

Projet de Fin d'Etudes (PFE) 2021-2022

Effet de la relocalisation des espaces commerciaux en centre-ville sur la distance parcourue pour motif d'achat

Sous la direction de Mindjid MAIZIA

Chloé VALLON

La relocalisation des espaces commerciaux diminue-t-elle la mobilité pour motif d'achat ?

Directeur de recherche : Mindjid MAIZIA

Auteure : Chloé VALLON

2021-2022

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 (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

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

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

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

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

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

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

REMERCIEMENTS

Je souhaite d'abord remercier monsieur Mindjid MAIZIA, professeur de l'option RESEAU au sein du département de Génie de l'Aménagement et de l'Environnement à l'école Polytechnique de l'Université de Tours, qui m'a accompagné pour ce projet. Ses explications, sa disponibilité et ses conseils ont été nécessaires à ma compréhension du sujet. Je le remercie pour le temps qu'il a consacré à mon encadrement et aussi pour les méthodes de travail transmises qui ont été utiles dans le cadre de cet exercice, et qui sont applicables à bien d'autres.

Je remercie également mon camarade Victorien Fleury qui a su m'apporter son regard sur mon travail et m'a soutenu durant l'ensemble de la réalisation de ce projet de fin d'études.

SOMMAIRE

Introduction.....	8
1. Présentation de l'objet de recherche et de ses enjeux	8
2. Définition des termes du sujet	8
Etat de l'art.....	9
Problématique et hypothèse.....	11
Méthode et modèle	12
1. Définitions des notions essentielles	12
2. Fonctionnement du modèle.....	13
Discussion : comparaison de la méthode euclidienne et de l'algorithme de dijkstra	14
1. Comparaison de la distance obtenue en fonction de la méthode choisie et du nombre de nœuds du réseau.....	14
2. Comparaison du nombre optimal de commerces obtenu en fonction de la méthode et du nombre de nœuds.....	16
Résultats	17
1. Cas théorique	17
1.1. Etat initial	17
1.2. Caractérisation des flux.....	18
1.3. Recherche d'une localisation optimale des commerces dans le cas où les flux sont équirépartis dans l'espace.....	18
1.4. Recherche d'une localisation optimale des commerces dans le cas où les flux sont concentrés dans l'espace	20
1. Application	22
1.1. Présentation du cas appliqué.....	22
1.2. Analyse et critique du résultat.....	24
Conclusion	25
Bibliographie	26
Annexes	27

TABLE DES FIGURES

Figure 1/ Comparaison des distances euclidiennes et Dijkstra en fonction du nombre de noeuds du réseau (C.VALLON).	15
Figure 2/ Rapport entre les distances euclidienne et Dijkstra selon le nombre de noeuds (C.VALLON).	15
Figure 3/Nombre optimal de commerces en fonction de la taille du réseau, méthode euclidienne. (C.VALLON).	16
Figure 4/Nombre optimal de commerces en fonction de la taille du réseau, algorithme de Dijkstra. (C.VALLON).	16
Figure 5/Graphe de base du cas théorique. (C.VALLON).	17
Figure 6/Localisation des commerces du cas théorique avant toute optimisation. (C.VALLON).	18
Figure 7/3 zones de densité du cas théorique. (C.VALLON).	18
Figure 8/Courbes de la distance en fonction du nombre de commerces pour 1000 permutations. (C.VALLON).	19
Figure 9/Courbe optimale parmi les mille précédentes. (C.VALLON).	19
Figure 10/Répartition des commerces après optimisation, flux équirépartis. (C.VALLON). ...	20
Figure 11/Répartition des commerces après la 1 ^{ère} optimisation, flux concentrés. (C.VALLON).	21
Figure 12/Répartition des commerces après la 2 ^{ème} optimisation, flux concentrés. (C.VALLON).	21
Figure 13/ Localisation actuelle des commerces alimentaires dans la métropole de Tours. (C.VALLON).	22
Figure 14/Relocation proposée des commerces alimentaires dans la métropole de Tours. (C.VALLON).	23

INTRODUCTION

1. Présentation de l'objet de recherche et de ses enjeux

Nous sommes aujourd'hui plus de 7 milliards dans le monde, nous serons 10 milliards en 2050. La population croît fortement dans les pays en développement tandis que dans les pays développés, c'est la consommation des habitants qui n'a de cesse d'augmenter. Les pays les plus riches se sont habitués à surconsommer, les services, les biens, les déplacements. Les flux motorisés dédiés à la consommation finale, qui représentent la connexion entre la zone d'achat et la zone de consommation des biens (Russo & Comi, 2012), comprennent les déplacements pour achats et les livraisons de proximité. Ils représentent environ 35 % des déplacements, mais près de 50 % des problèmes d'occupation des routes (Gonzalez-Feliu & Peris-Pla, 2018). Les déplacements pour motif d'achat sont donc un enjeu majeur de la mobilité. En plus de contribuer à la santé des habitants (Gustat et al. 2015), la réduction de la distance parcourue pour motif d'achat peut permettre une limitation des émissions de gaz à effet de serre (Jia et al, 2013).

Dès lors, il est possible de se demander s'il existe une localisation des espaces commerciaux qui permette de réduire la distance séparant un habitant du magasin le plus proche. Les achats, historiquement effectués dans les halles de centre-ville se sont délocalisés dans les grands centres commerciaux en périphérie à partir de la fin des années 1970. Aujourd'hui des politiques publiques comme le programme « Action Cœur de Ville » veulent redonner aux centres-villes leur place de cœur économique et commercial. Il s'agit dans ce travail de se placer du point de vue la mobilité, pour s'intéresser à l'effet de la relocalisation des espaces commerciaux en centre-ville sur la distance parcourue pour motif d'achat.

L'idée est généralisable à d'autres types d'équipements (Church & Wang, 2020). Minimiser la distance entre des points offreurs et des foyers demandeurs est applicable à de nombreuses infrastructures comme les services publics ou encore les équipements d'urgences.

2. Définition des termes du sujet

La mobilité est définie par le dictionnaire de l'urbanisme comme étant la propension d'une population à se déplacer, c'est-à-dire à se mouvoir d'un lieu de départ, l'origine, à un lieu d'arrivée, la destination.

La relocalisation d'un espace commercial est donc en elle-même une mobilité. Il s'agit d'un processus consistant à rapatrier sur le lieu d'origine une partie ou la totalité d'une activité qui

avait été auparavant délocalisée. Il s'agit ici d'une relocalisation car les grands espaces commerciaux sont traditionnellement situés en périphérie et, par opposition à l'article de Hounwanou et al., la relocalisation s'effectue ici depuis la périphérie vers le centre-ville. Elle exerce ainsi des effets sur les déplacements des consommateurs qui veulent se rendre à cette destination.

Chacun de ces déplacements possède des caractéristiques. Ils ont par exemple un poids, qui peut être un coût financier mais aussi une distance, une durée, ou un flux entre l'origine et la destination.

De plus, chacun de nos mouvements a un but, un objectif. Le dictionnaire de l'urbanisme recense les migrations alternantes, les déplacements scolaires mais aussi pour affaires personnelles, à titre professionnel, de loisirs (spectacles, visites, promenades, sports, activités sociales, etc.), d'accompagnement (des enfants) ou pour motif d'achat. C'est ce dernier motif qui est traité dans ce travail. Les déplacements des clients en zone urbaine sont particulièrement difficiles à mettre en œuvre car ils s'effectuent souvent en chaîne, d'un commerce à un autre, dans un souci d'optimisation (Hounwanou et al., 2018).

Les trajets étudiés dans le cadre de ce travail ont donc pour destination des espaces commerciaux, c'est-à-dire, des lieux d'activité consistant dans l'achat, la vente, l'échange de marchandises, de denrées, de valeurs. Il s'agit ici de commerce détail puisque la mobilité modélisée est celle des clients vers le magasin, nommée « end-consumer flow » dans l'article de Gonzalez-Feliu et Peris-Pla. Les boutiques sont des lieux sociaux importants pour la revitalisation des centres-villes qui peuvent néanmoins générer du trafic et des soucis de mobilité (Hounwanou et al., 2018).

ÉTAT DE L'ART

Pour mieux comprendre les notions autour de la mobilité pour motif d'achat et de la relocalisation des espaces commerciaux, il semble nécessaire d'effectuer un état de l'art.

La question de la mobilité pour motif d'achat a déjà été abordée dans plusieurs articles scientifiques comme ceux de Russo et Comi (2012), de Gonzalez-Feliu et Peris-Pla (2018), ou de Gustat et al. (2015). Les phénomènes de relocalisation d'espaces commerciaux ont été assez peu étudiés, même si l'article de Hounwanou et al. (2018) porte sur la délocalisation d'un magasin culturel depuis le centre-ville vers la périphérie. Cependant, la combinaison de ces deux notions, pour étudier l'impact de la relocalisation des espaces commerciaux sur les mobilités pour motif d'achat a rarement été effectuée. Seul l'article de Jia et al. (2013) étudie la distance parcourue pour motif d'achat dans le cadre de la relocalisation d'espaces commerciaux.

