



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

MOBILITES ET ETALEMENT URBAIN :

**Quelle échelle d'étude privilégier
pour caractériser la mobilité
domicile-travail impactant
l'étalement urbain en Région Centre -
Val de Loire ?**

Utilisation du modèle gravitaire.



FONTAINE Camille

2014-2015

Directeur de recherche
SERRHINI Kamal

Mobilités et étalement urbain :

**Quelle échelle d'étude privilégier pour caractériser la
mobilité domicile-travail impactant l'étalement urbain en
Région Centre - Val de Loire ?**

Utilisation du modèle gravitaire.

Directeur de recherche

Kamal SERRHINI

Camille FONTAINE

2014 / 2015

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.

L'auteur de cette recherche a signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

FORMATION PAR LA RECHERCHE ET **PROJET DE FIN D'ETUDES EN GENIE DE** **L'AMENAGEMENT**

La formation au génie de l'aménagement, assurée par le département aménagement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement, 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 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 les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Durant ces huit mois de recherche, un certain nombre de professionnels et d'étudiants ont contribué au bon déroulement de ce projet de fin d'études grâce à leur expertise, leur aide dans ma réflexion et leur soutien.

Je tiens donc à remercier tout particulièrement :

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 mon travail, ses conseils avisés, son implication et le temps qu'il m'a accordé.

M. Dominique ANDRIEU, Géographe-cartographe dans la recherche en sciences humaines et sociales, Ingénieur d'études à la Maison des Sciences de l'Homme Val de Loire (MSH VdL) « Villes et Territoires » de l'Université de Tours, pour ses conseils en cartographie, la transmission de bases de données et les éléments de réflexion dont il m'a fait part.

M. Jean-Marc ZANINETTI, Vice-président du CEVU et professeur de géographie à l'Université d'Orléans, pour les exposés qu'il nous a proposés lors des réunions d'étapes du programme de recherche C.O.E.U.R. et la transmission de fichiers SIG m'ayant fortement aidée dans ma réflexion et dans la réalisation de différentes cartes du territoire de la Région Centre – Val de Loire.

M. Gaëtan PALKA, Doctorant à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, Département Aménagement, pour son aide technique sur l'utilisation et la résolution de problèmes sur la plateforme ArcGis®.

M. Laurent ETIENNE, Maître de Conférences à l'Université de Tours et enseignant de géomatique à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, Département Aménagement, pour la mise à disposition de bases de données urbaines.

Tous les membres partenaires du projet de recherche C.O.E.U.R. (M. Athanasios BATAKIS, M. Guillaume HAVARD, M. Michel ZINSMEISTER, M. Nicolas DEBARSY, M. Jean-Marc ZANINETTI, M. Cem ERTUR, M. Kamal SERRHINI, M. Serge THIBault, M. Dominique ANDRIEU, et tous ceux que je m'excuse d'oublier le cas échéant), pour leur expertise sur le sujet, leur réflexion, leurs productions et leurs exposés très enrichissants.

M. Houssein ALAEDDINE, Post-Doctorant à l'Ecole 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*.

Pradeep MANI KANNAN, Etudiant M2RI (Master de Recherche Internationale en « Planning and Sustainability / Urban and Regional Planning »), qui a travaillé sur cet objet de recherche également et avec qui nous avons pu échanger sur les différentes méthodes de calcul et les données à mobiliser lors de la mise en place et l'application du modèle gravitaire notamment.

Je remercie également toutes les personnes non citées précédemment qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette étude.

SOMMAIRE

Table des matières

AVERTISSEMENT	4
FORMATION PAR LA RECHERCHE ET PROJET DE FIN D'ETUDES EN GENIE DE L'AMENAGEMENT	5
REMERCIEMENTS.....	6
SOMMAIRE	7
INTRODUCTION	8
ETAT DE L'ART – Les méthodes d'analyse de la mobilité	10
Mobilité	10
Etalement urbain	11
Accessibilité	14
Vulnérabilité	14
Caractéristiques des territoires et pratiques des ménages.....	15
Politiques d'aménagement	16
Modèle gravitaire	16
Théorie des graphes	19
Distance généralisée des déplacements	20
OUTILS ET MODELE MIS A PROFIT.....	22
Relation entre vitesse routière et densité du bâti	22
Mise en place du modèle gravitaire et applications aux différentes échelles d'étude.....	23
Description du processus calculatoire.....	24
Application du modèle gravitaire sur quatre échelles d'étude de tailles différentes.....	27
Résultats après application du modèle gravitaire.....	38
CONCLUSION	41
LIMITES	42
ANNEXES.....	43
TABLES DES ILLUSTRATIONS.....	70
GLOSSAIRE	72
BIBLIOGRAPHIE	73

INTRODUCTION

Ce projet de fin d'études (ou PFE) portant sur « **les Mobilités et l'Étalement Urbain en Région Centre** » s'intègre dans le programme de recherche d'intérêt régional portant le titre de « **Croissance, Optimisation, Economie, Urbanisation, Réseau** » (dont l'acronyme est « C.O.E.U.R. ») et fait suite au projet **T.R.U.C** (Transport, Réseaux, Urbanisme, Croissance). Ce programme de recherche prévu de se dérouler sur une durée de 36 mois a débuté en septembre 2014. Les partenaires intégrant le projet « C.O.E.U.R » font partie de l'Université d'Orléans et de l'Université François-Rabelais de Tours. Pour l'Université d'Orléans, les unités de recherche mobilisées sont :

- Le Laboratoire de Mathématiques - Analyse, Probabilités, Modélisation (**MAPMO**, UMR CNRS 7349),
- Le Laboratoire d'Économie (et de Géographie) d'Orléans (**LEO**, UMR CNRS 7322),
- La Maison des Sciences de l'Homme Val de Loire (**MSH**, USR 3501), pour la recherche en Sciences Humaines et Sociales.

Pour l'Université de Tours, les unités de recherche sont les suivantes :

- Cités, TERritoires, Environnement et Sociétés (**CITERES**, UMR 7324) pour l'aménagement et l'analyse des dynamiques spatiales et territoriales des sociétés,
- La Maison des Sciences de l'Homme Val de Loire (**MSH**, USR 3501), pour la géographie et la recherche en Sciences Humaines et Sociales.

« Ce projet regroupe des expertises des différents domaines (Mathématiques, Géographie, Économétrie, Aménagement) dans le but d'étudier, simuler et comprendre la dynamique et l'évolution des réseaux économiques et urbains de la Région Centre. Nous souhaitons mettre à profit le réel succès du projet T.R.U.C., portant sur la

modélisation de la croissance des villes, afin d'étendre notre compréhension des mécanismes rythmant la croissance des villes et des échanges entre agglomérations. Jusqu'ici, nous avons étudié une ville de taille moyenne (Montargis) avec des résultats étonnants, tant au niveau de la modélisation que de la prédiction. Faisant le pari de l'universalité des théories avancées nous avons mis en commun nos expertises afin de proposer un modèle de croissance urbaine en Région Centre et de simuler les flux et les échanges engendrés. L'universalité prétendue de ce modèle, cependant, ne peut être validée que dans une échelle plus grande, celle de la Région. Ainsi, nous ambitionnons de prolonger cette étude au niveau régional et d'y associer un nouveau volet qui nous semble indispensable pour la compréhension profonde de la dynamique sous-jacente, celui de l'économie. » [Athanasios BATAKIS, Responsable – Coordinateur scientifique du projet de recherche, 2014].

L'objectif de ce projet de recherche à terme est de confectionner un modèle de simulation afin de prévoir l'impact de décisions de zonage ou encore de localisation d'équipements et d'infrastructures sur l'emplacement et la répartition de la demande en logements sur le territoire de la Région Centre. Ce modèle permettra également de simuler la consommation associée d'espaces naturels ainsi que la génération éventuelle de trafic entre les différents équipements, infrastructures et biens publics existants et localisés (pouvant être qualifiés d'« attracteurs ») et les zones résidentielles (pouvant être qualifiées d'« émettrices »). Ainsi, les formes et modalités de l'expansion urbaine et de l'accessibilité spatiale en Région Centre pourront être anticipées.

L'enjeu est de comprendre et prévoir l'influence des politiques d'aménagement local et régional sur la localisation et l'implantation de zones d'habitat, zones d'activités, zones industrielles, parcelles agricoles, ou encore de zones naturelles. Un tel modèle de simulation voire de prédiction serait un véritable outil d'aide à la décision pour les élus et viendrait justifier les choix optimaux privilégiés. Cet outil prospectif pourra

permettre de prévoir l'impact des choix politiques et économiques d'aménagement du territoire tels que l'impact de l'implantation d'une zone d'activité génératrice d'emplois sur le trafic routier, la délocalisation d'une zone commerciale vis-à-vis des bassins d'emplois, ou encore l'effet de la création d'une nouvelle infrastructure de transports sur le territoire régional.

Le précédent projet de recherche T.R.U.C. appliqué au territoire du futur Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) de Montargis (88 communes), avait pour objectif de comprendre et simuler le développement de ce territoire de 1900 à 2012. L'agglomération actuelle de Montargis a ainsi pu être reconstituée à partir des données de 1900, afin notamment d'étudier l'accessibilité, induite de la notion d'étalement urbain, aussi bien spatiale que temporelle. Ceci a ainsi permis la modélisation de différentes hypothèses d'aménagement et d'implantation de nouvelles infrastructures pour étudier leur impact sur le territoire. C'est dans le cadre de ce contrat de recherche qu'un PFE a été réalisé en 2013-2014 portant plus précisément sur les « Accessibilités et aménagement du territoire. Quels outils et quels critères ? Etude à l'échelle du SCoT Montargois en Gâtinais ».

Même si ce projet de recherche C.O.E.U.R en est actuellement qu'à sa première année, ce projet de fin d'études qui a pu lui être associé s'y intègre grâce à la notion d'interactions spatiales intrinsèquement liée à ces deux projets. Les bases qui ont été fixées dès le commencement de ce PFE afin de restreindre le champ d'étude au départ assez large concernant les indicateurs d'accessibilité. En effet, les indicateurs qui ont été étudiés ici et qui seront détaillés par la suite tiennent compte de la **voiture individuelle** comme mode de transport, des **flux ou migrations pendulaires domicile-travail** comme motif de déplacements et intègrent quelque peu la **congestion routière** comme contrainte des flux.

Après s'être familiarisé avec ce projet d'étude et suite aux premières lectures sur ce sujet de recherche, la problématique inhérente qui en est ressortie est la suivante :

« Quels sont les impacts des politiques d'aménagement sur l'étalement urbain en termes de mobilités domicile - travail ? »

Comment caractériser la vulnérabilité des ménages en termes de budget alloué aux déplacements pendulaires ? »

Mais avant cela, il est nécessaire de déterminer une échelle d'étude pertinente sur laquelle mener la recherche. Ceci constitue une étape cruciale et principale de ce rapport de PFE. Le travail qui a été conduit ces derniers mois porte donc sur la problématique suivante :

« Quelle échelle d'étude privilégier pour caractériser la mobilité domicile-travail impactant l'étalement urbain en Région Centre - Val de Loire ? Utilisation du modèle gravitaire. »

Dans ce qui suit, nous nous pencherons sur différents éléments de littérature traitant du sujet avant de nous attarder sur les outils et le modèle mobilisés pour notre étude.

ETAT DE L'ART – Les méthodes d'analyse de la mobilité

Mobilité

Comme le fait remarquer Jean-Pierre ORFEUIL, « la possibilité de conduire permet, plus que jamais auparavant dans l'histoire, de choisir où nous vivons, où nous travaillons, et d'envisager ces deux choix séparément. Le champ géographique des lieux de travail possibles a considérablement augmenté, et l'automobile a accru le pouvoir de négociation des travailleurs. » [ORFEUIL, 2004]. Les transports publics ne représentent qu'environ 15% des circulations des hommes sur le territoire et la marche à pied ne permet d'accéder qu'à une faible partie de l'espace urbain. Ainsi, les circulations automobiles se font lorsque l'offre d'alternative modale est faible voire inexistante. Elles représentent donc une part importante des déplacements¹.

« Le Français moyen, toutes classes d'âge confondues, parcourt en moyenne 40 km par jour, dont un peu plus de 25 pour sa vie quotidienne et un peu moins de 15 lors de déplacements à longue distance. La situation est assez semblable dans les pays européens de niveau de vie comparable. Ces moyennes sont nettement plus élevées pour les adultes dans la partie active de leur cycle de vie (de l'ordre de 35 km pour la seule mobilité de la vie quotidienne des actifs). Les évolutions dans ces domaines ont été très rapides, avec une distance moyenne par personne parcourue en voiture multipliée par 6 en 40 ans, évidemment bien supérieure à la progression du niveau de vie. En supposant que ces moyennes reflètent les besoins de mobilité d'une vie « normale », il est clair que ces besoins ne peuvent être satisfaits intégralement ni par la marche, ni, en dehors de contextes particuliers, par les transports publics,

tandis que les possibilités d'usage des 2 roues, motorisés ou non, ont été fragilisées par l'insécurité spécifique à laquelle ils sont exposés. » [ORFEUIL, 2004].

En 2004, il apparaît que deux tiers des déplacements quotidiens des Français s'effectuent en voiture. Alors que dans le quotidien des Français, les déplacements occupent en moyenne une heure de leur temps, la durée maximale admise est de l'ordre d'1h30.

Avec la hausse du taux de motorisation des ménages durant les quarante dernières années, le réseau routier n'a cessé de se développer. La liberté d'horaires et de déplacement engendrée par ce phénomène a permis une mobilité et une autonomie individuelle accrues.

Un autre aspect lié aux déplacements est la notion de temps. La mobilité est chronophage mais au fil des années d'importants progrès ont été réalisés permettant la croissance de la vitesse des systèmes de transport. La situation s'est donc globalement largement améliorée.

L'offre de transport public est sur certains territoires relativement bien développée. Cependant, si l'on suppose un accès en moyenne plus faible à l'automobile, il faudrait apporter une offre en transport public plus élevée et surtout plus diversifiée dans l'espace (avec notamment plus de liaisons interbanlieues) et dans le temps (pour pouvoir s'adapter par exemple aux emplois à horaires décalés) afin de rétablir l'« équilibre » en place lors de l'usage de la voiture individuelle.

Plusieurs facteurs rendent l'usage de la voiture indispensable comme les faibles densités d'occupation, les faibles densités d'activité ou encore la faiblesse des services de transport (en dehors des transports scolaires).

Selon ORFEUIL, « 22% des Français n'ont pas accès aux transports publics, contre 13% dans les pays nordiques et 15% en Grande-Bretagne » [ORFEUIL, 2004].

¹ Transports, pauvreté, exclusions, Jean-Pierre ORFEUIL (2004)

Etalement urbain

De nombreux constats amènent à la conclusion que la création de réseaux routiers et de transports en commun (tels que les tramways, les gares TGV, etc.) entraîne l'implantation ou bien la relance d'activités aux abords de ces réseaux routiers. Mais aujourd'hui, cela se manifeste aussi par la saturation des réseaux et la concurrence entre les villes.

En 2004, 40 à 50% des ménages résidaient dans la commune de leur lieu de travail et 40% des déplacements automobile s'effectuaient dans un rayon de 3km du domicile. Puis nous nous sommes aperçus que la France a traversé une période de « transition urbaine » (Marc WIEL). En effet, seuls 8% des terres françaises sont urbanisées et la déprise agricole conséquente laisse place à un étalement urbain accompagné d'un habitat diffus.

Les premières rocade ont pris place à proximité immédiate des villes, en lien avec les premiers tracés autoroutiers. L'objectif était de desservir les villes au plus près. C'est alors que la croissance interne des villes débuta, c'est-à-dire à l'intérieur du tracé de la rocade. Dans un second temps, ce sont les rocades de deuxième couronne qui sont apparues, non plus pour desservir au plus près le centre-ville mais pour le contourner et rejoindre rapidement une destination sans avoir à traverser une centralité/polarité urbaine. Au-delà de la croissance interne des villes, ces rocades de deuxième couronne agissent sur la croissance externe des villes, avec pour conséquence le développement de l'habitat diffus à partir des bourgs. Les nouvelles zones d'habitat qui prennent place en périphérie du centre-ville cherchent alors une proximité avec les nœuds d'échanges du réseau routier.

En France, 80% des lotissements de maisons individuelles se trouvent en périphérie, contre 20% en zone dense. Ce phénomène s'explique naturellement par le coût du foncier qui

diminue avec l'éloignement des centres urbains tandis que les surfaces des parcelles augmentent.

Cependant, la dépendance automobile des ménages augmente avec l'étalement urbain [BEAUCIRE, 1996 ; ANDAN, 1994 ; DUPUY, 1999, 2006], puisque comparé aux centres villes, les trajets domicile-travail sont plus longs, les services plus rares et les alternatives modales souvent moins développées en marges des agglomérations.

Comme le souligne Jean-Pierre ORFEUIL, « une ville étalée coûte cher en déplacements, dégrade son environnement, et est socialement moins équitable » [ORFEUIL, 2004]. En effet, une ville qui s'étend implique des distances de déplacements plus grandes et des temps de parcours plus longs, ce qui rend l'usage de la voiture nécessaire voire indispensable. C'est alors que l'urbanisme intervient pour faire le lien entre les besoins et pratiques de mobilité des usagers/individus et les caractéristiques spatiales du territoire.

La dépendance automobile joue de plus un rôle dans les trajectoires résidentielles des ménages modestes. Dans les espaces périurbains notamment, le desserrement des emplois à faible qualification, la structure et l'offre du marché immobilier attirent de nombreux ménages modestes. En effet, comme nous l'avons dit précédemment, les coûts du logement sont plus faibles qu'en centre urbain et l'offre y est plus abondante. Cependant, dans ces territoires périurbains, les déplacements sont largement dépendants de l'automobile et l'augmentation des prix du carburant couplée à la dégradation de la situation économique ont un impact direct sur le budget des ménages [DUPUY, 1999 ; NEWMAN et KENWORTHY, 1989]².

C'est alors que différentes formes de développement des villes ont été mises en évidence. En premier lieu, il y a la « ville monocentrique » organisée autour d'un élément central, tel que le quartier d'affaires, autour duquel une zone résidentielle se développe. L'idée

² Les territoires périurbains entre dépendance automobile et ségrégation socio-spatiale : les ménages

modestes fragilisés par les coûts de la mobilité, Benjamin MOTTE-BAUMVOL (2012)

principale de ce mode de développement est que l'espace est composé des activités économiques dans le noyau urbain tandis que la périphérie remplit seulement une fonction résidentielle. Les liaisons entre le noyau urbain et sa périphérie dans un modèle monocentrique est hiérarchique et nodal (c'est-à-dire basé sur le nœud central) dans le sens où la plupart des flux de navetteurs (trajets domicile-travail) partent de la périphérie résidentielle pour se diriger vers le noyau central.

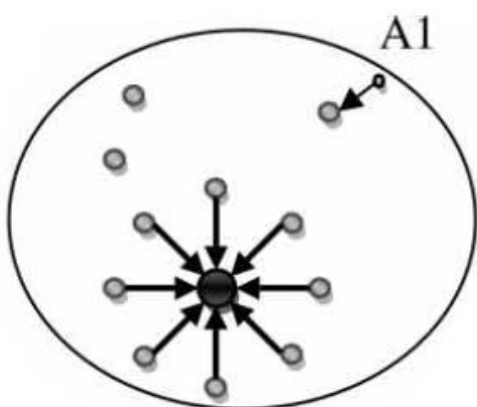


Figure 1 : Représentation de la ville monocentrique

Source : *Functional Polycentrism and Urban Network Development in the Greater South East, United Kingdom : Evidence from Commuting Patterns, 1981-2001* ; DE GOEI, BURGER, VAN OORT et KITSON (2010)

La deuxième forme de développement des villes, dans le prolongement de celle présentée ci-dessus, est également monocentrique bien qu'elle fonctionne différemment. En effet, pour diverses raisons (telles que le prix abordable des terrains, un faible niveau d'équipements, d'infrastructures et de services de base dans le centre urbain, ou encore le coût décroissant des transports), les entreprises et les ménages décident de plus en plus de déménager dans des zones d'emplois d'importance secondaire, malgré les avantages potentiels d'être localisé dans le centre urbain (ou noyau urbain). Le résultat de ce mode de développement est l'émergence de petits centres urbains locaux au sein des zones périphériques qui développent leurs propres activités économiques et s'incorporent progressivement dans une aire métropolitaine élargie mais cohérente. Ainsi, les villes avec des « centres multiples » (aussi appelées « villes polycentriques ») se déploient à l'échelle

intra-urbaine. Dans cette configuration, les trajets domicile-travail ne sont plus centralisés mais réciproques car les trajets se font aussi bien des zones périphériques vers le noyau urbain que depuis le noyau urbain vers les zones périphériques. Il y a donc un phénomène d'échanges entre ces zones qui apparaît.

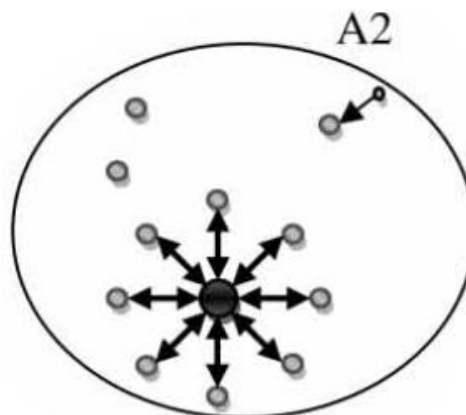


Figure 2 : Représentation de la ville polycentrique

Source : *Functional Polycentrism and Urban Network Development in the Greater South East, United Kingdom : Evidence from Commuting Patterns, 1981-2001* ; DE GOEI, BURGER, VAN OORT et KITSON (2010)

Par la suite, les zones périphériques deviennent de plus en plus indépendantes et autonomes puisque de nombreux résidents de la périphérie non seulement y vivent mais y travaillent également. Ces « centres périphériques » peuvent prospérer avec importance alors que les personnes commencent à se décentraliser vers ces « centres périphériques » afin de suivre leur employeur pour bénéficier des terrains moins chers ou pour une meilleure qualité de vie. Ainsi, une compétition territoriale s'installe entre les centres d'origine et les nouveaux « centres périphériques », transformant les caractéristiques de la ville pour une « ville en réseau ». Le noyau urbain d'origine perd alors de sa suprématie. Les flux de marchandises, les services et les personnes se « décentralisent » puisque le nombre de personnes actives effectuant la navette domicile-travail vers la périphérie et contournant l'ancien noyau urbain augmente. C'est pourquoi dans cette configuration, le fonctionnement de l'aire métropolitaine ne dépend plus seulement du quartier d'affaires

central mais aussi du fonctionnement de la périphérie qui l'entoure. En réalité, un site peut être considéré comme « central » car il propose une fonction particulière ou bien au contraire parce qu'il propose une variété de fonctions.

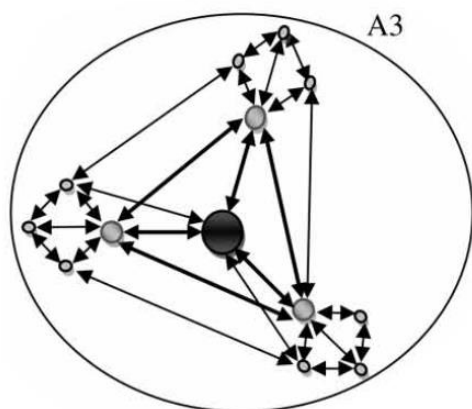


Figure 3 : Représentation de la ville en réseau

Source : *Functional Polycentrism and Urban Network Development in the Greater South East, United Kingdom : Evidence from Commuting Patterns, 1981-2001* ; DE GOEI, BURGER, VAN OORT et KITSON (2010)

La troisième forme de « ville polycentrique » qui existe se compose de centres multiples, indépendants et autonomes. Dans ce cas précis, de nombreux résidents des zones périphériques travaillent dans ces mêmes zones tandis que la plupart des résidents du noyau urbain d'origine travaillent dans ce même centre urbain. Il est vrai qu'avec ce mode de fonctionnement, les coûts des déplacements sont réduits. Cependant, comme le fait remarquer BERTAUD (2004), une telle structure urbaine polycentrique, où seules les zones périphériques sont reliées par le réseau, apparaît être un concept utopique de planification qui se produit rarement en réalité.

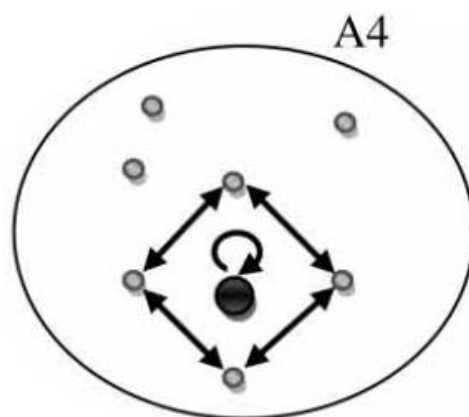


Figure 4 : Représentation de la ville où le noyau urbain d'origine et les centres périphériques ne sont aucunement connectés par le réseau

Source : *Functional Polycentrism and Urban Network Development in the Greater South East, United Kingdom : Evidence from Commuting Patterns, 1981-2001* ; DE GOEI, BURGER, VAN OORT et KITSON (2010)

Petit à petit le débat sur les changements des systèmes urbains quitte l'échelle intra-urbaine pour s'intéresser davantage à l'échelle inter-urbaine, puisqu'avec les nouvelles technologies de transport et de communication, l'échelle des connexions fonctionnelles significatives est autrement plus large que celle de la « ville traditionnelle ». Il en résulte que les aires de circonscription des différentes villes commencent à se chevaucher. De plus, la zone urbaine polycentrique peut être représentée comme un réseau urbain séparant historiquement et spatialement les aires métropolitaines composant une région. Ces aires métropolitaines peuvent être elles-mêmes des « villes réseaux », mais ce n'est pas forcément le cas. En effet, le système urbain peut être représenté par une structure polycentrique au niveau inter-urbain et à une structure monocentrique à l'échelle intra-urbaine, et inversement. On peut noter également que le degré de formation en réseau urbain diffère entre les diverses régions urbaines polycentriques. D'un côté, il y a les « réseaux urbains nodaux », et de l'autre, les « réseaux urbains entièrement intégrés ». La première catégorie est caractérisée par une formation en réseau urbain connectant les noyaux urbains d'origine de différentes aires métropolitaines.

