires			
	Commune	Surface de zones à vocation d'activités (ha)	Nombre de nouveaux emplois
1	Fondettes	30	171
2	Ballan-Miré	90	514
3	Montlouis	30	171
	Total	150	856

Communes périphériques			
	Commune	Surface de zones à vocation d'activités (ha)	Nombre de nouveaux emplois
1	Chanceaux sur Choisille	70	400
2	Esvres	30	171
3	Mettray	20	114
4	Monts	23	131
5	Notre Dame d'Oé	15	86
6	Parcay Meslay	5	29
7	Sorigny	80	457
8	Vouvray	10	57
	Total	253	1445

Tableau 3 : Répartition des nouveaux emplois par commune

Nous pouvons alors déterminer le nombre d'emplois à l'horizon 2030 des communes de notre terrain d'étude, et son taux de croissance entre 2011 et 2030.

Distribution des flux probables entre communes à l'horizon 2030 selon le modèle de Huff

Modèle de Huff

La distribution des flux probables entre communes repose sur le modèle gravitaire de Huff, qui donne la probabilité P_{ij} qu'un individu en une origine i se rende à une destination j (Huff D., 1964). Cette probabilité dépend du poids de chaque destination - le nombre d'emplois proposés dans le cas des mobilités domicile-travail - et du temps de trajet entre le lieu de résidence et le lieu travail.

$$P_{ij} = \frac{\frac{S_j}{D_{ij}^\beta}}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{S_j}{D_{ij}^\beta} \right)} \text{ avec } \begin{cases} S_j \text{ nombre d'emplois à la destination } j \\ D_{ij} \text{ distance entre } i \text{ et } j \\ \beta \text{ frein au déplacement} \end{cases}$$

Ainsi le nombre attendu de flux E_{ij} entre i et j est égal au nombre d'individus C_i à l'origine i multiplié par la probabilité P_{ij} qu'un individu en i se déplace en j .

$$E_{ij} = C_i * P_{ij}$$

Ce modèle est implémenté dans l'interface Toaster® afin d'obtenir les déplacements probables entre origines et destinations.

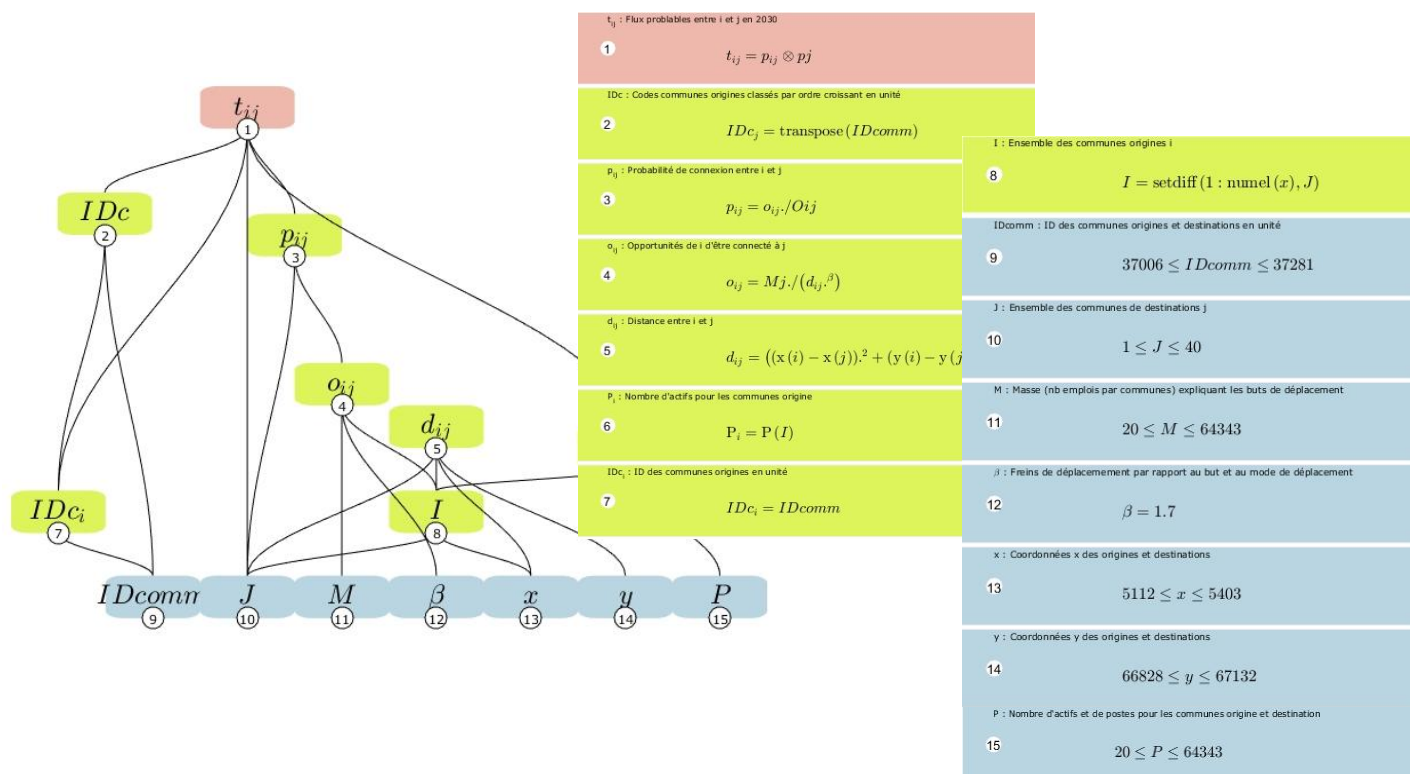


Image 1 : Modélisation du modèle de Huff sous Toaster® (A. CHUSSEAU, O. MULLER, 2017)

Le poids des origines est le nombre d'actifs que contiennent les communes, le facteur d'attractivité représente le nombre d'emplois que contiennent les communes. Ce facteur est divisé par la distance qui sépare chaque commune origine et destination. La distance est euclidienne, car nous considérons la différence avec la distance réseau entre communes peu significative (l'ordre de 8% en moyenne).

Ainsi d'après le modèle, un actif sera attiré vers des communes qui regroupent un grand nombre d'emplois, mais aussi qui se situent au plus proche de son domicile.

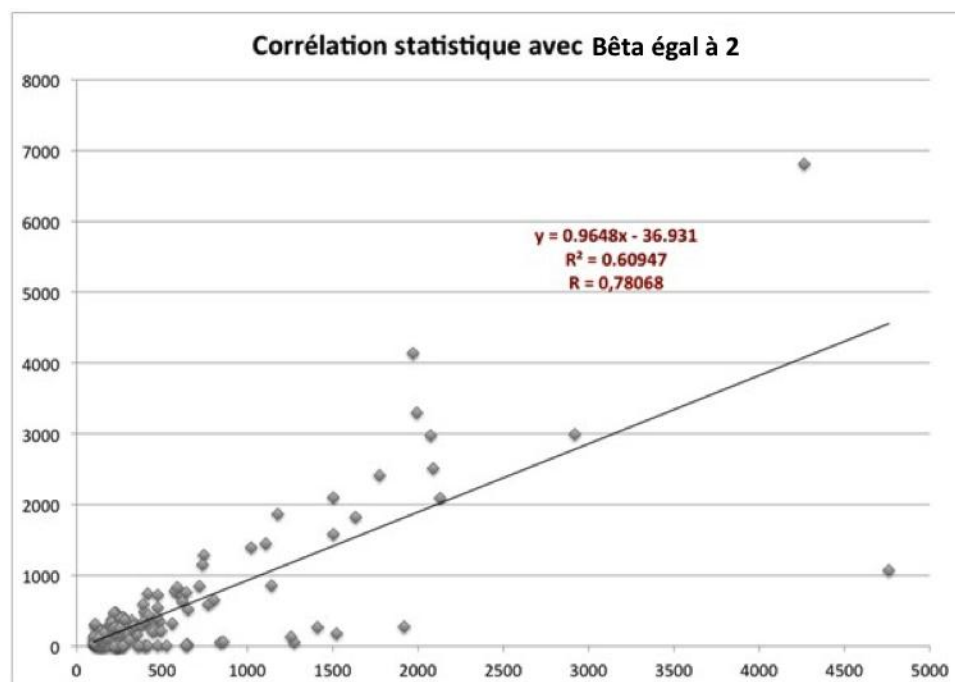
Afin d'obtenir des résultats qui reflèteraient au mieux les flux probables à l'horizon 2030, il est nécessaire de calibrer ce modèle par rapport à des flux connus. Pour cela, nous nous sommes basés sur les flux domicile-travail observés du fichier détail du recensement 2008 de l'INSEE. Nous avons alors fait tourner le modèle avec les masses (actifs et emplois par communes) de 2008.

