

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

Loc'Conform :
Vers une localisation des logements
financièrement conformes

Sous la direction de :

Hervé BAPTISTE

Cindy CHAPUIS

Loc'Conform : Vers une localisation des logements financièrement conformes

Cahier des charges pour l'élaboration d'un
modèle de choix de localisation résidentielle
d'un ménage selon les coûts du logement et
des déplacements

**Directeur de recherche :
Hervé Baptiste**

2021/2022

**Auteur :
Cindy Chapuis**

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 voudrais tout d'abord remercier mon directeur de recherche, Monsieur Hervé BAPTISTE, pour son infinie patience et ses remarques avisées pendant ce P.F.E. Malgré des conditions quelque peu perturbées par le contexte sanitaire, ses conseils m'ont permis de rédiger ce document et d'évaluer les hypothèses que j'ai pu poser au cours de mes recherches.

Je souhaite remercier également Monsieur Kamal SERRHINI, qui m'a permis de découvrir la géomatique et ses différents outils pendant ses cours.

Je remercie ensuite Monsieur Corentin APPOLINAIRE qui, par son rapport, m'a permis d'avoir une idée générale de l'état de l'art au sujet de la localisation des ménages et des différents modèles économiques.

Enfin, je voudrais remercier mes proches, pour leur soutien et leurs encouragements pendant la rédaction de ce mémoire, ainsi que leur aide à la relecture et à la correction de ce document.

SOMMAIRE

Table des matières

Introduction	8
I – Contexte général	9
1. Circonstances actuelles	9
2. Les différents modèles de l'activité économique	10
II – Plan de développement de l'application Loc'Conform	13
1. Choix et découpage de la zone d'étude	13
2. Description des éléments retenus	14
A. Le coût mensuel en euros des dépenses liées au trajet domicile-travail	14
B. Le coût mensuel moyen en euros du logement	16
C. La présence d'aménités spatiales	17
D. Le temps de trajet domicile-travail	18
E. Logigramme suivi par l'utilisateur	19
3. Structure de l'application Loc'Conform	21
A. Données en entrée	21
B. Indices calculés	22
C. Logigramme répertoriant l'ensemble des variables de l'application	26
D. Données en sortie	27
III – Mise en application du modèle sur l'aire d'attraction tourangelle	28
1. Choix de l'aire d'attraction	28
2. Les indices fixes calculés sur l'aire d'attraction de Tours	29
A. L'aménité « écoles »	30
B. L'aménité « commerces de proximité »	31
C. L'aménité « parcs naturels et espaces verts »	32
D. L'indice I_m du mode de transport	34
3. Calcul de LC pour l'utilisateur x1	37
4. Calcul de LC pour l'utilisateur x2	39

5. Calcul de LC pour l'utilisateur x3	41
6. Calcul de LC pour l'utilisateur x4	43
Conclusion.....	46
Annexe 1 : Network Analyst et matrice OD	47
Annexe 2 : Outil « emprise géométrique minimale »	49

Table des figures

figure 1 : Pourcentage des ventes de 2021 à 2020 de véhicules selon leurs chevaux fiscaux	14
figure 2 : Parc au 1er janvier 2019 des véhicules routiers âgés de moins de 15 ans selon leurs puissances administratives	15
figure 3 : Les barèmes kilométriques 2021	16
figure 4 : Diagramme suivi par l'utilisateur.....	20
figure 5 : Découpage de l'aire d'attraction de Tours en IRIS	28
figure 6 : Présence de l'aménité "écoles" dans les IRIS	30
figure 7 : Présence de l'aménité "commerces de proximité" dans les IRIS.....	31
figure 8 : Présence de l'aménité "parcs et espaces verts"	32
figure 9 : Indice calculé I_m	34
figure 10 : Indice calculé I_m, zoom sur le centre de l'aire d'attraction.....	35
figure 11 : Indice calculé I_m non nul	36
figure 12 : Indice LC pour l'utilisateur x1	38
figure 13 : Indice LC calculé pour l'utilisateur x2.....	40
figure 14 : Indice LC calculé pour l'utilisateur x3.....	42
figure 15 : Indice LC calculé pour l'utilisateur x4.....	44

Introduction

En 2018, le plus gros coefficient budgétaire* des ménages* Français se trouve être le logement, avec 26.6%. Cela veut dire que sur les dépenses effectuées par un ménage, plus d'un quart des dépenses est alloué au loyer (ou le crédit immobilier), le chauffage et l'éclairage du logement (INSEE, 2019). Cette dépense importante relativement aux autres dépenses, implique un choix à effectuer de la part du ménage, afin que cette dépense ne soit pas « inutile ». Le choix d'un logement se fait selon le parcours résidentiel du ménage, qui reflète les besoins changeants de celui-ci au cours du temps, en fonction des revenus, du nombre d'enfants à charge (nombre qui augmente lors d'une naissance mais diminue ensuite, lorsque l'enfant devenu adulte emménage dans son propre logement) et des envies du ménage (par exemple le ménage peut vouloir changer de logement pour se rapprocher du lieu de travail, ou d'une aménité importante pour lui comme une école lorsqu'il y a des enfants).

L'objectif de ce projet est d'identifier les différents paramètres que les ménages utilisent pour choisir leur prochain logement, ainsi que des paramètres qui pourraient ne pas être connus des ménages mais avoir un fort impact sur la « qualité » du logement et de mettre en place un outil articulant tous ces paramètres afin d'indiquer de manière précise sur quels quartiers devraient se porter les recherches du ménage afin « d'optimiser » la localisation du logement. Cet outil prendra la forme d'une application. Il pourra indiquer si les paramètres pris en compte par les ménages dans le choix d'une localisation d'un logement sont surcotés ou au contraire moins bien estimés par les ménages par rapport à un choix le plus « mathématique » possible. Est-ce que le rendu de l'application sera en adéquation avec l'idée initiale du ménage ?

Le rapport s'articule en trois parties, une première partie sur le contexte actuel des logements et les différentes problématiques pouvant se poser quant au choix d'un logement, qui s'appuie en partie sur l'état de l'art réalisé par Monsieur Corentin APPOLINAIRE lors de son P.F.E en 2021. La seconde partie développe la structure de l'application, le travail des données et les choix réalisés afin d'obtenir un outil cohérent. La troisième partie sera une mise en application de la seconde sur un territoire choisi.

Coefficient budgétaire : part d'une dépense en valeur consacrée à un poste de dépense dans la globalité des dépenses de consommation effectuées par les ménages

Ménage : « au sens statistique, désigne l'ensemble des occupants d'un même logement, sans que ces personnes soient nécessairement unies par des liens de parenté. Il peut être composé d'une seule personne. » (INSEE)

INSEE, *France, portrait social - Consommation et épargne des ménages* [en ligne]. (réf. du 19/11/2019) Disponible sur : <<https://www.insee.fr/fr/statistiques/4238367?sommaire=4238781>> (17/11/2021)

I – Contexte général

1. Circonstances actuelles

Le contexte actuel de hausse du prix du carburant, notamment avec une augmentation de 22% du prix T.T.C. au litre de carburant entre le second semestre 2020 et le second semestre 2021 du gasoil (respectivement 21% pour le SP95 et 20% pour le SP98) (DGEC,2022), pose la question du coût des déplacements, dont le coût du déplacement pour le motif domicile-travail pour toute personne active ayant un emploi, ou pour les étudiants motorisés. La population active ayant un emploi était au nombre de 27.1 millions de personnes en 2018 (INSEE,2020), elle représentait alors 68.8% de la population française âgée de 15 à 61 ans. La hausse du prix du carburant vient augmenter les dépenses contraintes* des ménages français, déjà élevées. En moyenne c'est 1055€ par mois que les Français doivent déboursier pour ces dépenses en 2021 (CSA, 2021). Le poste le plus important de ces dépenses est celui du loyer (ou du crédit immobilier), qui compte en moyenne pour 63% des dépenses contraintes.

La localisation de son logement a donc une importance capitale, à la fois sur le pouvoir d'achat des ménages et sur leurs différentes activités de loisirs et activités sociales (selon la localisation des logements, les ménages auront une meilleure accessibilité pour ces activités, géographiquement et financièrement). Souvent le choix d'un logement se fait par rapport au prix du logement et au prix du carburant nécessaire pour les trajets domicile-travail lorsque le mode de transport est la voiture particulière, mais en prenant en compte « le prix d'achat des véhicules particuliers, les frais de mise en circulation, le coût d'entretien, le prix de l'assurance et le taux de décote » (Lizak, 2021) le poste de dépense augmente vite. Et si les dépenses sont plus importantes que prévues le ménage peut se retrouver dans un état précaire. La part des frais fixes peut monter jusqu'à 68% des revenus mensuels

Dépenses contraintes : aussi appelées frais fixes, elles correspondent aux dépenses mensuelles non négociables à court terme, tels que le loyer ou crédit immobilier, le coût des transports, les impôts, l'abonnement téléphonique, l'abonnement Internet, l'assurance habitation ou encore l'eau et l'électricité, le gaz...