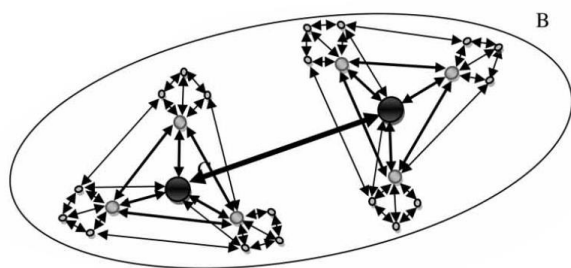


Figure 5 : Représentation des réseaux urbains nodaux

Source : *Functional Polycentrism and Urban Network Development in the Greater South East, United Kingdom : Evidence from Commuting Patterns, 1981-2001* ; DE GOEI, BURGER, VAN OORT et KITSON (2010)

La deuxième catégorie, au contraire, présentent des liaisons fonctionnelles non seulement entre les noyaux urbains d'origine des différentes aires métropolitaines mais également entre les zones périphériques et ces noyaux urbains et enfin entre les zones périphériques elles-mêmes.

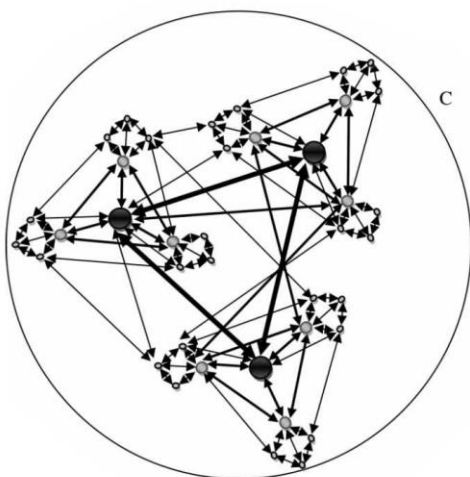


Figure 6 : Représentation des réseaux urbains entièrement intégrés

Source : *Functional Polycentrism and Urban Network Development in the Greater South East, United Kingdom : Evidence from Commuting Patterns, 1981-2001* ; DE GOEI, BURGER, VAN OORT et KITSON (2010)

Finalement, à l'échelle inter-urbaine, la structure spatiale urbaine peut aussi bien être « centralisée » que sujette à « échanges » ou encore « polycentrique », suivant l'existence ou non d'une hiérarchie régionale entre les différentes relations métropolitaines.

Accessibilité

« L'accessibilité se définit comme la propension d'atteindre un lieu par un ensemble d'agents distribués dans un espace. Cette propension tient compte directement, d'une part, de la commodité à se rendre en ce lieu (ou au contraire des obstacles qui s'opposent à son accession – contraintes de circulation du réseau, coût, etc.), et, d'autre part, du nombre d'utilisateurs concernés par les diverses accessions possibles. La notion d'accessibilité est primordiale dans la planification puisqu'elle permet de définir les zones de chalandise des équipements et, par conséquent, les éventuels flux induits par un ou plusieurs équipements. Nombre de méthodes existent pour évaluer l'accessibilité et la plupart des définitions ont été livrées par des géographes ou des économistes. Ces définitions s'inspirent du modèle gravitaire (...). Le modèle de Huff, qui est employé en général à l'échelle régionale, mais qui peut être utilisé à l'échelle urbaine, peut être considéré comme un modèle d'accessibilité. » [MAIZIA, 2008].

« L'accessibilité ne renvoie pas uniquement à la seule possibilité d'atteindre ou non un lieu donné, mais elle traduit également la pénibilité du déplacement, la difficulté de la mise en relation appréhendée le plus souvent par la mesure des contraintes spatio-temporelles (...) » [BAVOUX, BEAUCIRE, CHAPELON et ZEMBRI, 2005].

Il apparaît finalement que la gratuité des transports collectifs n'est pas la solution pour rendre accessible n'importe quel territoire. Si les lieux d'habitation sont peu ou mal desservis par les transports en commun, ou si les emplois se situent dans des zones et à des horaires incompatibles avec les transports collectifs, ce sont les questions de desserte et d'accessibilité qui sont en cause.

Vulnérabilité

Généralement, le coût du foncier diminue en périphérie des centres urbains alors que le coût des déplacements a lui cependant tendance à augmenter. Le prix de l'essence, du stationnement, des péages, l'usure du véhicule, etc. ont un impact

direct sur le budget des ménages. Ceux-ci sont d'ailleurs considérés comme vulnérables lorsqu'ils dépensent plus de 18% de leur budget à leur mobilité quotidienne [NICOLAS et al., 2012]. « Dans les années 2000, l'acquisition, l'entretien, l'assurance et l'usage d'une voiture coûtent [cher]. [...] Les ménages ont en moyenne consacré un peu moins de 5 000€, soit 15% de leur budget, aux dépenses liées à l'automobile et aux transports (dont 85% pour la voiture) » [ORFEUIL, 2004]. Il est vrai qu'il y a une certaine flexibilité dans les dépenses liées à l'usage de la voiture, comme par exemple suivant la gamme de véhicules et le type de marché d'acquisition (véhicule neuf ou d'occasion) choisis ou encore selon le type d'usage que l'on fait du véhicule (plus ou moins intense). En revanche, certaines charges pour accéder à la mobilité automobile sont fixes telles que le permis de conduire, le coût du carburant, les coûts d'assurance, etc. il ne suffit pas seulement de disposer d'un véhicule, encore faut-il l'entretenir et pouvoir l'utiliser.

Le niveau de vie des ménages a d'ailleurs tendance à être fragilisé dans les espaces périurbains puisque le coût des transports pèse sur leur budget. D'après G. DUPUY³, la dépendance automobile ne se limite pas à une utilisation généralisée de l'automobile mais il s'agit davantage d'un processus menant à une utilisation toujours croissante de l'automobile (cf. Logigramme 1 ci-dessous).

Comme l'explique B. MOTTE-BAUMVOL « pour les individus, mêmes ceux qui ne sont pas motorisés, la pression automobile s'accroît, les plaçant sinon dans une situation d'exclusion face à une société où la voiture est sans cesse plus présente » [MOTTE-BAUMVOL, 2012].

« Ceux qui ne sont pas motorisés dépendent des automobilistes qui orientent les nouvelles localisations, distordant l'espace de telle sorte que l'automobile devienne indispensable » [DUPUY, 1999]. L'automobile a pour méfait de

détruire un écosystème de proximité dans lequel piétons et cyclistes avaient leur place⁴.

Pour faire face au coût de la dépendance automobile sur le budget des ménages, ces derniers sont souvent obligés de sacrifier d'autres postes comme le logement ou les vacances. Aujourd'hui, la capacité à être mobile n'est plus seulement un résultat du niveau de vie mais elle devient aussi une condition inévitable de l'accès au marché du travail et ainsi un moyen d'éviter les trajectoires d'exclusion.

A l'heure actuelle, la mobilité n'est plus seulement considérée comme un choix, elle est devenue une nécessité. Comme l'énonce F. ASCHER, « la pauvreté constitue aujourd'hui en tant que telle un handicap à la mobilité, qui redouble les autres handicaps. Pour le dire vite, plus on est pauvre, plus il est nécessaire de se déplacer, plus il est difficile de le faire, plus cela coûte cher, moins on accède au potentiel de la ville, et plus on risque d'être entraîné dans des spirales qui mènent à la très grande pauvreté, à la marginalisation, à l'exclusion »⁵.

Caractéristiques des territoires et pratiques des ménages

Chaque territoire a ses propres caractéristiques, comme nous avons pu le voir précédemment, et c'est donc tout naturellement que les pratiques de mobilité des ménages diffèrent d'un territoire à l'autre suivant le profil du territoire dans lequel ils résident.

Certains sont propices à une offre en transport collectif alternative à la voiture individuelle tandis que d'autres ne présentent pas encore une telle offre et engendrent de ce fait des ménages dépendants de l'automobile.

Les pratiques des ménages diffèrent également. En effet, une typologie des

³ La dépendance automobile, Gabriel DUPUY (1999)

⁴ Idée soutenue par Ivan ILLICH (1974), Wolfgang SACHS (1992) et Jean-Pierre DUPUY (1999)

⁵ Transports, pauvretés, exclusions, Jean-Pierre ORFEUIL (2004)

comportements de mobilité des ménages existent et identifie deux types de pratiques : les « mobiles exclusifs » qui utilisent majoritairement leur voiture pour se déplacer et les « mobiles multimodaux » qui se reportent aux modes de déplacement alternatifs à la voiture dès que possible⁶

Politiques d'aménagement

Les politiques d'aménagement du territoire sont les outils à mobiliser pour limiter l'impact de la voiture sur le territoire et le budget des ménages. En effet, la localisation des emplois, des commerces, des services ou encore des résidences évoluent au fur et à mesure rendant parfois l'automobile comme le principal mode d'accès.

Les évolutions engendrent un changement d'échelle de la vie quotidienne dans les villes et la palette d'activités, de services (tels que les équipements de santé et d'éducation notamment) et d'emplois se trouve désormais de plus en plus loin des lieux d'habitation.

Comme le souligne P. W. G. NEWMAN, « pour surmonter la dépendance automobile, il faut densifier les villes les plus dépendantes » [NEWMAN, 1999]. Effectivement, la planification par la densification des villes permet de réduire les besoins de circulation et, par la même occasion, la consommation de carburant et certaines pollutions.

« Maîtriser la demande de déplacement et modérer la place de la voiture en ville nécessite une action conjuguée au niveau de l'urbanisme, de l'habitat et des transports... »⁷

L'enjeu des politiques d'aménagement actuellement est de diminuer la dépendance automobile dans les zones d'étalement résidentiel. Ainsi, les densités d'habitation à proximité des gares et des arrêts de transports collectifs sont

renforcées. Les lieux d'habitat, de travail et de services quotidiens sont donc planifiés de sorte à être situés à des distances accessibles en modes doux. L'habitat individuel se doit ainsi d'être plus dense à proximité des centralités multimodales.

Cependant, cet urbanisme et ces politiques de proximité peuvent dans certains cas éveiller le mécontentement de certains citoyens. Les intérêts particuliers se doivent d'être pris en compte par les élus dans la mesure du possible pour éviter le phénomène de NIMBY (*Not In My Backyard*).⁸

Modèle gravitaire

L'ingénierie des transports est fondée sur la compréhension des comportements humains et « cherche à planifier les réalisations qui répondent au mieux aux besoins collectifs de mobilité » [MAIZIA, 2008].

Avant de détailler le modèle gravitaire à proprement parler, il convient de décliner ici quelques définitions utiles pour la suite et provenant du dictionnaire de l'urbanisme :

- Un **déplacement** représente le « mouvement d'une personne d'une origine à une destination ».
- Le **motif du déplacement** peut être de nature différente :
 - « les déplacements entre le domicile et le lieu de travail ou migrations alternantes (...) ;
 - les déplacements scolaires (entre le domicile et le lieu d'études) (...) ;
 - les déplacements pour achats (...) ;
 - les déplacements pour affaires personnelles (...) ;
 - les déplacements à titre professionnel (déplacements d'affaires, livraisons, etc.) (...) ;
 - les déplacements de loisirs (spectacles, visites, promenades, sports, activités sociales, etc.) (...) ;

⁶ De l'automobile à la multimodalité, Anaïs ROCCI (2007)

⁷ Renouveler la ville, renouveler l'approche des mobilités, Jean-Pierre ORFEUIL (2004)

⁸ La ville franchisée, David MANGIN (2004)

- les déplacements d'accompagnement (des enfants en particulier) (...). »
- L'**horaire du déplacement** peut avoir une influence sur les résultats du modèle puisque « *la distinction principale est entre les déplacements aux heures de pointe et les déplacements aux heures creuses : bien qu'assez bien étalés dans le temps, les déplacements personnels ont souvent un flux maximum à la pointe du soir (vers 18 heures en France) (...).* ».
- Les **migrations** (ou **mouvements migratoires**), que l'on nommera fréquemment par la suite « flux », constituent les « *mouvements des individus se déplaçant d'un lieu d'origine (ou de départ) vers un lieu de destination (ou d'arrivée). Les personnes qui se déplacent ainsi sont les migrants. On parle d'émigration (et d'émigrants) pour la sortie d'un territoire (pays le plus souvent, mais aussi région, agglomération ou commune) et d'immigration (et d'immigrants) pour l'entrée dans un territoire. Le solde migratoire est, pour une unité territoriale et une période donnée, la différence (positive ou négative) entre le flux d'immigration et le flux d'émigration : on parle aussi d'immigration nette ou d'émigration nette selon le sens de ce solde.* »
- Les **migrations alternantes (pendulaires ou quotidiennes)** sont tout particulièrement l'objet de l'étude que l'on a menée lors de ce projet de recherche et qui sera décrit et détaillé par la suite. Ce sont « *les déplacements quotidiens entre le domicile et le lieu de travail (auxquels on peut assimiler les déplacements scolaires quotidiens). La principale caractéristique des migrations alternantes est leur concentration dans le temps, aux heures de pointe, la majorité des horaires de travail étant semblable dans une agglomération.* » Dans ce cas précis, nous nous sommes concentrés uniquement sur les migrations alternantes ayant un motif professionnel, c'est-à-dire les flux quotidiens reliant le domicile au lieu de travail.
- Pour revenir au terme de « **mobilité** » précédemment évoqué, il est défini de la manière suivante : « *la mobilité est la propension d'une population à se déplacer. En ce qui concerne la mobilité à l'intérieur d'une agglomération, on mesure le plus souvent la mobilité par le nombre moyen de déplacements (en général en excluant les déplacements effectués à pied en totalité) un jour de semaine par ménage ou par personne (ou par personne de 6 ans et plus).* »
- Le **moyen de transport** (ou **mode de transport**) utilisé correspond au « *mode de locomotion permettant de déplacer les personnes ou les marchandises. On peut distinguer les moyens de transport de personnes (...), les moyens de transport de marchandises (...), les moyens de transport à grande distance (internationaux, voire intercontinentaux et intérieurs) et les moyens de transport urbains (intérieurs à une ville, une agglomération ou une région urbaine). Parmi les moyens de transport de personnes, il y a les moyens de transports collectifs ou transports en commun, dont le service est offert au public ou, au moins, aux membres d'une collectivité (...), et les moyens de transport individuel, propriété d'une personne, physique ou morale, qui se réserve le choix des utilisateurs (...).* » L'étude qui suit porte sur les **moyens urbains de transport individuel de personnes**, c'est-à-dire les flux de déplacements domicile-travail de navetteurs (représentés par la population active) en provenance ou à destination de la Région Centre – Val de Loire et se déplaçant en voiture individuelle.
- Le **modèle de distribution géographique des déplacements** constitue finalement l'outil que l'on va déployer pour mener notre étude. Il s'agit d'un « *modèle qui permet de déterminer les flux T_{ij} entre*

chaque origine i et chaque destination j sous forme de matrice (tableau) »⁹.

Historiquement, dès les années 1950, l'objectif principal à atteindre par l'ingénierie des transports était de quantifier les flux inter-urbains pour pouvoir dimensionner les grandes infrastructures autoroutières. Ainsi, le rôle des modèles utilisés, et en particulier le modèle gravitaire, était de prévoir les flux automobiles afin de mieux planifier la réalisation des grandes constructions autoroutières.

« Le modèle gravitaire ou modèle de Reilly, (...), est un modèle analogique. Il demeure donc descriptif et ne peut prétendre à expliquer le comportement des usagers. L'analogie consiste à assimiler l'interaction provoquant des déplacements entre deux agglomérations (ou secteurs) à la force liant deux objets de masses données dans une relation de gravité. Le modèle s'inspire donc de la loi de la gravité universelle de Newton (d'où son nom). Les coefficients sont toutefois ajustés et ne sont pas forcément égaux à ceux de la loi newtonienne » [MAIZIA, 2008].

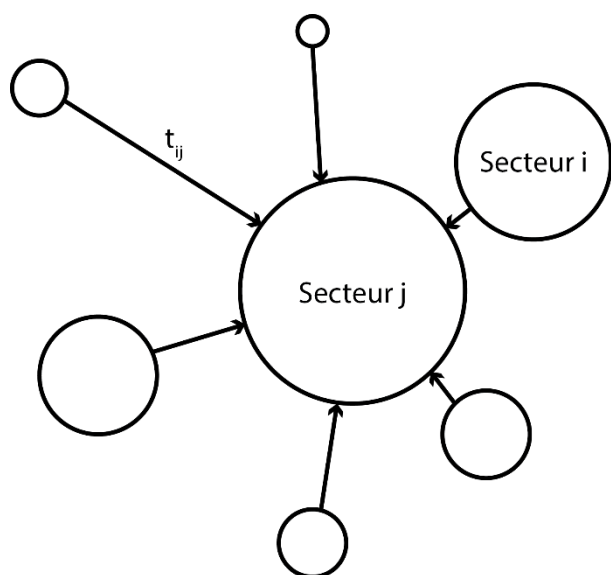


Figure 7 : Modèle gravitaire - Schéma de principe

Source : UB01 : Composantes des systèmes urbains (GSU/UTC), Mindjid MAIZIA (2008)

« Le principe de ce modèle est le suivant : soient les secteurs i et j , la population du premier étant « attirée » par les avantages urbains du second (par exemple, l'offre en matière d'emploi). On suppose que les flux T_{ij} de i vers j sont quant à eux proportionnels à la génération de i (capacité que le secteur i a de « produire » des individus prêts à se déplacer vers l'extérieur de leur secteur résidentiel), à l'attraction de j (capacité de j à attirer des individus extérieurs), et inversement proportionnels à une fonction (...) de la distance séparant i de j . Cette distance peut être comptabilisée soit en distances métriques (par rapport aux centroïdes des deux secteurs ou par rapport à des itinéraires donnés), soit en temps, soit grâce à des fonctions combinant plusieurs variables et rendant compte de la motivation des individus à un déplacement (combinaison des distances métriques, du temps, du coût des déplacements, du confort, etc.). Cette dernière fonction est baptisée le plus souvent « fonction de résistance au trafic » » [MAIZIA, 2008]. Dans cette étude, nous tiendrons compte de la distance métrique et de la distance temps uniquement, à partir des centroïdes des 1842 communes de la Région Centre – Val de Loire et suivant le réseau routier.

L'énoncé de ce modèle se formule comme suit : $T_{ij} = G_i \times A_j \times f(d_{ij})$, avec

$G_i = \sum_j T_{ij}$ (Génération de i),

$A_j = \sum_i T_{ij}$ (Attraction de j) et

$f(d_{ij})$, une fonction décrivant la difficulté à lier i et j .

Le modèle gravitaire (inspiré de la loi de Zipf de 1949) décrit la fonction de résistance au déplacement comme :

$$f(d_{ij}) = \frac{\alpha}{d_{ij}^\beta}$$

avec les paramètres intrinsèques α , le facteur d'homogénéisation (correspondant à l'antilogarithme de la constante de la droite de

⁹ UB01 : Composantes des systèmes urbains (GSU/UTC), Mindjid MAIZIA (2008)

régression), et β , la résistance ou le frein au déplacement (coefficient de l'ordre de 2 dans les pays européens)¹⁰.

La méthode des moindres carrés nous permet d'obtenir les coefficients α et β .

Sachant que

$$T_{ij} = G_i \times A_j \times f(d_{ij}) = \alpha \times \frac{G_i \times A_j}{d_{ij}^\beta}$$

Alors

$$\frac{T_{ij}}{G_i \times A_j} = \alpha \times d_{ij}^{-\beta}$$

$$\Rightarrow \log\left(\frac{T_{ij}}{G_i \times A_j}\right) = \log(\alpha) - \beta \times \log(d_{ij})$$

(après transformée logarithmique du modèle).

Dans la suite de notre étude, il s'agira donc de représenter sur un repère orthonormé

$\log\left(\frac{T_{ij}}{G_i \times A_j}\right)$ (en ordonnées) en fonction de $\log(d_{ij})$ (en abscisses), afin d'obtenir notamment le coefficient β correspondant à l'opposé de la pente de la droite de régression linéaire (cf. Annexe 1 pour rappel), comme indiqué sur le graphique ci-dessous.

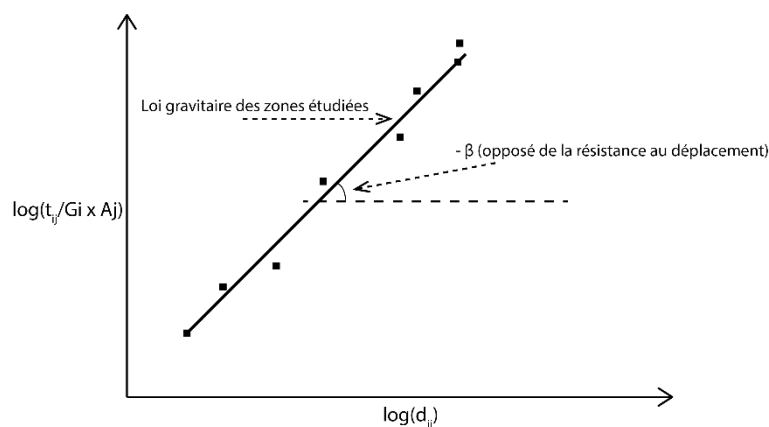


Figure 8 : Représentation graphique du modèle gravitaire

Source : UB01 : Composantes des systèmes urbains (GSU/UTC), Mindjid MAIZIA (2008)

« Cette relation descriptive permet de mesurer l'impact sur les flux d'une diminution (ou

d'un rallongement) d'un lien de déplacement entre deux secteurs i et j . Elle ne permet cependant pas de déterminer les modes des déplacements, ni les itinéraires empruntés. En effet, seuls sont calculés les flux contenus dans un seul support « unimodale » (infrastructure autoroutière unique, infrastructure ferroviaire, etc.). A une échelle locale (...), seuls les impacts des flux sur ce type de support pourront être mesurés (...). Autrement, seule la mesure à l'échelle globale (régionale la plupart du temps) sera valide grâce à l'application de ce modèle. » [MAIZIA, 2008].

Théorie des graphes

Selon Jean-Paul RODRIGUE, docteur en géographie des transports et professeur au « Department of Global Studies & Geography » à l'Université de Hofstra à Hempstead (New York), « un graphe est une représentation symbolique d'un réseau. Il s'agit d'une abstraction de la réalité de sorte à permettre sa modélisation ». Ainsi, les réseaux de transport font partie des réseaux que l'on peut formaliser par un graphe.

Un réseau de transport est un graphe qui se compose de liens nommés « arcs » reliant des sommets que l'on nomme « nœuds ». Les « arcs » représentent souvent les infrastructures supportant les moyens de transport, même si ce n'est pas toujours le cas. En Région Centre – Val de Loire, on dénombre 13 562 nœuds et 19 912 arcs routiers¹¹. « Comme tout réseau, le réseau de transport doit répondre à certaines exigences dont la théorie des graphes permet de quantifier les réponses. Par exemple, un réseau routier doit pouvoir offrir aux usagers des chemins alternatifs en cas d'accident sur un de ses tronçons. (...) La « capacité » d'un réseau à répondre à cette exigence peut être mesurée par un indicateur de graphe (la connectivité) ou par des indicateurs typiquement consacrés aux systèmes de transport. (...) C'est parce qu'un réseau de transport est supposé supporter des flux en liant des pôles que l'emploi de la théorie des graphes paraît la plus adaptée pour l'ingénieur. Cette théorie est

¹⁰ UB01 : Composantes des systèmes urbains (GSU/UTC), Mindjid MAIZIA (2008)

¹¹ Source : IGN (BD TOPO, 2014)

d'ailleurs suffisamment large pour l'étude de tous les types de transport et peut être ainsi employée avant même la réalisation des infrastructures, par exemple dans l'analyse des interactions entre diverses zones que l'on cherche à desservir [MAIZIA, 2008].

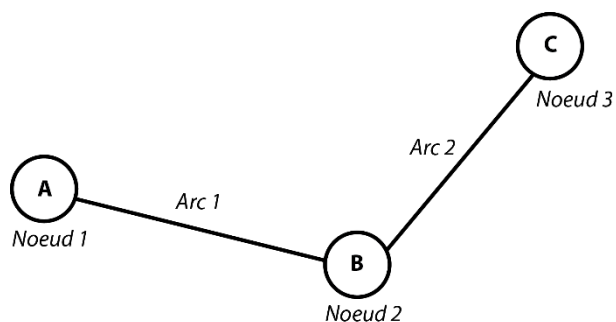


Figure 9 : Théorie des graphes - Représentation des arcs et des nœuds

Source : UB01 : Composantes des systèmes urbains (GSU/UTC), Mindjid MAIZIA (2008)

Lors de cette étude, le mode de représentation du graphe ou du réseau se fera grâce à une **Matrice Origine – Destination** (ou **Matrice OD**) qui met en relation les « sommets origines » (représentés ci-dessous dans la première colonne) et les « sommets destinations » (représentés dans la première ligne) grâce au nombre de flux domicile-travail générés. L'orientation des arcs et leur valeur ainsi renseignées permettent de décrire le graphe.