Calibrage du modèle

Le modèle est calibré en ajustant le frein au déplacement β . Cette variable augmente ou diminue l'importance de la distance entre origines et destinations. Plus la variable β est grande, plus la distance est grande, et moins un actif sera susceptible d'aller travailler dans une commune située loin de son domicile.

Nous comparons nos flux théoriques aux flux observés (2008) en variant β et les résultats sont interprétés selon le test de corrélation de Bravais-Pearson. Celui-ci permet de calculer le coefficient de corrélation linéaire (R) et le coefficient de détermination (R^2). Le premier permet de mesurer l'intensité qui lie deux variables, tandis que le second vise à mesurer l'adéquation entre un modèle issu d'une régression linéaire et les données observées qui ont permis de l'établir.

Graphique 1 : Test de corrélation linéaire de Pearson entre les flux calculés et les flux réels (CHUSSEAU, MULLER, 2017) →



β	1	1,5	2	2,5	3
R^2	0,37861	0,46439	0,60947	0,48650	0,39981
R	0,61531	0,68146	0,78068	0,69740	0,63230

Tableau 4 : Comparaison des coefficients de corrélation linéaire et de détermination en fonction de la valeur de Bêta

Nous trouvons les meilleurs indices quand Bêta est égal à 2 et un R^2 égal à 0,61. Notre modèle explique alors 61% des flux réels. Dans le domaine des transports, un coefficient de détermination égal ou supérieur à 0,6 est considéré comme satisfaisant. Nous appliquons donc un Bêta égal à 2 dans notre modèle de Huff pour la simulation des déplacements probables à l'horizon 2030.

En calant le modèle sur 2011, nous gardons le même nombre de couples origine destination en 2030 qu'en 2011.

Résultats et analyses

Evolution du nombre d'actifs et d'emplois par commune entre 2010 et 2030

Taux de croissance des actifs

Dans la partie précédente nous avons déterminé le nombre de nouveaux actifs à rajouter dans chaque commune, que ce soit en densification ou dans les nouvelles zones en extension. Nous pouvons donc déterminer le nombre d'actifs par commune à l'horizon 2030 d'après les prévisions du SCoT de l'agglomération tourangelle (tableau ci-dessous).

	COMMUNES	Nombre d'actifs en 2010	Nombre d'actifs en 2030	Taux de croissance (%)
1	ARTANNES-SUR-INDRE	704	721	2,4
2	AZAY-SUR-CHER	866	888	2,5
3	BALLAN-MIRE	2604	2714	4,2
4	BERTHENAY	153	153	0
5	CHAMBRAY-LES-TOURS	3774	3945	4,5
6	CHANCAY	137	138	0,7
7	CHANCEAUX-SUR-CHOISILLE	1050	1068	1,7
8	DRUYE	207	218	5,3
9	ESVRES	1296	1356	4,6
10	FONDETTES	3284	3402	3,6
11	JOUE-LES-TOURS	12262	12780	4,2
12	LA MEMBROLLE-SUR-CHOISILLE	658	678	3
13	LA RICHE	3764	3837	1,9
14	LA VILLE-AUX-DAMES	1363	1374	0,8
15	LARCAY	624	635	1,8
16	LUYNES	1518	1549	2
17	METTRAY	521	529	1,5
18	MONNAIE	1136	1173	3,3
19	MONTBAZON	1065	1086	2
20	MONTLOUIS-SUR-LOIRE	3351	3469	3,5
21	MONTS	2313	2366	2,3
22	NOTRE-DAME-D'OE	1168	1199	2,7
23	PARCAY-MESLAY	631	651	3,2
24	REUGNY	334	337	0,9
25	ROCHECORBON	724	725	0,1
26	SAINT-AVERTIN	4519	4647	2,8
27	SAINT-BRANCHS	674	696	3,3

28	SAINT-CYR-SUR-LOIRE	5381	5550	3,1
29	SAINT-ETIENNE-DE-CHIGNY	298	306	2,7
30	SAINT-GENOUPH	311	311	0
31	SAINT-PIERRE-DES-CORPS	4338	4423	2
32	SAVONNIERES	982	994	1,2
33	SORIGNY	575	613	6,6
34	TOURS	47243	48311	2,3
35	TRUYES	523	552	5,5
36	VEIGNE	2063	2076	0,6
37	VERETZ	1497	1541	2,9
38	VERNOU-SUR-BRENNE	602	603	0,2
39	VILLANDRY	196	211	7,7
40	VOUVRAY	780	782	0,3
	TOTAL	115489	118607	

Tableau 5 : Taux de croissance du nombre d'actifs par commune

Avec l'implantation de nouvelles zones d'habitat, des communes comme Truyes, Sorigny ou Villandry verront leur population active augmenter. Cela représentera un grand nombre d'actifs sortant de ces territoires pour se rendre à leurs destinations, soit un grand nombre de flux domicile-travail qui s'affecteront sur les tronçons routiers de ces communes.

Taux de croissance des emplois

Même chose pour les emplois. Nous obtenons donc le nombre d'emplois par commune à l'horizon 2030 d'après les prévisions du SCoT de l'agglomération tourangelle (tableau ci-dessous).

	COMMUNES	Nombre d'emplois en 2010	Nombre d'emplois en 2030	Taux de croissance (%)
1	ARTANNES-SUR-INDRE	156	156	0
2	AZAY-SUR-CHER	204	204	0
3	BALLAN-MIRE	1153	1410	22,3
4	BERTHENAY	20	20	0
5	CHAMBRAY-LES-TOURS	8066	8144	1
6	CHANCAY	137	137	0
7	CHANCEAUX-SUR-CHOISILLE	407	493	21,1
8	DRUYE	41	298	626,8
9	ESVRES	660	831	25,9
10	FONDETTES	1898	2071	9,1
11	JOUE-LES-TOURS	10114	10243	1,3
12	LA MEMBROLLE-SUR-CHOISILLE	384	384	0
13	LA RICHE	1775	1779	0,2
14	LA VILLE-AUX-DAMES	637	637	0
15	LARCAY	137	137	0
16	LUYNES	651	653	0,3

17	METTRAY	432	546	26,4
18	MONNAIE	404	404	0
19	MONTBAZON	549	549	0
20	MONTLOUIS-SUR-LOIRE	1800	1971	9,5
21	MONTS	1146	1280	11,7
22	NOTRE-DAME-D'OE	589	591	0,3
23	PARCAY-MESLAY	1262	1693	34,2
24	REUGNY	175	175	0
25	ROHECORBON	499	499	0
26	SAINT-AVERTIN	3403	3415	0,4
27	SAINT-BRANCHS	237	237	0
28	SAINT-CYR-SUR-LOIRE	3851	4203	9,1
29	SAINT-ETIENNE-DE-CHIGNY	59	59	0
30	SAINT-GENOUPH	96	96	0
31	SAINT-PIERRE-DES-CORPS	7261	7282	0,3
32	SAVONNIERES	235	235	0
33	SORIGNY	389	846	117,5
34	TOURS	64133	64343	0,3
35	TRUYES	218	218	0
36	VEIGNE	751	751	0
37	VERETZ	273	273	0
38	VERNOU-SUR-BRENNE	603	603	0
39	VILLANDRY	68	68	0
40	VOUVRAY	616	673	9,3
TOTAL		115489	118607	

Tableau 6 : Taux de croissance du nombre d'emplois par commune

Des communes comme Druey ou Sorigny accueilleront de nouvelles zones d'activités et leur nombre d'emplois augmenteront respectivement de 50 à 300 (+626,8%) et de 400 à 850 (+117,5%). Nous pouvons donc nous attendre à ce que les flux entrants viennent augmenter le trafic sur les tronçons routiers dans et aux alentours de ces communes.