D'après Houwnanou et al. (2018), les facteurs liés à la mobilité (mode de déplacement, distance parcourue) sont parmi les critères de choix les plus significatifs pour un client. Ces facteurs reflètent les possibilités du passager, son budget, le temps dont il dispose, et la connexion entre les points de départs et d'arrivées. Le lieu origine du trajet vers un espace commercial est en effet changeant, il n'est pas toujours le lieu de résidence mais il peut être un lieu de travail, de loisir ou d'achat précédent. Ces résultats sur la mobilité sont intéressants bien que l'essentiel du propos repose sur la prévision de la fidélité de la clientèle après la relocalisation du magasin. Le travail de Gustat et al. (2015) a pour but de démontrer que les difficultés de mobilité limitent la consommation de produits frais. Les données sur les lieux de résidence et d'achat, l'accès ou non la voiture, sont recueillies par téléphone. Les résultats de ces recherches ne sont donc pas généralisables puisqu'ils sont fondés sur l'interprétation de données socio-démographiques (Hounwanou et al., 2018) ou sociogéographiques (Gustat et al., 2015) issues de sondages. Ils ne sont pas basés sur une démarche analytique.

L'article de Russo et Comi (2012) développe une modélisation de la mobilité pour motif d'achat basée sur une analyse calculatoire. Cependant, l'article aborde le calcul du nombre de clients et de leur fréquence d'achat (Russo & Comi, 2012). Le modèle qui calcule la fréquence des déplacements des consommateurs est intéressant et pourrait compléter l'approche de ce travail, qui modélise un seul déplacement de chaque consommateur vers un espace commercial.

Une étude des trajets ayant pour origine ou pour destination le centre commercial a été menée, dans le cadre d'une relocalisation et dans l'objectif de mesurer son impact sur les émissions de gaz à effet de serre (Jia et al., 2013). La distance dans ce travail est directement relevée par le biais de balises GPS installées sous les voitures de quelques volontaires. L'utilisation de l'algorithme de Dijkstra a permis de démontrer que les volontaires utilisaient souvent le chemin optimal, au sens de cet algorithme, pour leurs déplacements depuis et vers les espaces commerciaux (Jia et al., 2013). La nouvelle localisation du centre commercial est déterminée dans cette étude par l'utilisation d'un modèle 1-médian. Le problème de la p-médiane est un problème de localisation connu qui consiste à placer p équipements sur un réseau de manière à minimiser la distance parcourue par les usagers pour les atteindre (Church & Wang, 2020). Le modèle ne permet pas toujours de trouver la solution optimale mais fournit des résultats intéressants. Il constitue une piste de résolution à la question traitée dans ce PFE.

Un dernier article s'attache à modéliser de façon calculatoire les déplacements pour motif d'achat en agglomération (Gonzalez-Feliu & Peris-Pla, 2018). Son objectif est de proposer une méthode qui inclut les livraisons et les déplacements pour motif d'achat, pour estimer l'impact des activités de vente au détail sur les flux logistiques urbains. Comme dans l'article de Russo & Comi (2012), et de Gustat et al. (2015), les variables utilisées sont relatives aux conditions socio-démographiques des ménages. Mais cet article tient aussi compte de caractéristiques relatives aux espaces commerciaux, comme leur superficie. L'intérêt de l'article réside dans les différentes échelles urbaines qu'il prend en compte, dont le centre-ville, le péri-urbain

proche et le péri-urbain lointain. Ce découpage paraît pertinent dans le cadre de ce travail portant sur une relocalisation de la périphérie vers le centre-ville.

Les articles de Russo & Comi (2012) et de Gonzalez-Feliu et Peris-Pla (2018), s'accordent donc sur les variables à utiliser pour modéliser les mobilités pour motif d'achat. Trois articles tentent de réfléchir à la mobilité au sens de distance parcourue par le consommateur. Dans un cas les distances sont relevées grâce à des balises GPS (Jia et al., 2013). Dans les autres, cette estimation est faite à partir de données sur la mobilité par un questionnaire (Gonzalez-Feliu & Peris Pla, 2018) ou par téléphone (Gustat et al., 2015). L'algorithme de Dijkstra (Jia et al., 2013) et le problème de la p-médiane (Church & Wang, 2020) sont des notions algorithmiques importantes dans le cadre du problème posé.

A l'issue de cet état de l'art il semble intéressant de proposer un modèle de calcul de distance généralisable pour déterminer les effets de la relocalisation d'un équipement sur la mobilité.

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESE

L'objectif de ce PFE est de comparer la distance parcourue par les habitants pour faire leurs achats en fonction de la localisation, centrale ou périphérique, des espaces commerciaux de l'aire urbaine. L'objet de la recherche est donc de modéliser la mobilité pour motif d'achat afin de mesurer quantitativement les effets de la relocalisation sur les déplacements des consommateurs.

A partir de l'état de l'art effectué et de l'objet de recherche mentionné ci-dessus, la problématique et les hypothèses qui se posent sont les suivantes :

1) Problématique

La relocalisation des espaces commerciaux en centre-ville diminue-t-elle la mobilité pour motif d'achat dans l'aire urbaine ?

2) Hypothèse

L'hypothèse est une réponse affirmative à la question. Oui, la relocalisation des espaces commerciaux en centre-ville diminue la mobilité pour motif d'achat dans l'aire urbaine. La mobilité revient dans ce travail à la distance parcourue en kilomètres, ce choix a été justifié lors de l'état de l'art.

METHODE ET MODELE

La méthode est une comparaison quantitative de deux situations selon la localisation (centrale ou périphérique) des espaces commerciaux. Dans ce travail, la mobilité revient à la distance parcourue par les consommateurs en kilomètres. On cherche à savoir dans quel scénario l'ensemble des habitants parcourent la plus courte distance pour faire leurs achats.

Il est supposé qu'un client se rend toujours au magasin le plus proche de son point d'origine. Il faut donc déterminer pour chaque consommateur la distance qui le sépare du commerce le plus proche.

1. Définitions des notions essentielles

Pour permettre les calculs, le problème est modélisé sous la forme d'un graphe comprenant :

- Un ensemble, noté N , de nœuds ayant des coordonnées en abscisses et en ordonnées. Dans ce problème il contient deux sous-ensembles :
 - Les nœuds « commerces » qui sont des destinations, leur ensemble est noté J . Ces nœuds sont des espaces commerciaux composés d'un ou de plusieurs magasins regroupés au même endroit, dans lesquels il est possible d'acheter des produits de première nécessité.
 - Les nœuds « logements » qui sont des origines, leur ensemble est noté I . Ils représentent un ou plusieurs logements. Le nombre de personnes résidant à chaque nœud compose le flux et constitue l'une des variables du modèle.
- Un ensemble d'arcs reliant ces nœuds. Ils peuvent être représentés sous la forme d'une matrice d'adjacence.

Dans ce travail, deux méthodes seront utilisées pour le calcul des distances.

La première est le calcul des distances euclidiennes. Une distance euclidienne calcule la longueur d'un segment entre deux points. Cela revient à déterminer des distances à vol d'oiseau entre les bâtiments. Pour calculer une distance euclidienne, il est seulement nécessaire de connaître les nœuds et leur position. Si l'on doit présenter ce raisonnement sous la forme d'un graphe, cela revient à dessiner un graphe complet. C'est-à-dire tels que tout couple de nœuds soit relié par un arc.

La deuxième est le calcul par l'algorithme de Dijkstra. Il permet de calculer le plus court chemin entre deux points en suivant un réseau, par exemple le réseau routier d'un territoire. Dans ce travail, il prend en entrée la liste des coordonnées des nœuds ainsi que la matrice d'adjacence du réseau. Il renvoie une matrice contenant le coût du chemin entre chaque couple de nœud. Pour rappel, le coût est ici exprimé en distance. Les arcs du réseau n'ont pas été évalués. La longueur d'une arête entre deux nœuds est donc égale à la distance euclidienne entre ces

deux nœuds. Le coût du chemin de A vers B selon l'algorithme de Dijkstra est la somme des longueurs des arêtes traversées pour aller de A à B.