DGEC, *Prix des produits pétroliers* [en ligne]. (réf. du 11/01/22) Disponible sur https://www.ecologie.gouv.fr/prix-des-produits-petroliers#scroll-nav_5 (12/01/22)

INSEE, *Population active et taux d'activité au sens du recensement selon le sexe et l'âge en 2018* [en ligne]. (réf. du 30/06/21) Disponible sur : https://www.insee.fr/fr/statistiques/2012710#tableau-TCRD_015_tab1_departements (17/01/22)

CSA, *Les furets : indice des dépenses contraintes – vague 2* [en ligne] (réf. 03/2021) Disponible sur : https://csa.eu/csa-content/uploads/2021/03/csa_les-furets-indice-des-de-penses-contraintes_vague-2-002.pdf (17/01/22)

LIZAK Marie, *ViaMichelin : un nouvel outil pour calculer le coût d'usure de sa voiture. AutoMoto* [en ligne]. (réf. du 18/03/21) Disponible sur : <https://www.automoto.com/actualite/societe/viamichelin-nouvel-outil-calculer-cout-dusure-de-voiture-266484.html> (10/12/21)

nets moyens pour les catégories les plus démunies et 54% pour les catégories modestes (lesfurets, CSA, 2021). Dans l'optique de permettre de trouver un logement cohérent avec les revenus du ménage, l'objectif de ce P.F.E. est de trouver les paramètres permettant de comparer les différents logements et de les classer selon leur adéquation avec les critères des ménages.

De nombreuses études ont été menées, sur la localisation statistique des ménages selon différents critères, différents modèles économiques ont été développés à partir de ces critères. L'ensemble de ces critères permet d'identifier les principaux paramètres que les ménages prennent, ou pourraient prendre, pour choisir le lieu de leur nouveau logement.

2. Les différents modèles de l'activité économique

L'un des premiers modèles mis en place est celui de la théorie de la rente foncière de Johann Heinrich VON THÜNEN. Il cherche à optimiser au maximum la localisation des activités agricoles, en prenant comme paramètres le prix de vente des récoltes, les coûts de production à l'unité, les coûts de transport et la distance entre le lieu de production et les lieux d'échanges. Ce modèle donne des activités réparties sur des couronnes centrées autour des lieux d'échanges. Le principe est le même que pour le modèle d'Alonso, qui lui représente un point central, le CBD (pour Central Business District), concentrant les offres d'emplois et des couronnes de plus en plus abordables au fur et à mesure de la distance en termes de prix d'accès au logement (que ce soit en location ou en accès à la propriété). Ce modèle d'ALONSO (1964) est construit à partir de 2 hypothèses : l'espace est homogène autour du CBD et les ménages sont identiques en termes de préférence. De là le choix de localisation des ménages sera un arbitrage entre le coût du logement, plus élevé au plus proche du CBD et plus faible au plus l'éloignement au CBD est grand, et le coût des déplacements domicile-travail.

En 1974, l'analyse des élasticités de WHEATON a montré que le rapport « coût du transport/quantité du sol » était constant pour les différentes classes de revenu, donc que ces paramètres n'étaient pas les seuls déterminants intervenant dans le choix de la localisation des ménages (Assaoui, 2015).

Lesfurets, CSA, *Les Français et leurs dépenses contraintes : résultats d'octobre 2021* [en ligne] (réf. 10/2021) Disponible en ligne : <https://www.lesfurets.com/indice-des-depenses-contraintes> (17/01/22)

Aissaoui Hind, Bouzouina Louafi, Bonnel Patrick, *Choix de localisation résidentielle, entre contraintes du marché et préférences individuelles : application à l'aire urbaine de Lyon* (1999), *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 2015/4 (Octobre), p. 629-656. DOI : 10.3917/reru.154.0629. URL : <https://www.cairn.info/revue-d-economie-regionale-et-urbaine-2015-4-page-629.htm>

Les autres paramètres pouvant intervenir dans le choix de localisation d'un ménage sont aussi les externalités sociales et les biens publics (Assaoui, 2015).

Dans l'optique d'intégrer ces externalités sociales, nous définissons le terme « aménité spatiale ». L'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) définit les aménités comme « des attributs, naturels ou façonnés par l'homme, liés à un territoire et qui le différencient d'autres territoires qui en sont dépourvus » (OCDE, 1996). Avec cette définition, nous pouvons considérer les écoles, les commerces de proximité et les parcs et espaces verts comme des paramètres en plus pour notre application.

Une limite du modèle d'ALONSO est l'hypothèse d'une forme monocentrique de la forme urbaine. Un modèle polycentrique a été proposé pour palier à la limite du modèle d'ALONSO, c'est le modèle de Harry RICHARDSON. Il considère une forme urbaine polycentrique et prend en compte différents facteurs déterminants (ou paramètres), dont des points d'intérêts secondaires, comme les paramètres précédemment cités. Ce modèle se rapproche plus de l'outil souhaité dans ce rapport, puisqu'il prend en compte l'accessibilité et la qualité des aménités, la durée du trajet domicile-travail et la surface du logement.

Le « wasteful commuting » (ASSAOUI, 2015 ; HAMILTON, 1982 ; SMALL et SONG, 1992) littéralement les « déplacements inutiles », montre que les modèles tenant compte des paramètres des aménités sont tout aussi, voire plus, importants que les paramètres de coût de transport ou de surface de logement lorsque le ménage choisit la localisation de son logement. Les préférences des ménages pour un logement ne se font pas seulement sur la distance domicile-travail ou le prix du logement, mais aussi sur les aménités spatiales accessibles depuis leurs domiciles ou le temps de trajet (qui varie en fonction des modes présents et utilisés).

Les paramètres pris en compte par ces différents modèles nous indiquent quels sont les choix que l'utilisateur a à faire et voudrait faire. Mais s'ils correspondent aux idées principales souhaitées pour l'application, le résultat est lui, totalement opposé au résultat recherché. En effet ces modèles calculent la probabilité qu'un ménage finisse par emménager dans tel ou tel secteur, le modèle d'ALONSO renvoie une distribution spatiale des ménages par exemple. Alors que l'outil souhaité dans ce rapport vise à renvoyer des zones correspondant aux différents critères de choix du ménage afin d'être un outil d'aide à la décision pour ces ménages et non pas pour des politiques publiques.

OECD. *Cultiver les aménités rurales : Une perspective de développement Economique* [en ligne]. Publishing, 1999. <https://doi.org/10.1787/9789264273948-fr>
Hamilton B-W (1982) Wasteful Commuting. *Journal of Political Economy* 90 (5) : 1035-53
Small K-A, Song, S (1992) "Wasteful" commuting: a resolution. *Journal of Political Economy* 100(4): 888-898.

L'hypothèse de travail posée est que le coût du logement est largement surcoté par le ménage par rapport au coût des transports et du temps de trajet lors du choix du ménage pour la localisation de son logement. Si le poste de dépense « prix du loyer » (ou « crédit immobilier ») est le principal poste pris en compte dans les budgets prévisionnels et le choix d'un logement, est-ce que le poste de dépense « transports » ne devrait pas être étudié avec la même importance ?

La partie suivante décrit les différents paramètres définis précédemment, les sources de données utilisées pour les calculer et les choix effectués dans un but de simplification.

II – Plan de développement de l'application Loc'Conform

Pour pouvoir définir un coût de déplacement domicile-travail et proposer les « meilleurs » emplacements de logement à un ménage, il faut que l'application enregistre une zone contenant l'emploi du ménage. Par souci de simplification, le ménage sera représenté par sa personne de référence*. Pour éviter de calculer les distances sur tout le territoire français, la zone d'étude est limitée, sauf potentiels effets de bords le long des frontières, l'application est utilisable sur l'ensemble de la zone d'étude.

1. Choix et découpage de la zone d'étude

Une aire d'attraction est un zonage qui remplace le zonage des aires urbaines (définition et découpage en 2010). Elle est composée d'un pôle et d'une couronne. Le pôle peut être composé d'une seule commune centre ou de plusieurs communes. Cette répartition entre une ou plusieurs communes se fait selon la population de la commune et le pourcentage d'actifs travaillant dans cette commune. Si la commune ayant la plus grande population n'envoie pas plus de 15% de ses actifs travailler dans une autre commune de même niveau, elle sera la « commune-centre ». En revanche si la commune envoie plus de 15% de ses actifs travailler dans une autre commune de taille de population équivalente, alors les 2 communes seront regroupées pour former le « cœur » de l'aire d'attraction. Toutes les communes alentour envoyant plus de 15% de leurs actifs travailler dans la « commune-centre » ou le « cœur » de l'aire d'attraction forment la couronne de l'aire. Puisque l'application aura pour but d'éclairer le choix d'un logement en fonction de la distance à la zone d'emploi, l'aire d'attraction est le bon zonage pour proposer des logements à l'utilisateur.