Affectation des flots sur le réseau routier

La dernière étape de notre modélisation consiste à affecter le flot de véhicules sur le réseau routier tourangeau.

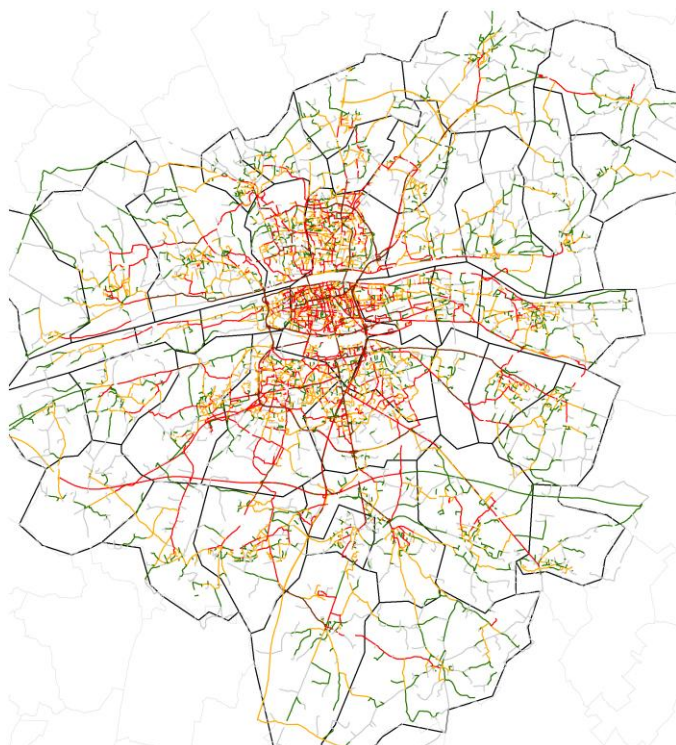
Comme indiqué précédemment¹⁵, nous appliquons au logiciel LogSTOM les paramètres suivants : 3 chemins à calculer, 3 chemins calculés, 3 chemins à considérer, une réduction de 30% de la capacité du réseau, 1 personne par véhicule et un créneau horaire de 30 minutes (1800 secondes) pour modéliser les flux à l'état actuel (2010) sur le réseau routier et les flux à l'horizon 2030 afin d'effectuer une comparaison.

¹⁵ Partie «Affectation des flux et choix du meilleur scénario », pages 20 et 21

Carte 4 : Flot de véhicules en 2010 - créneau 1 (0 – 30 min)

Carte 5 : Flot de véhicules en 2010 - créneau 2 (30-60 min)

Carte 6 : Flot de véhicules en 2010 – créneau 3 (60-90 min)



Légende

Flot (nombre de véhicules/créneau)

Discrétisation géométrique

- 0 - 5
- 5 - 20
- 20 - 100
- 100 - 450
- 450 - 2131
- Communes du site

Représentation du flot de véhicules sur l'agglomération tourangelle en 2010 pour le créneau 2

Sources :
BD Topo IGN (2010) ; INSEE 2010

Réalisation :
A. CHUSSEAU, O. MULLER
Modèle LogSTOM

0 2,5 5 10 Kilomètres



Carte 7 : Flot de véhicules en 2010 - créneau 4 (90-120 min)

Carte 8 : Flot de véhicules en 2010 - créneau 5 (120-150 min)

Carte 9 : Flot de véhicules en 2010 – créneau 6 (150-180min)



Légende

Flot (nombre de véhicules/créneau)
Discrétisation géométrique

Représentation du flot de véhicules
sur l'agglomération tourangelle
en 2010 pour le créneau 4

Légende

Flot (nombre de véhicules/créneau)
Discrétisation géométrique

0 - 5
5 - 20
20 - 100
100 - 450
450 - 2131
Communes du site

Représentation du flot de véhicules
sur l'agglomération tourangelle
en 2010 pour le créneau 5

Sources :
BD Topo IGN (2010) ; INSEE 2010

Réalisation :
A. CHUSSEAU, O. MULLER
Modèle LogSTOM

0 2,5 5 10
Kilomètres

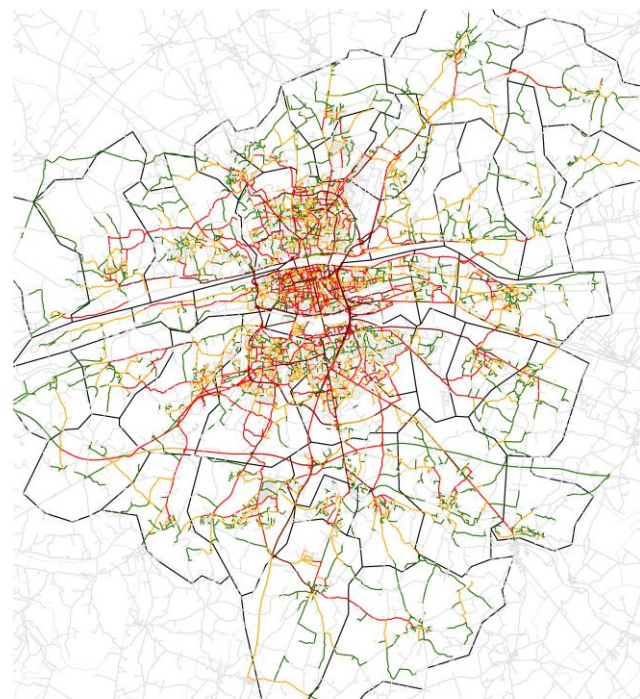


Légende

Flot (nombre de véhicules/créneau)
Discrétisation géométrique

Représentation du flot de véhicules
sur l'agglomération tourangelle
en 2010 pour le créneau 6

Carte 10 : Flot de véhicules en 2030 - créneau 1 (0-30 min)



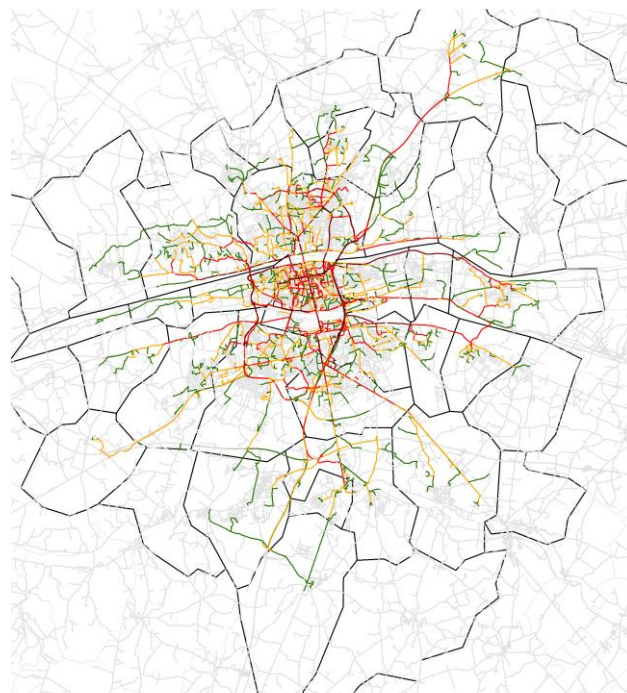
Légende

Flot (nombre de véhicules/créneau)
Discretisation géométrique

1 - 5

Représentation du flot de véhicules
sur l'agglomération tourangelle à
l'horizon 2030 pour le créneau 1

Carte 11 : Flot de véhicules en 2030 - créneau 2 (30-60 min)