Le modèle euclidien calcule des distances moins réalistes que l'algorithme de Dijkstra puisqu'il ne prend pas en compte une quelconque topologie de réseau. Cependant il permet de réaliser des calculs plus rapidement et donc de considérer un nombre de nœuds bien plus importants. En effet l'algorithme de Dijkstra est NP-Complet. Il peut donc vérifier très efficacement une solution apportée mais il est moins efficace pour la recherche de solutions. L'algorithme est parfois critiqué pour sa complexité polynomiale. La durée du calcul augmente ainsi avec le nombre N de nœuds du réseau fourni en entrée. Le nombre d'opérations varie entre N et N^2 . Si le réseau est grand, le calcul devient rapidement très laborieux. Il existe des solutions pour faire face à ce problème mais leur étude et leur utilisation ne font pas l'objet de ce PFE.

2. Fonctionnement du modèle

Le modèle prend la forme de deux fonctions codées en MATLAB (Annexe 1 et 2). Les deux fonctions ont des structures similaires et suivent le même déroulé, présenté ci-dessous.

La première étape est le calcul de la matrice D_{ij} . Elle contient les distances depuis tous les points i vers tous les points j . Cette matrice est différente suivant que le calcul de D_{ij} soit effectué en distance euclidienne ou par l'algorithme de Dijkstra. C'est la seule étape du modèle qui diffère selon la méthode de calcul de distance choisie, la suite du traitement est identique.

Cette distance de i vers j est multipliée par le flux, c'est-à-dire le nombre d'habitants au point i . Ce flux est modélisé par une autre fonction (Annexe 3).

A l'issue des premières étapes de calcul, le résultat obtenu, noté S , est la distance parcourue par chacun des habitants pour se rendre une fois dans le commerce le plus proche.

L'objectif final est de savoir si la relocalisation des espaces commerciaux diminue la distance parcourue pour motif d'achat. Il s'agit donc de rechercher une localisation des espaces commerciaux qui diminue cette distance. Pour la trouver, des tirages au sort aléatoires de permutations¹ des indices des nœuds sont effectués.

Chacune des permutations de nœuds donne une courbe dont le premier point correspond à la valeur de S pour un seul commerce et le dernier point à la valeur de S si tous les nœuds sont des commerces.

Après la génération de multiples courbes, la meilleure d'entre elles est recherchée. Pour cela l'optimum de chaque courbe est d'abord calculé, puis la valeur minimale parmi les optimums trouvés lors de la première recherche est sélectionnée. Cette génération de milliers de courbes, correspondant à des localisations de commerce aléatoires est très utile en première

¹ Une permutation de n objets d'un ensemble désigne tout classement ordonné de ces n éléments.

approche, lorsque l'on ne connaît pas la valeur de l'optimum. Une fois cette approche menée, une valeur d'optimum est obtenue, elle peut être utilisée comme cible. En effet, à partir de celle-ci, il est possible de modifier l'algorithme (Annexe 4) afin qu'il ne s'arrête que lorsqu'il aura trouvé une meilleure solution que celle proposée par le tirage aléatoire des permutations.

Le résultat final est une liste d'indices qui indiquent la meilleure position des espaces commerciaux parmi les positions tirées au sort, ainsi que la distance à parcourir correspondante. Le cas théorique de la partie résultat permet d'illustrer cette méthode.

DISCUSSION : COMPARAISON DE LA METHODE EUCLIDIENNE ET DE L'ALGORITHME DE DIJKSTRA

1. Comparaison de la distance obtenue en fonction de la méthode choisie et du nombre de nœuds du réseau.

Pour justifier l'intérêt d'utiliser l'algorithme de Dijkstra, qui est plus coûteux en terme de temps de calcul que la distance euclidienne, il convient de comparer les distances obtenues avec chacune de ces méthodes.

Il a été choisi de comparer les résultats obtenus pour 5 tailles de réseaux composés respectivement de 20, 50, 100, 200 et 500 nœuds. Dans chacun des cas, les coordonnées des nœuds en abscisses et en ordonnées ont été tirées au sort. Les mêmes coordonnées ont été utilisé pour le calcul en distance euclidienne et le calcul avec l'algorithme de Dijkstra. Le fonctionnement de cet algorithme est basé sur un réseau, une matrice d'adjacence a donc été générée aléatoirement pour chacun des réseaux.

La distance observée pour réaliser la comparaison est la somme des distances de tous les points vers tous les points. Pour un réseau de N nœuds dans lequel les nœuds de départ seraient notés i et les nœuds d'arrivés j on obtient la formule suivante :

$$S = \sum_{i,j} D_{ij}$$

Avec :

- i variant de 1 à N
- j variant également de 1 à N
- D_{ij} la distance entre le nœud i et le nœud j , qui peut être euclidienne ou obtenue grâce à l'algorithme de Dijkstra

La variable S obtenue vaut donc deux fois la somme de la distance entre chaque nœud. L'objectif est ici de comparer les valeurs obtenues par l'algorithme de Dijkstra et en distance euclidienne. On obtient les résultats suivants :

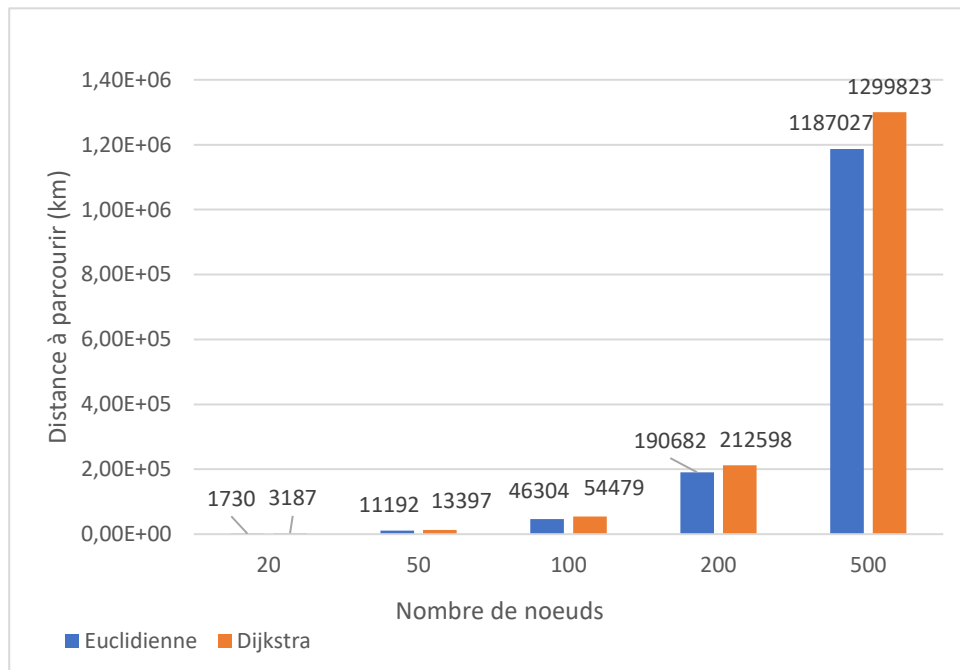


Figure 1/ Comparaison des distances euclidiennes et Dijkstra en fonction du nombre de nœuds du réseau (C.VALLON).

Sur ce graphique, la valeur de S obtenue par l'algorithme de Dijkstra est toujours supérieure à celle obtenue en distance euclidienne, ce qui est logiquement attendu. Pour comparer plus efficacement les deux méthodes en fonctions du nombre de nœuds, il est préférable de s'intéresser au rapport entre les deux valeurs de S obtenues pour chaque taille de réseau. Le graphique suivant est tracé :

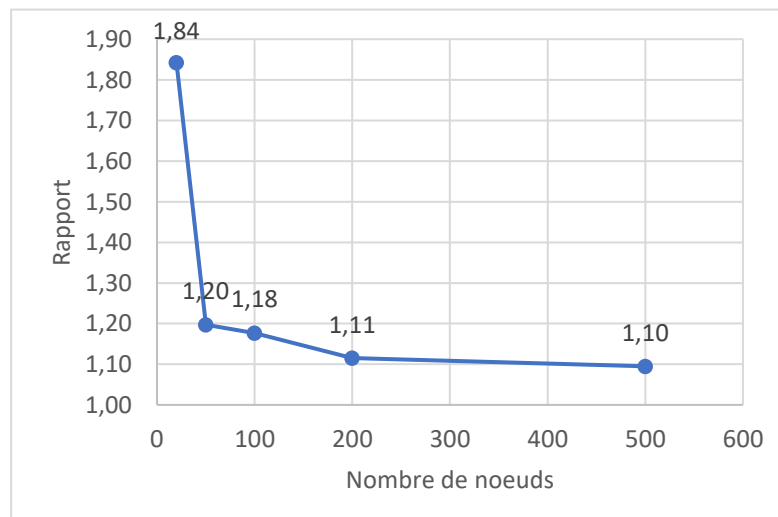


Figure 2/ Rapport entre les distances euclidienne et Dijkstra selon le nombre de nœuds (C.VALLON).