Les IRIS, découpant les communes de plus de 10 000 habitants et une bonne partie des communes allant de 5 000 à 10 000 habitants, ont été choisis pour découper l'aire d'attraction en zones plus petites pour les villes ayant une forte population, afin d'avoir un maillage plus précis lors des calculs. Lorsque les communes ne sont pas découpées en « quartiers » elles sont assimilées à un seul IRIS pour la commune, pour avoir une couverture complète du territoire étudié.

Le sigle correspond à « Ilots Regroupés pour l'Information Statistique » et est à l'origine un découpage selon des critères géographiques et statistiques homogènes par rapport à l'habitat existant dans cette zone.

Personne de référence (d'un ménage): « déterminée à partir de la structure familiale du ménage et des caractéristiques des individus qui le composent. La personne de référence est – la personne active la plus âgée ayant un conjoint, ou à défaut de personne active ayant un conjoint, la personne la plus âgée ayant un conjoint, ou à défaut de personne ayant un conjoint, la personne active la plus âgée, ou à

défaut de personne active, la personne la plus âgée » (INSEE, définition pour l'exploitation principale)

Ce découpage avec un maillage variable permet d'avoir une représentation précise au sens où la plupart des statistiques sont effectuées avec ce découpage, il n'y aura donc pas de travail sur les données et de calcul approximatif pour faire coller les données aux entités du zonage.

2. Description des éléments retenus

L'utilisateur sera considéré comme étant la personne de référence du ménage d'après la définition de l'INSEE depuis 2015, et l'algorithme tiendra compte de ses critères pour afficher les meilleurs emplacements pour son logement.

A. Le coût mensuel en euros des dépenses liées au trajet domicile-travail

Pour évaluer le coût mensuel en euros du trajet domicile-travail, la voiture utilisée pour les calculs sera une voiture de 5 CV car c'est la voiture la plus vendue entre 2010 et 2020 en France, d'après l'ADEME.

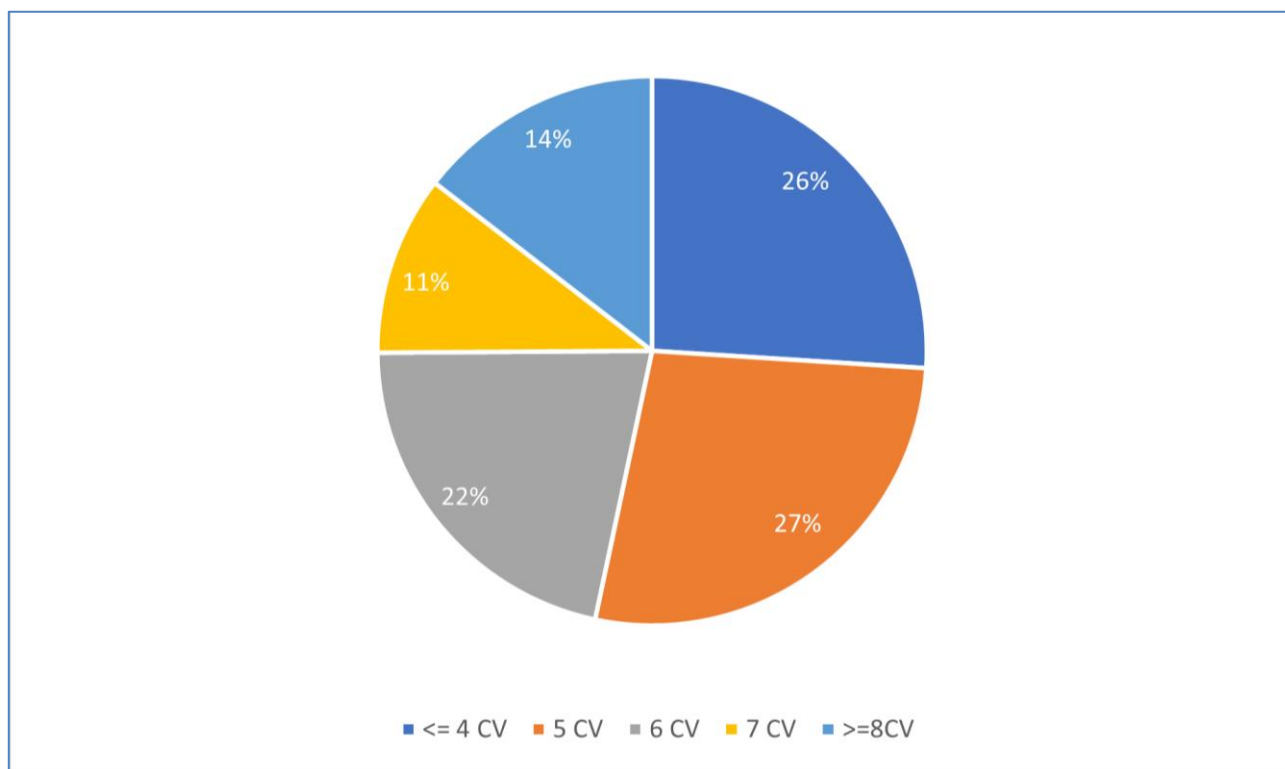


figure 1 : Pourcentage des ventes de 2021 à 2020 de véhicules selon leurs chevaux fiscaux

Source : ADEME, Association Auxiliaire des Automobiles, 2021

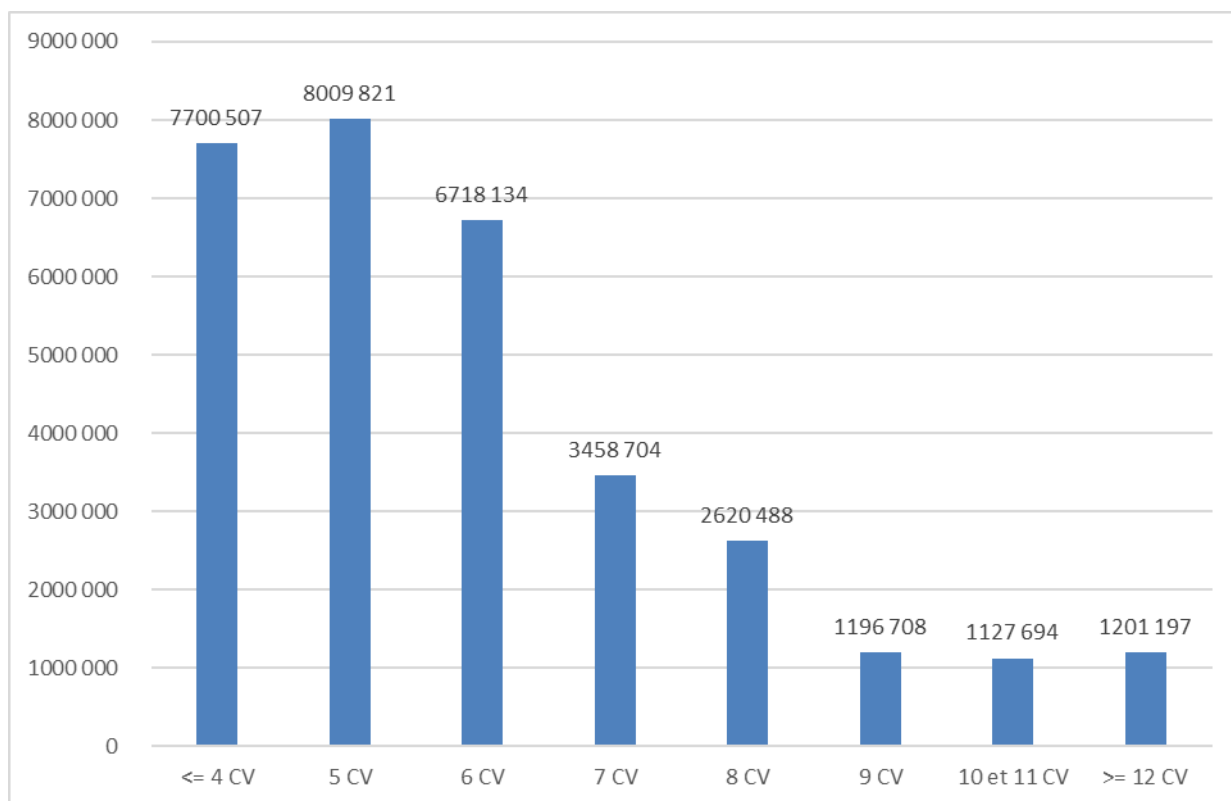


figure 2 : Parc au 1er janvier 2019 des véhicules routiers âgés de moins de 15 ans selon leurs puissances administratives

Source : SDES, RSVERO 2019

Le pourcentage des ventes est seulement supérieur de 1% aux voitures ayant au plus 4 chevaux fiscaux (figure 1), mais en volume la différence est plus visible, puisqu'il y a, au premier janvier 2019, 309 314 véhicules de 5CV de plus que de véhicules de 4CV ou moins (figure 2). Les véhicules du parc comprenant tous les véhicules de moins de 15 ans en état de fonctionnement, la différence entre les véhicules vendus de 2010 à 2020 et le parc roulant au premier janvier 2019 sera considérée comme négligeable.