Légende

Flot (nombre de véhicules/créneau)
Discretisation géométrique

1 - 5

5 - 30

30 - 115

115 - 450

450 - 1720

Communes du site

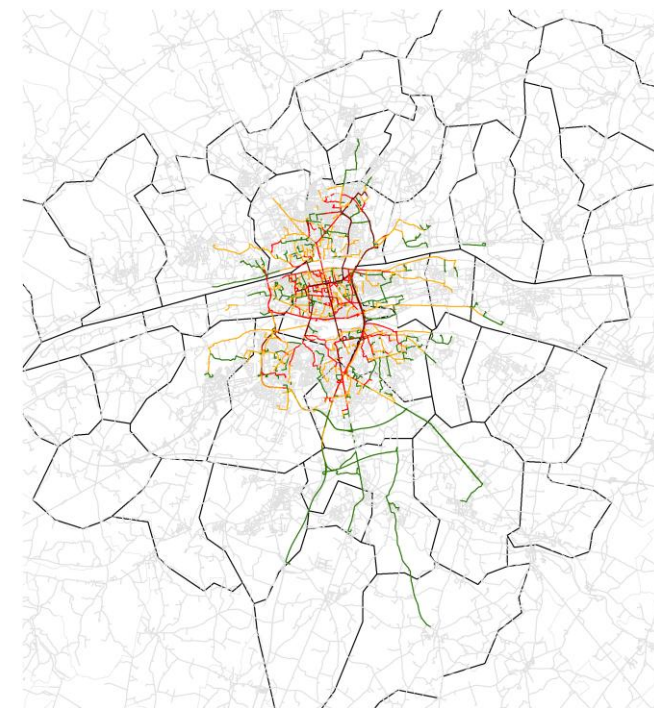
Représentation du flot de véhicules
sur l'agglomération tourangelle à
l'horizon 2030 pour le créneau 2

Sources :
BD Topo IGN (2010) ; INSEE 2010

Réalisation :
A. CHUSSEAU, O. MULLER
Modèle LogSTOM

0 2,5 5 10 Kilomètres

Carte 12 : Flot de véhicules en 2030 - créneau 3 (60-90 min)



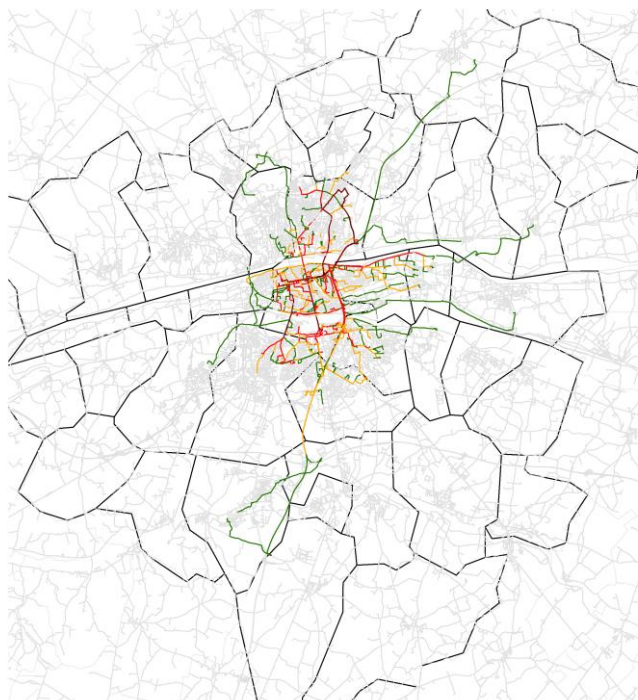
Légende

Flot (nombre de véhicules/créneau)
Discretisation géométrique

1 - 5

Représentation du flot de véhicules
sur l'agglomération tourangelle à
l'horizon 2030 pour le créneau 3

Carte 13 : Flot de véhicules en 2030 - créneau 4 (90-120 min) Carte 14 : Flot de véhicules en 2030 - créneau 5 (120-150 min) Carte 15 : Flot de véhicules en 2030 – créneau 6 (150-180 min)



Légende
Flot (nombre de véhicules/créneau)
Discrétisation géométrique
1 - 5
5 - 30
30 - 115
115 - 450
450 - 1720
Communes du site



Légende
Flot (nombre de véhicules/créneau)
Discrétisation géométrique
1 - 5
5 - 30
30 - 115
115 - 450
450 - 1720
Communes du site

Représentation du flot de véhicules sur l'agglomération tourangelle à l'horizon 2030 pour le créneau 5

Sources :
BD Topo IGN (2010) ; INSEE 2010

Réalisation :
A. CHUSSEAU, O. MULLER
Modèle LogSTOM

0 2,5 5 10 Kilomètres



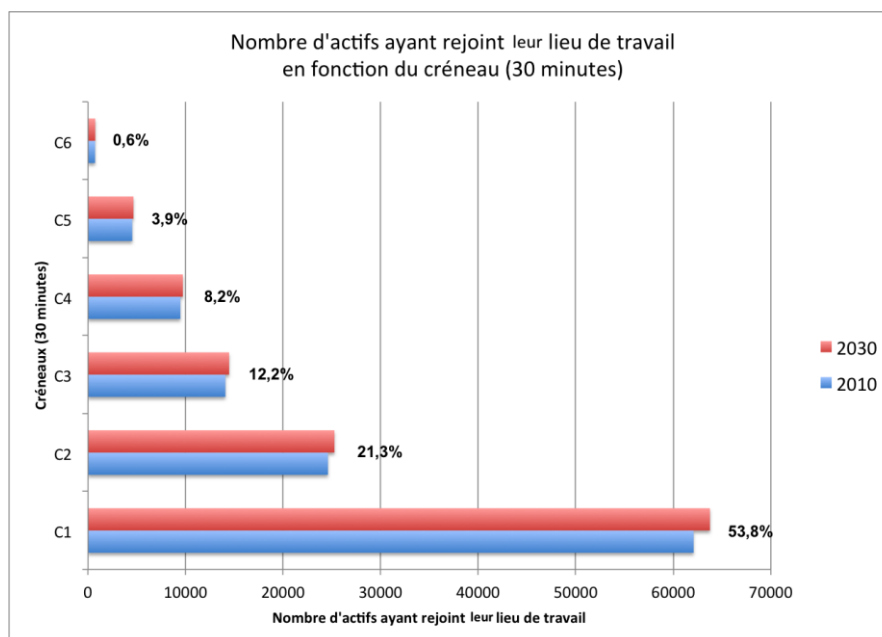
Légende
Flot (nombre de véhicules/créneau)
Discrétisation géométrique
1 - 5
5 - 30
30 - 115
115 - 450
450 - 1720
Communes du site

Comparaison des flots domicile-travail entre 2010 et 2030

Les six créneaux de 30 minutes, c'est-à-dire l'échelle de temps sur laquelle nous étudions les flux, permettent de suivre l'évolution du trafic avec une approche discrète. Les différents créneaux représentent le pas de temps utilisé pour l'analyse de la résorption des flux domicile-travail.

La comparaison visuelle du trafic par créneaux à l'état actuel (2010) et futur (2030) ne permet pas d'émettre de conclusion générale sur une augmentation du trafic routier sur le site étudié. En effet, la différence de flot sur les tronçons du réseau routier reste imperceptible. Ce résultat est logique compte tenu de la faible augmentation (+2,7%) des flux domicile-travail entre les deux périodes.

Notons que nous observons le même phénomène pour les deux années étudiées. En considérant trois chemins possibles, plus le nombre de créneau augmente, plus la charge sur le réseau diminue. Pour les deux périodes, le trafic est moins dense dès le second créneau de 30 minutes car 53,8% des actifs ont déjà rejoint leur lieu de travail (voir graphique 2).