Le graphique montre que le rapport décroît quand le nombre de nœuds croît, ce qui était attendu. A partir de 50 nœuds, le rapport est déjà bien plus faible qu'à 20 nœuds. Entre 200 et 500 nœuds, le rapport est presque identique. Cela indique une stabilisation du rapport autour d'un rapport de 1,10 à partir de 200 nœuds. Cela signifie qu'en moyenne la distance calculée par l'algorithme de Dijkstra sera 10% plus grande que la distance euclidienne sur un réseau compris entre 200 et 500 nœuds. Pour un réseau de 50 à 100 nœuds, cet écart est de 20 % environ.

2. Comparaison du nombre optimal de commerces obtenu en fonction de la méthode et du nombre de nœuds

Avant de relocaliser des espaces commerciaux, leur nombre optimal en fonction du nombre de nœuds sur le réseau est d'abord recherché. La distance est le seul critère pris en compte. Le but est de minimiser à la fois le nombre d'établissements dans la zone et la distance parcourue pour motif d'achat par l'ensemble des habitants. On fait l'hypothèse qu'un habitant se rend toujours au magasin le plus proche. C'est la distance à ce magasin qui est considérée dans le calcul.

Une permutation de l'ensemble des nœuds est tirée au sort, elle représente la liste des localisations des commerces. Une courbe de la distance parcourue par les habitants en fonction du nombre de commerces dans la zone est tracée. Dans cette première approche, les flux sont considérés équirépartis sur chaque nœud.

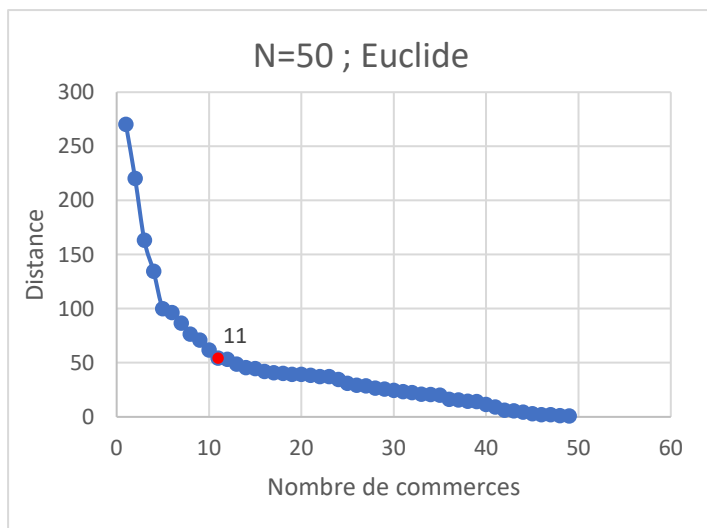


Figure 3/Nombre optimal de commerces en fonction de la taille du réseau, méthode euclidienne. (C.VALLON).

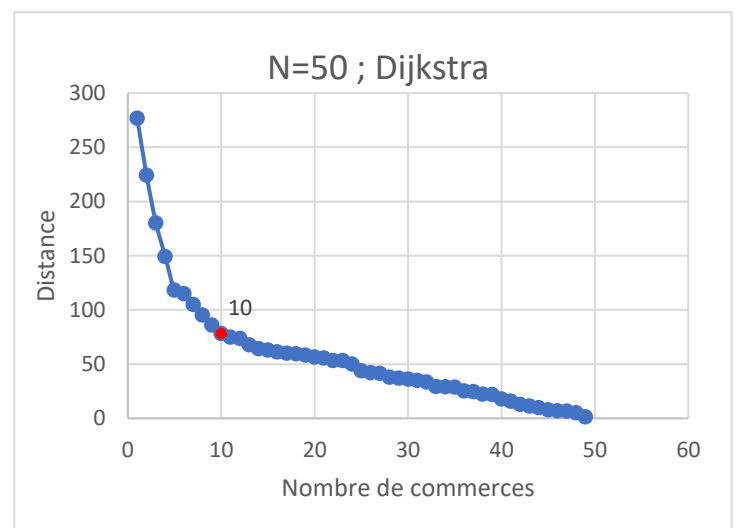


Figure 4/Nombre optimal de commerces en fonction de la taille du réseau, algorithme de Dijkstra. (C.VALLON).

Pour un réseau de 50 nœuds, l'optimum est obtenu à 10 et 11 « nœuds commerces » pour les deux méthodes. On constate que la distance obtenue est également quasi identique dans les deux cas. Pour les réseaux de 100 et 200 nœuds, l'algorithme de Dijkstra conduit à considérer au exactement le même nombre de commerces qu'en prenant la distance euclidienne.

Les graphiques précédents montrent une décroissance de la distance parcourue en fonction du nombre de commerces. En effet, pour minimiser la distance parcourue pour motif d'achat, il suffirait de placer un établissement à côté de chaque logement. A l'inverse si l'on minimise le nombre de commerces, en en prenant par exemple un seul, alors la distance parcourue par les habitants pour s'y rendre sera grande.

Mais cet optimum dépend aussi évidemment de la position des établissements offerts par rapport aux logements. Ce sera l'objet de la suite de l'étude.

L'application de l'algorithme de Dijkstra n'implique pas une différence notable sur le nombre optimal d'espaces commerciaux dans la zone, notamment quand le nombre de nœuds est supérieur à 100. Les résultats restent similaires avec chacune des deux méthodes mais l'algorithme de Dijkstra a une complexité et donc un temps de calcul bien plus élevé. C'est pourquoi la recherche de la position optimale des espaces commerciaux va être effectuée en utilisant la distance euclidienne.

RESULTATS

1. Cas théorique

1.1. Etat initial

Supposons un réseau carré de 124 nœuds et mesurant 35x35km.

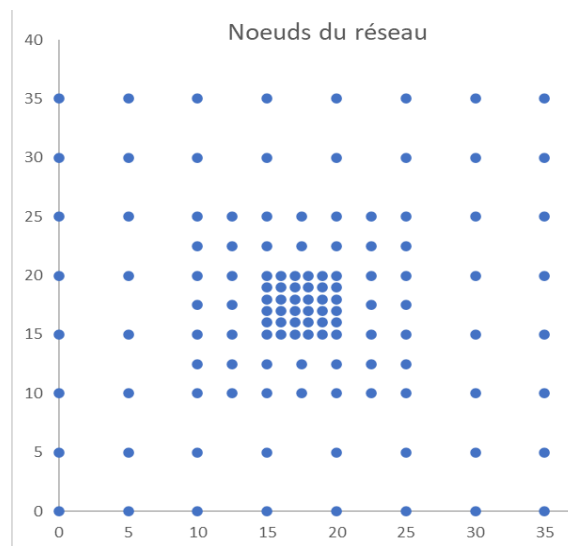


Figure 5/Graphe de base du cas théorique. (C.VALLON).

L'emplacement de 14 commerces est tiré au sort. Ce réseau représente la localisation des commerces avant la relocalisation. Il sert par la suite d'élément de comparaison pour mettre en valeur l'effet des optimisations qui seront proposées.

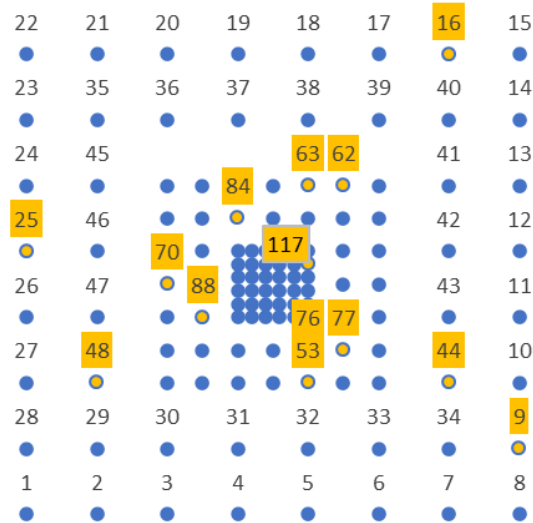


Figure 6/Localisation des commerces du cas théorique avant toute optimisation. (C.VALLON).

1.2. Caractérisation des flux

Pour caractériser la répartition des flux, nous utilisons de la même manière que dans l'article de Russo & Comi, un découpage en trois zones : le centre-ville, la périphérie proche, et la périphérie lointaine. Elles sont respectivement notées Z1, Z2 et Z3 sur la figure ci-dessous.