En prenant une voiture de 5CV comme véhicule moyen, la consommation est sous-estimée puisque 51% du parc au premier janvier 2019 possède une puissance fiscale supérieure contre 24% de véhicules ayant une puissance fiscale inférieure (DES, 2019).

DES (Données et Etudes Statistiques), *Données sur le parc des véhicules au 1er janvier 2019* [en ligne] (réf. 30/04/2019) Disponible sur : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-sur-le-parc-des-vehicules-au-1er-janvier-2019> (14/12/21)

Direction de l'information légale et administrative, *Frais professionnels : les barèmes kilométriques 2021 pour les voitures* [en ligne] (réf. 19/02/21) Disponible sur : <https://www.service-public.fr/particuliers/actualites/A14686> (7/01/22)

En utilisant les formules des barèmes kilométriques 2021 pour les voitures (DILA, 2021), on obtient le tableau suivant pour obtenir le coût annuel du trajet domicile travail :

	Distance annuelle inférieure ou égale à 5000 km	Distance annuelle comprise entre 5001 et 20000 km inclus	Distance annuelle supérieure ou égale à 20001 km
Coût annuel du trajet domicile-travail en euros	$D * 0.548$	$(D * 0.308) + 1200$	$D * 0.368$

figure 3 : Les barèmes kilométriques 2021

Source : DILA, 2021

Avec D la distance annuelle en km parcourue pour le motif de déplacement domicile-travail calculé comme suit :

$$D = 2d * (22 * 12 - 25)$$

Où d correspond à la distance en kilomètres séparant les centroïdes des IRIS de départ et du travail, la multiplication par 22 correspond au nombre de jours ouvrés moyen par mois en 2021 et la multiplication par 12 correspond aux mois, la soustraction de 25 jours correspond aux 5 semaines de congés payés pour un usager moyen. D permet de savoir quelle formule utiliser pour calculer le coût annuel dévolu aux trajets domicile-travail, une fois ce coût annuel en euros calculé, il sera divisé par 12 pour avoir le coût mensuel moyen en euros du trajet domicile-travail. Ce coût prend en compte « la dépréciation du véhicule, les frais de réparation et d'entretien, les dépenses de pneumatiques, la consommation de carburant et les primes d'assurances » (DILA, 2021).

Dans le cas d'un usage des transports en communs ou d'un mode de déplacement doux, le coût des trajets domicile-travail est égal au prix en euros d'un abonnement mensuel au réseau FilBleu ou à 0 euro pour la marche et le vélo.

B. Le coût mensuel moyen en euros du logement

L'utilisateur a plusieurs choix de logement, soit il cherche une location, soit il cherche un logement à acheter. Et une fois ce choix fait, il doit encore choisir entre un appartement ou une maison. Les prix moyens en euros sont différents selon si l'utilisateur veut acheter ou louer. L'application utilise une base mensuelle en euros pour calculer l'indice de coût du logement,

Pour une location, le prix moyen mensuel au m² en euros est donné pour les IRIS sur le site : LaCoteImmo.com, avec des données de septembre 2021 de Logic-Immo. Le prix mensuel moyen au m² est donné pour les appartements et pour les maisons, ainsi que pour les deux types de logements confondus. Le calcul du coût mensuel du logement en euros revient à multiplier le prix moyen au m² par la surface minimum souhaitée par l'utilisateur.

Pour un achat, le même site donne le prix moyen au m² en euros, pour les appartements, pour les maisons et pour les deux types de logements confondus. Le prix d'achat du logement s'obtient en multipliant le prix au m² en euros par la surface minimum souhaitée par l'utilisateur. L'achat du logement est considéré être sur 25 ans (HCSF, 2021), avec un remboursement mensuel de crédit (équivalent à un versement de loyer). Le calcul du coût moyen mensuel du logement en euros revient à diviser le prix d'achat du logement en euros par 25 ans multiplié par 12 mois

$$(\text{coût moyen mensuel} = \frac{\text{prix d'achat} \times \text{surface minimale souhaitée}}{25 \times 12}).$$

Dans ces deux cas, les coûts moyens mensuels du logement sont sous-évalués car les assurances, les charges et les intérêts (pour l'achat d'un logement) ne sont pas considérés.

C. La présence d'aménités spatiales

Comme décrit dans la première partie, les aménités suivantes seront considérées comme des avantages si l'utilisateur le souhaite, ou comme des critères d'exclusion lorsque l'utilisateur veut absolument la présence d'une ou de plusieurs de ces aménités. Il peut aussi ne pas vouloir tenir compte de ce paramètre, auquel cas le calcul de LC (LocalisationsConformes) ne tiendras pas compte de ce paramètre.

L'aménité école correspond à la présence d'une école primaire ou secondaire dans l'IRIS (DEPP, 2021).

L'aménité commerces de proximité correspond à la présence d'au moins un des commerces suivants dans l'IRIS : une boulangerie, une épicerie, une supérette (INSEE, 2021).

L'aménité parcs et espaces verts correspond à la présence au sein de l'IRIS de bois ou de tout type de forêt (forêt fermée de conifères, forêt fermée de feuillus, forêt fermée mixte, forêt ouverte), de la base de données IGN BD TOPO, Occupation du sol.

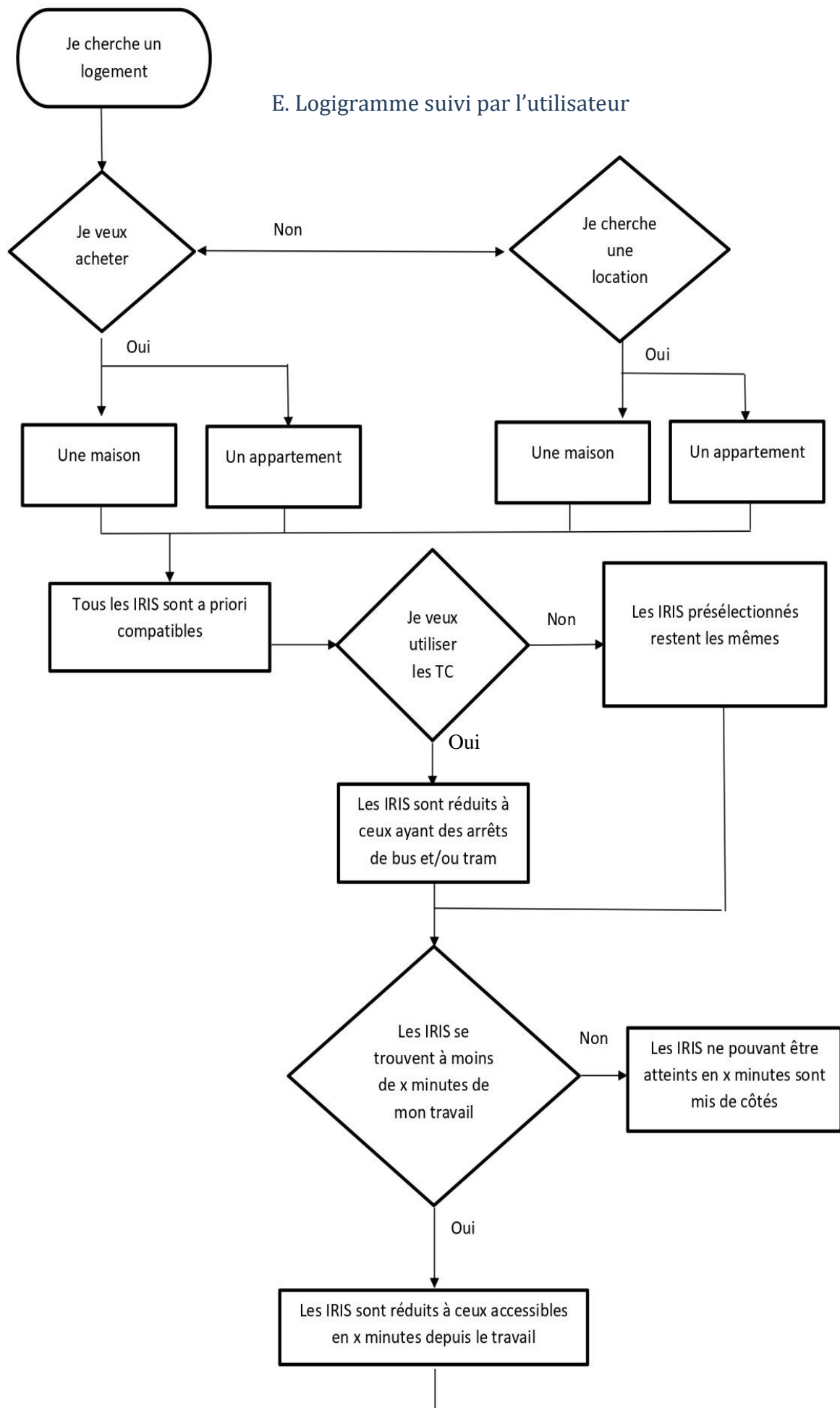
DEPP - Ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports, *Adresse et géolocalisation des établissements d'enseignement du premier et second degrés* [en ligne] (réf. 7/12/18) Disponible sur : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/adresse-et-geolocalisation-des-etablissements-denseignement-du-premier-et-second-degres-1/> (7/10/21)