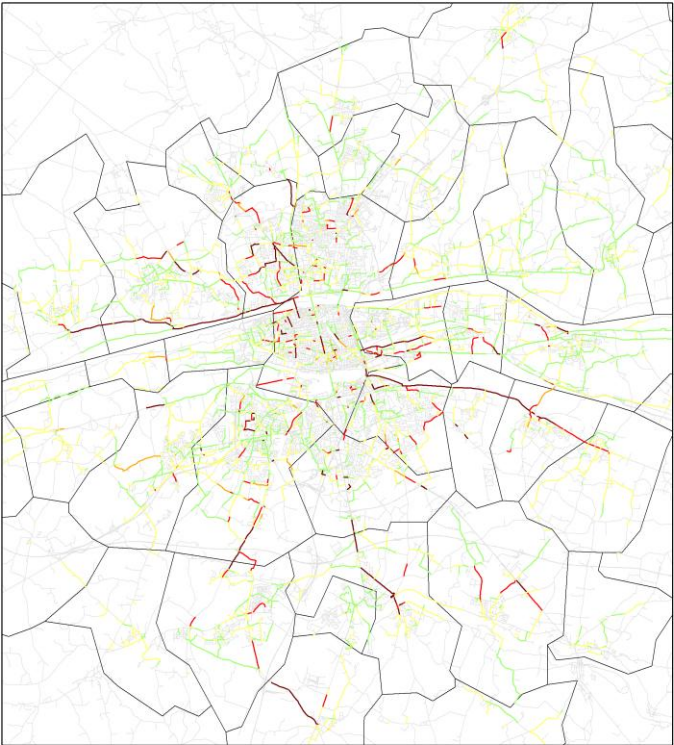


Graphique 2 : Nombre d'actifs ayant rejoint leur lieu de travail en fonction du créneau (30 minutes) (A. CHUSSEAU, O. MULLER, 2017)

D'un point de vue spatial, les principaux axes restent les plus chargés. La majorité des flots est, dès le deuxième créneau de 30 minutes, concentrée autour de la ville de Tours. Malgré l'implantation de nouvelles zones d'activités et d'habitat, la masse de cette ville, qui concentre la moitié des actifs et un tiers des emplois du site d'étude, confirme encore son rôle de pôle d'attraction.

Afin d'observer plus finement le contraste de flot sur le réseau routier entre 2010 et 2030 après l'implantation de zones d'habitat et d'activités, il est représenté ci-dessous la différence (en nombre et en pourcentage) de charge sur les différentes portions du réseau routier.

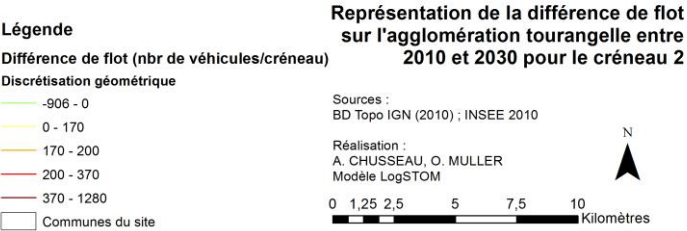
Carte 16 : Différence de flot entre 2030 et 2010 – 0-30 min



Carte 17 : Différence de flot entre 2030 et 2010 – 30-60 min

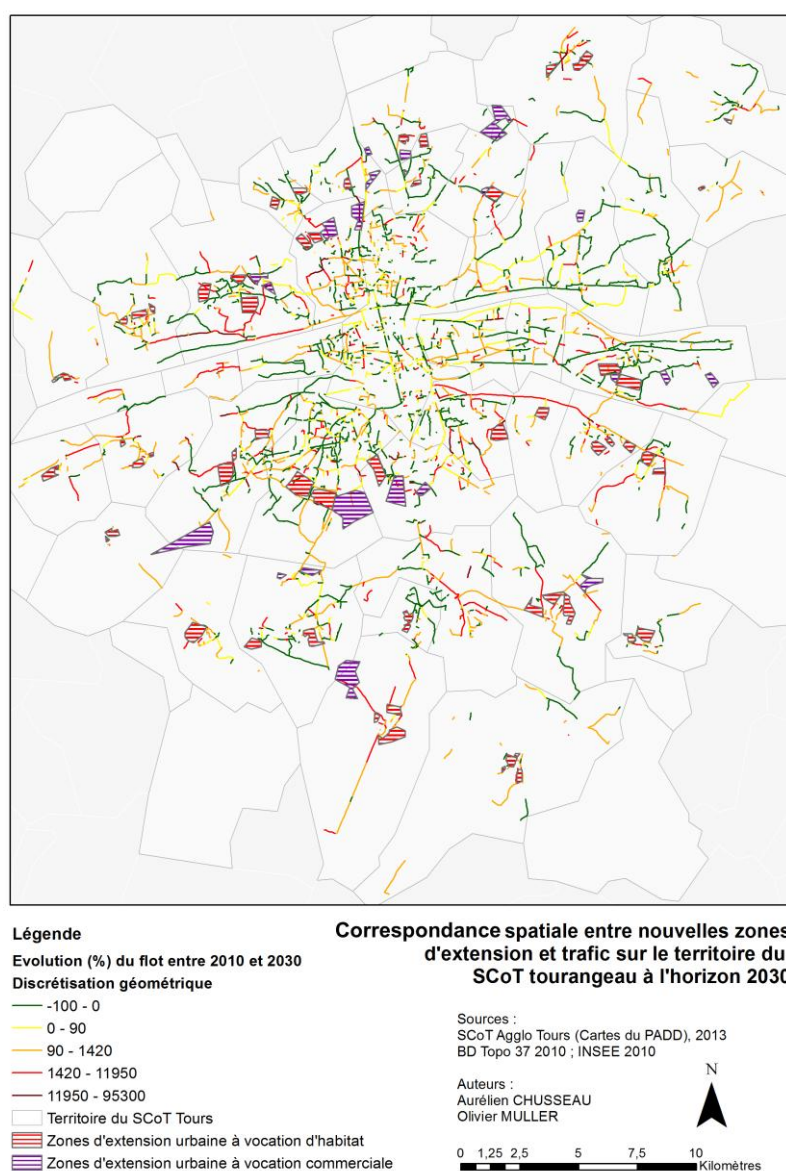


Carte 18 : Différence de flot entre 2030 et 2010 – 60-90 min



D'après nos résultats, le réseau subira, en valeur absolue, une faible charge supplémentaire sur l'ensemble de ses tronçons. On observe sur les cartes 16, 17, 18 que 44% des tronçons routiers (3654 des 8342 tronçons routiers) apparaissent en vert, soient les tronçons qui connaissent une diminution de leur flot. Cette observation est étonnante lorsque l'on sait que le territoire accueillera 3118 nouveaux actifs/emplois. Le trafic se reportera sur le reste du réseau. 42% de ces tronçons (en jaune) connaîtront une faible augmentation de leur flot (en nombre absolu) tandis que les portions en rouge, situées en première couronne de Tours, verront une forte augmentation du flot.

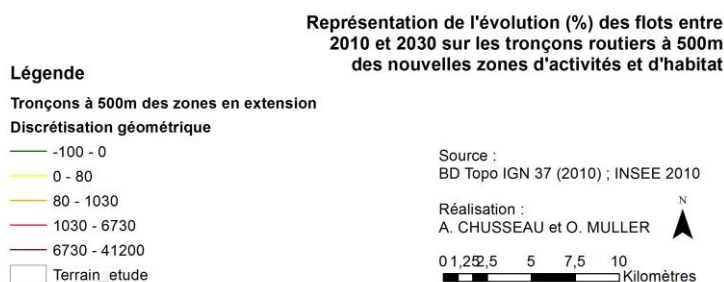
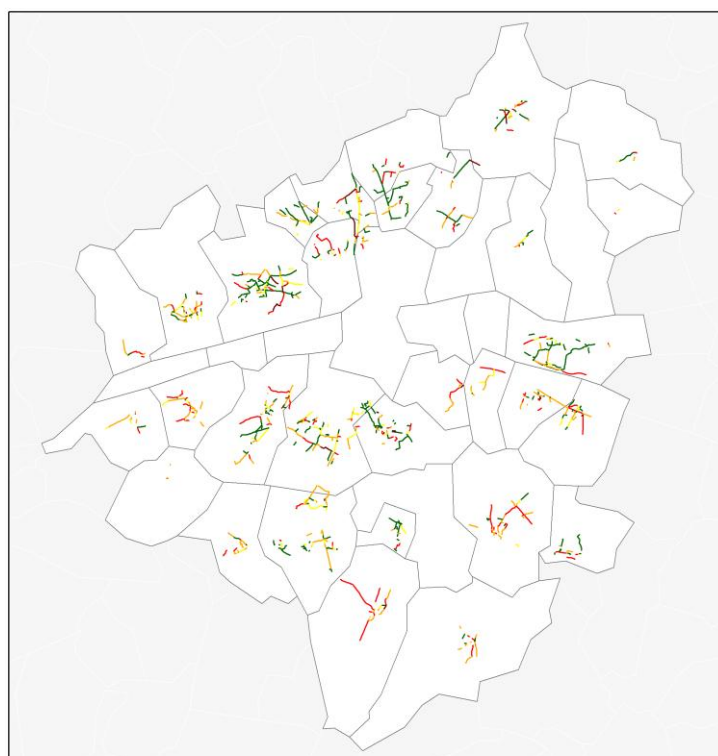
De la même manière que pour l'ensemble du trafic sur le réseau, plus on avance dans les créneaux, moins il y a de tronçons considérés. Au bout du troisième créneau, le trafic à l'horizon 2030 retrouve la configuration de celui de 2010. Cela n'est pas une surprise quand on sait que quasiment 3/4 des actifs rejoignent leur lieu de travail dans la première heure (cf. graphique 2, p.38).