		DESTINATION		
		A	B	C
ORIGINE	A	Flux _{A,A}	Flux _{A,B}	Flux _{A,C}
	B	Flux _{B,A}	Flux _{B,B}	Flux _{B,C}
	C	Flux _{C,A}	Flux _{C,B}	Flux _{C,C}

Tableau 1 : Théorie des graphes - Représentation de la Matrice Origine-Destination

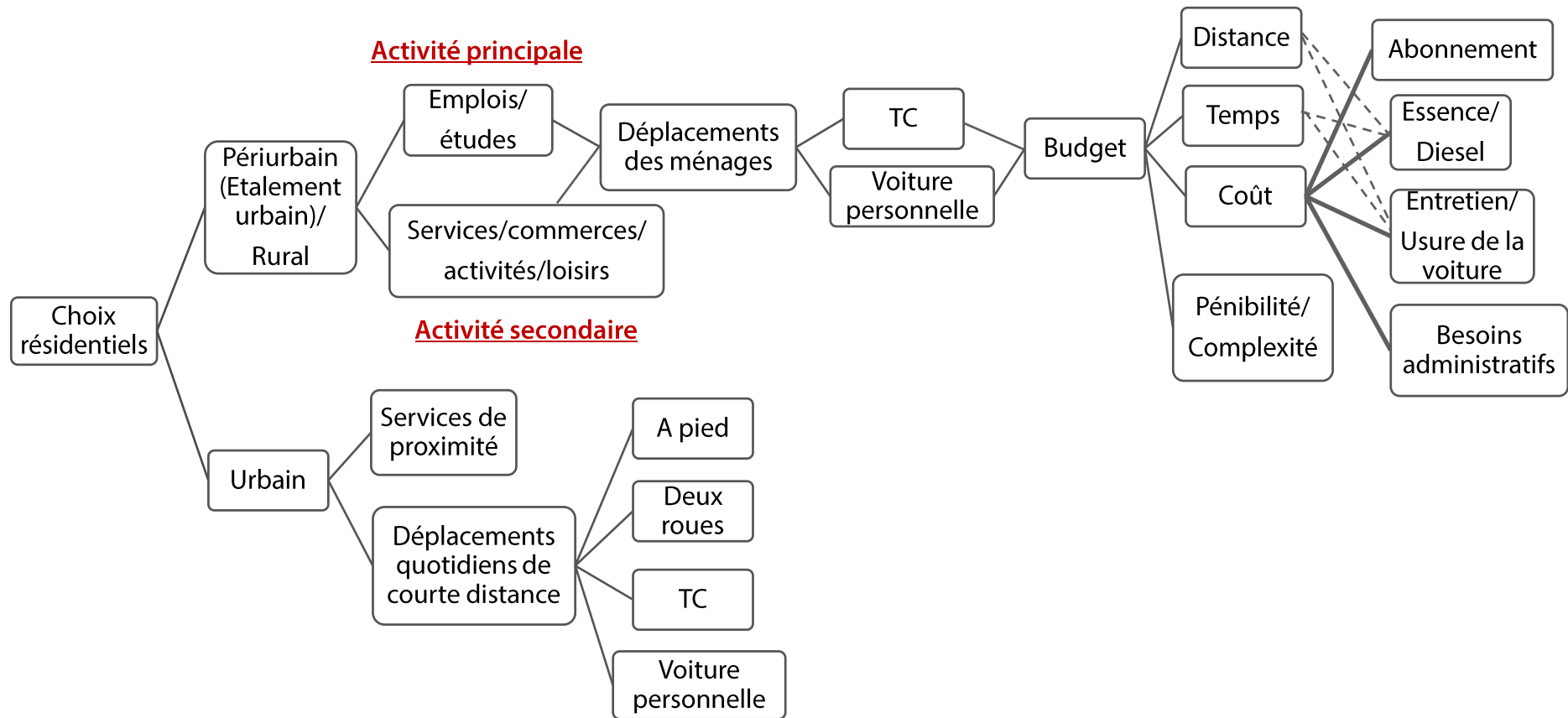
Source : UB01 : Composantes des systèmes urbains (GSU/UTC), Mindjid MAIZIA (2008)

Enfin, en théorie des graphes, il existe des indicateurs topologiques tels que l'accessibilité qui est « la propension qu'un nœud a à être atteint » [MAIZIA, 2008]. L'accessibilité simplifiée d'une zone i pour le graphe G , notée $A(G)i$, est égale à la somme des distances qui séparent la zone i de tous les autres secteurs j : $A(G)i = \sum_{j=1}^n dij$

Ainsi, le secteur a vérifiant $A(G)a = \text{Min} [A(G)i]$ est le secteur le plus accessible.

Distance généralisée des déplacements

Dès le XIX^e siècle et l'avènement des chemins de fer, l'influence des transports motorisés sur la perception des distances est palpable, et encore davantage au début du XX^e siècle avec la « banalisation » de l'usage de l'automobile. Peu à peu la distance métrique traditionnelle de l'espace euclidien (ou distance euclidienne) laisse place à la notion de temps et d'espace-temps (ou durée) du fait de l'allongement de la durée des déplacements en milieu urbain et suburbain (et au contraire de leur diminution en milieu inter-urbain).



Logigramme 1 : Impacts des choix résidentiels sur la mobilité et le budget des ménages

OUTILS ET MODELE

MIS A PROFIT

Comme nous l'avons vu dans la partie précédente de l'état de l'art concernant le modèle gravitaire, avant de pouvoir appliquer ce dernier sur les éléments caractéristiques du territoire, il est nécessaire de récolter ou de construire certaines bases de données. Les variables liées au modèle gravitaire sont répertoriées dans le logigramme ci-dessous (cf. Logigramme 2).

Relation entre vitesse routière et densité du bâti

La première étape dans la mise en place du modèle gravitaire a donc été de construire les deux Matrices Origine-Destination (celle en distance réseau (mètres) et celle en distance temps (minutes)) entre les 1842 communes de la Région Centre – Val de Loire. La matrice prenant en compte la distance temps couplée à la congestion routière découle de la Matrice OD en distance temps (minutes) et sera utilisée et détaillée par la suite.

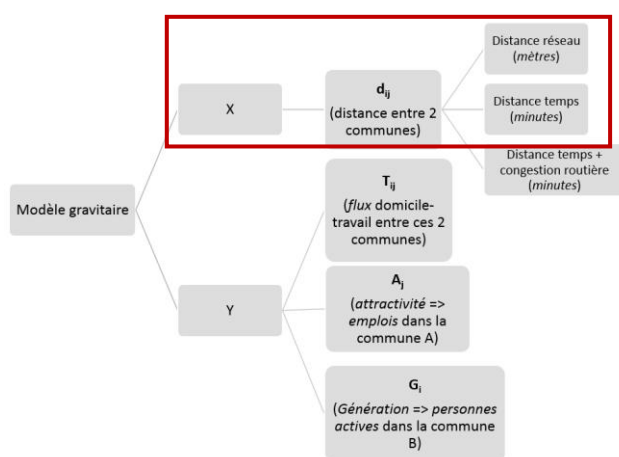


Figure 10 : Première étape dans la mise en place du modèle gravitaire - Obtenir les coordonnées en abscisses

Pour obtenir ces Matrices OD, l'outil Network Analyst sur ArcGis© nous a été nécessaire et nous allons par la suite détailler les différentes étapes de construction de ces matrices.

Tout d'abord, le premier constat que l'on a pu faire est l'absence de vitesse réglementaire dans les bases de données de l'IGN (BD TOPO) concernant le réseau de transport routier. Nous avons déjà pu nous exercer à pallier à ce manque lors des travaux dirigés de géomatique encadrés par Monsieur SERRHINI en 5^{ème} année au Département Aménagement de Polytech Tours. En revanche, lors de ces TD nous travaillions sur un territoire plus restreint. Il s'agit ici de reproduire cette démarche à plus grande échelle, celle de la Région Centre – Val de Loire, de ses 1842 communes et de ses 39 151 km² ¹².

L'hypothèse que nous avons suivi pour cela est l'existence d'une corrélation entre la densité du bâti et les différentes vitesses des tronçons routiers, sachant que les bases de données urbaines de l'IGN nous renseignent sur la « NATURE » du réseau routier (autoroute, route à 2 chaussées, route à 1 chaussée, chemin, sentier, piste cyclable, etc.) et que nous disposons également de la couche SIG (ou Système d'Information Géographique) du bâti en Région Centre – Val de Loire. La vitesse de ces tronçons routiers sera donc déduite de la corrélation entre leur nature et la densité du bâti environnant (autour de chaque tronçon).

Les différentes étapes de la modélisation sont :

- 1) **Traitement de la couche du bâti** : correction de la hauteur de chaque bâtiment, nombre d'étages associés, calcul de la surface unitaire, calcul de la surface développable et déduction de la « densité du bâti ».
- 2) **Traitement de la couche du réseau routier** : création d'une zone tampon (aussi appelée « buffer ») autour de chaque tronçon routier, affectation des bâtiments aux zones tampon, affectation

¹² Source : INSEE (2011)

des zones tampon aux routes et mise en place d'un algorithme de calcul de la vitesse par tronçon routier.

- 3) **Topologie du réseau routier et création d'un nouveau jeu de données réseau** : création et analyse des attributs « METERS », « MINUTES » et « ONEWAY » dans la table attributaire du réseau routier pour ensuite créer le « *nouveau jeu de données réseau* » grâce à l'outil Network Analyst sur ArcGis®.

Ces différentes étapes sont détaillées en annexes (pages 43 à 56, Annexe 2 - Annexe 3 - Annexe 4 et Annexe 5).

Nous disposons à présent des données nécessaires pour calculer les valeurs en abscisses de la droite de régression linéaire.

Mise en place du modèle gravitaire et applications aux différentes échelles d'étude

Maintenant que les Matrices Origine-Destination (selon la distance réseau (en mètres) et la distance temps (en minutes)) ont été construites, nous pouvons passer à l'application proprement dite du modèle gravitaire.

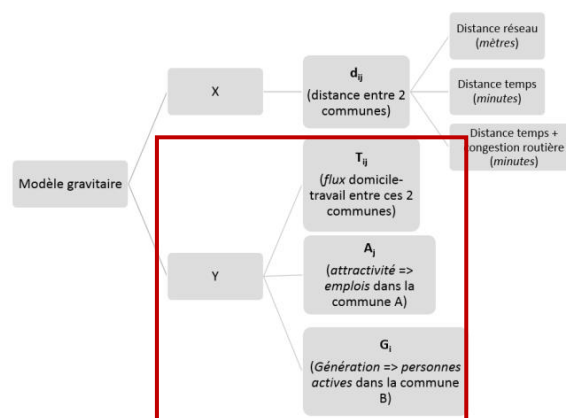


Figure 11 : Deuxième étape dans la mise en place du modèle gravitaire - Obtenir les coordonnées en ordonnées

Comme nous l'avons vu précédemment, afin d'utiliser le modèle gravitaire, nous devons disposer des flux domicile-travail en Région Centre – Val de Loire, du nombre de personnes actives (représentant la *génération* dans le modèle gravitaire) et enfin du nombre d'emplois (représentant l'*attractivité* dans le modèle gravitaire).

Les flux domicile-travail T_{ij} entre les communes proviennent de la base INSEE© **MOBPRO**¹³ datant de 2011, prenant en compte les flux supérieurs ou égaux à 1 actif. De plus, pour connaître le nombre de personnes actives par commune, nous nous sommes servis de la base INSEE© **EMPLOI-POPULATION ACTIVE**¹⁴ datant de 2011. D'après les définitions de l'INSEE©, nous avons choisi d'utiliser la variable correspondant à la « population active occupée » car elle « regroupe l'ensemble des personnes qui ont un emploi » alors que la « population active regroupe la population active occupée (appelée aussi *population active ayant un emploi*) et les chômeurs », et ce qui nous intéresse dans l'étude est d'agréger les personnes qui ont un emploi proportionnellement au nombre d'emplois proposés sur le territoire. Enfin, les emplois dans les communes de la Région Centre – Val de Loire nous ont été fournis par la base INSEE© **CARACTERISTIQUES DES ENTREPRISES ET**

¹³ Fichier **FD_MOBPRO_2011.txt** du dossier **RP2011_MOBPRO_txt** de l'INSEE

¹⁴ Variable **P11_ACTOCC** (correspondant au nombre de personnes actives occupées en 2011) du fichier **base-cc-**

emploi-pop-active-2011.xls (source : INSEE©, Recensements de la population RP2011 exploitation principale)

DES ETABLISSEMENTS¹⁵ datant de 2012 (cf. Annexe 6 pour la définition du système CLAP).

Il est important de noter que les flux domicile-travail considérés entre les communes i et j sont valables uniquement si i et j sont différents. En effet, les flux au sein d'une même commune n'influent pas directement sur l'étalement urbain, ni sur l'attractivité, et ne sont donc pas pris en compte ici. De plus, les flux domicile-travail en Région Centre – Val de Loire proviennent (*flux entrants*) ou sont à destination (*flux sortants*) aussi bien de communes de cette même région que d'autres communes de France, extérieures à la Région Centre. Et dans cette étude, nous limiterons nos calculs aux communes de la Région Centre car elles génèrent et attirent plus de 92% des flux entrant et sortant de ce territoire.

Nous disposons à présent des données nécessaires pour calculer les valeurs en ordonnées de la droite de régression linéaire.

Description du processus calculatoire

Tout d'abord, le premier traitement s'effectue sur Access que ce soit pour les flux T_{ij} (entrant et sortant du territoire) ou pour les Matrices OD.

En effet, concernant les flux domicile-travail, la base INSEE® MOBPRO très détaillée (fichier texte) contient des valeurs à l'échelle des communes de la France entière et des champs qui ne nous concernent pas ici. Nous effectuons alors une requête pour ne garder que les champs nécessaires à notre étude et les communes souhaitées. Les champs qui nous seront utiles sont les communes de résidence (variable « COMMUNE »), les communes du lieu de travail (variable « DCLT »), le nombre de flux, c'est-à-dire le nombre de personnes faisant la navette domicile-travail entre deux communes, (variable « IPONDI », pondération en termes d'individus), la région du lieu de résidence (variable « REGION »), la région du lieu de travail (variable « REGIONLT »)

et le mode de transport (variable « TRANS »), limité à la voiture dans cette étude.

Pour chaque échelle d'étude (dans la Région Centre – Val de Loire) que nous serons amenés à traiter, afin d'obtenir le nombre de flux **entrant** par commune, il convient de sélectionner les communes du lieu de travail (DCLT) correspondant à l'échelle d'étude voulue ainsi que les communes du lieu de résidence (COMMUNE) associées, pour lesquelles la région du lieu de travail (REGIONLT) est la Région Centre – Val de Loire (portant le numéro 24), le mode de transport (TRANS) est la voiture (portant le numéro 4) et en spécifiant que la commune du lieu de travail doit être différente de la commune du lieu de résidence. Une fois que l'on a spécifié toutes ces informations, nous pouvons faire la somme des flux (IPONDI) de personnes faisant la navette entre leur domicile (COMMUNE) et leur lieu de travail (DCLT) (cf. Annexe 7 pour le code SQL concernant cette requête).

Il en est de même pour obtenir le nombre de flux **sortant** par commune mais cette fois en sens inverse. C'est-à-dire qu'il convient de sélectionner les communes du lieu de résidence (COMMUNE) correspondant à l'échelle d'étude voulue ainsi que les communes du lieu de travail (DCLT) associées, pour lesquelles la région du lieu de résidence (REGION) est la Région Centre – Val de Loire (numéro 24), le mode de transport (TRANS) est la voiture (numéro 4) et en spécifiant que la commune du lieu de résidence doit être différente de la commune du lieu de travail. Une fois que tout cela est spécifié, nous pouvons faire la somme des flux (IPONDI) de personnes effectuant la navette entre leur domicile (COMMUNE) et leur lieu de travail (DCLT) (cf. Annexe 8 pour le code SQL concernant cette requête).

Puis nous terminons ces deux requêtes par une analyse croisée (outil « Assistant Requête » proposé par Access) afin d'obtenir les flux « origine » en lignes, les flux « destination » en colonnes et la somme des flux à chaque

¹⁵ Variable **ETPTOT12** (correspondant au nombre de postes des établissements actifs au 31/12/2012) du

fichier **base_cc_entr_etab-2012.xls** (source : INSEE®, Connaissance Locale de l'Appareil Productif (CLAP))

intersection de lignes et colonnes (cf. Annexe 9 et Annexe 10).

Pour le traitement des Matrices OD sous Access, le principe est sensiblement le même. Nous commençons par ouvrir les deux fichiers .txt correspondants à l'export des résultats obtenus précédemment sur ArcGis©. Ces deux tables contiennent également des champs qui ne nous seront pas utiles pour notre étude. Là encore il convient de réaliser une requête dans laquelle nous ne garderons que les communes « origine » (ORIGINE) et « destination » (DESTINAT_2) correspondant respectivement au point de départ et au point d'arrivée dans l'échelle d'étude voulue en Région Centre – Val de Loire. Pour la Matrice OD en distance réseau, nous garderons également le champ correspondant à la distance réseau en mètres (TOTAL_LENG) entre les communes souhaitées deux à deux et, pour la Matrice OD en distance temps, nous garderons le champ correspondant à la distance temps en minutes (TOTAL_MINU) entre ces communes deux à deux (cf. Annexe 11 et Annexe 12).

Puis, de la même manière que pour les flux, nous effectuons une analyse croisée sur ces deux requêtes de sorte à obtenir les communes « origine » en lignes, les communes « destination » en colonnes et la distance (en mètres ou en minutes, respectivement), entre les communes deux à deux, à chaque intersection de lignes et colonnes (cf. Annexe 13 et Annexe 14).

Après avoir préparé les données à traiter, nous passons maintenant sur Excel afin de croiser toutes ces données en appliquant le modèle gravitaire.

La première chose à faire est de ne garder que les flux domicile-travail et les distances (en mètres et en minutes) pour les communes qui se retrouvent à la fois dans la table T_{ij} et dans la Matrice OD. En effet, toutes les communes de la Région Centre – Val de Loire pour lesquelles nous avons déterminé les distances avec les 1841 autres communes de la région ne font pas forcément

partie des communes générant ou attirant des flux migratoires d'actifs. De même, les communes pour lesquelles nous avons trouvé des flux domicile-travail supérieurs ou égaux à 1 actif peuvent se trouver en dehors de la Région Centre – Val de Loire et pour celles-ci nous ne disposons pas de la distance réseau ou temps vers les autres communes. Nous ne tiendrons donc pas compte de ces communes extérieures à la région (d'autant que, comme nous l'avons précisé plus haut, les flux internes à la région représentent tout de même plus de 92% de tous les flux entrant ou sortant de la région, donc seuls moins de 8% des flux domicile-travail ne seront pas représentés dans le modèle gravitaire). Cette approximation reste faible même si elle peut bien évidemment avoir un impact sur les résultats de l'application du modèle gravitaire. Il nous était impossible avec les moyens matériels à disposition de générer les Matrices OD à l'échelle nationale. Nous poursuivrons donc nos calculs avec les communes de la Région 24.

Après les flux et les distances à l'échelle des communes de la région, il nous faut le nombre de personnes actives (ou génération) et le nombre d'emplois (ou attraction) associés à ces communes. Que ce soit pour les flux entrant ou les flux sortant, ce sont les communes accueillant ces flux qui seront attractives (car elles proposent des emplois) et les communes d'où proviennent ces flux qui seront génératrices (car elles génèrent des actifs). La commune d'origine représente donc le lieu de résidence des actifs (aussi appelée commune dortoir) et la commune de destination représente le lieu de travail de cette population active. (*Remarque* : La somme totale des actifs dans les communes génératrices doit être égale à la somme totale des emplois dans les communes attractives. Si ce n'est pas le cas il faut établir une relation de proportionnalité afin que cela soit respecté car, que ce soit pour les flux entrant ou les flux sortant, tous les actifs des communes d'origine ne vont pas aller travailler dans tous les emplois des communes de destination¹⁶ et inversement tous les emplois des communes de destination ne vont pas

¹⁶ Le nombre total d'emplois étant supérieur au nombre total d'actifs, pour les flux sortant.

accueillir tous les actifs des communes d'origine¹⁷. En effet, nous avons fait une sélection de communes et les flux ne se limitent pas à ce seul regroupement de communes.)

Le nombre d'actifs par commune est issu de la base **EMPLOI-POPULATION ACTIVE** de l'INSEE®, comme nous l'avons indiqué précédemment, quant au nombre d'emplois, il provient de la base **CARACTERISTIQUES DES ENTREPRISES ET DES ETABLISSEMENTS** de l'INSEE® (ou fichier CLAP). Ainsi les variables G_i et A_j utilisées ici dans le modèle gravitaire ne sont pas telles que spécifiées théoriquement dans l'état de l'art, à savoir $G_i = \sum_j T_{ij}$ et $A_j = \sum_i T_{ij}$, car en testant le modèle ainsi, le coefficient de détermination de la régression linéaire (R^2) obtenu en résultat était vraiment très faible (peut-être du fait de la redondance des données à la fois dans T_{ij} , dans G_i et dans A_j) et non exploitable.

L'étape suivante consiste à placer dans des feuilles Excel différentes les variables T_{ij} , A_j , G_i , d_{ij} (en mètres) et d_{ij} (en minutes). Ce qui nous permet de calculer les coordonnées X et Y de la droite de régression linéaire grâce au modèle gravitaire. Comme nous l'avons vu dans la théorie,

$$X_{\text{mètres}} = \log(d_{ij_{\text{mètres}}}),$$

$$X_{\text{minutes}} = \log(d_{ij_{\text{minutes}}}) \text{ et}$$

$$Y = \log\left(\frac{T_{ij}}{G_i \times A_j}\right)$$

A l'échelle des 22 communes de l'agglomération de Tours par exemple, cela nous permet d'obtenir les graphiques présentés en Annexe 15 et Annexe 16 pour les flux sortant de l'agglomération.

On obtient alors un frein au déplacement β d'environ 1,5 (pour la distance réseau en mètres) et 1,75 (pour la distance temps en minutes), ce qui reste cohérent car proche de 2, et un coefficient de

détermination de la droite de régression linéaire R^2 de 0,49 (pour la distance réseau en mètres) et 0,43 (pour la distance temps en minutes). Ainsi, le coefficient de corrélation linéaire R est respectivement de 0,7 et 0,66, ce qui est satisfaisant et signifie qu'il y a une forte intensité de liaison au sens statistique entre les deux caractères quantitatifs en abscisses et en ordonnées¹⁸.

Nous avons souhaité par la suite modéliser le résultat du modèle gravitaire en tenant compte de la congestion routière. A titre d'exemple, nous avons simulé une diminution de 20% de la vitesse automobile ce qui augmente la distance temps en minutes à parcourir de 20%. Les calculs précédemment exposés restent donc les mêmes, seules les valeurs en abscisses changeront quelques peu de la manière suivante :

$$X_{\text{minutes}+20\%} = X_{\text{minutes}} + X_{\text{minutes}} \times 0,2$$

$$= \log(d_{ij_{\text{minutes}}}) + \log(d_{ij_{\text{minutes}}}) \times 0,2$$

Et les valeurs en ordonnées restent identiques :

$$Y = \log\left(\frac{T_{ij}}{G_i \times A_j}\right)$$

Nous obtenons les résultats illustrés en Annexe 17, à savoir un frein au déplacement β de 1,46, ce qui diminue un peu par rapport aux coefficients β obtenus précédemment, et un coefficient de détermination de la droite de régression linéaire R^2 de 0,43, donc identique à celui de la distance temps en minutes obtenu précédemment. Le coefficient de corrélation linéaire R est donc également le même et vaut 0,66.

Ainsi, le seul impact de la congestion routière sur les résultats du modèle gravitaire semble être sur le frein au déplacement β . On pourrait penser que ce coefficient augmente avec la congestion car le déplacement s'effectue plus

¹⁷ Le nombre total d'actifs étant supérieur au nombre total d'emplois, pour les flux entrant.

¹⁸ Le coefficient de corrélation linéaire mesure l'intensité de la liaison entre deux caractères quantitatifs. C'est un nombre sans dimension. Il est compris entre -1 et +1. Quand $R = 1$ (en valeur absolue), on dit qu'il y a liaison

mathématique entre X et Y. Quand $R = 0$, il y a indépendance mathématique entre X et Y. (Source : http://www.issep-ks.rnu.tn/fileadmin/templates/Fcad/Le_coefficient_de_correlation.pdf)

difficilement, mais au contraire il semble diminuer ici.

Application du modèle gravitaire sur quatre échelles d'étude de tailles différentes

Tout l'enjeu de cette étude réside dans le choix d'une échelle pertinente selon laquelle les impacts de l'implantation d'une nouvelle zone résidentielle ou d'emplois ou encore d'une nouvelle infrastructure routière sur l'étalement urbain et les mobilités domicile-travail pourront être étudiés en Région Centre – Val de Loire.

Nous avons donc appliqué le modèle gravitaire sur quatre échelles d'étude de tailles différentes à savoir la commune de Tours, son agglomération (22 communes), son unité urbaine (36 communes) et un périmètre davantage élargi comportant 61 communes autour de Tours mais dont les limites administratives ne correspondent à aucune définition théorique de territoire.

Lors de la réunion d'étape avec l'ensemble des partenaires du projet de recherche C.O.E.U.R. qui a eu lieu le 18 février dernier, Jean-Marc ZANINETTI (Vice-président du CEVU et professeur de géographie à l'Université d'Orléans) a présenté une échelle d'étude significative de « bassins » appelés « *Unités Urbaines Pôles* » selon laquelle l'étude pourrait être menée.

Cette échelle est définie de la manière suivante par Monsieur ZANINETTI : « Les bassins 1990 et 2011 sont déterminés pour la région Centre sur la base des navettes domicile-travail du recensement selon la méthodologie suivante :

- 1) Calcul des navettes commune de résidence - unité urbaine lieu de travail
- 2) La part des actifs résidents occupés travaillant dans l'unité urbaine pôle est au moins de 20%
- 3) La part des actifs résidents occupés travaillant dans l'unité urbaine pôle est supérieure à la

proportion qui travaille dans sa commune de résidence

4) L'unité urbaine pôle rassemble au-moins 5000 emplois au recensement de 2011 (collectes annuelles 2009-2013)

Cela donne 24 "bassins" compris entièrement ou partiellement dans le territoire de la Région Centre – Val de Loire en 2011 et rétopolés sur les données de 1990 (ce qui mesure leur extension).