INSEE, Nombre d'équipements et de services dans le domaine du commerce en 2020, *BPE* [en ligne] (réf. 6/07/21) Disponible sur : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/3568602/equip-serv-commerce-infra-2020.zip> (7/10/21)

D. Le temps de trajet domicile-travail

Le temps de trajet domicile travail varie en fonction des modes de transport utilisé. L'utilisateur devra donc renseigner ses choix de mode de déplacements ainsi que la durée maximale en minutes qu'il est prêt à passer pour un trajet aller entre son domicile et son travail (les IRIS correspondants). Si l'utilisateur souhaite absolument utiliser les transports en commun (TC) alors les IRIS n'ayant aucun arrêts de TC seront exclus du résultat. Les TC comprennent les bus, les métros et les tramways, les gares SNCF ne sont pas considérées ici car la part des TC ferroviaires, hors Île-de-France, pour des trajets inférieurs à 100 km sont de seulement 7 voyageurs.km en 2019 sur les 25.6 voyageurs.km utilisant les TC. La distance inférieure à 100 km est justifiée ici par le fait que la zone étudiée est l'aire d'attraction d'une ville, or, hors Île-de-France, aucune aire d'attraction n'a de diamètre supérieur à 100 km (le diamètre représente ici la distance maximale pouvant être parcourue par un utilisateur, selon la définition de l'outil) (ART, 2021).

Le temps de trajet est calculé avec l'outil « NetworkAnalyst » de ArcMap.



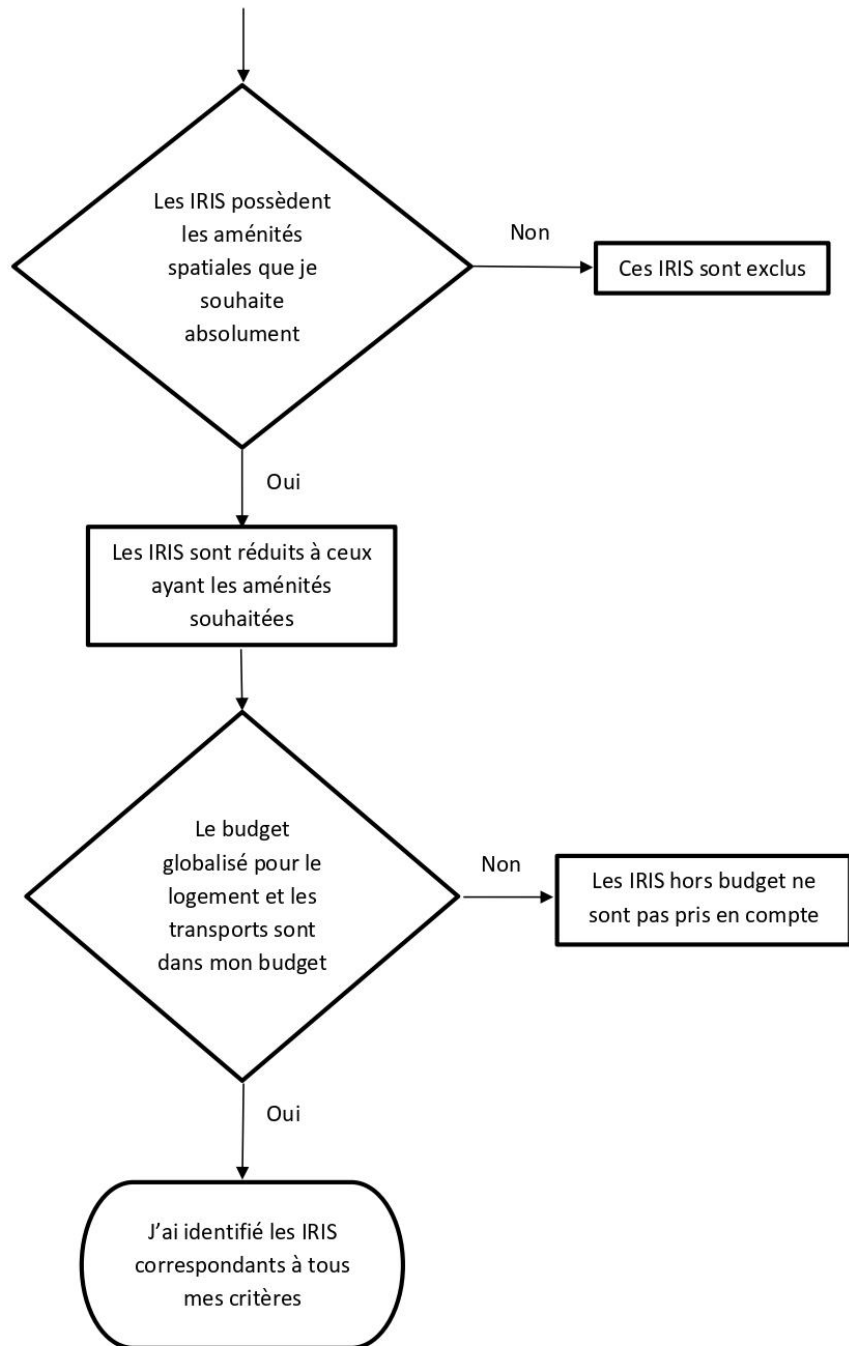


figure 4 : Diagramme suivi par l'utilisateur

Ce diagramme représente les choix que l'utilisateur doit faire, l'ordre des étapes est seulement un exemple. L'algorithme que nous cherchons à développer pourra avoir un ordre différent pour ces étapes, sans changer les IRIS finaux éligibles.

3. Structure de l'application Loc'Conform

L'application est pensée comme suit : une partie des données sont déjà dans l'application et l'autre partie, les informations relatives à l'utilisateur, doivent être saisies par ce dernier. Puis l'outil tourne avec les formules développées ci-après et renvoie une carte avec un échelle de couleurs.

A. Données en entrée.

Possédées par l'application

- Le découpage en IRIS de l'aire d'attraction étudiée, avec les données IGN.
- Prix moyen au mètre carré en euros à l'achat d'une maison par IRIS
- Prix moyen au mètre carré en euros à l'achat d'un appartement par IRIS
- Prix moyen au mètre carré en euros à la location d'une maison par IRIS
- Prix moyen au mètre carré en euros à la location d'un appartement par IRIS
- Le nombre d'arrêts de transports en commun dans l'IRIS
- Prix de l'abonnement aux transports en commun
- Présence de parcs et espaces verts dans l'IRIS
- Présence de commerces de proximité (boucherie ou épicerie ou supérette) dans l'IRIS
- Présence d'écoles dans l'IRIS (du primaire ou du secondaire)
- Adresse du centroïde des IRIS

Cette adresse est obtenue grâce à l'outil « entité vers point » de ArcGIS. L'adresse sera choisie à l'intérieur des IRIS même si le centroïde exact ne l'est pas.

Demandées à l'utilisateur

- Adresse de l'IRIS où l'utilisateur travaille
- Le type de logement que recherche l'utilisateur (maison ou appartement)
- Le type de recherche que l'utilisateur effectue (logement pour une location ou pour un achat)
- Budget mensuel toutes taxes comprises maximum en euros autorisé pour le loyer
- Budget mensuel maximum autorisé en euros pour le transport domicile-travail

Ces deux budgets seront regroupés pour pouvoir être redécoupés selon différentes proportions, pour tester l'hypothèse initiale de travail selon laquelle un logement plus cher mais plus proche du lieu de travail serait plus économique qu'un logement plus éloigné qui augmente le temps et surtout le budget de transport.

- Temps maximum autorisé en minutes pour un trajet aller ou un trajet retour entre le domicile et le travail
- Surface minimale du logement en mètres carrés que l'utilisateur souhaite louer ou acheter
- Utilisation des transports en commun obligatoire/possible/pas intéressé

- Présence de commerces de proximité obligatoire/possible/pas intéressé
- Présence d'écoles obligatoire/possible/pas intéressé
- IRIS du domicile actuel

Cette donnée servira pour calculer la variation de temps du trajet entre l'IRIS contenant l'ancien domicile et les autres IRIS.

- Tranche dans laquelle se trouve le budget mensuel toutes taxes comprises alloué au loyer actuellement

Cette donnée servira pour calculer la variation du budget global (loyer et transport confondus) entre la situation actuelle et les situations potentielles dans les différents IRIS.