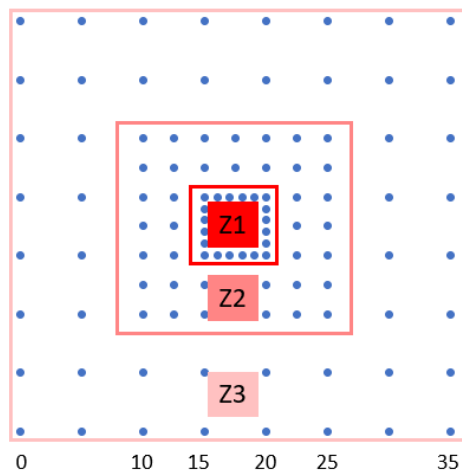


Figure 7/ Trois zones de densité du cas théorique. (C.VALLON).

Sur la figure ci-dessus, la zone 1 mesure 25km², la zone 2, 225 km² et la zone 3, 1225 km². Ceci correspond aux dimensions d'une ville moyenne, de son unité urbaine et de son aire urbaine. A partir de trois superficies et de trois valeurs de densité, l'algorithme produit (Annexe 3) va attribuer un flux à chaque nœud du réseau. Il fonctionne selon plusieurs hypothèses :

- Il y a 3 zones
- Elles sont carrées et concentriques
- La zone de plus forte densité est au centre, la zone de plus faible densité est donc la zone 3.

1.3. Recherche d'une localisation optimale des commerces dans le cas où les flux sont équirépartis dans l'espace

Cette densité est fixée à 150 habitants par km², ce qui représente une population de 180 000 habitants dans la zone d'étude.

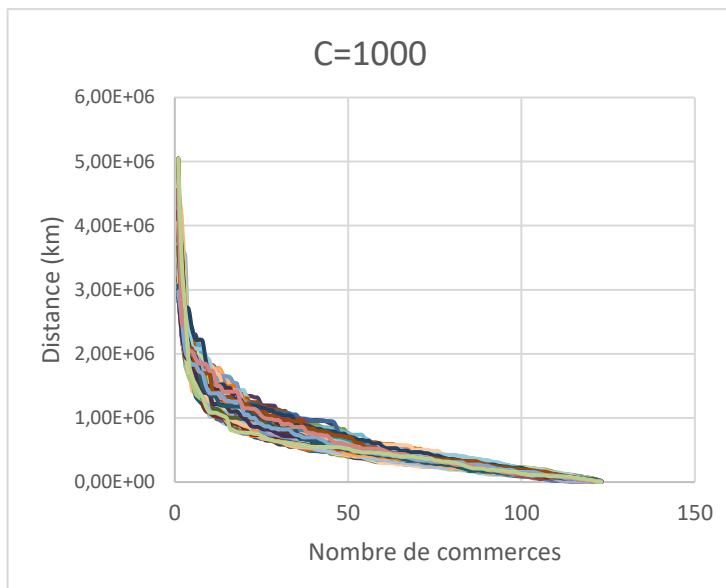


Figure 8/Courbes de la distance en fonction du nombre de commerces pour 1000 permutations. (C.VALLON).

L'objectif est de tracer comme dans la partie 2 de l'étude comparative, la courbe de la distance en fonction du nombre de commerces. Or, ce résultat est évidemment dépendant de la position des espaces commerciaux. Il convient donc de dessiner $C=1000$ courbes pour ce réseau, correspondant à 1000 localisations possible des commerces. Pour ce faire, il faut effectuer 1000 tirages au sort pour obtenir 1000 permutations des 124 nœuds. Chaque tirage au sort est une liste des 124 nœuds, ordonnée différemment. Il existe mathématiquement $124! = 1.51 \cdot 10^{207}$ façons d'ordonner 124 nœuds, mais faute de temps, nous nous restreignons à 1000 ordres pour obtenir 1000 courbes.

Une fois les courbes obtenues, il suffit de rechercher l'optimum de chacune des 1000 courbes puis de chercher le meilleur parmi cette centaine d'optimums. Ces optimums sont dispersés sur un intervalle de 500 000 km, le choix de la courbe a donc effectivement une importance. Ainsi la meilleure courbe parmi les 1000 calculées est obtenue, avec son optimum. Le résultat est visible ci-dessous. Son optimum matérialisé en rouge, est de 14 commerces pour une distance légèrement supérieure à un million de km.

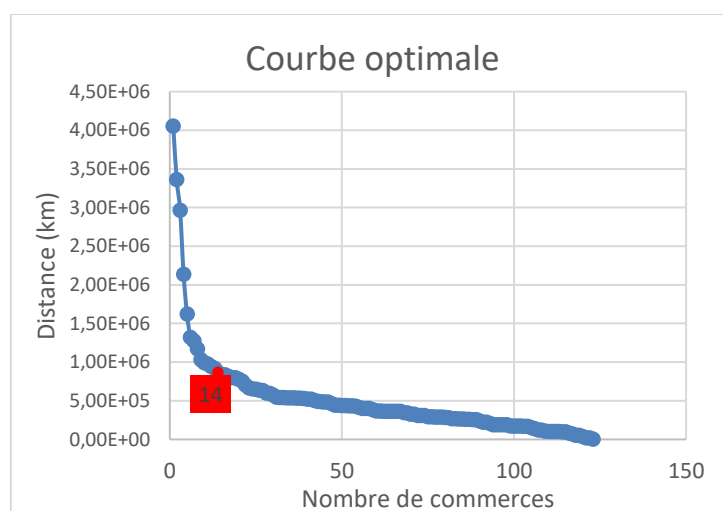


Figure 9/Courbe optimale parmi les mille précédents. (C.VALLON).

Ensuite, il faut retrouver la liste de nœuds correspondant à cet optimum. La courbe optimale admet son optimum pour 14 commerces. Il suffit donc de reporter les 14 premières valeurs de la colonne de l'optimum qui tire au sort des permutations de nœuds.

25	20	1	101	44	14	11
38	4	24	90	78	45	47

Les nœuds dont les indices sont répertoriés ci-dessus correspondent aux localisations optimales des espaces commerciaux.

En les colorant sur le réseau, le graphe suivant se dessine :

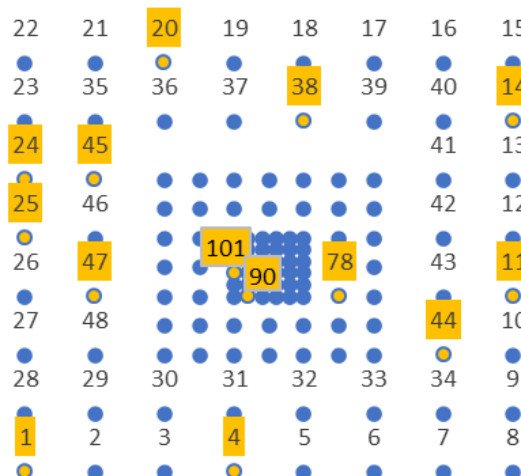


Figure 10/Répartition des commerces après optimisation, flux équirépartis. (C.VALLON).

Il est à remarquer qu'en supposant le flux uniformément réparti sur la zone d'étude, la distribution de commerces obtenue est aussi uniformément répartie. Par rapport au réseau de référence, les commerces sont disposés équitablement autour du centre-ville. Avec cette répartition optimale, et en supposant que la densité est identique dans chacune des zones, la distance parcourue pour motif d'achat par les habitants est donc de 900 000 km dans ce cas contre 1 200 000 km (soit 5 km/hab contre 6.9 km/hab) pour le réseau de la partie 1.1.1. La localisation optimale des commerces induit à ce stade la relocalisation d'un seul établissement en centre-ville. L'optimisation a surtout permis une meilleure répartition des flux entre la gauche et la droite du réseau.

Désormais, le flux va être concentré dans le centre du réseau comme c'est le cas pour une ville moyenne française.

1.4. Recherche d'une localisation optimale des commerces dans le cas où les flux sont concentrés dans l'espace

En réalité, les habitants ne sont pas uniformément répartis sur le territoire. Certaines zones ont une densité plus forte que d'autres.

Dans cet exemple, on a choisi une densité de 2000 habitants/km² pour la zone 1, 400 habitants/km² pour la zone 2 et 50 habitants/km² pour la dernière.

De la même manière que précédemment, un millier de courbes sont générées, la courbe optimale est sélectionnée et on obtient la répartition suivante :

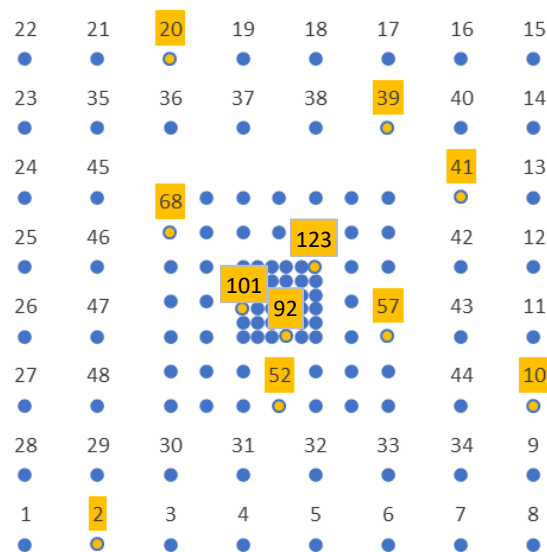


Figure 11/Répartition des commerces après la 1^{ère} optimisation, flux concentrés. (C.VALLON).