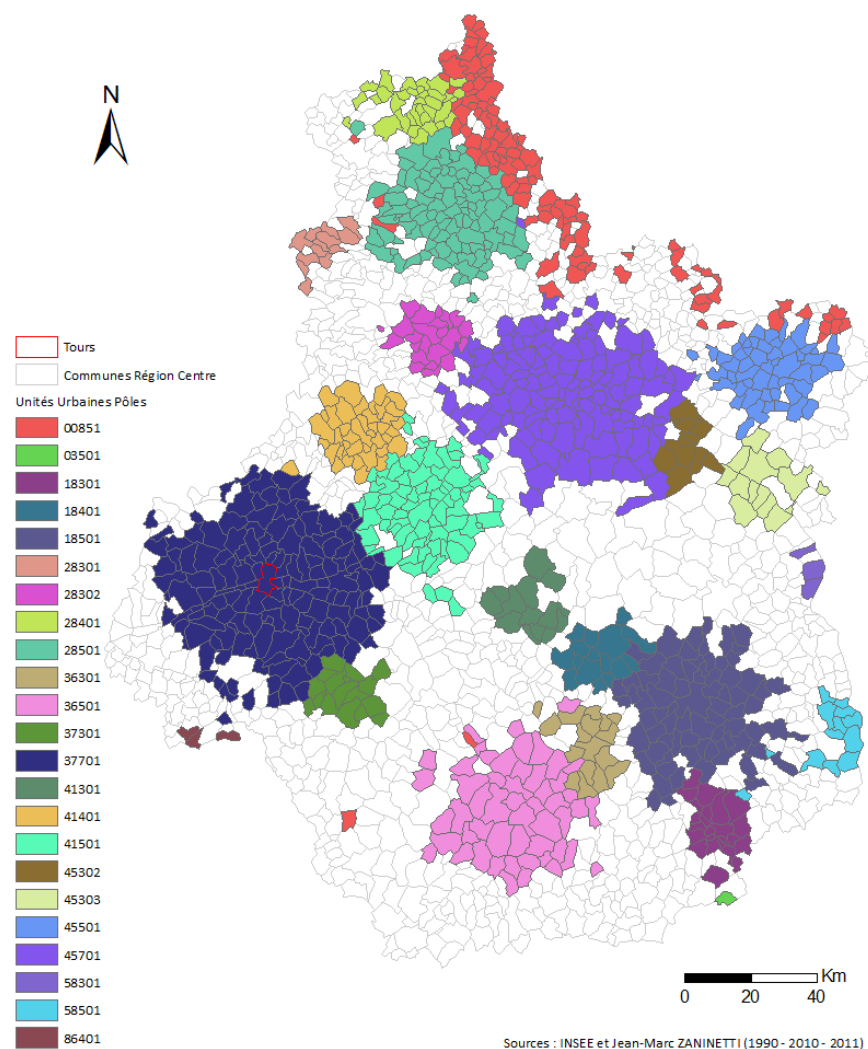
NB : La généralisation des polygones est différente en 1990 et 2011.

Il ne s'agit pas d'une partition complète de la région.

Les différences avec les aires urbaines de l'INSEE sont les suivantes :

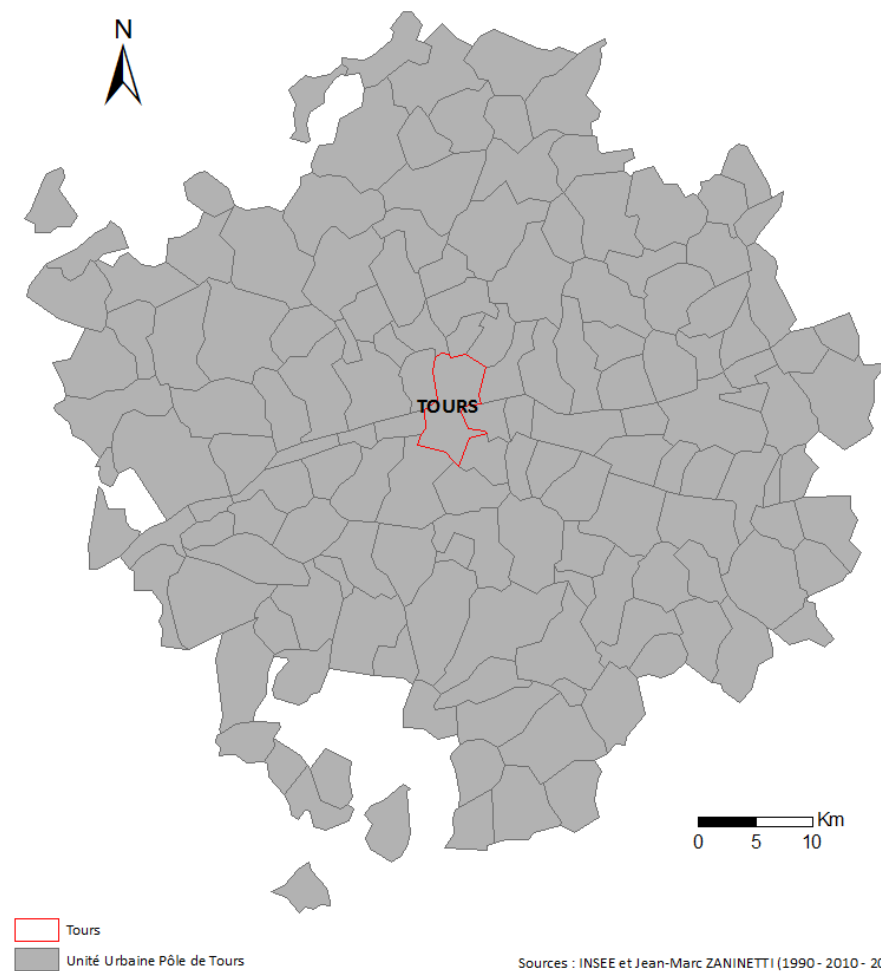
- 1) Le seuil de 20% est substitué à celui de 40%
- 2) Il n'y a pas de réitération pour consolider le taux d'attractivité dans les limites de la pré-aire urbaine constituée en première itération, les petits pôles urbains de moins de 5000 emplois conservent ainsi plus souvent leur autonomie si le taux de stabilité des actifs occupés résidents excède le taux d'attraction de l'aire urbaine voisine
- 3) Il n'y a pas de nettoyage manuel éliminant les effets d'enclave et d'éclat, nettoyage arbitraire effectué par l'INSEE pour donner un contour plus homogène aux aires urbaines. »

Les Unités Urbaines Pôles en Région Centre



Carte 1 : Les Unités Urbaines Pôles en Région Centre - Val de Loire

Zoom sur l'unité urbaine pôle de Tours (153 communes)



Carte 2 : L'Unité Urbaine Pôle de Tours (153 communes)

Bien que cette échelle d'étude ne couvre pas l'ensemble du territoire de la région, elle présente un réel intérêt à être analysée. Cependant, l'unité urbaine pôle de Tours représente 153 communes et lors des requêtes précédemment détaillées sous Access il s'est avéré qu'à cette échelle la requête était trop complexe. Nous avons donc décidé de limiter l'expérimentation à une soixantaine de communes.

Afin de déceler un périmètre d'étude cohérent, nous avons tout d'abord appliqué le modèle gravitaire selon les caractéristiques d'une seule commune (Tours). Puis nous avons étendu le périmètre d'étude de la même manière que les cercles circonscrits verts (ou bassins de vie) sur la figure ci-dessous délimitent différents périmètres autour des centres urbains (agglomérations ou villes pôles de centralité) de la Région Centre :



Figure 12 : L'étendue des quatre échelles d'étude choisies selon le modèle du périmètre des bassins de vie en Région Centre

Source: Les Contrats Régionaux de Solidarité Territoriale - Cadre d'intervention (Région Centre, Avril 2013)

Avant d'illustrer les quatre échelles d'étude soumises au modèle gravitaire, revenons sur quelques définitions proposées par l'INSEE© pour resituer nos propos :

Zone d'emploi (153 communes concernant Tours):

« Une zone d'emploi est un espace géographique à l'intérieur duquel la plupart des actifs résident et travaillent, et dans lequel les établissements peuvent trouver l'essentiel de la main d'œuvre nécessaire pour occuper les emplois offerts.

Le découpage en zones d'emploi constitue une partition du territoire adaptée aux études locales sur le marché du travail. Le zonage définit aussi des territoires pertinents pour les diagnostics locaux et peut guider la délimitation de territoires pour la mise en œuvre des politiques territoriales initiées par les pouvoirs publics ou les acteurs locaux. Ce zonage est défini à la fois pour la France métropolitaine et les DOM.

Le découpage actualisé se fonde sur les flux de déplacements domicile-travail des actifs observés lors du recensement de 2006. La liste des communes est celle donnée par le Code Officiel Géographique (COG). »

Aire urbaine (132 communes concernant Tours):

« Une aire urbaine ou « grande aire urbaine » est un ensemble de communes, d'un seul tenant et sans enclave, constitué par un pôle urbain (unité urbaine) de plus de 10 000 emplois, et par des communes rurales ou unités urbaines (couronne périurbaine) dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci.

Le zonage en aires urbaines 2010 distingue également :

- les « moyennes aires », ensemble de communes, d'un seul tenant et sans enclave, constitué par un pôle urbain (unité urbaine) de 5 000 à 10 000 emplois, et par des communes rurales ou unités urbaines dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci.
- les « petites aires », ensemble de communes, d'un seul tenant et sans enclave, constitué par un pôle (unité urbaine) de 1 500 à 5 000 emplois, et par des communes rurales ou unités urbaines

dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci. »

Unité urbaine (36 communes concernant Tours):

« La notion d'unité urbaine repose sur la continuité du bâti et le nombre d'habitants. On appelle unité urbaine une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants.

Si l'unité urbaine se situe sur une seule commune, elle est dénommée ville isolée. Si l'unité urbaine s'étend sur plusieurs communes, et si chacune de ces communes concentre plus de la moitié de sa population dans la zone de bâti continu, elle est dénommée agglomération multicommunale.

Sont considérées comme rurales les communes qui ne rentrent pas dans la constitution d'une unité urbaine : les communes sans zone de bâti continu de 2000 habitants, et celles dont moins de la moitié de la population municipale est dans une zone de bâti continu. » (cf. Remarque en Annexe 18)

Agglomération (22 communes concernant Tours):

« La communauté d'agglomération est un EPCI regroupant plusieurs communes formant, à la date de sa création, un ensemble de plus de 50 000 habitants d'un seul tenant et sans enclave autour d'une ou plusieurs communes centres de plus de 15 000 habitants. Ces communes s'associent au sein d'un espace de solidarité, en vue d'élaborer et conduire ensemble un projet commun de développement urbain et d'aménagement de leur territoire. (Remarque : La communauté d'agglomération a été créée par la loi relative au renforcement et à la simplification de la coopération intercommunale du 12 juillet 1999.) »

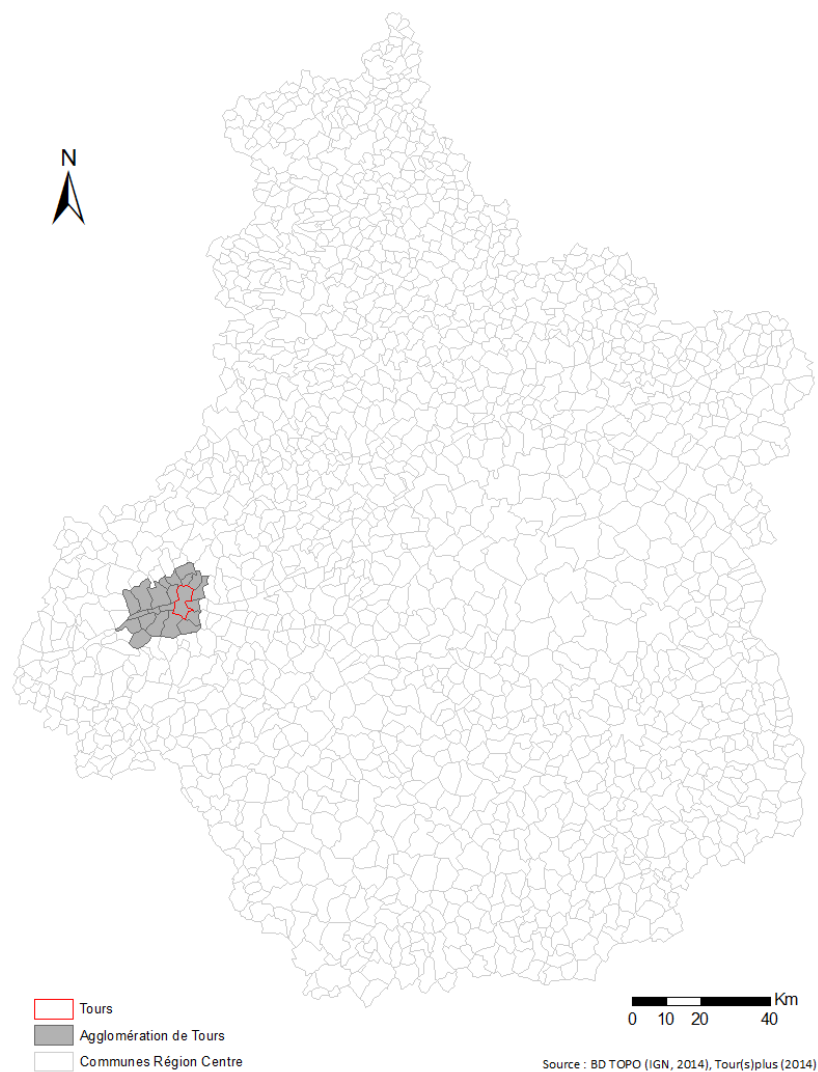
Ville :

« Les villes et agglomérations urbaines, désignées aussi sous le terme unique d'unité urbaine, dont la délimitation est fondée sur le seul critère de continuité de l'habitat, peuvent être constituées :

- de deux ou plusieurs communes, c'est-à-dire d'une ville-centre et de sa banlieue (exceptionnellement de plusieurs villes-centres), sur le territoire desquelles une zone agglomérée contient plus de 2 000 habitants ; une telle unité urbaine porte alors le nom d'agglomération multicommunale ;
- d'une seule commune, dont la population agglomérée compte au moins 2 000 habitants ; une telle commune est dite ville isolée ou plus communément ville.

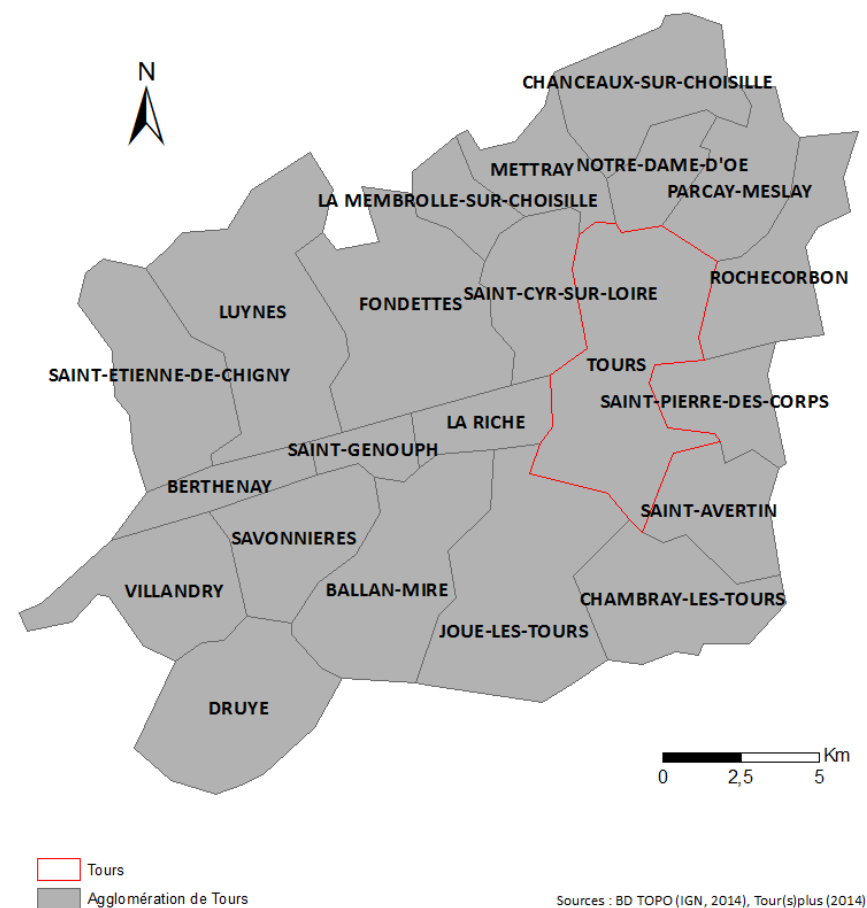
Une première délimitation des villes et agglomérations urbaines a été réalisée à l'occasion du recensement de 1954. De nouvelles unités urbaines ont été constituées lors des recensements de 1962, 1968, 1975, 1982, 1990 et 1999. »

L'agglomération de Tours en Région Centre (22 communes)

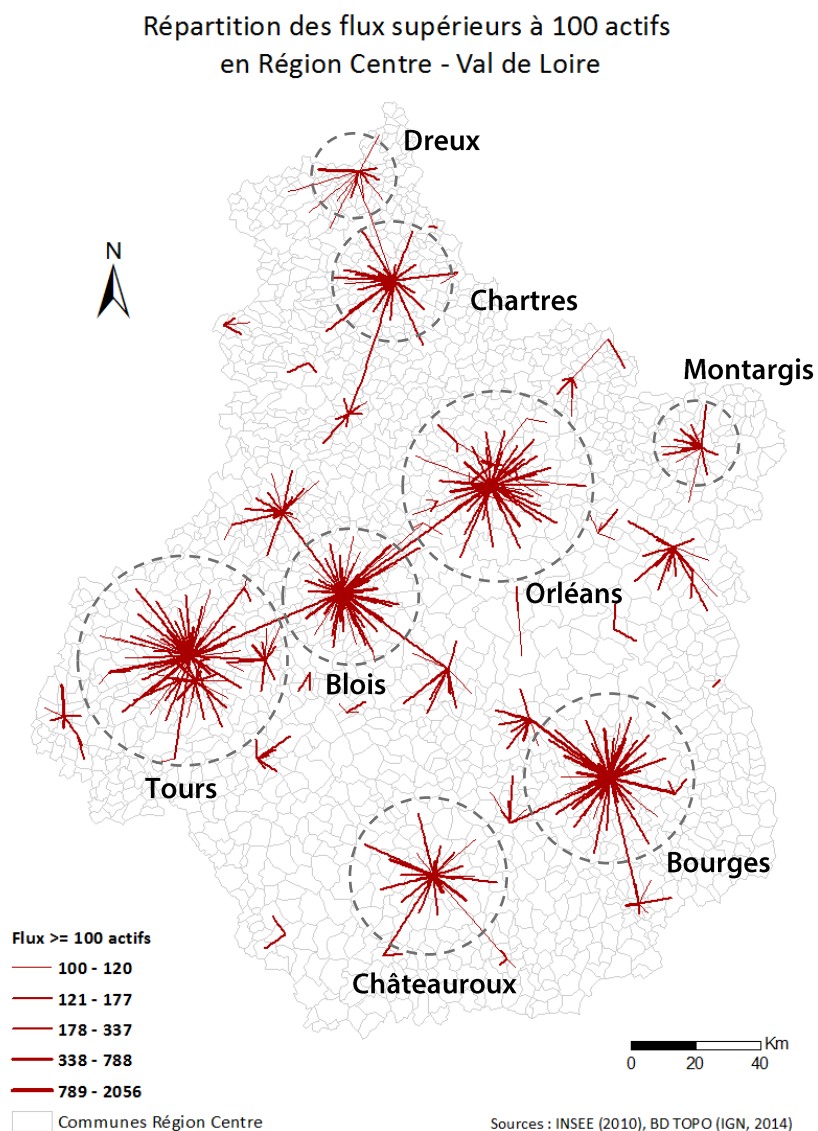


Carte 3 : L'Agglomération de Tours en Région Centre - Val de Loire (22 communes)

Zoom sur l'agglomération de Tours (22 communes)



Carte 4 : Zoom sur les 22 communes de l'Agglomération de Tours

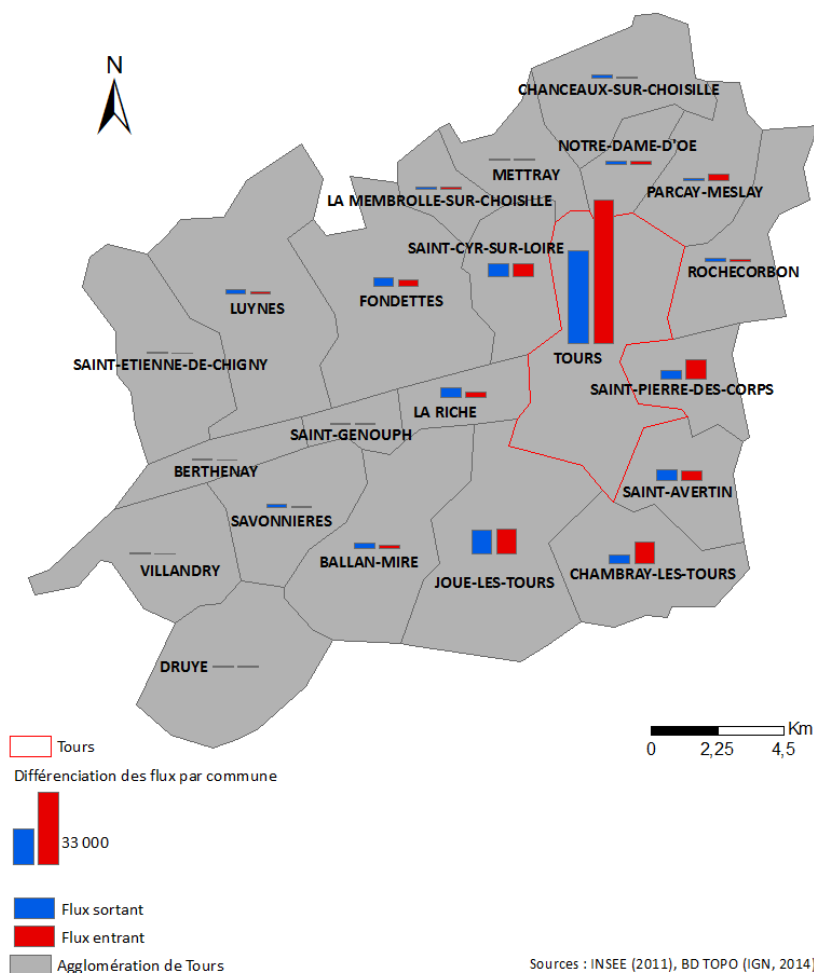


Carte 5 : Répartition des flux pendulaires domicile-travail supérieurs à 100 actifs en Région Centre - Val de Loire



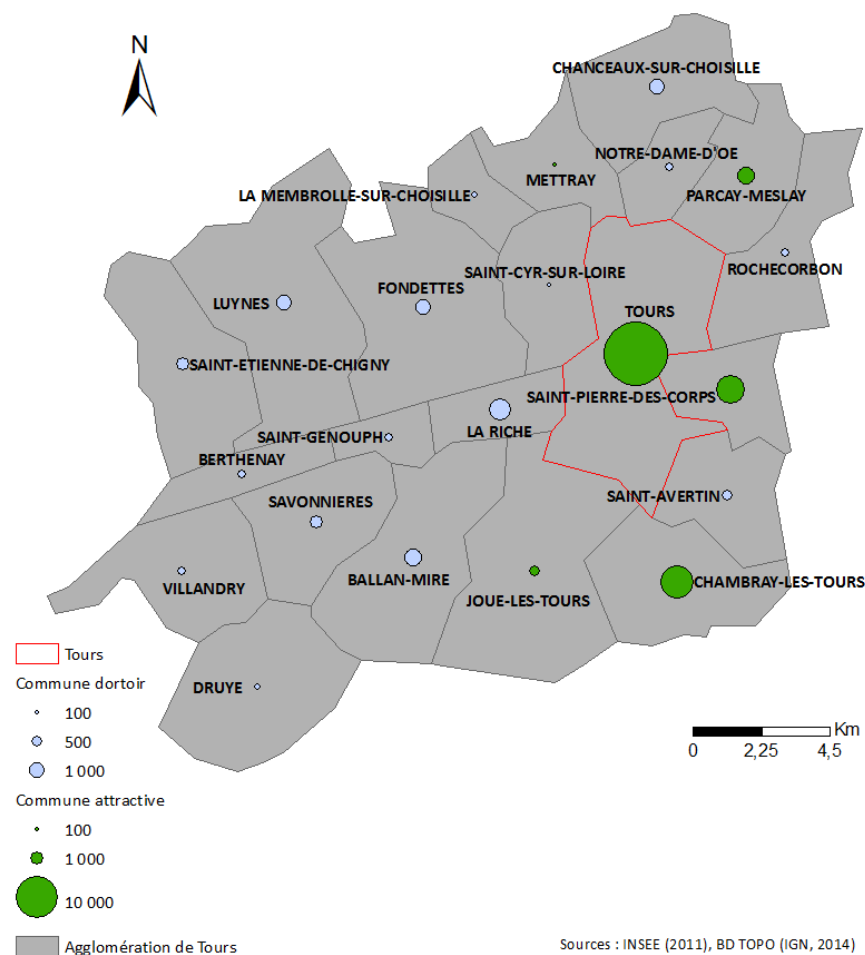
Carte 6 : Répartition des flux pendulaires domicile-travail supérieurs à 100 actifs pour l'agglomération de Tours