B. Indices calculés

Indice de coût

L'hypothèse posée est que l'éloignement à la ville centre permet d'abaisser le prix du logement, tout en augmentant le temps de trajet domicile-travail et le prix dudit trajet. L'application demande à l'utilisateur d'indiquer un budget maximum mensuel pour le logement recherché et un budget mensuel pour les déplacements domicile-travail. Cependant pour pouvoir vérifier l'hypothèse, il nous faut regrouper les deux postes de dépenses en un seul pour n'avoir pour finir qu'un budget qui sera ou non avantageux pour l'utilisateur, quitte à ce que son logement coûte plus cher mais que le budget « transport » soit nul ou très inférieur à l'idée première de l'utilisateur.

Pour cela, la formule utilisée dans un premier temps est la suivante :

$$I_{C0} = \frac{C_l \times S + C_T}{L + C_{UT}}$$

Avec C_l le coût mensuel moyen en euros au mètre carré des IRIS du logement

S la surface minimale en mètres carrés que l'utilisateur veut acheter ou louer

C_T le coût mensuel du transport entre chaque IRIS et l'IRIS du travail

L le prix en euros que l'utilisateur pense être prêt à payer pour son logement

C_{UT} le coût mensuel du transport en euros que l'utilisateur pense être prêt à payer

Cette formule donne une variation sur \mathbb{R}^{+*} , c'est-à-dire que I_{C0} peut prendre des valeurs sur l'intervalle $]0, +\infty[$.

L'application utilisera les valeurs suivantes de I_C :

$$I_C = \begin{cases} 1 - I_{C0} & \text{si } I_{C0} \leq 1 \\ Nulle & \text{sinon} \end{cases}$$

Car lorsque I_{C0} est supérieur à 1, le budget global disponible du ménage pour le logement et le transport est inférieur au budget global de l'IRIS et le ménage ne pourra pas rentrer dans ses frais. Au contraire, lorsque I_{C0} tend vers 0, le budget du ménage est bien supérieur au budget nécessaire pour habiter dans l'IRIS et le ménage réalise des économies sur son budget global de logement et de transport. Ainsi le calcul de I_C permet d'avoir une variation entre 0 et 1 du même type que les autres indices, c'est-à-dire que lorsque I_C est égal à 0, le coût global de la zone est égal au coût global que l'utilisateur est prêt à payer et lorsque I_C tend vers 1, le coût global est bien inférieur au budget de l'utilisateur.

Indice de temps de trajet

En 2021 le temps de trajet-domicile travail moyen selon le « Baromètre mobilités et entreprises » (IFOP, 2021) était de 24 minutes par trajet. Pour presque un quart des 1000 personnes sondées, 24% (IFOP, 2021) la durée du trajet impacte leur qualité de vie au travail de manière négative.

Pour chaque IRIS cet indice calcule la variation entre le temps souhaité par l'utilisateur et le temps de trajet calculé avec Network Analyst. La formule sera donc la suivante :

$$I_{t0} = \frac{t_U - t}{t_U}$$

Avec t_U le temps maximal en minutes que l'utilisateur souhaite passer dans les transports et t le temps de trajet en minutes calculé avec Network Analyst entre les IRIS et l'IRIS « travail ».

$$I_t = \begin{cases} I_{t0} & \text{si } I_{t0} \geq 0 \\ Nul & \text{si } I_{t0} < 0 \end{cases}$$

Si I_{t0} est strictement inférieur à 0 alors la durée du trajet entre l'IRIS et l'IRIS de travail est supérieure à la durée que l'utilisateur souhaite passer pour un trajet domicile-travail. Dans ce cas l'IRIS n'est plus proposé en tant que localisation pour l'utilisateur. Lorsque I_{t0} est égal à 0 alors la durée du trajet

est égale à la durée maximale souhaitée par l'utilisateur, et lorsque I_{t0} tend vers 1, la durée du trajet est bien inférieure à la durée souhaitée par l'utilisateur, qui gagne alors du temps pour d'autres activités.

Lorsque l'IRIS d'origine est le même que l'IRIS « travail » alors le temps de trajet sera implémenté ainsi : la durée nécessaire pour parcourir en voiture, un « rayon » de l'IRIS. Ce « rayon » est calculé avec l'outil « Emprise géométrique minimale » d'ArcGIS, en divisant le diamètre du cercle minimum contenant le polygone de l'IRIS par deux. Le temps de trajet, pour tenir compte des écarts existants entre les IRIS des centres-villes et les communes n'ayant qu'un seul IRIS (donc une surface plus grande de manière générale), sera calculé pour un trajet en voiture sur la distance d'un « rayon ». De cette manière, les IRIS auront une distance interne et un temps de trajet proportionnels à la superficie de l'IRIS.

Indice de mode

Cet indice représentera le service de transports en commun dans l'IRIS, en prenant en compte le nombre d'arrêts de bus et de stations de tramway présents par rapport au nombre maximal d'arrêts et de stations présents dans un même IRIS.

$$I_m = \frac{\text{nombre d'arrêts et de stations dans l'IRIS}}{\text{nombre maximal d'arrêts et de stations présents dans un seul IRIS}}$$

Cet indice est quantitatif et donne une idée du niveau de service de l'IRIS en considérant que plus d'arrêts et de stations correspondent à plus de bus et de tramways sur un même intervalle de temps. Lorsque I_m est égal à 1 la zone est la mieux desservie en termes d'arrêts et de stations. Lorsque I_m est égal à 0 la zone n'est pas desservie du tout.

Indice d'aménités

Cet indice représentera la qualité de l'IRIS, la présence de ces atouts dans l'IRIS, en fonction de la vision de l'utilisateur sur ces trois aménités. L'indice de transport I_T sera un indice quantitatif du service des transports en commun présent dans l'IRIS. Pour cela l'application calculera le nombre d'arrêts présents dans l'IRIS (indépendamment du mode de transport, en regroupant les arrêts de bus et de tramway) et le divisera par le nombre maximum d'arrêts présent dans un seul IRIS. Cet indice sera nul lorsqu'aucun arrêt n'est présent dans l'IRIS et égal à 1 lorsque la zone sera la mieux desservie.

Les aménités prises en compte sont les suivantes : les écoles, les commerces de proximité et les parcs et espaces naturels.

Pour chaque aménité l'utilisateur indique si la présence de celle-ci ne lui importe pas, est un plus ou est obligatoire pour lui. Dans ce dernier cas, lorsque l'utilisateur veut absolument avoir une aménité présente dans l'IRIS du logement potentiel, toutes les zones sans ces aménités sont exclues du calcul. Pour les aménités dont la présence est un plus sans être obligatoire pour l'utilisateur, l'indice sera calculé suivant la formule :

$$I_A = \begin{cases} \text{Nul si } i_1 + i_2 + i_3 = 0 \\ \frac{i_1 \times P_1 + i_2 \times P_2 + i_3 \times P_3}{i_1 + i_2 + i_3} & \text{sinon} \end{cases}$$

Avec i_1 l'importance de l'aménité 1 pour l'utilisateur (arbitrairement choisie comme étant l'aménité école), i_2 l'importance de l'aménité 2 pour l'utilisateur (aménité commerces de proximité) et i_3 l'importance de l'aménité 3 pour l'utilisateur (aménité parcs et espaces verts). L'importance de l'utilisateur pour chaque aménité est un entier valant 0 lorsque l'aménité n'intéresse pas l'utilisateur, 1 lorsque l'aménité est un avantage pour l'utilisateur sans être une obligation et 2 lorsque l'utilisateur veut absolument l'aménité. Les P concernent la présence des aménités dans la zone, ici P_1 prend la valeur 0 s'il n'y a pas d'écoles dans la zone ou 1 s'il y a des écoles, P_2 prend la valeur de 0 s'il n'y a pas de commerces de proximité tels que défini précédemment ou de 1 sinon et P_3 prend la valeur 0 lorsque la zone ne possède pas d'espace vert ou de parc naturel ou 1 lorsque la zone a un espace naturel ou un parc. L'indice I_A vaut 1 lorsque les trois aménités sont présentes et représentent au moins un avantage pour l'utilisateur (ou une obligation). Il varie entre 1 et 0 lorsque les aménités ne sont pas toutes présentes.

Indice LC

Cet indice est la finalité de l'outil , il relie les différents paramètres précédemment décrits et indique par une valeur allant de 0 à 1 si l'IRIS considéré correspond complètement aux attentes de l'utilisateur (lorsque LC est égal à 1) ou au contraire si aucune des demandes de l'utilisateur ne sont remplies (lorsque LC est égal à 0). C'est cet indice qui est symbolisé sur la carte par un dégradé de couleurs allant du vert lorsque LC tend vers 1 au rouge lorsque LC tend ou est équivalent à 0.