La localisation optimale des commerces trouvée en analysant un millier de courbes présente donc trois espaces commerciaux situés en cœur de ville contre un seul dans le cas de référence. La somme des distances parcourues vaut 855 000 km dans le premier cas (Fig.10) contre 750 000 km après l'optimisation tenant compte des flux. Cela fait une distance moyenne entre un nœud logement et un nœud commerce de 4,6 km après optimisation contre 6,9 km avant l'optimisation.

A l'issue de cette optimisation, on retient l'optimum de cette solution comme une valeur cible et on applique l'algorithme qui ne s'arrêtera que lorsqu'une valeur inférieure à la cible aura été trouvée (Annexe 4). Cet algorithme permet de trouver une solution légèrement meilleure que celle obtenue par la génération aléatoire du millier de courbes, représentée ci-dessous.

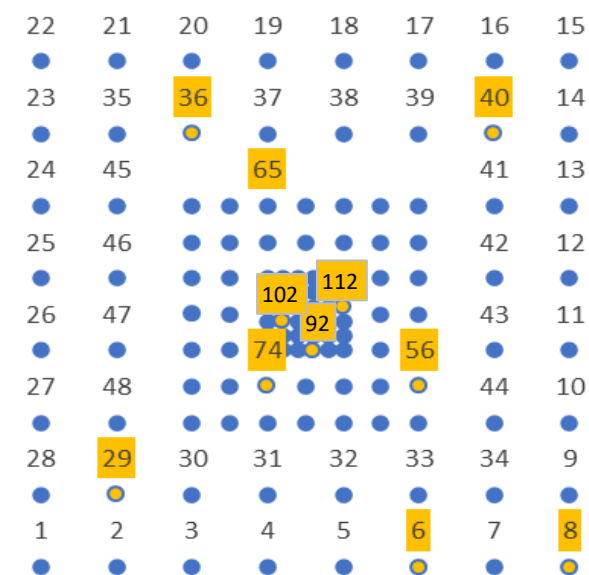


Figure 12/Répartition des commerces après la 2^{ème} optimisation, flux concentrés. (C.VALLON).

Comme précédemment, trois espaces commerciaux sont placés en cœur de ville, trois dans la périphérie proche et cinq dans la périphérie lointaine. La répartition des commerces est donc plutôt similaire à celle de la figure 11. Cette nouvelle répartition permet d'atteindre une distance totale de 720 000 km soit une moyenne de 3.9 km par habitant. Ceci représente une amélioration de 15% par rapport à l'optimisation précédente (Fig.11). Le résultat trouvé dans le cas d'étude de l'article de Jia et al. (2013) est de 5 km par habitant. Le résultat de ce cas théorique n'est donc pas déconnecté de toute réalité.

La relocalisation des espaces commerciaux en centre-ville peut donc permettre de diminuer la distance parcourue pour motif d'achat. Cela a été montré dans ce cas théorique avec la relocalisation de deux espaces commerciaux en centre-ville pour obtenir une localisation optimale des espaces commerciaux.

Cependant la réponse à la problématique est à nuancer puisque, dans ce cas théorique, la relocalisation de la totalité des espaces commerciaux en centre-ville ne permet pas de minimiser la distance parcourue, elle induit au contraire une augmentation de la distance de 54% par rapport à la répartition optimisée représentée en figure 10.

2. Application

2.1. Présentation du cas d'étude

Le modèle précédent est désormais appliqué à la métropole de Tours. Les données de topologie du réseau suivent le périmètre de la métropole et non celui de l'aire urbaine. Ceci peut constituer un premier biais pour la suite des calculs. Les nœuds utilisés sont les 24 000 nœuds du réseau routier. Les bâtiments commerciaux sont référencés sur Google Map puis placés sur le nœud routier le plus proche du bâtiment. 49 commerçants de produits alimentaires sont ainsi répertoriés dans la métropole tourangelle. La carte ci-contre montre leur répartition.

Figure 13/ Localisation actuelle des commerces alimentaires dans la métropole de Tours. (C.VALLON).



L'objectif de cette étude de cas est de proposer une relocalisation des commerces périphériques, en bleu sur la carte. Les commerces déjà situés au centre-ville, en orange conservent leur position actuelle. La relocalisation proposée doit minimiser la distance à parcourir depuis chaque nœud pour se rendre dans un commerce.

Un nombre d'habitants est affecté à chaque nœud en fonction de sa position centrale ou périphérique, grâce à l'algorithme basé sur la densité (Annexe 3). Cependant les hypothèses liées à ce programme peuvent fausser le résultat puisque la ville-centre de Tours n'est pas carrée, et que seule la périphérie proche est ici prise en compte.

En raison de la grande dimension du réseau, la complexité du calcul augmente. Il a donc été possible de comparer seulement une dizaine de répartitions aléatoires des commerces dans le temps imparti. La solution trouvée et proposée sur la carte ci-dessous est donc loin d'être une solution optimale.

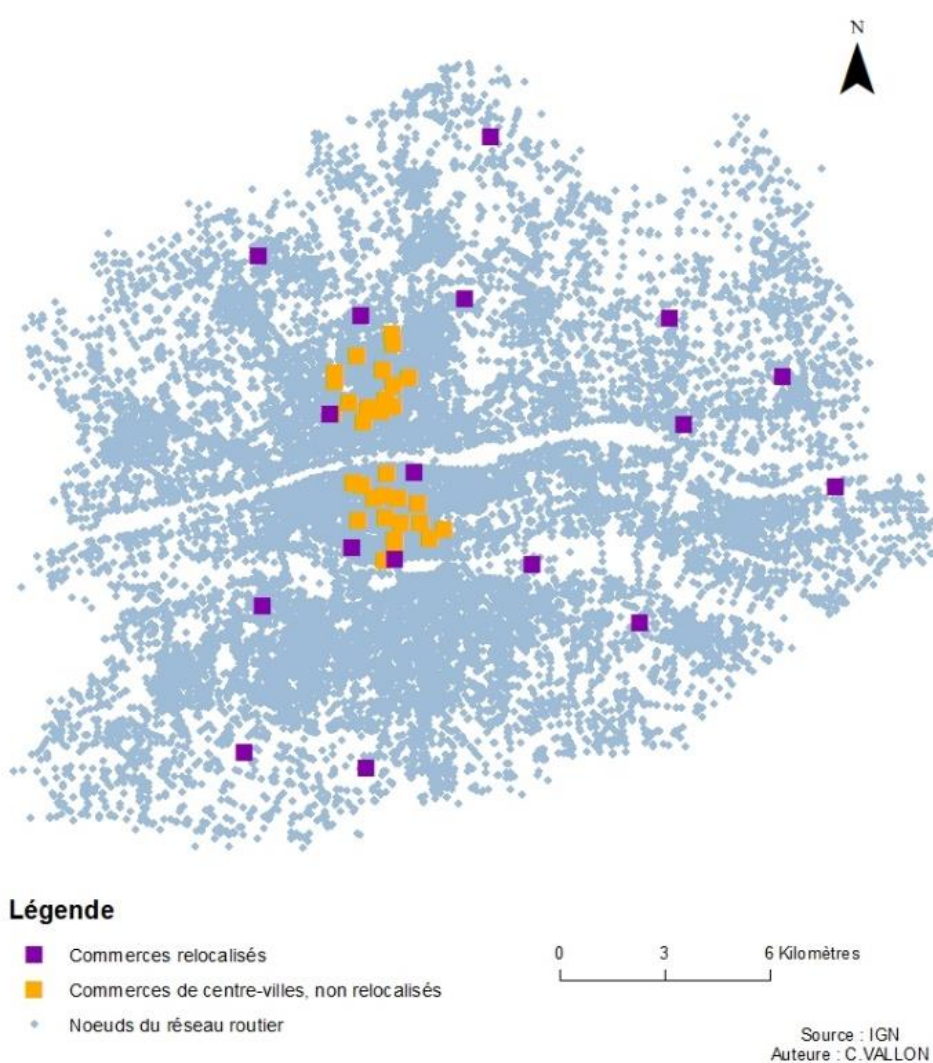


Figure 14/Relocalisation proposée des commerces alimentaires dans la métropole de Tours. (C.VALLON).