Distinction du nombre de flux "entrant" et flux "sortant" par commune de l'agglomération de Tours



Carte 7 : Les flux « entrant » et flux « sortant » pour les 22 communes de l'agglomération de Tours

Caractéristique des communes de l'agglomération de Tours en fonction du nombre de flux domicile-travail "entrant" et "sortant"



Carte 8 : Distinction des communes "dortoirs" et communes "attractives" de l'agglomération de Tours

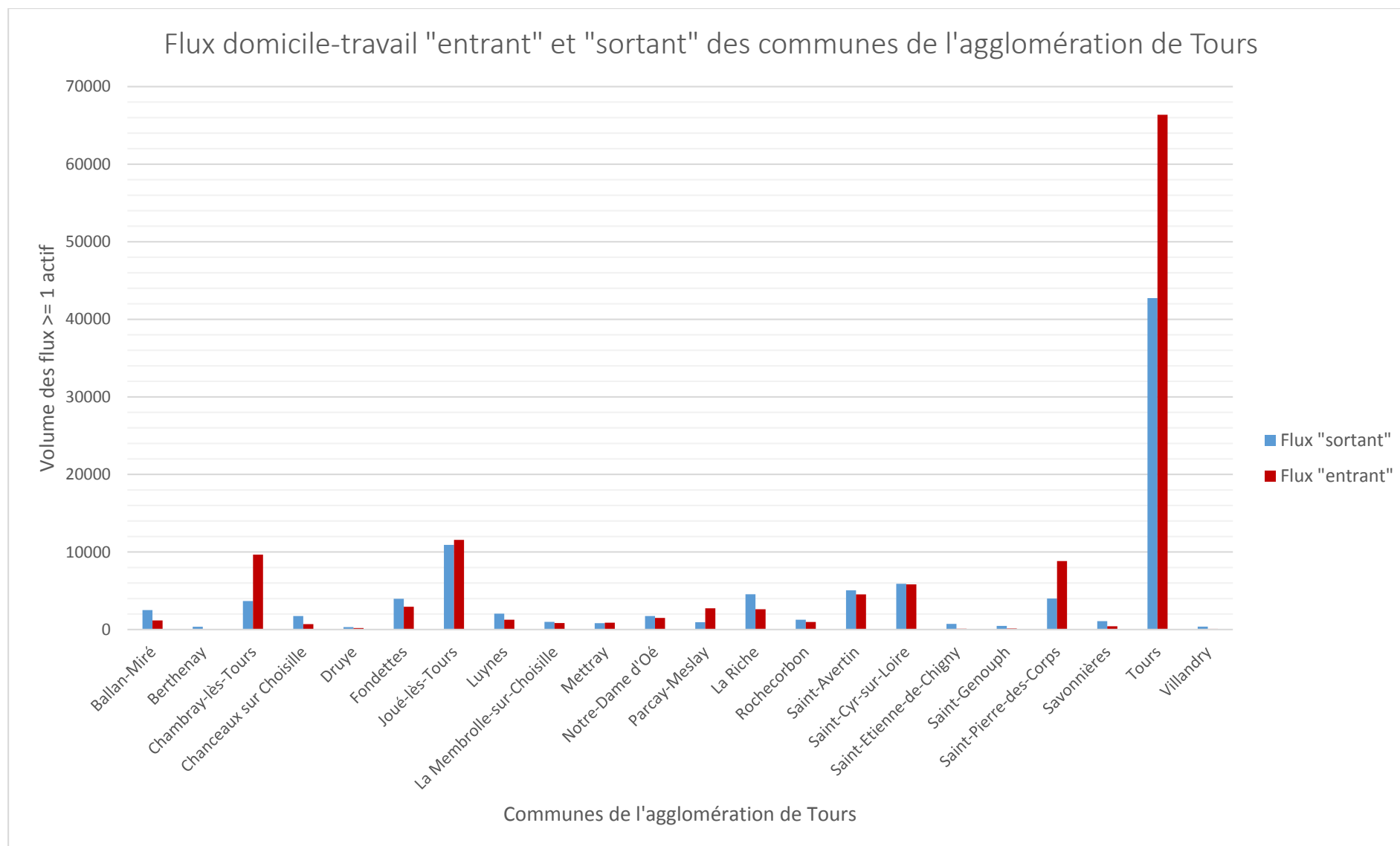
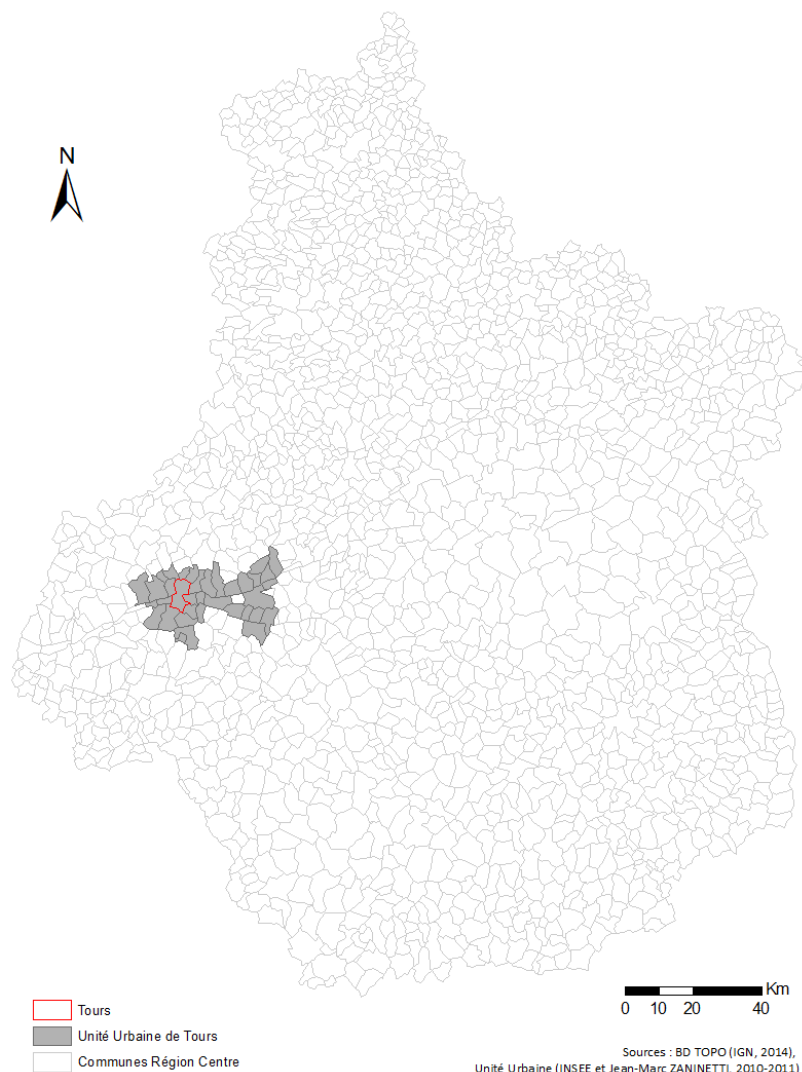


Figure 13 : La préfecture du département d'Indre-et-Loire (Tours) se démarque par l'importance des flux "sortant" qu'elle génère (44% des flux « sortant ») et des flux "entrant" qu'elle attire (54% des flux « entrant »)

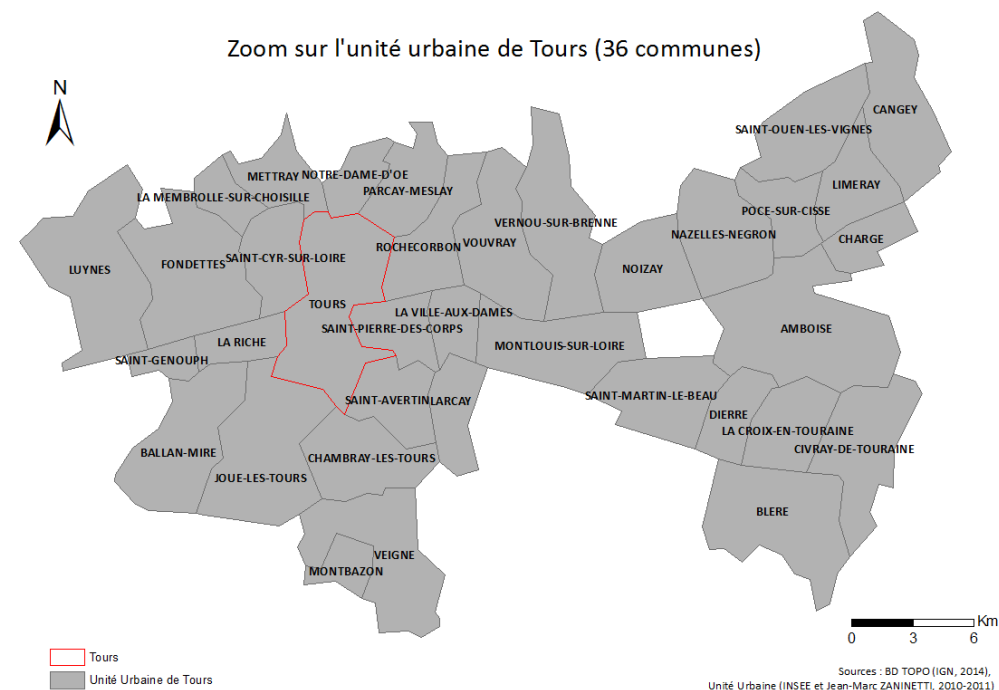
Source : INSEE (2011)

L'unité urbaine de Tours en Région Centre (36 communes)



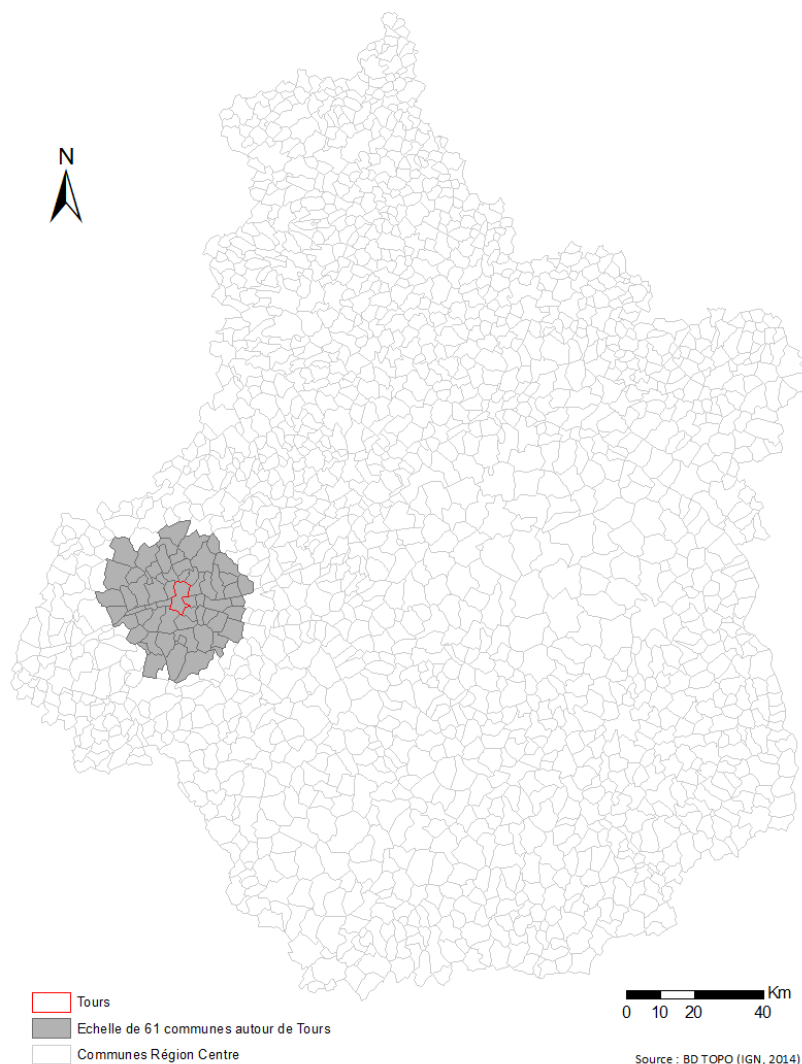
Carte 9 : L'Unité Urbaine de Tours en Région Centre - Val de Loire (36 communes)

Zoom sur l'unité urbaine de Tours (36 communes)



Carte 10 : Zoom sur les 36 communes de l'Unité Urbaine de Tours

Tours entourée de 61 communes en Région Centre

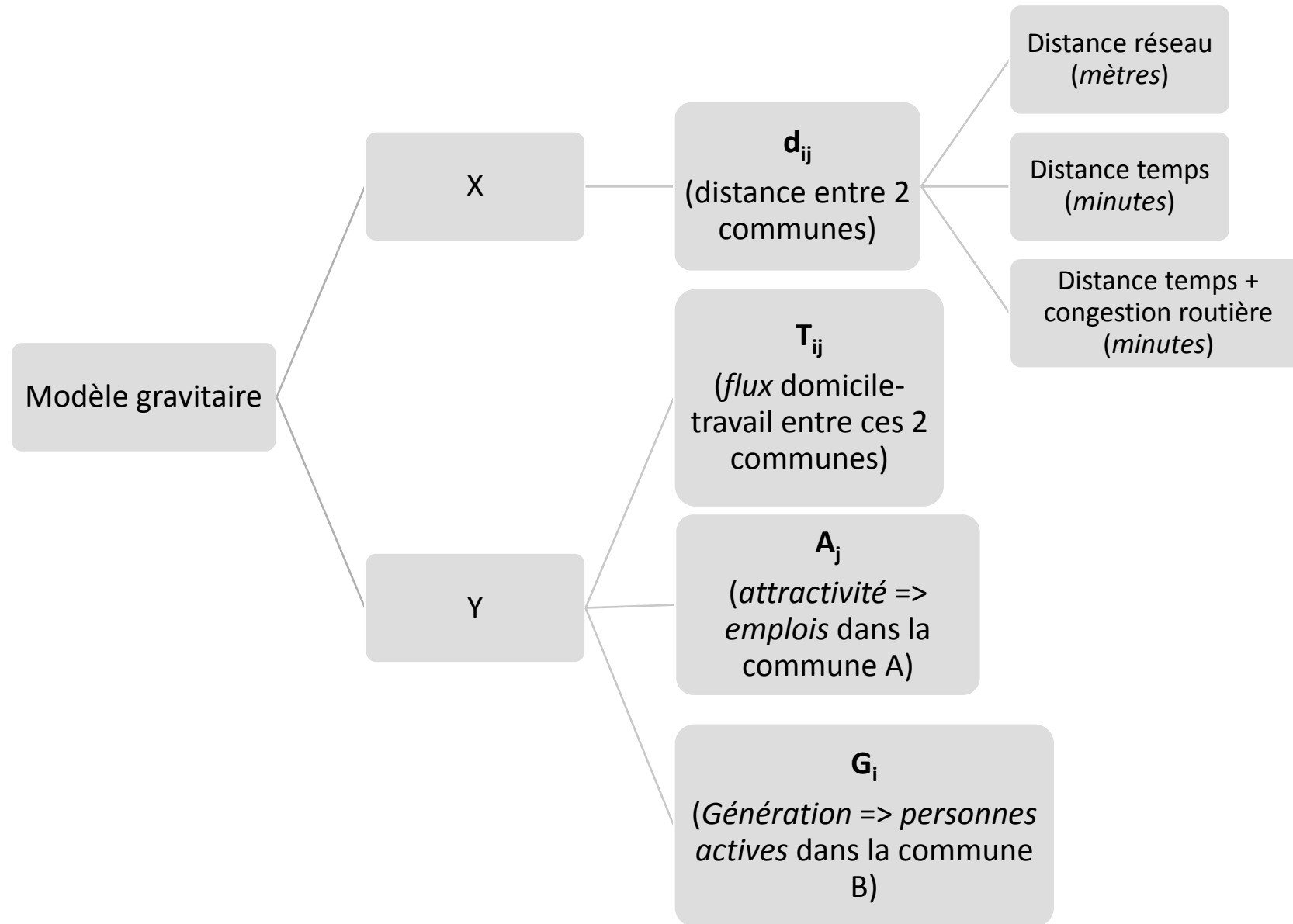


Carte 11 : Périmètre élargi - Tours entourée de 61 communes en Région Centre - Val de Loire

Zoom sur les 61 communes entourant Tours



Carte 12 : Zoom sur le périmètre élargi des 61 communes entourant Tours



Logigramme 2 : Paramètres et variables du modèle gravitaire

Résultats après application du modèle gravitaire

Les différents scénarios retenus nous amènent à 24 catégories de résultats caractérisant le territoire, détaillés dans le tableau suivant (les nuances de couleurs servent à repérer facilement pour une même section les valeurs maximales en rouge et les valeurs minimales en vert) :

		Localisation		α	β	R^2	R
FLUX entrant	Distance réseau en mètres	CLAP	Tours	2374,65	1,9056	0,7089	0,8420
			Agglomération de Tours (22 communes)	7,9469	1,3123	0,3807	0,6170
			Unité Urbaine de Tours (36 communes)	11,9812	1,3499	0,3775	0,6144
			Tours + 61 communes (périmètre élargi)	8,2604	1,2931	0,3133	0,5597
	Distance temps en minutes	CLAP	Tours	0,021	2,3216	0,5748	0,7582
			Agglomération de Tours (22 communes)	0,0014	1,4303	0,3051	0,5524
			Unité Urbaine de Tours (36 communes)	0,0017	1,4664	0,2966	0,5446
			Tours + 61 communes (périmètre élargi)	0,0015	1,3706	0,2381	0,4880
		+20% en intégrant la congestion routière	Tours	0,021	1,9346	0,5748	0,7582
			Agglomération de Tours (22 communes)	0,0014	1,1919	0,3051	0,5524
			Unité Urbaine de Tours (36 communes)	0,0017	1,222	0,2966	0,5446
			Tours + 61 communes (périmètre élargi)	0,0015	1,1421	0,2381	0,4880

FLUX sortant	Distance réseau en mètres	CLAP	Tours	55,5392	1,5721	0,5817	0,7627
			Agglomération de Tours (22 communes)	36,8214	1,4993	0,4937	0,7026
			Unité Urbaine de Tours (36 communes)	69,0717	1,5586	0,4793	0,6923
			Tours + 61 communes (périmètre élargi)	41,0677	1,499	0,4276	0,6539
	Distance temps en minutes	CLAP	Tours	0,0044	1,9591	0,4858	0,6970
			Agglomération de Tours (22 communes)	0,0028	1,7533	0,4305	0,6561
			Unité Urbaine de Tours (36 communes)	0,0035	1,7907	0,4031	0,6349
			Tours + 61 communes (périmètre élargi)	0,0027	1,6926	0,3544	0,5953
		+20% en intégrant la congestion routière	Tours	0,0044	1,6326	0,4858	0,6970
			Agglomération de Tours (22 communes)	0,0028	1,4611	0,4305	0,6561
			Unité Urbaine de Tours (36 communes)	0,0035	1,4922	0,4031	0,6349
			Tours + 61 communes (périmètre élargi)	0,0027	1,4105	0,3544	0,5953

Tableau 2 : Résultats obtenus suite à l'application du modèle gravitaire sur les quatre échelles d'étude

Le premier constat que nous pouvons faire sur ces résultats est que les valeurs de R^2 (coefficient de détermination) s'échelonnent entre 0,24 et 0,71, ce qui signifie que le modèle gravitaire parvient à expliquer le phénomène à 24% (dans le pire des cas) et à 71% (dans le meilleur des cas). Ceci rend le modèle « puissant » car il agit avec « parcimonie » et permet d'expliquer le phénomène avec un minimum de causes. A travers cette comparaison entre les échelles, nous comparons en réalité la « qualité » des moindres carrés, vus précédemment.

Nous remarquons, que ce soit pour les flux entrant ou les flux sortant, que les valeurs des coefficients R^2 (coefficient de détermination) et R (coefficient de corrélation linéaire) diminuent plus l'échelle d'étude augmente.

Il en est de même pour le frein au déplacement β , qui reste malgré tout satisfaisant car proche de 2. Cependant, nous pouvons remarquer que ce coefficient β est, dans tous les cas, quelque peu supérieur pour l'échelle de l'unité urbaine de Tours (36 communes) par rapport aux échelles de l'agglomération (22

communes) ou du périmètre élargi des 62 communes. Le périmètre de l'unité urbaine présente donc une légère singularité.

De plus, nous constatons également que les valeurs de R^2 et R , pour les flux entrant et les flux sortant, sont inférieures pour la distance temps (en minutes) par rapport à la distance réseau (en mètres). Ces différenciations proviennent certainement de la détermination de la vitesse par tronçon routier à l'échelle de la Région Centre que nous avons effectuée sous ArcGis© et qui n'exclue pas quelques approximations. A l'inverse, le coefficient β est supérieur pour la distance temps (en minutes) par rapport à la distance réseau (en mètres).

Finalement, lorsque nous avons simulé la congestion routière en affectant un coefficient de 20% à la distance temps initiale, cela n'a eu aucun impact sur les valeurs de R^2 et R . Seul le frein au déplacement a diminué, ce qui est curieux puisqu'en augmentant la congestion routière, nous avons ajouté de la « rugosité » et donc justement rendu le déplacement plus difficile. Le frein au déplacement devrait donc augmenter et non diminuer.

CONCLUSION

A travers ce PFE, s'intégrant au projet de recherche C.O.E.U.R, nous avons pu étudier les mobilités pendulaires domicile-travail en place sur le territoire de la Région Centre – Val de Loire et ainsi contribuer à caractériser les pratiques de déplacements des individus et leur impact sur l'étalement urbain. La place de la voiture est de plus en plus présente dans le quotidien des ménages, ce qui a considérablement rallongé les distances spatiales métriques parcourues.

Tout au long de ce projet, nous avons cherché une échelle d'étude sur laquelle poursuivre la réflexion. Nous aurions, par là même, souhaité pouvoir justifier le choix de l'échelle d'étude de *l'Unité Urbaine Pôle* grâce au modèle gravitaire en simulant l'élargissement d'un périmètre d'étude jusqu'à atteindre cette échelle, mais les résultats que nous avons obtenus après cette analyse multicritère ne sont pas allés dans ce sens.

La première explication qui peut être avancée concerne la restriction des variables que nous avons étudiées et intégrées dans le modèle gravitaire. En effet, nous avons uniquement considéré la voiture comme mode de transport alors que d'autres modes tels que les transports en commun par exemple auraient pu être pris en compte, les motifs de déplacements ne concernaient que les mobilités domicile-lieu de travail alors qu'il existe également de fortes mobilités engendrées par les études ou les achats notamment et enfin, nous n'avons tenu compte que des déplacements de personnes et non de marchandises. Les effets de résistance au déplacement sont donc réduits, ce qui n'est pas totalement représentatif de la réalité et restreint la simulation des phénomènes en place sur le territoire. Une fois l'échelle d'étude choisie, pour aller plus loin, nous pourrions également faire varier les paramètres A_j (attraction) et G_i (génération) par commune dans le modèle gravitaire afin de simuler l'implantation ou la délocalisation d'une zone d'emplois ou d'habitat sur le territoire et voir leur influence sur les

variables α (facteur d'homogénéisation), β (frein au déplacement), R^2 (coefficient de détermination) et R (coefficient de corrélation linéaire).

Outre l'impédance « réseau » (en mètres) et « temps » (en minutes), il serait également intéressant de voir l'impact du levier « coût financier » des déplacements pendulaires entre le domicile et le lieu de travail dans le budget des ménages mais aussi sur les résultats du modèle gravitaire (β , R^2 et R). En effet, comme nous avons pu le voir au travers de nos différentes lectures, la dépendance automobile croissante joue sur la vulnérabilité des ménages et en premier lieu sur leur budget.

Toute la difficulté de cette recherche réside dans le fait de déterminer une échelle d'étude pertinente pour les zones d'influence (où se situent les emplois principalement). Et cela découle de la notion de « pénibilité » manifestée par les ménages lors de leurs déplacements. Mais à partir de quelle distance (en mètres ou en minutes) peut-on considérer qu'un déplacement est « pénible » ? Et que représente cette valeur de « pénibilité » mathématiquement ? Une telle échelle pourrait par exemple se dessiner sur le territoire lorsqu'un changement modal apparaît dans les déplacements. Mais ceci dépend du comportement des individus et ne pourrait donc être révélé que par des enquêtes de terrain.

Finalement, l'outil qui permettrait de représenter de manière précise la situation sur tout territoire et prévoir son évolution future est un modèle de transports (et même de « transports - urbanisme ») décrivant les comportements liés à la mobilité. La mise en place d'un tel modèle intégrant à la fois le développement immobilier, la localisation exacte des ménages, le développement de l'emploi ainsi que sa localisation serait un véritable outil d'aide à la décision pour les élus et permettrait de justifier les choix d'aménagement soutenus et d'agir étape par étape.

LIMITES

Bien que la quantité de données statistiques soit à l'heure actuelle considérable, un certain manque (perceptible lors de cette recherche) d'éléments spécifiques reste tout de même encore palpable. Notamment, nous ne pouvons connaître précisément le lieu de résidence ni le lieu de travail de chaque personne active génératrice de flux de déplacements, ce qui est certes normal car personnel et propre à chaque individu mais engendre inévitablement des approximations dans nos calculs.

Suite à l'application du modèle gravitaire, nous avons pu déceler une certaine hétérogénéité des données, toutes les bases de données étant indépendantes les unes des autres. D'un côté par exemple, nous connaissons le nombre de personnes actives par commune (base de données INSEE© *EMPLOI-POPULATION ACTIVE*), et de l'autre, nous disposons du nombre d'emplois par commune (base de données INSEE© *CARACTERISTIQUES DES ENTREPRISES ET DES ETABLISSEMENTS* ou *CLAP*) sans savoir quel individu se rend dans quelle commune, ce qui peut limiter cette modélisation.