Carte 19 : Correspondance spatiale entre nouvelles zones d'extension et trafic sur le territoire du SCoT tourangeau à l'horizon 2030 pour le créneau 1

Nous voulions analyser l'influence de l'implantation des nouvelles zones d'habitat et d'activités sur les flux des tronçons routiers alentours. Pour cela nous avons représenté l'évolution du flot entre 2010 et 2030 en pourcentage (carte 19, ci-dessus) dans le but de montrer qu'il existe une correspondance entre leur implantation et l'augmentation du trafic.

Une première évaluation visuelle nous laisse imaginer que les nouvelles zones ont une influence sur le trafic alentour car les tronçons bordant celles-ci présentent majoritairement des taux de croissance supérieures à 90% (tronçons orange, rouge et marron).



Carte 20 : Représentation de l'évolution (%) des flots entre 2010 et 2030 sur les tronçons routiers à 500m des nouvelles zones d'activités et d'habitat

La carte ci-dessus vient illustrer nos propos. En effet, la majorité (60%) des tronçons à proximité des zones d'activités et d'habitat connaissent une augmentation des flots pour le créneau 1 des 30 premières minutes. De plus, 32% des tronçons subissant la plus forte augmentation du trafic (supérieure à 1030%, tronçons rouges et bordeaux) se trouvent dans les 500 mètres aux alentours des nouvelles zones. Les tronçons routiers alentours font partie des plus impactés par les flux sortant des nouvelles zones d'habitat et les flux entrant dans les nouvelles zones d'activités.

Les différences de flots sur les créneaux suivants sont faibles voire dans la majorité des cas nulles sur les tronçons aux alentours des zones, il est impossible de les représenter graphiquement.

Conclusion

La démarche de modélisation du trafic sur le réseau routier a permis de simuler sa dynamique à l'horizon 2030, après l'implantation de nouvelles zones d'activités et d'habitat. L'analyse spatiale sur l'évolution du trafic entre l'état actuel et futur demanderait à être améliorée. Il serait pertinent, afin d'évaluer l'étalement urbain en 2030, de localiser précisément les tronçons routiers qui connaissent une augmentation significative de flot.

De plus, mesurer les conséquences de l'étalement urbain nécessiterait d'évaluer les nouveaux temps de trajet, le coût de la congestion, les variations dans la distance réseau domicile-travail, l'augmentation des consommations de carburant...

Notre projet ne peut être considéré comme une prévision des flux à l'horizon 2030 mais peut donner une tendance générale. En effet, notre travail s'inscrit dans une démarche diachronique, c'est à dire que nous effectuons une simple analyse comparative entre 2010 et 2030 sans prendre en compte l'évolution dynamique des infrastructures et de la population. Nous répartissons les nouveaux actifs et emplois en densification de manière uniforme sans considérer les zones d'attractivités au sein du tissu urbain existant.

Le réseau routier reste inchangé sur cette période. Or le projet de construction du périphérique nord, s'il venait à se concrétiser, pourrait influencer nos résultats.

Le modèle ne prend également pas en compte les futures dynamiques résidentielles. On peut imaginer que l'implantation de nouvelles zones d'activités entraînerait le déménagement d'une partie de la population.

Enfin, la modélisation a suivi les paramètres du meilleur scénario pour la situation. Or, avec l'augmentation du covoiturage, de l'auto partage, et du coût du transport en automobile, certains paramètres comme le taux d'occupation par véhicule ou la réduction de la capacité du réseau seraient susceptibles de varier. Il serait alors nécessaire d'affiner le modèle en prenant en compte l'évolution probable de ces paramètres afin de se rapprocher au mieux de la réalité.

Annexes

Annexe 1 : Interface de LogSTOM

Annexe 2 : Résultats du test de corrélation de Bravais-Pearson pour chaque scénario considéré pour la génération des flux en 2010 (source : PFE des années précédentes)

27-May-17				05-Jun-17			
1er Scénario : 3-3-1-0-1-1800				7er Scénario : 3-3-1-0-1-1800			
Saisir le nombre de chemins à calculés	3-3-1-0-1-1800	3		Saisir le nombre de chemins à calculés	3-3-1-0-1-1800	3	
Saisir le nombre de chemins calculés		3		Saisir le nombre de chemins calculés		3	
Saisir le nombre de chemins à considérer		1		Saisir le nombre de chemins à considérer		3	
Saisir le % de réduction de la capacité du réseau		0		Saisir le % de réduction de la capacité du réseau		0	
Saisir le nombre de personnes par véhicule		1		Saisir le nombre de personnes par véhicule		1	
Saisir le créneau horaire en secondes		1800		Saisir le créneau horaire en secondes		1800	
Corrélation 2015 :	$R^2 = 0.1576$	0,40	r	Corrélation 2015 :	$R^2 = 0.2303$	0,48	r
Corrélation 2014 :	$R^2 = 0.2028$	0,45	r	Corrélation 2014 :	$R^2 = 0.2474$	0,50	r
Corrélation 2010 :	$R^2 = 0.2601$	0,51	r	Corrélation 2010 :	$R^2 = 0.3864$	0,6216	r
02-Jun-15				05-Jun-15			
2eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800				6eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800			
Saisir le nombre de chemins à calculés	3-3-2-30-1-1800	3		Saisir le nombre de chemins à calculés	3-3-2-30-1-1800	3	
Saisir le nombre de chemins calculés		3		Saisir le nombre de chemins calculés		3	
Saisir le nombre de chemins à considérer		2		Saisir le nombre de chemins à considérer		3	
Saisir le % de réduction de la capacité du réseau		30		Saisir le % de réduction de la capacité du réseau		30	
Saisir le nombre de personnes par véhicule		1		Saisir le nombre de personnes par véhicule		1	
Saisir le créneau horaire en secondes		1800		Saisir le créneau horaire en secondes		1800	
Corrélation 2015 :	$R^2 = 0.2174$	0,47	r	Corrélation 2015 :	$R^2 = 0.2377$	0,49	r
Corrélation 2014 :	$R^2 = 0.2276$	0,48	r	Corrélation 2014 :	$R^2 = 0.2556$	0,51	r
Corrélation 2010 :	$R^2 = 0.3594$	0,5995	r	Corrélation 2010 :	$R^2 = 0.4093$	0,6355	r
03-Jun-15				04-Jun-15			
3eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800				5eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800			
Saisir le nombre de chemins à calculés	3-3-2-40-1-1800	3		Saisir le nombre de chemins à calculés	3-3-2-40-1-1800	3	
Saisir le nombre de chemins calculés		3		Saisir le nombre de chemins calculés		3	
Saisir le nombre de chemins à considérer		2		Saisir le nombre de chemins à considérer		3	
Saisir le % de réduction de la capacité du réseau		40		Saisir le % de réduction de la capacité du réseau		40	
Saisir le nombre de personnes par véhicule		1		Saisir le nombre de personnes par véhicule		1	
Saisir le créneau horaire en secondes		1800		Saisir le créneau horaire en secondes		1800	
Corrélation 2015 :	$R^2 = 0.2188$	0,47	r	Corrélation 2015 :	$R^2 = 0.2345$	0,48	r
Corrélation 2014 :	$R^2 = 0.2188$	0,47	r	Corrélation 2014 :	$R^2 = 0.2429$	0,49	r
Corrélation 2010 :	$R^2 = 0.3617$	0,6014	r	Corrélation 2010 :	$R^2 = 0.3976$	0,6306	r