Cependant, elle permet de diminuer la distance parcourue pour motif d'achat dans la métropole d'après le modèle (Annexe 1). En effet, la distance moyenne séparant un habitant du commerce le plus proche passe de 2,1 à 1,7 km/hab avec la répartition proposée ci-dessus.

2.2. Analyse et critique du résultat

Sur cette nouvelle carte, trois espaces commerciaux périphériques ont été relocalisés à Tours centre et deux à Tours Nord. Les autres ont conservé leur localisation périphérique. La relocalisation de 5 commerces a donc permis de diminuer la distance parcourue pour motif d'achat dans la métropole. Le rapport des distances avant et après la relocalisation vaut 1,24. La différence est donc significative, avec un taux de variation de 20%.

Cependant, seulement une dizaine de permutations aléatoires ont pu être générées et les résultats sont donc peu fiables. L'utilisation d'une autre méthode de recherche de la position optimale devrait être tentée puisque des calculs de ce type appliqués à d'autres villes ont abouti (Jia et al., 2013).

Le modèle ne tient pas compte de la capacité de distribution et suppose donc que les commerces peuvent approvisionner un nombre infini de client. En pratique, un hypermarché périphérique n'a pas la même capacité de distribution ni la même superficie qu'une supérette de proximité. Il paraît donc difficile de relocaliser un hypermarché en un seul point du centre-ville.

CONCLUSION

Pour conclure, ce projet de recherche avait pour but de quantifier l'effet de la relocalisation des espaces commerciaux sur la distance parcourue pour motif d'achat.

Pour ce faire, un modèle a été créé afin de placer aléatoirement des espaces commerciaux sur des nœuds et d'en déduire la distance parcourue par tous les habitants pour se rendre une fois au centre commercial le plus proche de leur origine.

Une étude comparative des méthodes de calcul de distance euclidienne et par l'algorithme de Dijkstra a été menée. Elle a permis de montrer que l'utilisation de l'algorithme de Dijkstra dans ce problème n'induisait pas une différence significative sur le résultat, notamment pour un réseau de grande taille. Pour cette raison, ainsi qu'à cause de son temps d'exécution inadapté à une recherche par tâtonnements, le cas théorique a été effectué en distance euclidienne.

L'optimisation a été réalisée par tirage aléatoires de localisations d'espaces commerciaux, d'abord sans prise en compte de la répartition spatiale de la population puis en intégrant des flux selon trois zones de densité différentes. Par la suite, une modification de l'algorithme a permis d'utiliser l'optimum obtenu par la méthode aléatoire en tant que cible afin de trouver un meilleur résultat. Ainsi, un rapport de distance de 1,20 est obtenu entre l'état initial et la dernière optimisation.

Toutefois l'optimisation par tâtonnement qui a été menée permet d'obtenir une solution optimale parmi un faisceau mais pas la solution optimale au problème posé.

L'application à la métropole de Tours fournit des résultats peu fiables en raison du faible nombre de combinaisons aléatoires qu'il a été possible de tester sur un réseau de 24 000 nœuds, les temps de calcul étant importants. Pour proposer des résultats plus plausibles, la capacité de distribution des commerces devrait aussi être considérée dans un futur modèle. Toutefois, cette méthode présente l'avantage d'être généralisable à d'autres villes puisqu'elle ne dépend pas de données acquises par des enquêtes ou des sondages.

Pour trouver une meilleure solution, il est possible d'utiliser un algorithme de résolution du problème de la p-médiane (Church & Wang, 2020). Cet algorithme pourrait aussi permettre d'étudier le problème en tenant compte des arcs du réseau et donc des distances obtenues par l'algorithme de Dijkstra (Jia et al., 2013). Le temps de calcul de cet algorithme reste important mais de nombreux articles proposent des modifications permettant de l'améliorer. Dans le cadre du modèle théorique, représenté par un réseau simple et régulier la solution présentée par Church & Wang (2020) pourrait être utilisée, pour trouver une meilleure solution tout en conservant une complexité raisonnable.

BIBLIOGRAPHIE

Church R.L., Wang, S. (2020). Solving the p-median problem on regular and lattice networks. *Computers & Operations Research* 123, 105057. Consulté sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030505482030174X?via%3Dihub>

Gonzalez-Feliu, J. & Peris-Pla, C. (2018). Impacts of retailing land use on both retailing deliveries and shopping trips : Modelling framework and decision support system. *IFAC PapersOnLine* 51-11, 606-611. Consulté sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318315106>

Gustat, J., O'Malley, K., Luckett, B.G., Johnson, C.C. (2015). Fresh produce consumption and the association between frequency of food shopping, car access, and distance to supermarkets. *Preventive Medicine Reports* 2, 47-52. Consulté sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211335514000308?via%3Dihub>

Hounwanou, S., Comi, A., Gonzalez - Feliu, J., Gondran, N. (2018). Inner city versus urban periphery retailing : store relocations and shopping trips behaviors. Indications from Saint Etienne. *Transportation Research Procedia* 30, 363-372. Consulté sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518301133>.

Jia, T., Carling, K., Hakansson, J. (2013). Trips and their CO2 emissions to and from a shopping center. *Journal of Transport Geography* 33, 135-145. Consulté sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692313001877?via%3Dihub>

Russo, F., Comi, A. (2012). The simulation of shopping trips at urban scale: Attraction macromodel. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 39, 387 – 399. Consulté sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812005836>

Annexe 1

```
function [MJ,S,liste,m] = eucl2xcurv(C,XY,F_i)
N=size(XY,1); %nombre de noeuds dans le réseau
MJ=zeros(size(XY,1),C); %initialisation de la matrice des permutations
S0=zeros(C,N-1); %initialisation de la matrice de résultat
for p=1:C %boucle sur les courbes
[ ~ , MJ(:,p) ] = sort( rand( 1 , length(XY) ) ) ;
    for n=40:60 %nombre de magasins
        J=MJ(1:n,p); %liste des noeuds qui sont des magasins
        I=MJ(n+1:end,p); %liste des noeuds qui sont des logements
        D_i_j=zeros(N,N);
        for i =1:N
            for j=1:N
                D_i_j(i,j)=sqrt((XY(i,1)-XY(j,1))^2 + (XY(i,2)-
XY(j,2))^2); %matrice des distances de tout i vers tout j
            end
        end
        D_i_j(J,J)=Inf; %valeurs infinies sur la diagonale
        Dinf=D_i_j ;
        D_I_J=Dinf(:,J) ; %sélection des colonnes correspondant à des
commerces
        D_i = min(D_I_J,[],2) ; %distance au magasin le plus proche pour
chaque logement
        nDC = find(D_i<Inf);
        DC_i=D_i(nDC) ; %sélection des lignes de distance correspondant à
des noeuds logements
        FC_i= F_i(nDC); %sélection des lignes de flux correspondant à des
noeuds logements
        S0(p,n)=sum(DC_i.*FC_i) ; %calcul de la somme des distances
parcoursues
        S=S0';
    end
end
M=max(S(1,:));
Sn=S/M*(N-1); %normalisation
for k=1:(N-1)
    So(k,:)=sqrt(k^2+Sn(k,:).^2) ; %optimum
end
[lm,i]=min(So) %optimum de chaque courbe
[m,colonne]=min(lm); %minimum des optimums de chaque courbe
liste=MJ(1:i(colonne),colonne); %liste des meilleures localisations
```

Annexe 2

```
function [MJ,S] = dijkxcurv(C,XY,F_i)
N=size(XY,1);
MJ=zeros(N,C);
S0=zeros(C,N-1);
Adj=randi([0 1] , length(XY) ,length(XY) ) ; %tirage au sort de la matrice
d'adjacence
m=Inf;
while m>cible
```

```

[ ~ , MJ(:,p) ] = sort( rand( 1 , length(XY) ) ) ;
A=Adj;
for n=1:size(XY,1)-1 %nombre de magasins
    J=MJ(1:n,p); %liste des noeuds qui sont des magasins
    I=MJ(n+1:end,p); %liste des noeuds qui sont des logements
    A(J, : )=0 ; % définition des noeuds arrivées
    D_i_j=dijkstra(A,XY) ;
    Dinf=D_i_j ;
    D_I_J=Dinf(:,J) ;
    D_i = min(D_I_J,[],2) ; %distance au magasin le plus proche pour
chaque logement
    nDC = find(D_i<Inf);
    DC_i=D_i(nDC) ;
    FC_i= F_i(nDC);
    S0(p,n)=sum(DC_i.*FC_i);
    S=S0';
end
end
M=max(S(1,:));
Sn=S/M*(N-1) ; %normalisation
for k=1:(N-1)
    So(k,:)=sqrt(k^2+Sn(k,:).^2) ; %optimum
end
[lm,i]=min(So);
[m,colonne]=min(lm);
liste=MJ(1:i(colonne),colonne); %liste des meilleures localisations