Nous avons utilisé dans cette étude les flux de déplacements effectués en voiture car il s'agit de la seule base de données concernant les modes de transports (avec également les transports collectifs) dont nous pouvons disposer librement. Mais les déplacements pendulaires en transports ferroviaires par exemple pourraient également être pris en compte. Pour les motifs de déplacements quotidiens, nous avons choisi de traiter les flux entre le domicile et le lieu de travail, bien que nous aurions également pu étudier les flux entre le domicile et le lieu d'études car les bases de données INSEE© sont renseignées. En revanche, pour le motif des achats ou des loisirs, aucune base n'existe à ce jour.

De plus, lors des différentes étapes aboutissant à la création de la Matrice OD, nous avons dû faire quelques approximations afin de pouvoir poursuivre les calculs (notamment

concernant les valeurs prises pour les critères de vitesse), ce qui a pu engendrer par la suite quelques divergences des résultats avec la réalité sans pour autant les rendre inexploitable.

Au vu de l'importance du territoire d'étude, la Région Centre – Val de Loire, un grand nombre de données et d'informations ont dû être traitées, ce qui s'est ressenti notamment lors de la génération des Matrices Origine-Destination ou encore lors des traitements effectués sous Access et Excel. Une automatisation de la procédure pourrait donc être envisagée par la suite.

ANNEXES

Définition

Régression linéaire et droite des moindres carrés

Soit x la variable indépendante ou explicative. Dans notre cas, il s'agit de la distance d_{ij} ou plus précisément $\log(d_{ij})$. Cette variable est censée expliquer le flux observable pondéré de l'attraction et de la génération des secteurs (cette dernière est baptisée pour cette raison variable dépendante ou expliquée et sera notée dans ce rappel y).

Il s'agit de modéliser la relation entre x et y de la manière la plus simple possible (par exemple grâce à une fonction affine) en minimisant l'approximation (d'où le terme de régression - *réduire* - linéaire). Pour cela, on cherche à tracer la droite la plus proche possible de l'ensemble des points obtenus grâce aux mesures.

L'équation de la droite de régression est donc de la forme : $y = ax + b$

Et l'ajustement se fera sur les deux inconnues a et b .

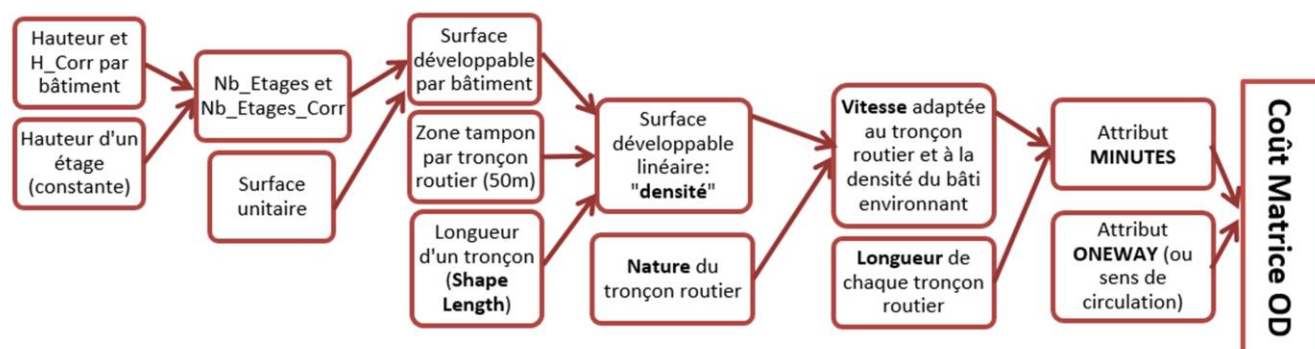
Annexe 1 : Régression linéaire et droite des moindres carrés (définition)

Source : UB01 : Composantes des systèmes urbains (GSU/UTC), Mindjid MAIZIA (2008)

Les différentes étapes de géotraitement sur ArcGis© afin d'obtenir les Matrices OD selon la distance réseau (mètres) et la distance temps (minutes) sont détaillées dans ce qui suit :

Analyse du réseau routier

Surface développable linéaire : la « densité » et le critère « vitesse »



Annexe 2 : Logigramme des différentes étapes menant à la Matrice OD

Source : TD n°3 de Géomatique DA5 (2014), encadrant : K. SERRHINI, auteurs : M. CADOU et C. FONTAINE

La couche géomatique du bâti

Le champ « Hauteur »

Dans la base de données « bâti » (BD TOPO, IGN 2014) figure le champ « *Hauteur* » faisant référence à la hauteur d'un bâtiment. Cependant, on remarque que la hauteur minimale de certains bâtiments est de 0 m, ce qui est impossible si le bâtiment existe. On crée alors une nouvelle colonne nommée « *H_Corr* » dans la table attributaire pour corriger la colonne « *Hauteur* » et remplacer les hauteurs égales à 0 m par 1 m, afin de ne pas perturber les calculs qui suivront et de déformer le « moins possible » la réalité.

Code de script Pre-Logic (Visual Basic) associé à cette manipulation du champ « Hauteur » :

```
Dim var
If [HAUTEUR] = 0 Then
var = 1
Elseif [HAUTEUR] > 0 Then
var = [HAUTEUR]
end if

H_Corr =
var
```

Le champ « Nb_Etages »

On considère que la hauteur d'un étage est équivalente à 2,5 m (constante). On calcule alors le nombre d'étages par bâtiment de la manière suivante :

$$Nb_Etages = [H_Corr] / 2.5$$

Les valeurs résultantes du champ « *Nb_Etages* » peuvent dans certains cas être nulles également. De la même manière que pour le champ précédent, nous pouvons corriger le champ « *Nb_Etages* » lorsque celui-ci vaut 0 pour éviter de fausser les calculs par la suite. Pour cela, on crée une nouvelle colonne « *Nb_Etages_Corr* » dans la table attributaire pour remplacer les champs « *Nb_Etages* » nuls par 1.

Remarque : « **Nb_Etages_Corr** » = 1 au minimum, ne signifie pas que le bâtiment est un « R+1 », ce n'est pas au sens de l'aménagement que l'on impose cela mais bien pour les calculs. De plus, pour établir ces deux nouveaux champs « **H_Corr** » et « **Nb_Etages_Corr** » et corriger les précédents « **Hauteur** » et « **Nb_Etages** », on fait des approximations, des erreurs sont donc possibles par la suite.

Code de script Pre-Logic (Visual Basic) associé à cette manipulation du champ « Nb_Etages » :

```
Dim var
If [Nb_Etages] = 0 Then
var = 1
Elseif [Nb_Etages] > 0 Then
var = [Nb_Etages]
end if

Nb_Eta_Cor =
var
```

La surface unitaire

Le champ « *Surface_Unitaire* » que l'on s'apprête à calculer correspond à la surface au sol de chaque bâtiment. Nous l'obtenons en utilisant la fonction « calculer la géométrie » proposée par ArcGis©.

La surface développable par bâtiment

Afin d'obtenir le champ « *Surface_Developpable* » par bâtiment dans la table attributaire, correspondant à la surface totale associée à chaque bâtiment, on effectue le calcul suivant :

$$Surface_Developpable = [Surface_Unitaire] \times [Nb_Etages_Corr]$$

Annexe 3 : Géotraitements de la couche géomatique du bâti

Source : IGN (BD TOPO, 2014) et TD n°3 de Géomatique DA5 (2014), encadrant : K. SERRHINI, auteurs : M. CADOU et C. FONTAINE

La couche géomatique du réseau routier

La zone tampon (ou « buffer »)

Tout d'abord, nous créons une « zone tampon » (c'est-à-dire une zone englobant les bâtiments dans un « buffer ») selon certains critères. En effet, il faut respecter un rayon de 50 m au voisinage immédiat des routes (donc nous créons un « buffer » de 5 m autour de chaque tronçon routier) afin d'éliminer les bâtiments en dehors de cette « zone tampon ».

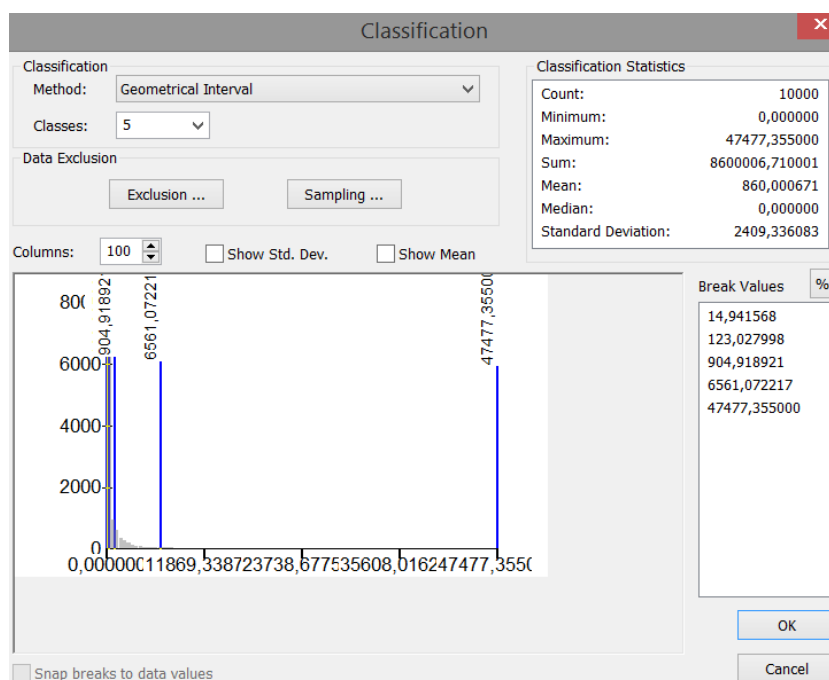
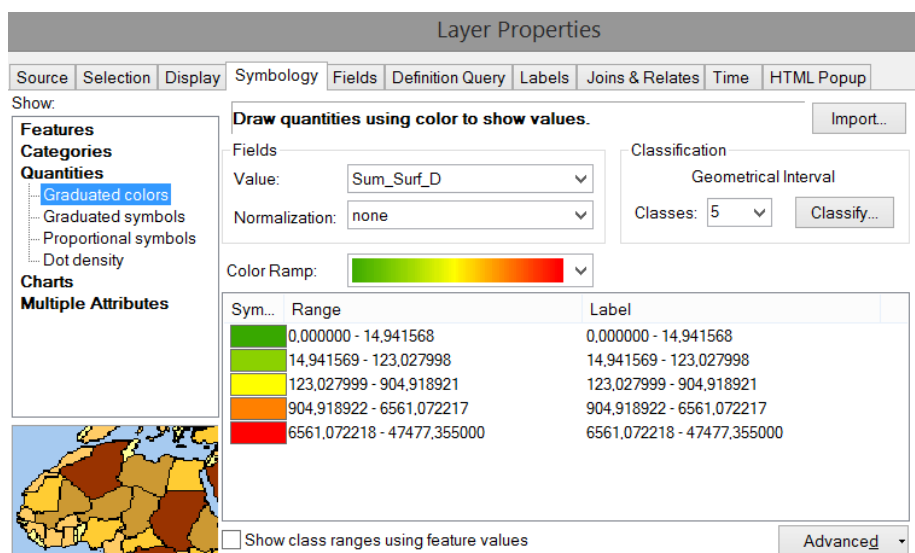
A l'inverse, nous avons besoin d'identifier les bâtiments présents dans cette « zone tampon » pour déterminer la densité du bâti qui jouera un rôle sur l'affectation de la vitesse des tronçons routiers. (Afin de sélectionner ces bâtiments cibles, nous utilisons l'outil « Sélectionner selon l'emplacement ». Puis nous créons une nouvelle couche à partir des données sélectionnées.)

Nous utilisons ensuite l'outil « Jointure spatiale » pour déterminer les bâtiments appartenant à chaque « buffer ». (Cette jointure se fait à partir d'un attribut commun ou bien d'un élément qui appartient à une sélection (outil « Joindre des données »)). Nous obtenons alors le sous-total de la surface développable par « buffer ».

A présent, nous recherchons la surface développable par tronçon routier, c'est-à-dire qu'il nous faut passer du « buffer » au tronçon routier (à chaque « buffer » correspond une route).

Nous utilisons ensuite une symbologie laissant apparaître les centres urbains qui se dégagent à l'échelle de la Région Centre – Val de Loire. (Les cinq classes de couleurs correspondent aux différentes densités du « buffer ». Il est intéressant d'utiliser la discrétisation par « classification/intervalle géométrique » car elle est plus adaptée à la répartition de notre échantillon d'après l'allure dissymétrique de la distribution.)

Paramètres de la symbologie

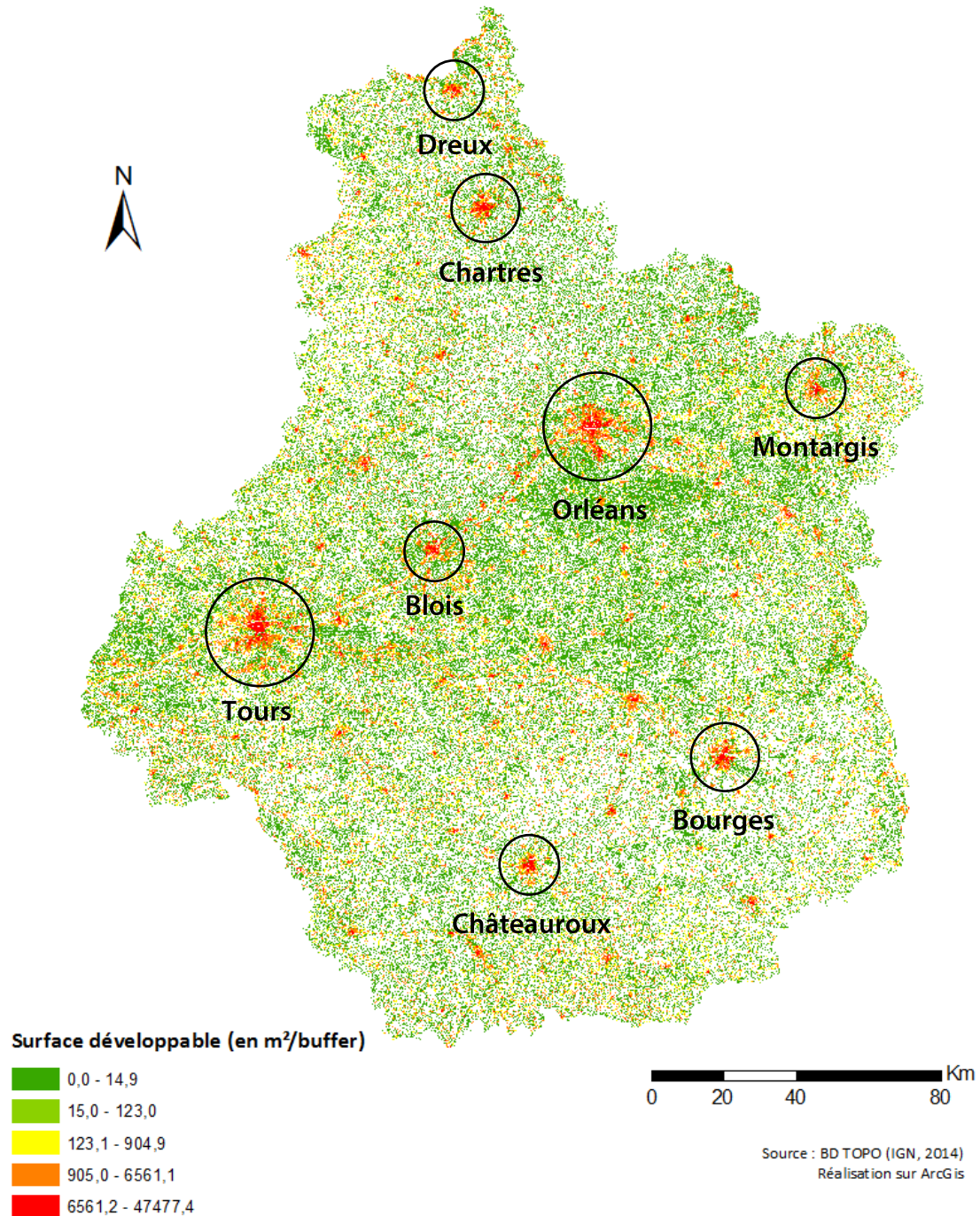


19

¹⁹ « La densité urbaine est un rapport entre un indicateur statistique et une surface, elle se mesure, selon : la densité humaine (nombre d'habitants au kilomètre carré), la densité de logements (nombre de logements à l'hectare) ou la densité du bâti (nombre de mètres carrés de surface construite par hectare). » [Source : Certu - département Urbanisme Habitat]

La somme des surfaces développables par buffer est représentée ci-dessous grâce à la discrétisation géométrique :

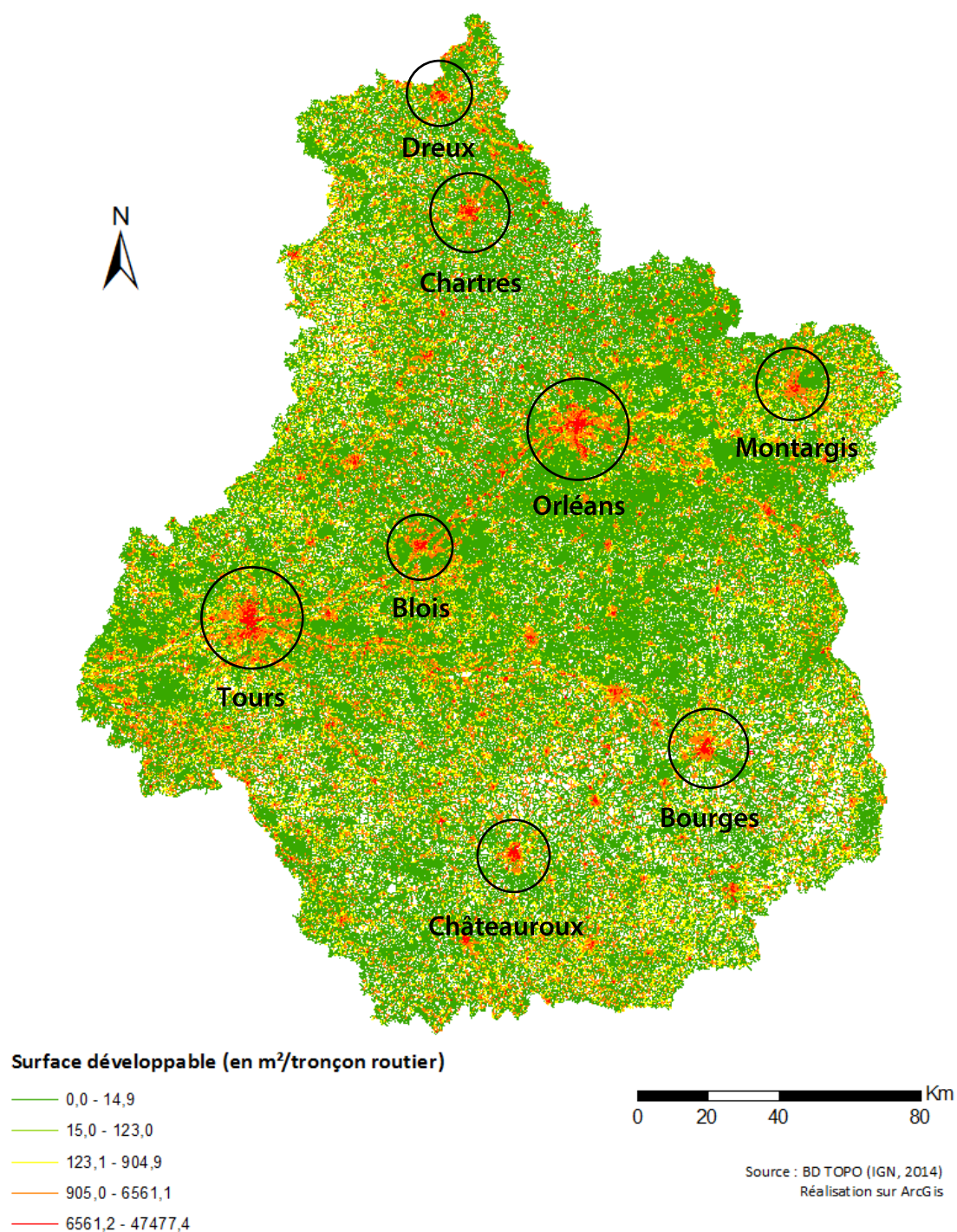
Somme des surfaces développables par buffer



On peut voir apparaître sur cette carte huit centres urbains et en particulier les six préfectures de département de la Région Centre – Val de Loire, à savoir Bourges pour le département du Cher (18), Chartres pour l'Eure-et-Loir (28), Châteauroux pour l'Indre (36), Tours pour l'Indre-et-Loire (37), Blois pour le Loir-et-Cher (41) et Orléans pour le Loiret (45). On distingue également les deux villes de plus de 100 000 habitants que sont Tours (avec 134 600 habitants en 2011 selon l'INSEE) et Orléans (avec 114 200 habitants). Les quatre autres préfectures comptent entre 39 200 et 66 600 habitants.

A présent, nous avons besoin de transférer l'information « Surface_Developpable » sur les tronçons routiers. Pour cela, nous effectuons une seconde jointure entre les routes et les buffers. Suite à cette nouvelle jointure (dont l'attribut en commun est l'« ID »), nous obtenons le résultat suivant (après symbologie appliquée au réseau routier) :

Somme des surfaces développables par tronçon routier



A nouveau, les huit mêmes centres urbains apparaissent sur cette carte.

La densité du bâti (ou « surface développable linéaire »)

Les valeurs de densité du bâti (non pas au sens classique du terme, c'est-à-dire non pas le nombre d'habitants rapporté à la surface, mais au sens de la surface développable totale rapportée à la longueur du tronçon routier) sont trop élevées. Afin de les réduire et de les rendre linéaires, nous créons tout d'abord le champ « Lg_Troncon » en utilisant l'outil de « calcul de la géométrie ».

Puis, pour obtenir la « surface développable linéaire » (ou « densité du bâti »), nous effectuons le calcul suivant :

$$Surf_Dev_Lin = Sum_Surf_Dev / Lg_Troncon$$

Ainsi, nous obtenons la « Densité Linéaire » correspondant au nombre d'habitants par mètre linéaire de tronçon routier.

L'objectif à présent est d'utiliser cette **densité linéaire** ainsi calculée afin de déterminer les **vitesse**s pour chacun de ces tronçons routiers.

La vitesse des tronçons routiers en Région Centre – Val de Loire

L'étape qui suit consiste à adapter la vitesse autorisée sur les tronçons routiers en fonction de la densité du bâti environnant.

Pour cela, on exploite simultanément les attributs « **NATURE** » (qui sont *Autoroute, Bretelle, Chemin, Escalier, Piste cyclable, Quasi autoroute, Route empierrée, Route à 1 chaussée, Route à 2 chaussées et Sentier*) et « **DENSITE** » de chaque tronçon routier dans l'algorithme ci-dessous.

Code de script Pre-Logic (Visual Basic) associé à cette manipulation du champ « Vitesse » :

```
Dim var
IF [NATURE] ="Autoroute" AND [S_Dev_Lin] <=1 Then
var = 130
ELSEIF [NATURE] ="Autoroute" AND [S_Dev_Lin] >1 Then
var = 90
ELSEIF [NATURE] ="Quasi-autoroute" AND [S_Dev_Lin] <=1 Then
var=110
ELSEIF [NATURE] ="Quasi-autoroute" AND [S_Dev_Lin] >1 Then
var=90
ELSEIF [NATURE] ="Route à 2 chaussées" AND [S_Dev_Lin] <=105 Then
var=70
ELSEIF [NATURE] ="Route à 2 chaussées" AND [S_Dev_Lin] >105 Then
var=50
ELSEIF [NATURE] ="Route à 1 chaussée" AND [S_Dev_Lin] <=105 Then
var=50
ELSEIF [NATURE] ="Route à 1 chaussée" AND [S_Dev_Lin] >105 Then
var=30
ELSEIF [NATURE] ="Bretelle" Then
var=30
ELSEIF [NATURE] ="Chemin" Then
var=20
ELSEIF [NATURE] ="Route empierrée" Then
var=20
ELSEIF [NATURE] ="Piste cyclable" Then
var=7
ELSEIF [NATURE] ="Sentier" Then
var=3
ELSEIF [NATURE] ="Escalier" Then
var=3
Else var=0
End if
```

Les valeurs qui ont été prises ci-dessus pour les critères de vitesse sont tirées des densités observées ainsi que d'une démarche analytique et spatiale du territoire.

Pour créer un réseau routier topologique et analyser le nouveau jeu de données créé dans Network Analyst, nous avons besoin des deux attributs suivants : « **MINUTES** » (qui correspond au temps nécessaire afin de parcourir la longueur du tronçon routier) et « **ONEWAY** » (qui permet d'attribuer un sens exploitable par Network Analyst au tronçon).

L'attribut « **MINUTES** » se calcule de la manière suivante :

$$([Lg_Troncon] \times 60) / (1000 \times [Vitesse])$$

Et l'attribut « **ONEWAY** » s'obtient de la manière suivante.

Code de script Pre-Logic (Visual Basic) associé à cette manipulation de l'attribut « Oneway » :

```
Dim var
IF [SENS] = "Direct" Then
var = "From"
ELSEIF [SENS] = "Inverse" Then
var = "To"
Else var = ""
End if
```

Le nouveau jeu de données réseau obtenu

Afin de créer le nouveau jeu de données réseau sous ArcCatalog (application d'ArcGis©), nous utilisons les attributs « **MINUTES** », « **METERS** » et « **ONEWAY** » que l'on a créés précédemment. Une fois ce nouveau jeu de données réseau créé, il nous permettra par la suite de déterminer les deux **Matrices OD** dont nous avons besoin pour le modèle gravitaire.