03-Jun-15				06-Jun-15			
4eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800				9eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800			
	3-3-2-40-1-1800				3-3-3-20-1-1800		
Saisir le nombre de chemins à calculés	3			Saisir le nombre de chemins à calculés	3		
Saisir le nombre de chemins calculés	3			Saisir le nombre de chemins calculés	3		
Saisir le nombre de chemins à considérer	2			Saisir le nombre de chemins à considérer	3		
Saisir le % de réduction de la capacité du réseau	20			Saisir le % de réduction de la capacité du réseau	20		
Saisir le nombre de personnes par véhicule	1			Saisir le nombre de personnes par véhicule	1		
Saisir le créneau horaire en secondes	1800			Saisir le créneau horaire en secondes	1800		
Corrélation 2015 :	R² = 0.2237	0,47	r	Corrélation 2015 :	R² = 0.2393	0,49	r
Corrélation 2014 :	R² = 0.2137	0,46	r	Corrélation 2014 :	R² = 0.2471	0,50	r
Corrélation 2010 :	R² = 0.3576	0,5980	r	Corrélation 2010 :	R² = 0.4008	0,6331	r
04-Jun-15				06-Jun-15			
8eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800				10eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800			
	3-3-2-40-1-1800				3-3-3-10-1-1800		
Saisir le nombre de chemins à calculés	3			Saisir le nombre de chemins à calculés	3		
Saisir le nombre de chemins calculés	3			Saisir le nombre de chemins calculés	3		
Saisir le nombre de chemins à considérer	2			Saisir le nombre de chemins à considérer	3		
Saisir le % de réduction de la capacité du réseau	0			Saisir le % de réduction de la capacité du réseau	10		
Saisir le nombre de personnes par véhicule	1			Saisir le nombre de personnes par véhicule	1		
Saisir le créneau horaire en secondes	1800			Saisir le créneau horaire en secondes	1800		
Corrélation 2015 :	R² = 0.2198	0,47	r	Corrélation 2015 :	R² = 0.2366	0,486	r
Corrélation 2014 :	R² = 0.2266	0,48	r	Corrélation 2014 :	R² = 0.2544	0,504	r
Corrélation 2010 :	R² = 0.3595	0,5996	r	Corrélation 2010 :	R² = 0.4018	0,6339	r
06-Jun-15				06-Jun-15			
8eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800				13eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800			
	3-3-2-10-1-1800				3-3-3-10-1-1800		
Saisir le nombre de chemins à calculés	3			Saisir le nombre de chemins à calculés	3		
Saisir le nombre de chemins calculés	3			Saisir le nombre de chemins calculés	3		
Saisir le nombre de chemins à considérer	2			Saisir le nombre de chemins à considérer	3		
Saisir le % de réduction de la capacité du réseau	10			Saisir le % de réduction de la capacité du réseau	50		
Saisir le nombre de personnes par véhicule	1			Saisir le nombre de personnes par véhicule	1		
Saisir le créneau horaire en secondes	1800			Saisir le créneau horaire en secondes	1800		
Corrélation 2015 :	R² = 0.2208	0,47	r	Corrélation 2015 :	R² = 0.2396	0,489	r
Corrélation 2014 :	R² = 0.2272	0,48	r	Corrélation 2014 :	R² = 0.255	0,505	r
Corrélation 2010 :	R² = 0.36	0,6000	r	Corrélation 2010 :	R² = 0.4087	0,6393	r
06-Jun-15				06-Jun-15			
8eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800				14eme Scénario : 3-3-1-0-1-1800			
	3-3-2-50-1-1800				3-3-1-10-1-1800		
Saisir le nombre de chemins à calculés	3			Saisir le nombre de chemins à calculés	3		
Saisir le nombre de chemins calculés	3			Saisir le nombre de chemins calculés	3		
Saisir le nombre de chemins à considérer	2			Saisir le nombre de chemins à considérer	1		
Saisir le % de réduction de la capacité du réseau	50			Saisir le % de réduction de la capacité du réseau	10		
Saisir le nombre de personnes par véhicule	1			Saisir le nombre de personnes par véhicule	1		
Saisir le créneau horaire en secondes	1800			Saisir le créneau horaire en secondes	1800		
Corrélation 2015 :	R² = 0.2272	0,48	r	Corrélation 2015 :	R² = 0.1576	0,397	r
Corrélation 2014 :	R² = 0.2382	0,49	r	Corrélation 2014 :	R² = 0.2028	0,450	r
Corrélation 2010 :	R² = 0.3698	0,6081	r	Corrélation 2010 :	R² = 0.2601	0,51	r
				15eme Scénario : 3-3-3-60-1-1800			
					3-3-1-10-1-1800		
				Saisir le nombre de chemins à calculés	3		
				Saisir le nombre de chemins calculés	3		
				Saisir le nombre de chemins à considérer	1		
				Saisir le % de réduction de la capacité du réseau	60		
				Saisir le nombre de personnes par véhicule	1		
				Saisir le créneau horaire en secondes	1800		
				Corrélation 2015 :	R² = 0.2481	0,4981	r
				Corrélation 2014 :	R² = 0.2551	0,5051	r
				Corrélation 2010 :	R² = 0.418	0,6465	r

Bibliographie

ALAEDDINE Houssein, SERRHINI Kamal, MAIZIA Mindjid, NÉRON Emmanuel. « A spatiotemporal optimization model for the evacuation of the population exposed to flood hazard ». *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, 687–701, 2015. p.685-701.

ANTONI, Jean-Philippe. *Modéliser la ville : Forme urbaine et politiques de transport*. Paris : Economica, 2010. 448 pages. (Méthodes et Approches).

ARBOUCH, Sarah, RAUTUREAU, Zoé. - Impact de la mobilité domicile-travail sur l'étalement urbain de l'agglomération orléanaise - 43 pages. Mémoire de projet de fin d'études. Université de Tours : EPU-DAE, 2016-2017.

CESSY, Eloïse, PARMENTIER, Félix. - Mobilité et maîtrise de l'étalement urbain : L'étalement urbain impacte-t-il la stabilité du budget-temps que les individus consacrent aux transports ? - 47 pages. Mémoire de projet de fin d'études. Université de Tours : EPU-DAE, 2015-2016.

CORTRIGHT, Joe. « *Measuring Urban Transportation Performance : A Critique of Mobility Measures and a Synthesis* ». CEOs for Cities, Chicago, septembre 2010. 62p.

DE LA HOZ Daniel, GUZMAN Luis A., MONZON Andrés. « Optimization of transport measures to reduce GHG and pollutant emissions through a LUTI modeling approach ». *International Journal of Sustainable Transportation*, 10:7, 2016. p.590-603.

DEBAETS, Kévin, LARRIVÉE, Arnaud. - Transports : Impacts d'une 2^{ème} ligne de tramway à Tours sur les flux - 49 pages. Mémoire de projet de fin d'études. Université de Tours : EPU-DAE, 2016-2017.

DEBIZET Gilles. « L'évolution de la modélisation des déplacements urbains en France 1960-2005 » Le poids de l'organisation institutionnelle des transports. *CAIRN*, 2011/3 - n° 85-86, 2011. p. 8-21.

DIJKSTRA E.W., « A Note on Two Problems in Connexion with Graphs », *Numerische Mathematik* 1, 1959, p.269–271.

EWING, R., PENDALL, R., CHEN, D.. « *Measuring sprawl and its transportation impacts* ». *Transportation Research Record* 1831, 2003. p.175–183.

FUGIER Pascal. « La mise en œuvre d'un protocole de recherche exploratoire en sociologie. Question de départ et quelques ficelles du métier ». *Interrogations ?*, n°8. Formes, figures et représentations des faits de déviance féminins, juin 2009.

GALSTER, G., HANSON, R., RATCLIFFE, M. R., WOLMAN, H., COLEMAN, S., FREIHAGE, J.. « *Wrestling sprawl to the ground* : Defining and measuring an elusive concept ». *Housing Policy Debate* 12, 2001. p.681–717.

GEURS K.T., van Wee B.. « Accessibility evaluation of land-use and transport strategies : review and research directions ». *Journal of Transport Geography*, 12 (2004), 2004. p. 127–140.