```

Annexe 3

```

function [Fi] = fluxdensite2(XY,t1,t2,t3,d1,d2,d3)
p3=0;
hb1=d1*t1;
hb2=d2*(t2-t1);
hb3=d3*(t3-t2-t1);
g3=sqrt(t3);
p1=(sqrt(t3)/2)-(sqrt(t1)/2);
g1=sqrt(t3)/2+(sqrt(t1)/2);
p2=sqrt(t3)/2-(sqrt(t2)/2);
g2=sqrt(t3)/2+(sqrt(t2)/2);
N1=[];
N2=[];
N3=[];
s=size(XY,1);
Fi=zeros(s,1);
for k=1:s
    if (p1<XY(k,1)) && (XY(k,1)<g1) && (p1<XY(k,2)) && (XY(k,2)<g1)
        N1=[N1;k];
    else if (p2<XY(k,1)) && (XY(k,1)<g2) && (p2<XY(k,2)) && (XY(k,2)<g2)
        N2=[N2;k];
    else N3=[N3;k];
    end
end
end
F1=hb1/numel(N1);
F2=hb2/numel(N2);
F3=hb3/numel(N3);
for k=1:s

```

```

    if any(k==N1)
        Fi(k)=F1;
    else
        if any(k==N2)
            Fi(k)=F2;
        else
            Fi(k)=F3;
        end
    end
end
end

```

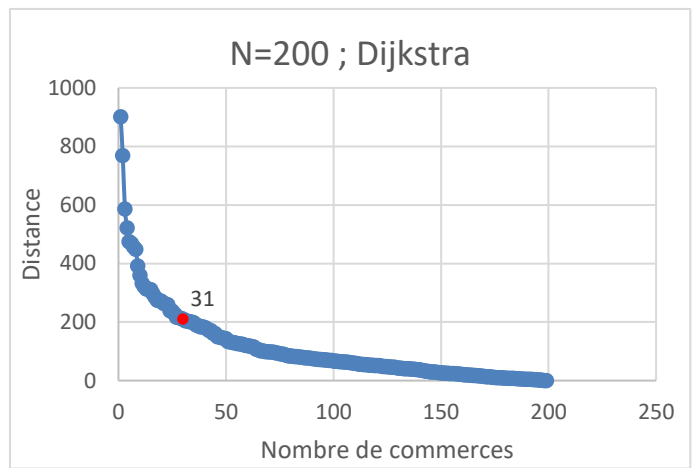
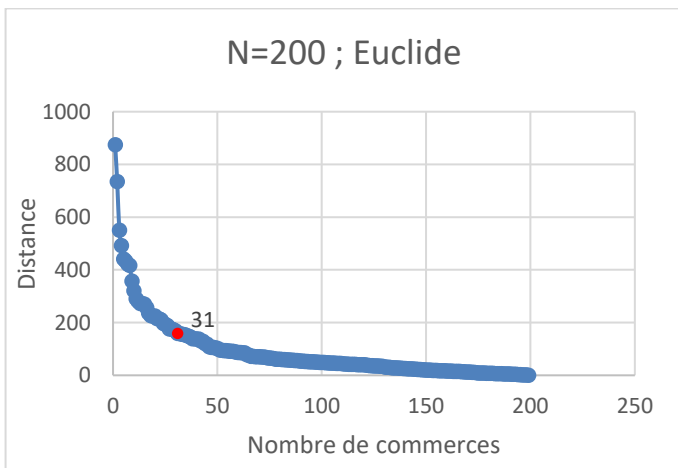
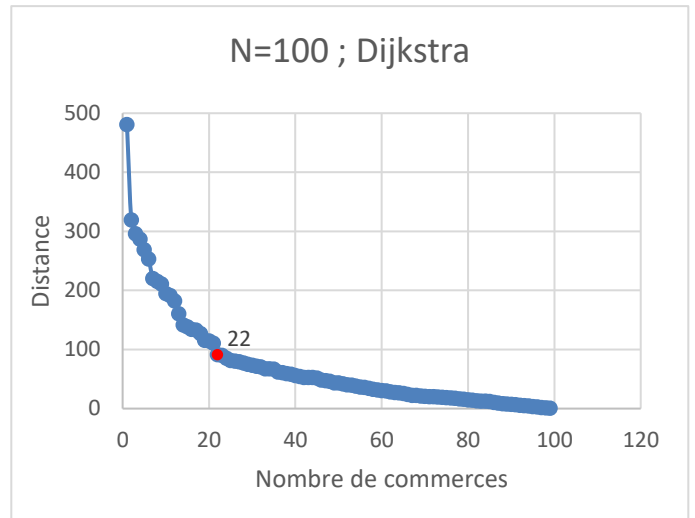
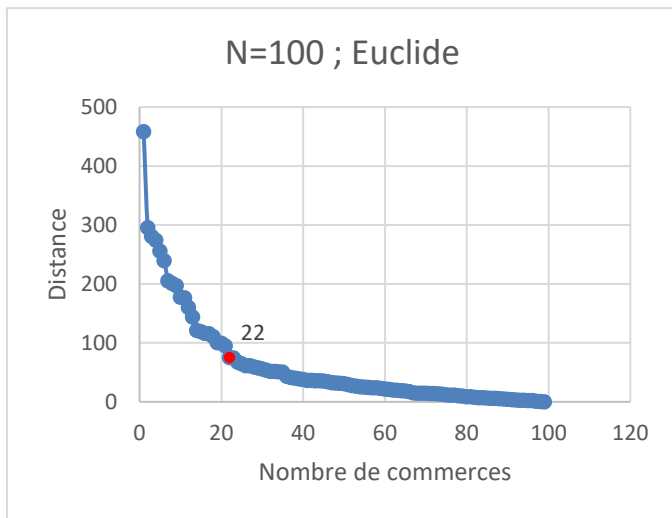
Annexe 4

```

function [S,liste,m] = euclwhile(XY,F_i,cible)
N=size(XY,1);
S0=zeros(1,N-1);
m=Inf;
while m>cible
    [~,MJ]=sort(rand(1,N));
    for n=1:N-1 %nombre de magasins
        J=MJ(1:n); %liste des noeuds qui sont des magasins
        I=MJ(n+1:end);%liste des noeuds qui sont des logements
        D_i_j=zeros(N,N);
        for i =1:N
            for j=1:N
                D_i_j(i,j)=sqrt((XY(i,1)-XY(j,1))^2 + ((XY(i,2))-
XY(j,2))^2);
            end
        end
        D_i_j(J,J)=Inf;
        Dinf=D_i_j ;
        D_I_J=Dinf(:,J) ;
        D_i = min(D_I_J,[],2); %distance au magasin le plus proche pour
chaque logement
        nDC = find(D_i<Inf);
        DC_i=D_i(nDC) ;
        FC_i= F_i(nDC);
        S0(n)=sum(DC_i.*FC_i) ;
        S=S0';
    end
    M=max(S(1,:));
    Sn=S/M*(N-1);%normalisation
    for k=1:(N-1)
        So(k,:)=sqrt(k^2+Sn(k,:).^2); %optimum
    end
    [m,i]=min(So);
    %liste des meilleures localisations
end
liste=MJ(1:i);

```

Annexe 5



Directeur de recherche :

Mindjid Maizia

Chloé Vallon

PFE/DAE5

RESEAU

2020-2021

Effet de la relocalisation des espaces commerciaux en centre-ville sur la mobilité : la relocalisation des commerces en centre-ville diminue-t-elle la distance parcourue pour motif d'achat ?

Résumé :

Dans un contexte mondialisé, la population et la consommation croissent fortement, causant des problèmes d'occupation des routes. La distance séparant les clients du commerce alimentaire le plus proche est un facteur déterminant dans leur consommation de certains produits. Il convient alors de se demander s'il existe une localisation optimale des commerces dans une aire urbaine, permettant de minimiser la distance parcourue pour motif d'achat par l'ensemble de la population. Après la construction d'hypermarchés en périphérie dans les années 1970, les pouvoirs publics veulent désormais les relocaliser en centre-ville. L'objet de recherche de ce travail est de déterminer les effets d'une telle relocalisation sur la distance entre les lieux de vie et les commerces. La méthode euclidienne et le calcul des plus courts chemins par l'algorithme de Dijkstra sont utilisés pour calculer les distances. L'optimisation est réalisée à la suite de la génération de localisations aléatoires des espaces commerciaux. La méthode consiste donc en une optimisation par tâtonnement qui ne permet pas de trouver une solution exacte. Elle permet en revanche de comparer efficacement des localisations à d'autres, sur l'unique critère de la distance parcourue pour motif d'achat.

Mots Clés : Distance, Relocalisation, Espaces commerciaux, Graphe