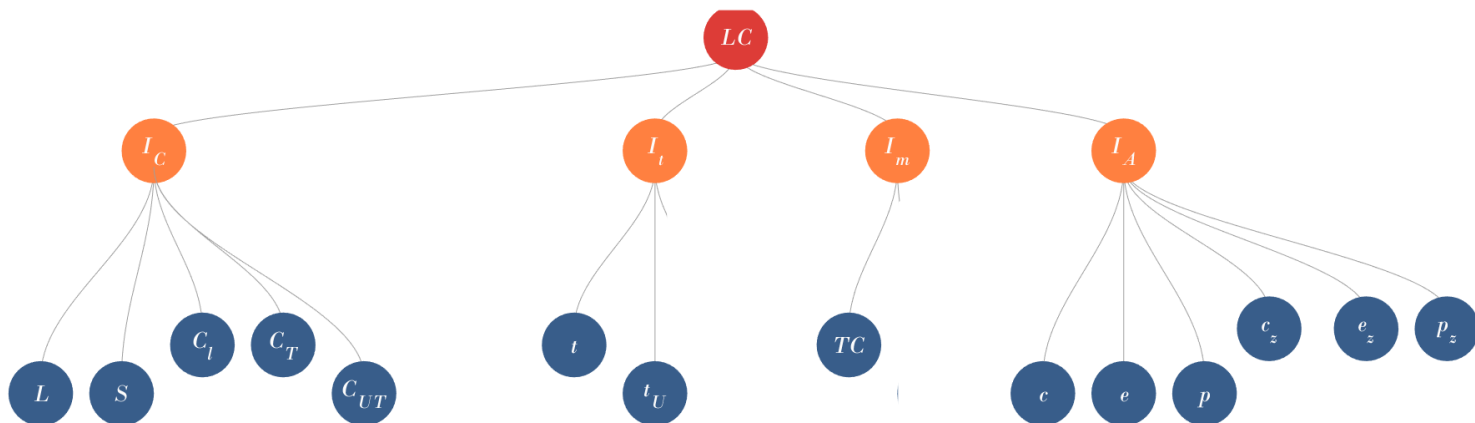
La formule utilisée pour calculer cet indice LC final est la suivante :

$$LC = \frac{a \times I_C + b \times I_t + c \times I_m + d \times I_A}{a + b + c + d}$$

Avec I_C , I_t , I_m et I_A les 4 indices précédemment définis, a l'importance entre 1 et 5 de I_C pour l'utilisateur, b l'importance de I_t , c l'importance de I_m et d l'importance de I_A , toujours entre 1 et 5 pour l'utilisateur (1 indice pas très important, 5 indice primordial selon l'utilisateur).

Cette méthode de somme pondérée permet à l'utilisateur de choisir le poids de chaque indice en fonction de ses préférences.

C. Logigramme répertoriant l'ensemble des variables de l'application



LC l'indice de l'IRIS

I_C l'indice de coût regroupant le coût du logement et le coût du transport

L_A la tranche à laquelle appartient le loyer actuel de l'utilisateur

C_A la tranche du coût du trajet domicile-travail actuel de l'utilisateur

L le loyer que l'utilisateur pense être prêt à payer

S la surface minimale que l'utilisateur veut louer

C_l le coût du loyer au mètre carré de l'IRIS

C_T le coût mensuel du trajet entre l'adresse de l'IRIS et l'adresse de l'IRIS « travail »

C_U_T le coût mensuel du trajet que l'utilisateur souhaite

I_t l'indice de temps de trajet

t le temps de trajet entre les IRIS et l'IRIS « travail » en minute

t_U le temps maximal que l'utilisateur est prêt à passer dans les transports pour un trajet aller entre son domicile et son travail en minute

I_m l'indice de la desserte de l'IRIS en transport en commun (intégré à I_A ?)

TC la desserte de l'IRIS en transports en commun

TC_U l'importance pour l'utilisateur des transports en commun (0,1 ou 2)

I_A l'indice d'aménités

c, e et p respectivement l'importance (0, 1 ou 2) pour l'utilisateur des commerces de proximité, des écoles et des parcs

c_z, e_z et p_z respectivement la présence dans l'IRIS des commerces, des écoles et des parcs

D. Données en sortie

Un indice allant de 0 à 1 représentant un taux de correspondance entre les souhaits de l'utilisateur et le terrain. Un indice de 0 représente une inadéquation entre les critères voulus par l'utilisateur et la réalité du terrain. Un indice de 1 représente un terrain correspondant totalement aux critères voulus par l'utilisateur. Une carte représentant cet indice LC selon une classification de Jenks sera présentée à l'utilisateur. Cette classification permet de représenter des classes homogènes, en maximisant la variance entre les classes et minimisant la variance au sein d'une même classe. L'utilisateur verra vraiment les IRIS les plus compatibles avec ses critères et ceux le moins compatibles, avec des classes relatives à ses choix.

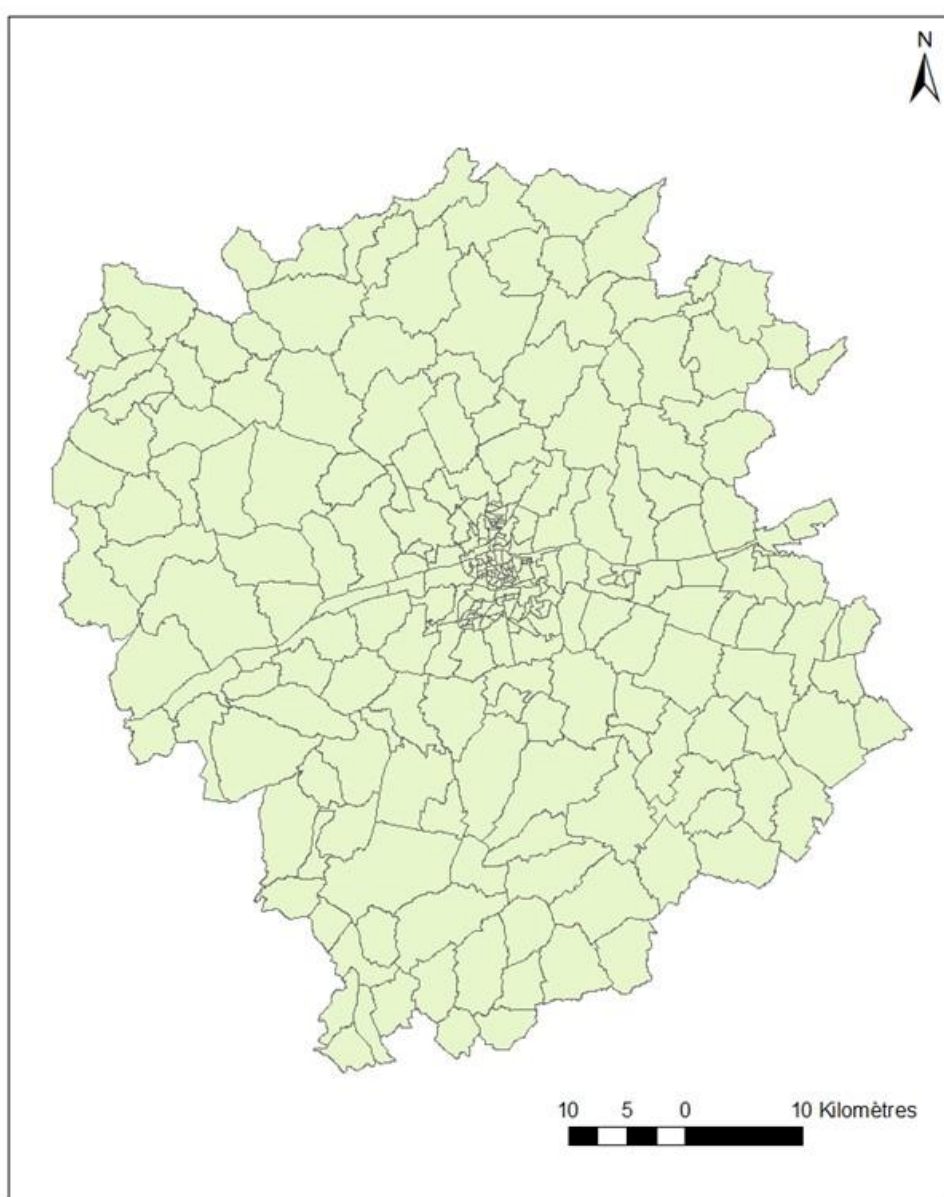
III – Mise en application du modèle sur l'aire d'attraction tourangelle

1. Choix de l'aire d'attraction

À la suite des différents projets réalisés pendant le cursus à Polytech Tours et les différentes rencontres réalisées, les échantillons de l'aire d'attraction de Tours nous sont connus, ou du moins familiers. L'aire d'attraction de la métropole tourangelle apparaît comme une zone d'étude acceptable.