Annexe 4 : Géotraitements de la couche géomatique du réseau routier

Source : IGN (BD TOPO, 2014) et TD n°3 de Géomatique DA5 (2014), encadrant : K. SERRHINI, auteurs : M. CADOUL et C. FONTAINE

Construction des Matrices Origine-Destination en distance réseau (mètres) et en distance temps (minutes) à l'échelle des 1842 communes de la Région Centre – Val de Loire grâce à l'outil Network Analyst

La dernière étape du processus consiste à générer les Matrices OD en distance réseau et en distance temps qui nous serviront lors de l'application du modèle gravitaire.

Maintenant que nous avons créé un *nouveau jeu de données réseau*, nous activons l'extension « Network Analyst » et nous affichons la barre d'outils correspondante sous ArcGis®. Il suffit ensuite de charger la couche associée au jeu de données réseau qui vient d'être généré (fichier .nd) et de choisir l'option « Matrice de Coût OD » (ou *OD Cost Matrix*). Il faut alors renseigner trois champs qui sont « Origines », « Destinations » et « Lignes ». Les champs « Origines » et « Destinations » correspondent aux 1842 centroïdes des communes de la Région Centre – Val de Loire à relier. Cependant, nous ne disposons que de la couche des limites administratives de ces communes et non une couche ponctuelle de leur centroïde. L'outil « *Entité vers point* » proposé par ArcGis® va alors nous permettre de transformer ces entités surfaciques en entités ponctuelles. Ainsi, nous disposons maintenant d'une couche ponctuelle contenant les 1842 centroïdes des communes que l'on va pouvoir utiliser pour remplir les champs « Origines » et « Destination » et *Charger des emplacements* :

Load Locations

Load From: **COM_REG_24_points** (Couche ponctuelle des 1842 centroïdes)

☒ Only show point layers

☐ Only load selected rows

Sort Field: **INSEE_COM** (Champ selon lequel s'effectuera le tri)

Location Analysis Properties

Property	Field	Default Value
Name	INSEE_COM	
TargetDestinationCount		
CurbApproach		Either side of vehicle
Cutoff_Minutes		
Cutoff_Length		

Suivant l'impédance choisie, toutes les destinations sont utilisées pour l'analyse (Nombre de destinations à rechercher pour l'origine (ici l'intégralité des 1842 communes))

Location Position

☒ Use Geometry (Point sur le réseau où se trouve l'objet, avec une tolérance de 5000m)

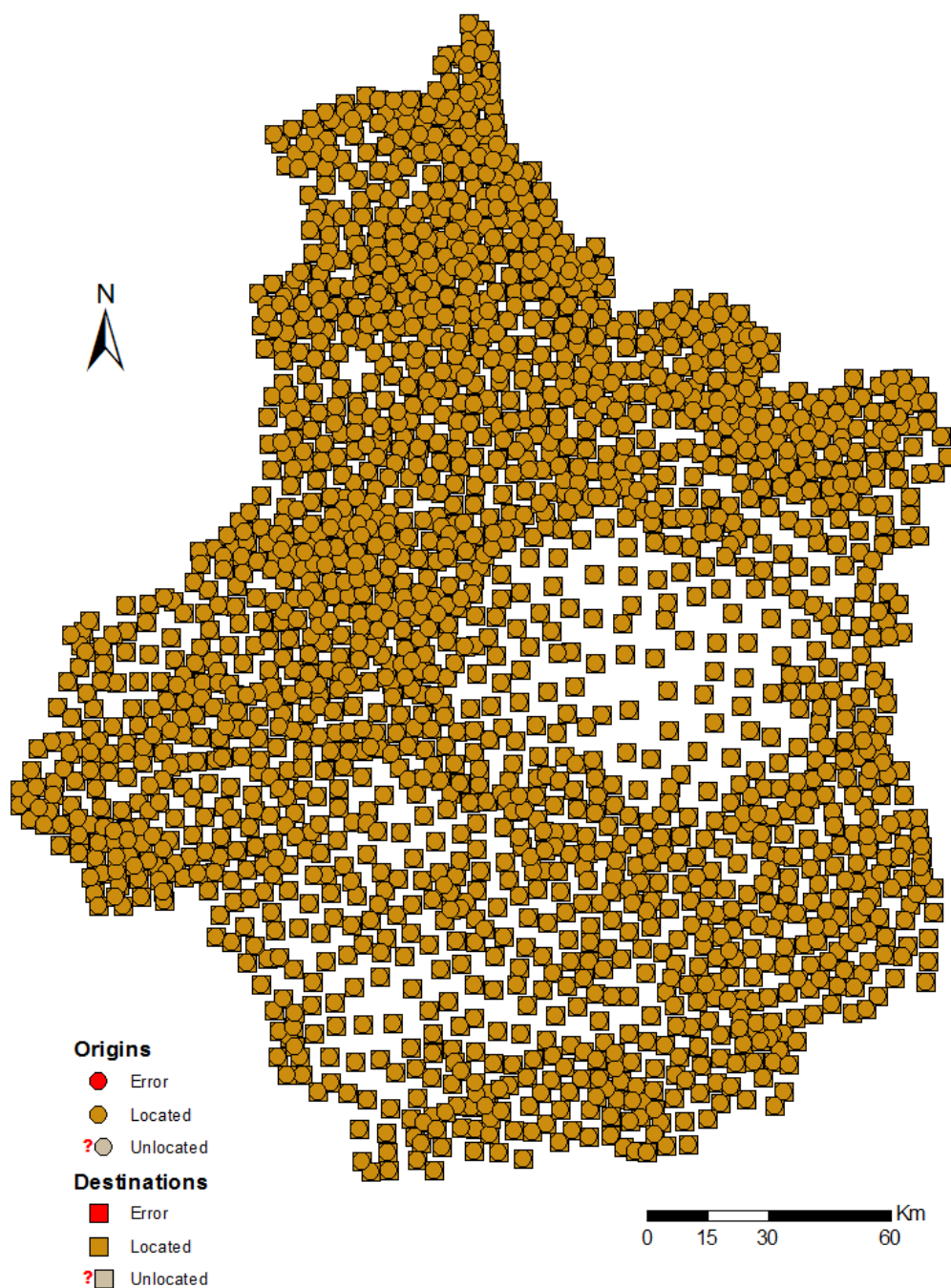
Search Tolerance: 5000 Meters

☐ Use Network Location Fields

Property	Field
SourceID	
SourceOID	
PosAlong	
SideOfEdge	

Advanced... About load locations OK Cancel

Localisation des points Origines et Destinations de la Matrice OD correspondants aux 1842 centroïdes en Région Centre – Val de Loire



Il suffit ensuite de paramétrer les propriétés de la couche comme suit :

Layer Properties

Layers | Source | Analysis Settings | Accumulation | Attribute Parameters | Network Locations

Settings

Impedance: Minutes (Minutes)
 ou Length (meters)

☐ Use Start Time: 08:00

☒ Day of Week: Today

☐ Specific Date: 09/05/2015

Default Cutoff Value: <None>

Destinations To Find: <All>

U-Turns at Junctions: Allowed

Output Shape Type: Straight Line

☐ Use Hierarchy

☒ Ignore Invalid Locations

[About the OD cost matrix analysis layer](#)

Restrictions

☒ Oneway

Pas de limite d'éloignement, la matrice OD recherche toutes les destinations

Tous les chemins, de coût minimal selon le réseau et reliant les 1842 centroïdes deux à deux, sont à trouver

Les demi-tours aux intersections sont permis

Les chemins sont représentés par des lignes droites

Ignorer les emplacements (ou localisations) invalides

OK Annuler Appliquer

Enfin, le champ « Lignes » permet de stocker les informations concernant les chemins allant des origines aux destinations entre ces 1842 centroïdes. Ces lignes (ou chemins) apparaîtront en lignes droites si nous les affichons mais les attributs de coût pris en compte correspondent toujours au chemin de moindre coût suivant le réseau routier.

Une fois ces lignes générées, le champ *Total_Impédance* apparaît dans la table attributaire et correspond au coût (dans notre cas en mètres ou en minutes) cumulé pour le trajet reliant l'origine à la destination selon le réseau.

²⁰ Source : Aide ArcGIS 10.1 (ESRI) en ligne

Finalement, les tables attributaires que l'on obtient sont de la forme suivante :

Matrice OD en distance temps (minutes)

oursin_corr_minutes										
	OBJECTID *	Shape *	Name	OriginID	DestinationID	DestinationRank	Total Minutes	Shape Length	Origine	Destination
	1	Polyline	18001 - 18001	3683	1842	1	0	0	18001	18001
	2	Polyline	18001 - 18229	3683	2070	2	7.903979	5214.83704	18001	18229
	3	Polyline	18001 - 18109	3683	1950	3	8.170891	6089.333385	18001	18109
	4	Polyline	18001 - 18189	3683	2030	4	9.53455	6535.315532	18001	18189
	5	Polyline	18001 - 18145	3683	1986	5	9.592335	5130.264258	18001	18145
	6	Polyline	18001 - 18149	3683	1990	6	12.501	6700.677791	18001	18149
	7	Polyline	18001 - 18223	3683	2064	7	14.054484	9928.838111	18001	18223
	8	Polyline	18001 - 18211	3683	2052	8	14.486256	11160.907815	18001	18211
	9	Polyline	18001 - 18115	3683	1956	9	16.367822	8947.216658	18001	18115
	10	Polyline	18001 - 18176	3683	2017	10	16.839492	7502.057011	18001	18176
	11	Polyline	18001 - 18051	3683	1892	11	17.498557	12039.755765	18001	18051
	12	Polyline	18001 - 18280	3683	2121	12	17.69743	11026.687725	18001	18280
	13	Polyline	18001 - 18047	3683	1888	13	17.832022	9925.70191	18001	18047
	14	Polyline	18001 - 18253	3683	2094	14	18.692948	12188.258728	18001	18253
	15	Polyline	18001 - 18179	3683	2020	15	18.74543	13231.218797	18001	18179
	16	Polyline	18001 - 18004	3683	1845	16	19.413999	12700.33212	18001	18004
	17	Polyline	18001 - 18156	3683	1997	17	19.513182	10747.636302	18001	18156
	18	Polyline	18001 - 18003	3683	1844	18	20.601002	12632.865994	18001	18003
	19	Polyline	18001 - 18016	3683	1857	19	20.614674	11900.008847	18001	18016
	20	Polyline	18001 - 18097	3683	1938	20	20.733708	15933.250642	18001	18097
	21	Polyline	18001 - 18271	3683	2112	21	20.759711	14611.861192	18001	18271
	22	Polyline	18001 - 18111	3683	1952	22	20.931139	14499.956569	18001	18111
	23	Polyline	18001 - 18162	3683	2003	23	21.559939	15092.886336	18001	18162
	24	Polyline	18001 - 18226	3683	2067	24	23.140531	15584.238674	18001	18226
	25	Polyline	18001 - 18165	3683	2006	25	23.737107	14820.365831	18001	18165
	26	Polyline	18001 - 18194	3683	2035	26	24.10488	16318.578038	18001	18194
	27	Polyline	18001 - 18088	3683	1929	27	24.243642	15987.00127	18001	18088
	28	Polyline	18001 - 18206	3683	2047	28	24.310152	15886.698615	18001	18206
	29	Polyline	18001 - 18168	3683	2009	29	25.525533	18058.989815	18001	18168
	30	Polyline	18001 - 18202	3683	2043	30	25.609979	15164.766096	18001	18202
	31	Polyline	18001 - 18163	3683	2004	31	25.946608	17419.380532	18001	18163
	32	Polyline	18001 - 18185	3683	2026	32	26.158932	15493.938636	18001	18185
	33	Polyline	18001 - 18005	3683	1846	33	26.989147	20179.470355	18001	18005
	34	Polyline	18001 - 18170	3683	2011	34	27.950617	19372.287178	18001	18170
	35	Polyline	18001 - 18151	3683	1992	35	27.985647	18328.685405	18001	18151
	36	Polyline	18001 - 18117	3683	1958	36	28.567277	19789.70903	18001	18117
	37	Polyline	18001 - 18249	3683	2090	37	28.919861	18292.700827	18001	18249
	38	Polyline	18001 - 18028	3683	1869	38	29.109256	20887.634784	18001	18028
	39	Polyline	18001 - 18205	3683	2046	39	29.24801	20570.982692	18001	18205
	40	Polyline	18001 - 18284	3683	2125	40	29.366934	18365.928243	18001	18284

Matrice OD en distance réseau (mètres)

oursin_corr_meters										
	OBJECTID *	Shape *	Name	OriginID	DestinationID	DestinationRank	Total Length	Shape Length	Origine	Destination
	1	Polyline	18001 - 18001	3683	1842	1	0	0	18001	18001
	2	Polyline	18001 - 18229	3683	2070	2	6106.394563	5214.83704	18001	18229
	3	Polyline	18001 - 18109	3683	1950	3	6683.597306	6089.333385	18001	18109
	4	Polyline	18001 - 18145	3683	1986	4	6821.449888	5130.264258	18001	18145
	5	Polyline	18001 - 18149	3683	1990	5	7435.523431	6700.677791	18001	18149
	6	Polyline	18001 - 18189	3683	2030	6	7498.596493	6535.315532	18001	18189
	7	Polyline	18001 - 18176	3683	2017	7	10903.015227	7502.057011	18001	18176
	8	Polyline	18001 - 18115	3683	1956	8	11066.264547	8947.216658	18001	18115
	9	Polyline	18001 - 18223	3683	2064	9	11588.390168	9928.838111	18001	18223
	10	Polyline	18001 - 18047	3683	1888	10	12015.520354	9925.70191	18001	18047
	11	Polyline	18001 - 18211	3683	2052	11	12071.200297	11160.907815	18001	18211
	12	Polyline	18001 - 18156	3683	1997	12	13708.228144	10747.636302	18001	18156
	13	Polyline	18001 - 18280	3683	2121	13	13911.276044	11026.687725	18001	18280
	14	Polyline	18001 - 18051	3683	1892	14	13928.968354	12039.755765	18001	18051
	15	Polyline	18001 - 18004	3683	1845	15	14003.443569	12700.33212	18001	18004
	16	Polyline	18001 - 18253	3683	2094	16	14674.693228	12188.258728	18001	18253
	17	Polyline	18001 - 18179	3683	2020	17	15602.955023	13231.218797	18001	18179
	18	Polyline	18001 - 18016	3683	1857	18	16114.274921	11900.008847	18001	18016
	19	Polyline	18001 - 18003	3683	1844	19	16413.403192	12632.865994	18001	18003
	20	Polyline	18001 - 18165	3683	2006	20	16722.736191	14820.365831	18001	18165
	21	Polyline	18001 - 18271	3683	2112	21	16960.605303	14611.861192	18001	18271
	22	Polyline	18001 - 18097	3683	1938	22	17103.134227	15933.250642	18001	18097
	23	Polyline	18001 - 18162	3683	2003	23	17254.40849	15092.886336	18001	18162
	24	Polyline	18001 - 18111	3683	1952	24	17301.420658	14499.956569	18001	18111
	25	Polyline	18001 - 18206	3683	2047	25	18206.942313	15886.698615	18001	18206
	26	Polyline	18001 - 18226	3683	2067	26	18211.766766	15584.238674	18001	18226
	27	Polyline	18001 - 18088	3683	1929	27	18337.350837	15987.00127	18001	18088
	28	Polyline	18001 - 18202	3683	2043	28	18672.791318	15164.766096	18001	18202
	29	Polyline	18001 - 18194	3683	2035	29	19374.876968	16318.578038	18001	18194
	30	Polyline	18001 - 18185	3683	2026	30	19517.447768	15493.938636	18001	18185
	31	Polyline	18001 - 18163	3683	2004	31	19886.922347	17419.380532	18001	18163
	32	Polyline	18001 - 18168	3683	2009	32	20385.289818	18058.989815	18001	18168
	33	Polyline	18001 - 18290	3683	2131	33	20648.25255	18395.795482	18001	18290
	34	Polyline	18001 - 18235	3683	2076	34	20915.597926	17070.11641	18001	18235
	35	Polyline	18001 - 18249	3683	2090	35	21328.55324	18292.700827	18001	18249
	36	Polyline	18001 - 18284	3683	2125	36	21367.203037	18365.928243	18001	18284
	37	Polyline	18001 - 18005	3683	1846	37	21739.404066	20179.470355	18001	18005
	38	Polyline	18001 - 18170	3683	2011	38	21969.348596	19372.287178	18001	18170
	39	Polyline	18001 - 18151	3683	1992	39	22258.239343	18328.685405	18001	18151
	40	Polyline	18001 - 18117	3683	1958	40	22930.761136	19789.70903	18001	18117

Les deux dernières colonnes « Origine » et « Destination », initialement non présentes dans les deux tables ci-dessus, ont été obtenues en récupérant respectivement les 5 premiers caractères de la colonne « Name » et les 5 derniers caractères de cette même colonne (les codes Python associés à ces deux requêtes sont : `!Name![ : 6]` et `!Name![ -5 : ]`).

Annexe 5 : Obtention des Matrices OD en distance réseau (mètres) et en distance temps (minutes)

Source : IGN (BD TOPO, 2014)

Définition

Connaissance Locale de l'Appareil Productif (CLAP)

C'est un système d'information alimenté par différentes sources dont l'objectif est de fournir des statistiques localisées au lieu de travail jusqu'au niveau communal, sur l'emploi salarié et les rémunérations pour les différentes activités des secteurs marchand et non marchand.

Le référentiel d'entreprises et d'établissements est constitué à partir du Répertoire national des entreprises et des établissements (Sirene).

Les données sur l'emploi salarié résultent d'une mise en cohérence des informations issues de l'exploitation :

- des DADS (Déclarations Annuelles de Données Sociales) ;
- des bordereaux récapitulatifs de cotisations de l'URSSAF (Union pour le recouvrement des cotisations de sécurité sociale et des allocations familiales) ;
- des données de la Mutualité Sociale Agricole (MSA) en complément des données des Urssaf pour les secteurs d'activité en lien avec l'agriculture (à compter des données relatives à l'exercice 2007) ;
- du système d'information sur les agents de l'État.

Remarque

Les données relatives à une année concernent les entreprises et des établissements ayant eu au moins un jour d'activité économique dans l'année considérée, qu'ils soient employeurs ou non.

Le nombre d'entreprises et d'établissements (le stock) fourni par CLAP au 31/12 d'une année (N) diffère du dénombrement au 01/01 de l'année suivante (N+1) réalisé à partir de la source « Répertoire national des entreprises et des établissements (REE-Sirene) » pour les trois raisons principales suivantes :

- Même si la date de référence ne diffère que d'un jour, le changement d'année introduit un nombre important de mouvements, principalement de créations d'entreprises ou de créations d'établissements.
- L'objectif de CLAP étant la localisation la plus précise possible des effectifs salariés, la définition des établissements et entreprises actifs retenue par CLAP est plus large que celle du répertoire des entreprises et des établissements ; par exemple, CLAP retient les syndicats de copropriété, alors qu'ils sont écartés du champ du répertoire.
- Le champ couvert par CLAP est plus large que celui du répertoire. CLAP couvre le champ complet des entreprises et des établissements (hors intérim et défense) ; la source REE-SIRENE porte quant à elle sur un champ plus réduit, constitué des seules activités marchandes de l'industrie, de la construction, du commerce et des services.

Annexe 6 : Définition de la Connaissance Locale de l'Appareil Productif (CLAP)

Source : INSEE©

Traitement Access pour obtenir les flux entrant dans l'agglomération de Tours

```

SELECT FD_MOBPRO_2011.DCLT, FD_MOBPRO_2011.COMMUNE, SUM(FD_MOBPRO_2011.IPONDI) AS
FLUX
FROM (SELECT * FROM FD_MOBPRO_2011 WHERE FD_MOBPRO_2011.REGIONLT=24 AND
FD_MOBPRO_2011.TRANS=4 AND FD_MOBPRO_2011.DCLT<>FD_MOBPRO_2011.COMMUNE AND
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37018" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37025" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37050" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37054" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37099" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37109" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37122" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37151" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37195" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37139" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37152" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37172" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37179" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37203" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37208" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37214" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37217" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37219" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37233" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37243" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37261" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37272")
GROUP BY FD_MOBPRO_2011.DCLT, FD_MOBPRO_2011.COMMUNE;

```

Annexe 7 : Code SQL correspondant à la requête permettant d'obtenir le nombre de flux entrant dans l'agglomération de Tours

Source : Base INSEE© MOBPRO (2011)

Traitement Access pour obtenir les flux sortant de l'agglomération de Tours

```

SELECT FD_MOBPRO_2011.DCLT, FD_MOBPRO_2011.COMMUNE, SUM(FD_MOBPRO_2011.IPONDI) AS
FLUX
FROM (SELECT * FROM FD_MOBPRO_2011 WHERE FD_MOBPRO_2011.REGIONLT=24 AND
FD_MOBPRO_2011.TRANS=4 AND FD_MOBPRO_2011.DCLT<>FD_MOBPRO_2011.COMMUNE AND
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37018" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37025" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37050" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37054" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37099" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37109" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37122" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37151" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37195" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37139" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37152" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37172" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37179" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37203" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37208" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37214" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37217" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37219" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37233" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37243" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37261" OR
FD_MOBPRO_2011.DCLT="37272")
GROUP BY FD_MOBPRO_2011.DCLT, FD_MOBPRO_2011.COMMUNE;

```

Annexe 8 : Code SQL correspondant à la requête permettant d'obtenir le nombre de flux sortant de l'agglomération de Tours

Source : Base INSEE© MOBPRO (2011)

Analyse croisée (Access) pour les flux entrant dans l'agglomération de Tours

AGGLO_FLUX_2011 : Base de données- D:\Polytech\PFE_DA5\PFE_DATA\MODELE_GRAVITAIRE\ACCESS\AGGLO_FLUX_2011.accdb (format de fichier Access 2007 – 2013) – Access

Camille FONTAINE

COMMUNE	Total de FLU	37018	37025	37050	37054	37099	37109	37122	37139	37151	37152	37172	37179
01142	4	4											
02095	3												
02168	2								0				
02374	3						3						
02408	2												
02691	3												
02722	2			2									
02766	8												
03101	3												
03185	3												
03254	4												
03310	6							3					
06088	4							3					
06103	3												
07064	4						4						
07102	3												
07269	4												
08490	4								4				
09063	3												
10182	4												
10323	1												
10333	2												
10387	6												
13001	7												
13004	1							1					
14066	4							4					
14092	4												
14118	12												
14174	4												
14327	2												
14341	5							5					
14407	4			4									

Enr : 1 sur 1094

Mode Feuille de données

VERR. NUM.

Annexe 9 : Analyse croisée des flux entrant dans l'agglomération de Tours

Source : Base INSEE© MOBPRO (2011)

Analyse croisée (Access) pour les flux sortant de l'agglomération de Tours

AGGLO_FLUX_2011 : Base de données- D:\Polytech\PFE_DAS\PFE_DATA\MODELE_GRAVITAIRE\ACCESS\AGGLO_FLUX_2011.accdb (format de fichier Access 2007 – 2013) – Access

FICHER ACCUEIL CRÉER DONNÉES EXTERNES OUTILS DE BASE DE DONNÉES COMPLÉMENTS

Composants d'application Modèles Table Création de table SharePoint Listes Assistant Requête de requête Formulaire Création de formulaire Formulaire vierge Assistant Formulaire Navigation Plus de formulaires État Création d'état État vide États Assistant État Étiquettes Module Macro Module de classe Visual Basic Macros et code

Tous les o...

Rechercher...

Tables

- FD_MOBPRO_2011
- FD_MOBPRO_2011_Imp...
- Flux_entrant_AGGLO_To...
- Flux_sortant_AGGLO_To...

Requêtes

- Flux_entrant_AGGLO_To...
- Flux_sortant_AGGLO_To...