HASSE, J., LATHROP, R. G.. 2003a. « *A housing-unit-level approach to characterizing residential sprawl* ». *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 69, 2003. p.1021–1030.

HUFF, David L.. « Defining and Estimating a Trading Area ». *Journal of Marketing*, volume 28, n°3, juillet 1964. p. 34-38.

JOLY, Iragaël. « *Préserver la constance du budget temps transport* : le réinvestissement des gains de temps ». HAL archives-ouvertes.fr [en ligne], avril 2003 [consulté le 25/10/2017]. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00088534/document>.

LIVIAN Yves. « Initiation a la méthodologie de recherche en shs ». HAL archives-ouvertes.fr [en ligne], janvier 2015 [consulté le 20/10/2017]. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01102083>.

LOPEZ, R., HYNES, H. P.. « *Sprawl in the 1990s* : Measurement, distribution, and trends ». *Urban Affairs Review* 38, 2003. p.325–355.

MAIZIA, Mindjid. - *Systèmes Urbains et Transport* – 198 pages. Manuel pour l'ingénieur dans le domaine des transports urbains. Université de Tours : EPU-DAE.

MALPEZZI, S. 1999. *Estimates of the measurements and determinants of urban sprawl in US metropolitan areas*. Madison : Center for Urban Land Economics, University of Wisconsin.

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. *Enquête Nationale Transports et Déplacements (ENTD) 2008*. Statistiques.developpement-durable.gouv.fr [en ligne], mise à jour le 08/04/2010 [consulté le 10/11/2017]. <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sources-methodes/enquete-nomenclat>

NICOLAS J.-P.. « SIMBAD : un outil pour intégrer le développement durable dans les politiques publiques » in ANTONI J-P. (ed.), *Modéliser la ville. Forme urbaine et politiques de transport, 2010*. Paris : Economica, coll. Méthodes et Approches. p1-37

RAY, Cyril, ZEITOUNI, Karine. « Systèmes d'information pour le transport et la mobilité ». *Revue internationale de géomatique*, volume 26 – n°2/2016, avril-juin 2016. p.237-261

SCoT de l'Agglomération Tourangelle. *Objectif 2030 : Diagnostic*. Document approuvé le 27 septembre 2013.

SCoT de l'Agglomération Tourangelle. Objectif 2030 : Projet d'Aménagement et de Développement Durable. Document arrêté le 25 janvier 2013.

SULTANA, Selima, WEBER, Joe. « Journey-to-Work Patterns in the Age of Sprawl : Evidence from Two Midsize Southern Metropolitan Areas ». *The Professional Geographer*, 59(2) 2007, 2007. p. 193–208.

WANG Fahui. « Modeling Commuting Patterns in Chicago in a GIS Environment : A Job Accessibility Perspective ». *The Professional Geographer*, 2(1) 2000, 2000. p. 120–133.

WEGENER Michael. « Overview of land use transport models ». *Handbook of Transport Geography and Spatial Systems*, chapter 9, 2004. p.127-146.

WIEL, Marc, Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (PREDIT). *Etalement urbain et mobilité*. La Documentation française, 2010. 88p. (Le point sur...).

WOLMAN, H., GALSTER, G., HANSON, R., RATCLIFFE, M., FURDELL, K., SARZYNSKI. « *The fundamental challenge in measuring sprawl : Which land should be considered?* ». *The Professional Geographer* 57, 2005. p.94–105.

Cartes

Carte 1 : Présentation du terrain d'étude	11
Carte 2 : Affectation des mailles aux nœuds le plus proche du réseau routier	18
Carte 3 : Zones de densification et d'extension urbaine ou commerciale sur le territoire du SCoT de l'agglomération tourangelles à l'horizon 2030.....	21
Carte 4 : Flot de véhicules en 2010 - créneau 1 (0 – 30 min) Carte 5 : Flot de véhicules en 2010 - créneau 2 (30-60 min) Carte 6 : Flot de véhicules en 2010 – créneau 3 (60-90 min).....	33
Carte 7 : Flot de véhicules en 2010 - créneau 4 (90-120 min) Carte 8 : Flot de véhicules en 2010 - créneau 5 (120-150 min) Carte 9 : Flot de véhicules en 2010 – créneau 6 (150-180min)	34
Carte 10 : Flot de véhicules en 2030 - créneau 1 (0-30 min) Carte 11 : Flot de véhicules en 2030 - créneau 2 (30-60 min) Carte 12 : Flot de véhicules en 2030 – créneau 3 (60-90 min)	35
Carte 13 : Flot de véhicules en 2030 - créneau 4 (90-120 min) Carte 14 : Flot de véhicules en 2030 - créneau 5 (120-150 min) Carte 15 : Flot de véhicules en 2030 – créneau 6 (150-180 min)	36
Carte 16 : Différence de flot entre 2030 et 2010 – 0-30 min Différence de flot entre 2030 et 2010 – 30-60 min Différence de flot entre 2030 et 2010 – 60-90 min	39
Carte 17 : Différence de flot entre 2030 et 2010 – 90-120 min Différence de flot entre 2030 et 2010 – 120-150 min Différence de flot entre 2030 et 2010 – 150-180 min	40
Carte 18 : Différence de flot entre 2030 et 2010 – 180-210 min Différence de flot entre 2030 et 2010 – 210-240 min Différence de flot entre 2030 et 2010 – 240-270 min	41
Carte 19 : Correspondance spatiale entre nouvelles zones d'extension et trafic sur le territoire du SCoT tourangeau à l'horizon 2030 pour le créneau 1	40
Carte 20 : Représentation de l'évolution (%) des flots entre 2010 et 2030 sur les tronçons routiers à 500m des nouvelles zones d'activités et d'habitat	41

Images

Image 1 : Modélisation du modèle de Huff sous Toaster®28

Graphiques

Graphique 1 : Test de corrélation linéaire de Pearson entre les flux calculés et les flux réels 29

Graphique 2 : Nombre d'actifs ayant rejoint leur lieu de travail en fonction du créneau (0-30 minutes).....37

Schéma

Schéma 1 : Représentation des flux entre les différentes catégories de nœuds – démarche LogSTOM.....18

Tableaux

Tableau 1 : Part (en %) et nombre absolu de nouveaux actifs par typologie de communes (selon le classement du SCoT).....24

Tableau 2 : Répartition des nouveaux actifs par commune25

Tableau 3 : Répartition des nouveaux emplois par commune26

Tableau 4 : Comparaison des coefficients de corrélation linéaire et de détermination en fonction de la valeur de Bêta29

Tableau 5 : Taux de croissance du nombre d'actifs par commune31

Tableau 6 : Taux de croissance du nombre d'emplois par commune32

CITERES
UMR 7324
Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés

*Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement*



35 allée Ferdinand de Lesseps
BP 30553
37205 TOURS cedex 3

Directeurs de recherche :

**SERRHINI Kamal
ANDIEU Dominique**

**CHUSSEAU Aurélien
MULLER Olivier**

**Projet de Fin d'Études
DA5
2017-2018**

Impacts de futurs aménagements sur les flux domicile-travail de l'agglomération tourangelle à l'horizon 2030 : *Quels tronçons routiers seront les plus affectés par les flux domicile-travail liés au développement de la métropole tourangelle ?*

Résumé :

Avec près de 150 000 emplois, la métropole de Tours est un pôle économique majeur dans la région Centre-Val de Loire. D'après les prévisions de l'INSEE, cela devrait se renforcer dans les prochaines années avec une augmentation de 2,7% du nombre d'actifs et d'emplois à l'horizon 2030. Bien que sur le plan économique cette croissance soit une bonne chose, elle va entraîner une augmentation du trafic sur le réseau routier tourangeau. En effet, le motif « travail » reste aujourd'hui le plus important des générateurs de flux. Ce projet s'inscrit dans le programme de recherche COEUR des universités de Tours et d'Orléans. Il vise à modéliser les déplacements domicile-travail sur le territoire du SCoT de l'agglomération tourangelle à l'horizon 2030. Déjà utilisé pour modéliser les déplacements domicile-travail sur les agglomérations de Tours et d'Orléans, le logiciel STOM sera employé pour ce travail prospectif.

Mots Clés : Modélisation, mobilité, déplacement domicile-travail, prospective, flux, Huff