Flux_sortant_AGGLO_Tours Analyse croisée

DCLT	Total de FLU	37018	37025	37050	37054	37099	37109	37122	37139	37151	37152	37172	37179
01027	1												
01160	3												
01183	3												
01283	1												
02810	4												
03185	8									3			
03286	5												
03303	2							2					
05085	6												
05139	3							3					
06088	3												
06105	6												
07010	7		4										
08105	12												
10191	2												
10268	4												
10387	4							0					
11069	3												
12208	2												
13001	8							3					
13054	4						4						
13092	3												
13202	4						4						
13209	5			2									
14047	4							4					
14092	0												
14098	3							3					
14118	8							4		3			
14202	4											4	
14220	2												
14258	0												
14366	3												

Enr : 1 sur 882

Aucun filtre Recherche

Mode Feuille de données

VERR. NUM. SQL

Annexe 10 : Analyse croisée des flux sortant de l'agglomération de Tours

Source : Base INSEE© MOBPRO (2011)

Traitement Access pour obtenir la Matrice OD en distance réseau (mètres) à l'échelle de l'agglomération de Tours

```
SELECT MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE, MatriceOD_oursin_corr_meters.DESTINAT_2,
MatriceOD_oursin_corr_meters.TOTAL_LENG
FROM MatriceOD_oursin_corr_meters
WHERE (MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37018" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37025" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37050" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37054" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37099" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37109" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37122" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37151" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37195" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37139" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37152" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37172" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37179" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37203" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37208" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37214" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37217" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37219" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37233" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37243" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37261" OR
MatriceOD_oursin_corr_meters.ORIGINE="37272");
```

Annexe 11 : Code SQL correspondant à la requête permettant d'obtenir la Matrice OD en distance réseau (mètres) à l'échelle de l'agglomération de Tours

Source : IGN (BD TOPO, 2014)

Traitement Access pour obtenir la Matrice OD en distance temps (minutes) à l'échelle de l'agglomération de Tours

```
SELECT MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE, MatriceOD_oursin_corr_minutes.DESTINAT_2,
MatriceOD_oursin_corr_minutes.TOTAL_MINU
FROM MatriceOD_oursin_corr_minutes
WHERE (MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37018" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37025" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37050" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37054" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37099" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37109" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37122" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37151" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37195" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37139" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37152" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37172" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37179" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37203" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37208" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37214" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37217" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37219" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37233" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37243" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37261" OR
MatriceOD_oursin_corr_minutes.ORIGINE="37272");
```

Annexe 12 : Code SQL correspondant à la requête permettant d'obtenir la Matrice OD en distance temps (minutes) à l'échelle de l'agglomération de Tours

Source : IGN (BD TOPO, 2014)

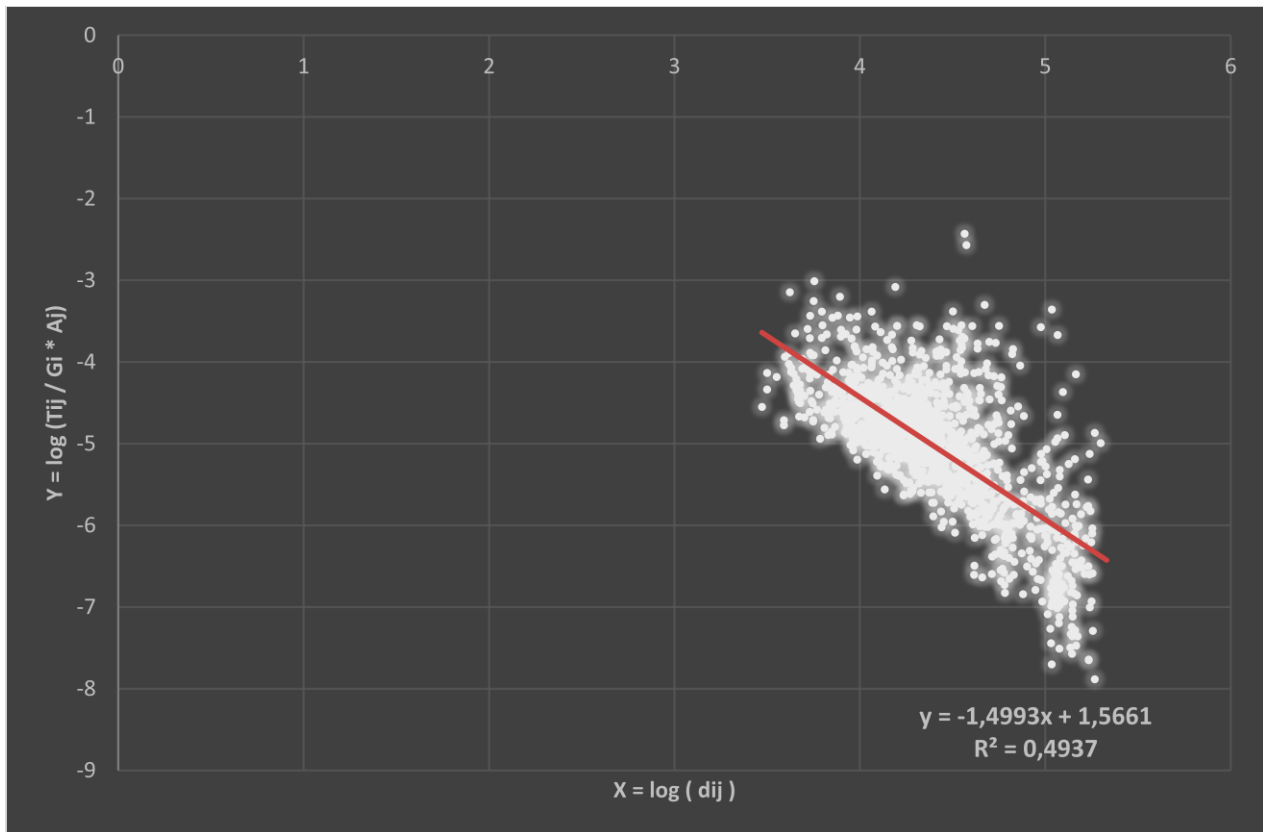
Annexe 13 : Analyse croisée de la distance réseau (en mètres) entre les communes de l'agglomération de Tours deux à deux

Page 64 sur 74

Annexe 14 : Analyse croisée de la distance temps (en minutes) entre les communes de l'agglomération de Tours deux à deux

Source : IGN (BD TOPO, 2014)

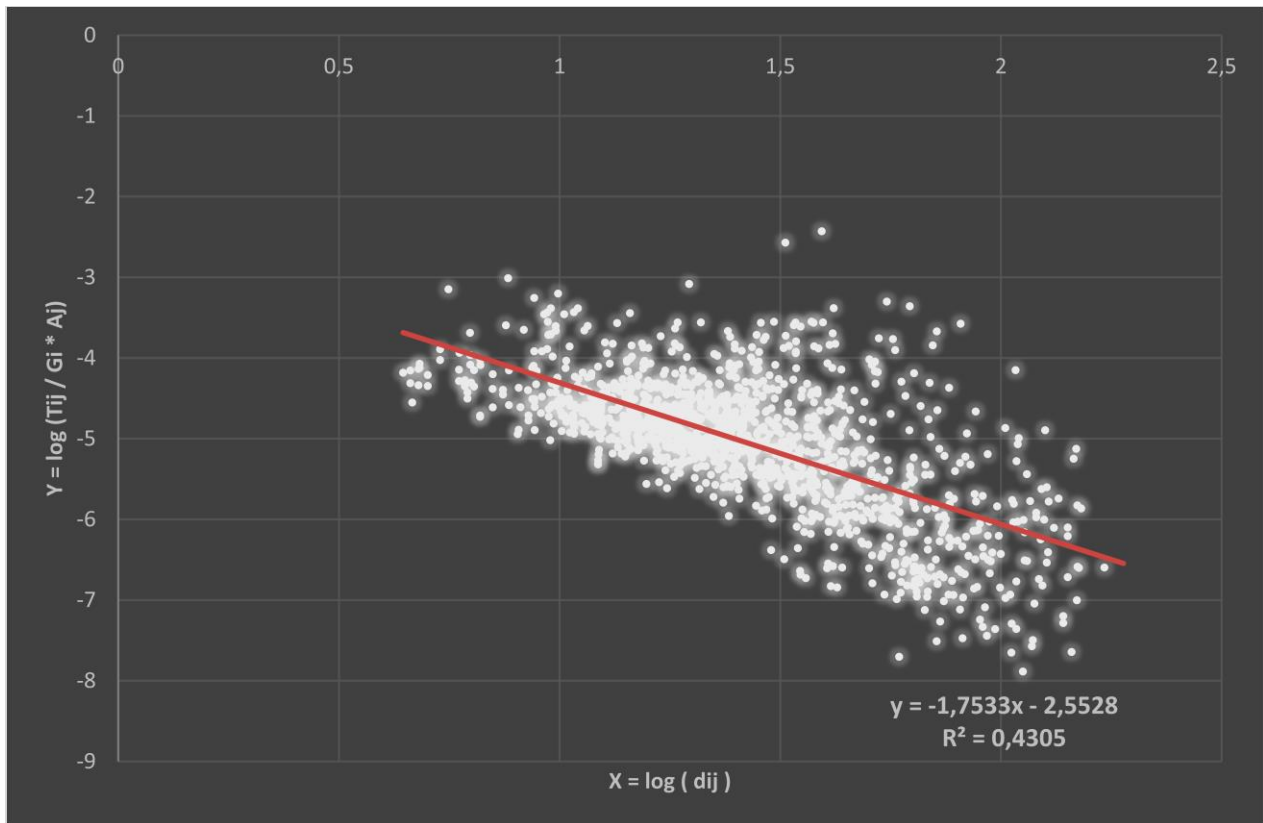
Droite de régression linéaire après application du modèle gravitaire sur les 22 communes de l'agglomération de Tours (flux sortant et distance réseau en mètres)



Annexe 15 : Droite de régression linéaire après application du modèle gravitaire à l'échelle de l'agglomération de Tours (flux sortant et distance réseau en mètres)

Source : Bases INSEE© MOBPRO (2011), EMPLOI-POPULATION ACTIVE (2011), CARACTERISTIQUES DES ENTREPRISES ET DES ETABLISSEMENTS (2012) (ou CLAP) et IGN (BD TOPO, 2014)

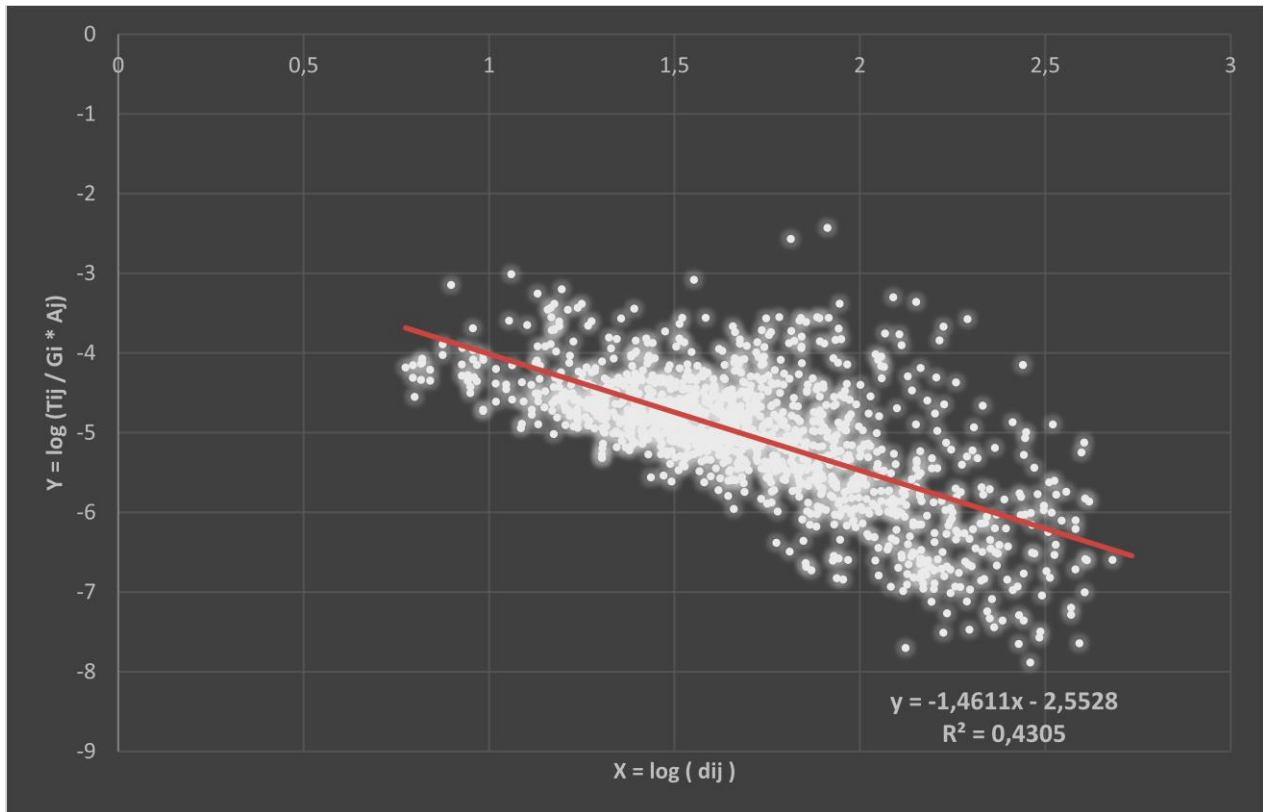
Droite de régression linéaire après application du modèle gravitaire sur les 22 communes de l'agglomération de Tours (flux sortant et distance temps en minutes)



Annexe 16 : Droite de régression linéaire après application du modèle gravitaire à l'échelle de l'agglomération de Tours (flux sortant et distance temps en minutes)

Source : Bases INSEE© MOBPRO (2011), EMPLOI-POPULATION ACTIVE (2011), CARACTERISTIQUES DES ENTREPRISES ET DES ETABLISSEMENTS (2012) (ou CLAP) et IGN (BD TOPO, 2014)

Droite de régression linéaire après application du modèle gravitaire sur les 22 communes de l'agglomération de Tours (flux sortant et distance temps en minutes + 20% en tenant compte de la congestion routière)



Annexe 17 : Droite de régression linéaire après application du modèle gravitaire à l'échelle de l'agglomération de Tours (flux sortant et distance temps en minutes + 20% en intégrant la congestion routière)

Source : Bases INSEE© MOBPRO (2011), EMPLOI-POPULATION ACTIVE (2011), CARACTERISTIQUES DES ENTREPRISES ET DES ETABLISSEMENTS (2012) (ou CLAP) et IGN (BD TOPO, 2014)

Unité Urbaine - Remarque

Ces seuils, 200 mètres pour la continuité du bâti et 2 000 habitants pour la population des zones bâties, résultent de recommandations adoptées au niveau international.

En France, le calcul de l'espace entre deux constructions est réalisé par l'analyse des bases de données sur le bâti de l'Institut Géographique National (IGN). Il tient compte des coupures du tissu urbain telles que cours d'eau en l'absence de ponts, gravières, dénivelés importants. Depuis le découpage de 2010, certains espaces publics (cimetières, stades, aéroports, parcs de stationnement...), terrains industriels ou commerciaux (usines, zones d'activités, centres commerciaux,...) ont été traités comme des bâtis avec la règle des 200 mètres pour relier des zones de construction habitées, à la différence des découpages précédents où ces espaces étaient seulement annulés dans le calcul des distances entre bâtis.

Les unités urbaines sont redéfinies périodiquement. L'actuel zonage daté de 2010 a été établi en référence à la population connue au recensement de 2007 et sur la géographie du territoire au 1er janvier 2010. Une première délimitation des villes et agglomérations a été réalisée à l'occasion du recensement de 1954. De nouvelles unités urbaines ont ensuite été constituées lors des recensements de 1962, 1968, 1975, 1982, 1990 et 1999.

Les unités urbaines peuvent s'étendre sur plusieurs départements, voire traverser les frontières nationales (...).

Le découpage en unités urbaines concerne toutes les communes de France métropolitaine et des départements d'outre-mer. Le découpage de 2010 intègre les communes du nouveau département de Mayotte.

Annexe 18 : Remarque - Unité Urbaine

Source : Définition de l'Unité Urbaine par l'INSEE©

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Table des figures

Figure 1 : Représentation de la ville monocentrique	12
Figure 2 : Représentation de la ville polycentrique.....	12
Figure 3 : Représentation de la ville en réseau	13
Figure 4 : Représentation de la ville où le noyau urbain d'origine et les centres périphériques ne sont aucunement connectés par le réseau	13
Figure 5 : Représentation des réseaux urbains nodaux	14
Figure 6 : Représentation des réseaux urbains entièrement intégrés	14
Figure 7 : Modèle gravitaire - Schéma de principe.....	18
Figure 8 : Représentation graphique du modèle gravitaire	19
Figure 9 : Théorie des graphes - Représentation des arcs et des nœuds.....	20
Figure 10 : Première étape dans la mise en place du modèle gravitaire - Obtenir les coordonnées en abscisses	22
Figure 11 : Deuxième étape dans la mise en place du modèle gravitaire - Obtenir les coordonnées en ordonnées	23
Figure 12 : L'étendue des quatre échelles d'étude choisies selon le modèle du périmètre des bassins de vie en Région Centre	29
Figure 13 : La préfecture du département d'Indre-et-Loire (Tours) se démarque par l'importance des flux "sortant" qu'elle génère (44% des flux « sortant ») et des flux "entrant" qu'elle attire (54% des flux « entrant »)	34

Table des logigrammes

Logigramme 1 : Impacts des choix résidentiels sur la mobilité et le budget des ménages	21
Logigramme 2 : Paramètres et variables du modèle gravitaire	37

Table des tableaux

Tableau 1 : Théorie des graphes - Représentation de la Matrice Origine-Destination.....	20
Tableau 2 : Résultats obtenus suite à l'application du modèle gravitaire sur les quatre échelles d'étude	39

Table des cartes

Carte 1 : Les Unités Urbaines Pôles en Région Centre - Val de Loire	28
Carte 2 : L'Unité Urbaine Pôle de Tours (153 communes)	28
Carte 3 : L'Agglomération de Tours en Région Centre - Val de Loire (22 communes).....	31
Carte 4 : Zoom sur les 22 communes de l'Agglomération de Tours	31
Carte 5 : Répartition des flux pendulaires domicile-travail supérieurs à 100 actifs en Région Centre - Val de Loire	32
Carte 6 : Répartition des flux pendulaires domicile-travail supérieurs à 100 actifs pour l'agglomération de Tours	32
Carte 7 : Les flux « entrant » et flux « sortant » pour les 22 communes de l'agglomération de Tours	33
Carte 8 : Distinction des communes "dortoirs" et communes "attractives" de l'agglomération de Tours	33
Carte 9 : L'Unité Urbaine de Tours en Région Centre - Val de Loire (36 communes)	35

Carte 10 : Zoom sur les 36 communes de l'Unité Urbaine de Tours.....	35
Carte 11 : Périmètre élargi - Tours entourée de 61 communes en Région Centre - Val de Loire.....	36
Carte 12 : Zoom sur le périmètre élargi des 61 communes entourant Tours.....	36

Table des annexes

Annexe 1 : Régression linéaire et droite des moindres carrés (définition).....	43
Annexe 2 : Logigramme des différentes étapes menant à la Matrice OD.....	43
Annexe 3 : Géotraitement de la couche géomatique du bâti.....	45
Annexe 4 : Géotraitement de la couche géomatique du réseau routier.....	51
Annexe 5 : Obtention des Matrices OD en distance réseau (mètres) et en distance temps (minutes).....	56
Annexe 6 : Définition de la Connaissance Locale de l'Appareil Productif (CLAP).....	57
Annexe 7 : Code SQL correspondant à la requête permettant d'obtenir le nombre de flux entrant dans l'agglomération de Tours.....	58
Annexe 8 : Code SQL correspondant à la requête permettant d'obtenir le nombre de flux sortant de l'agglomération de Tours.....	59
Annexe 9 : Analyse croisée des flux entrant dans l'agglomération de Tours.....	60
Annexe 10 : Analyse croisée des flux sortant de l'agglomération de Tours.....	61
Annexe 11 : Code SQL correspondant à la requête permettant d'obtenir la Matrice OD en distance réseau (mètres) à l'échelle de l'agglomération de Tours.....	62
Annexe 12 : Code SQL correspondant à la requête permettant d'obtenir la Matrice OD en distance temps (minutes) à l'échelle de l'agglomération de Tours.....	63
Annexe 13 : Analyse croisée de la distance réseau (en mètres) entre les communes de l'agglomération de Tours deux à deux.....	64
Annexe 14 : Analyse croisée de la distance temps (en minutes) entre les communes de l'agglomération de Tours deux à deux.....	65
Annexe 15 : Droite de régression linéaire après application du modèle gravitaire à l'échelle de l'agglomération de Tours (flux sortant et distance réseau en mètres).....	66
Annexe 16 : Droite de régression linéaire après application du modèle gravitaire à l'échelle de l'agglomération de Tours (flux sortant et distance temps en minutes).....	67
Annexe 17 : Droite de régression linéaire après application du modèle gravitaire à l'échelle de l'agglomération de Tours (flux sortant et distance temps en minutes + 20% en intégrant la congestion routière).....	68
Annexe 18 : Remarque - Unité Urbaine.....	69

GLOSSAIRE

CEVU : Conseil des Etudes et de la Vie Universitaire

CITERES : Cités, TERritoires, Environnement et Sociétés

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

C.O.E.U.R : Croissance, Optimisation, Economie, Urbanisation, Réseau

ESRI : Environmental Systems Research Institute

LEO : Laboratoire d'Économie d'Orléans

M2RI PS/URP : Master de Recherche Internationale en « Planning and Sustainability / Urban and Regional Planning »

MAPMO : Laboratoire de Mathématiques - Analyse, Probabilités, Modélisation

MSH : Maison des Sciences de l'Homme Val de Loire

PFE : Projet de Fin d'Etudes

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

SIG : Système d'Information Géographique

STOM : Modèle d'Optimisation Spatio-Temporel

T.R.U.C. : Transport, Réseaux, Urbanisme, Croissance

UMR : Unité Mixte de Recherche

BIBLIOGRAPHIE

ARTICLES SCIENTIFIQUES

- [DE GOEI, BURGER, VAN OORT et KITSON, 2010] DE GOEI B., BURGER M.J., VAN OORT F.G et KITSON M. (2010), *Functional Polycentrism and Urban Network Development in the Greater South East, United Kingdom : Evidence from Commuting Patterns, 1981-2001*, Regional Studies Association, Vol. 44.9, Novembre 2010, p. 1149-1170, DOI: 10.1080/00343400903365102
- [GEURS, van WEE, 2004] GEURS K.T., van Wee B. (2004), *Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions*, Journal of Transport Geography 12 (2004) 127–140, 14 p.
- [NICOLAS et al., 2012] NICOLAS J.P. et al. (2012), *Mobilité quotidienne et vulnérabilité des ménages*, Revue d'Économie Régionale & Urbaine, 2012/1 février, p. 19-44. DOI : 10.3917/reru.121.0019
- [ORFEUIL, 2002] ORFEUIL J.P. (2002), *Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et à longue distance ?*, ScienceDirect Volume 76, Octobre–Décembre 2002, p. 208–221
- [ROCCI, 2007] ROCCI A. (2007), *De l'automobilité à la multimodalité ? Analyse sociologique des freins et leviers au changement de comportements vers une réduction de l'usage de la voiture. Le cas de la région parisienne et perspective internationale*, HAL archives-ouvertes, 544 p.

OUVRAGES

- [BAVOUX, BEAUCIRE, CHAPELON, et ZEMBRI, 2005] BAVOUX J.-J., BEAUCIRE F., CHAPELON L. et ZEMBRI P. (2005), *Géographie des transports*, Editions Armand Colin, Collection U
- [DUPUY, 1999] DUPUY G. (1999), *La dépendance automobile – Symptômes, analyses, diagnostic, traitements*, 162 p., Editions Economica
- [MANGIN, 2004] MANGIN D. (2004), *La ville franchisée – Formes et structures de la ville contemporaine*, 398 p., Editions de la Villette
- [ORFEUIL, 2004] ORFEUIL J.P. (2004), *Transports, pauvretés, exclusions – Pouvoir bouger pour s'en sortir*, 190 p., Editions de l'aube

THESES, RAPPORTS

- [ALAEDDINE, 2014] ALAEDDINE H. (2014), *Un modèle d'optimisation spatio-temporel pour l'évacuation de la population exposée aux catastrophes naturelles*, EPU Tours
- [DAUZOUT, LEGRAND, PAPIN, 2014] DAUZOUT F., LEGRAND V., PAPIN G. (2014), *Accessibilités et aménagement du territoire. Quels outils et quels critères ? Étude à l'échelle du SCoT Montargois en Gâtinais*, EPU Tours
- [HUYGHE, 2013] HUYGHE M. (2013), *Quelles mobilités en milieu rural à faible densité ?*, UMR CITERES, Université de Tours
- [MOTTE-BAUMVOL, 2012] MOTTE-BAUMVOL B. (2012), *Les territoires périurbains entre dépendance automobile et ségrégation socio-spatiale : les ménages modestes fragilisés par les coûts de la mobilité*, THEMA/LVMT - Université de Bourgogne
- [ORFEUIL, 2004] ORFEUIL J.P. (2004), *Renouveler la ville, renouveler l'approche des mobilités*, Université de Paris XII Val de Marne – Institut d' Urbanisme de Paris

COURS

- [MAIZIA, 2008] MAIZIA M. (2008), *UB01 : Composantes des systèmes urbains (GSU/UTC)*, Université de Technologie de Compiègne

CITERES
UMR 6173
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

Directeur de recherche :
SERRHINI Kamal

FONTAINE Camille
Projet de Fin d'Etudes
DA5
2014-2015

Mobilités et étalement urbain : Quelle échelle d'étude privilégier pour caractériser la mobilité domicile-travail impactant l'étalement urbain en Région Centre - Val de Loire ? Utilisation du modèle gravitaire.

Résumé :

Actuellement, l'étalement urbain est une problématique au cœur de toutes les réflexions politiques d'aménagement du territoire et ne cesse de progresser du fait de l'allongement des distances spatiales parcourues, engendré par la dépendance automobile des ménages français. A cette occasion, le projet de recherche C.O.E.U.R. s'est fixé comme objectif de modéliser l'impact de l'implantation ou de la délocalisation d'une zone d'emplois, d'habitat ou d'une infrastructure routière sur les pratiques de mobilité des ménages en vue de maîtriser l'étalement urbain. L'enjeu est donc de comprendre l'étalement urbain à travers les mobilités pendulaires des individus en Région Centre.

Ce PFE intervient dans ce projet de recherche afin de comprendre les flux de déplacements domicile-travail actuels en Région Centre – Val de Loire. Pour cela, il a fallu déterminer et justifier de manière prioritaire une échelle d'étude pertinente à préconiser pour la réflexion. Nous avons alors appliqué le modèle gravitaire sur quatre échelles d'étude distinctes en Région Centre, axées sur la ville de Tours puis des périmètres circonscrits tout autour, en agissant sur des leviers différents. En effet, nous avons fait intervenir la distance réseau (en mètres), la distance temps (en minutes) et la congestion routière.

Cette étude s'appuie finalement sur trois indicateurs qui ont été fixés initialement. En effet, elle portera sur les déplacements individuels de **personnes**, circulant en **voiture** et ayant pour motif de déplacements de relier leur **domicile** à leur lieu de **travail**.

Mots Clés : Mobilités, Dépendance automobile, Etalement urbain, Vulnérabilité, Coût (en distance, en temps, en budget,...) des déplacements, Modèle gravitaire

Localisation géographique : Région Centre – Val de Loire, Indre-et-Loire (37)