Sur la carte ci-dessous, le découpage de l'aire d'attraction en IRIS :

Découpage en IRIS des communes de l'aire d'attraction de Tours



Source : INSEE 2020, IGN BD TOPO 2021

Auteur : C. Chapuis

figure 5 : Découpage de l'aire d'attraction de Tours en IRIS

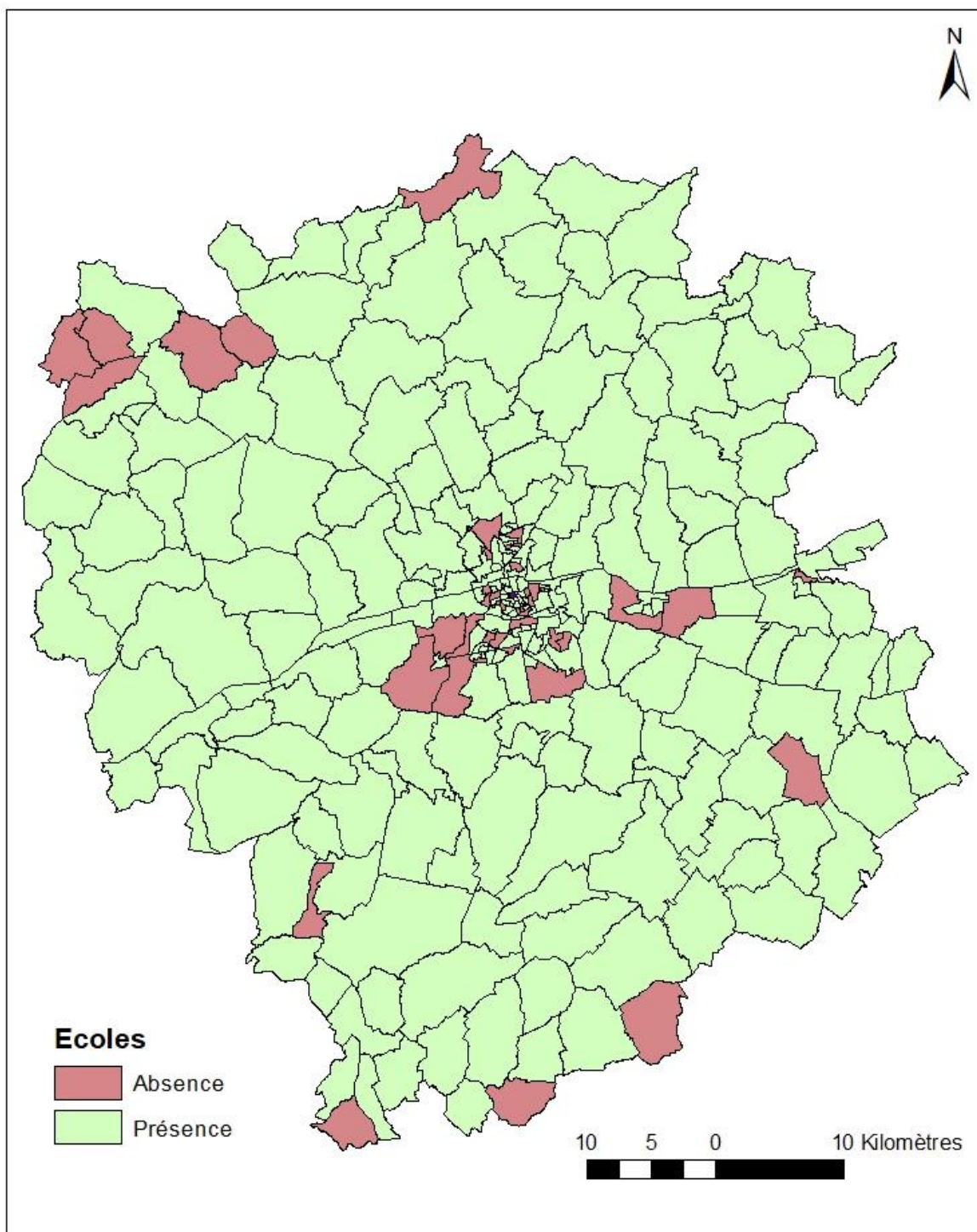
L'aire d'attraction tourangelle est composée de 162 communes, dont 12 sont découpées en IRIS, les autres ont un seul IRIS correspondant à la commune. L'aire d'attraction possède 269 IRIS.

2. Les indices fixes calculés sur l'aire d'attraction de Tours

Sur les quatre indices intermédiaires utilisés pour calculer l'indice final LC, un est indépendant de l'utilisateur, l'indice I_m . D'autres paramètres ne changeront pas non plus, ceux de la présence ou non des aménités. Cette partie permettra de visualiser ces différents paramètres indépendants des choix de l'utilisateur.

A. L'aménité « écoles »

IRIS de l'aire d'attraction de Tours
Présence d'écoles primaires ou secondaires



Source : INSEE 2020 et 2021, IGN BD TOPO 2021, DEPP 2021

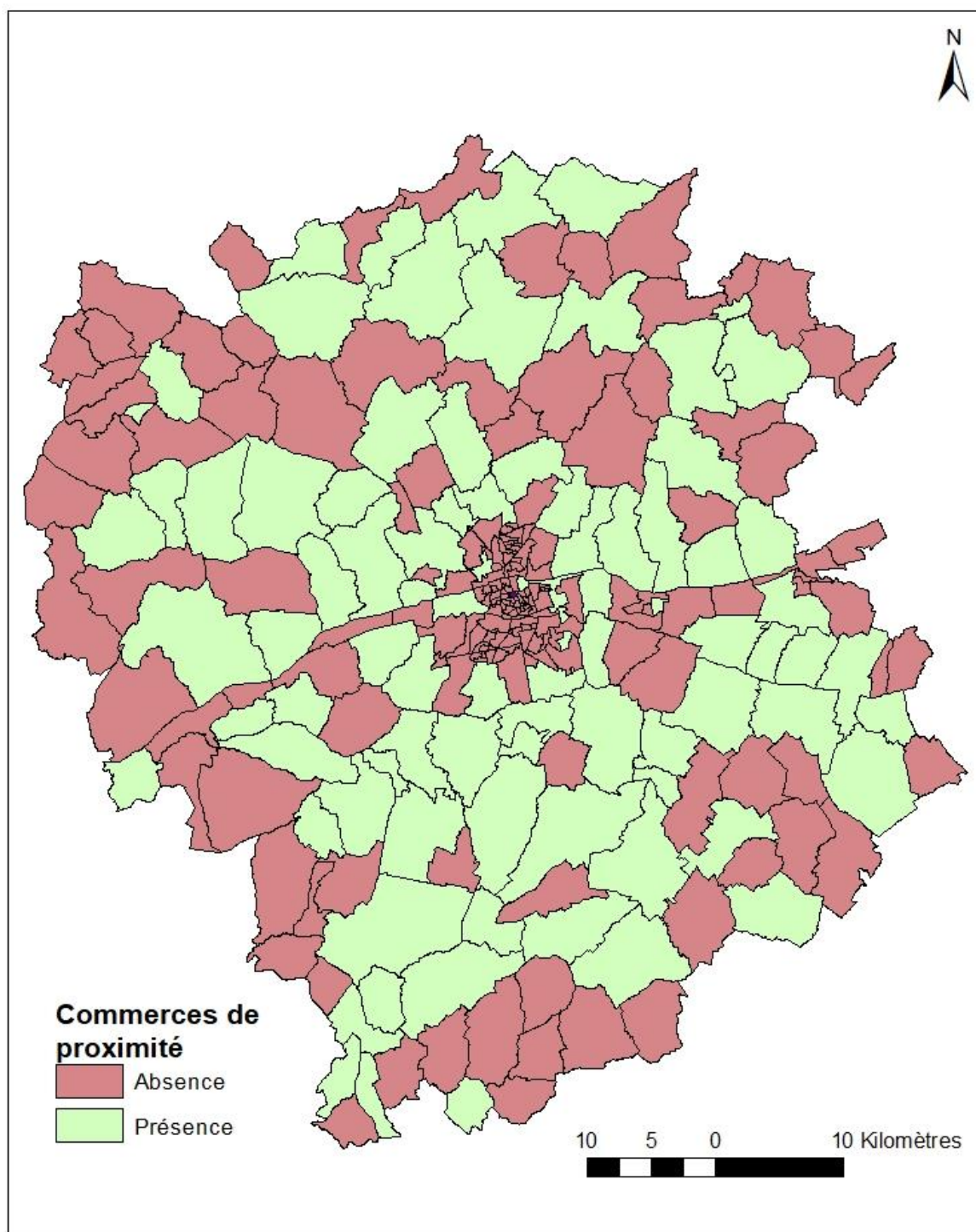
Auteur : C. Chapuis

figure 6 : Présence de l'aménité "écoles" dans les IRIS

L'aire d'attraction tourangelle possède 44 IRIS sans écoles de niveau primaire ou secondaire.

B. L'aménité « commerces de proximité »

IRIS de l'aire d'attraction de Tours
Présence de commerces de proximité



Source : INSEE 2020 et 2021, IGN BD TOPO 2021

Auteur : C. Chapuis

figure 7 : Présence de l'aménité "commerces de proximité" dans les IRIS

184 IRIS de l'aire d'attraction ne possèdent ni boulangerie, ni épicerie, ni supérette.

C. L'aménité « parcs naturels et espaces verts »

IRIS de l'aire d'attraction de Tours Présence de parcs et espaces verts



Source : INSEE 2020 et 2021, IGN BD TOPO 2021

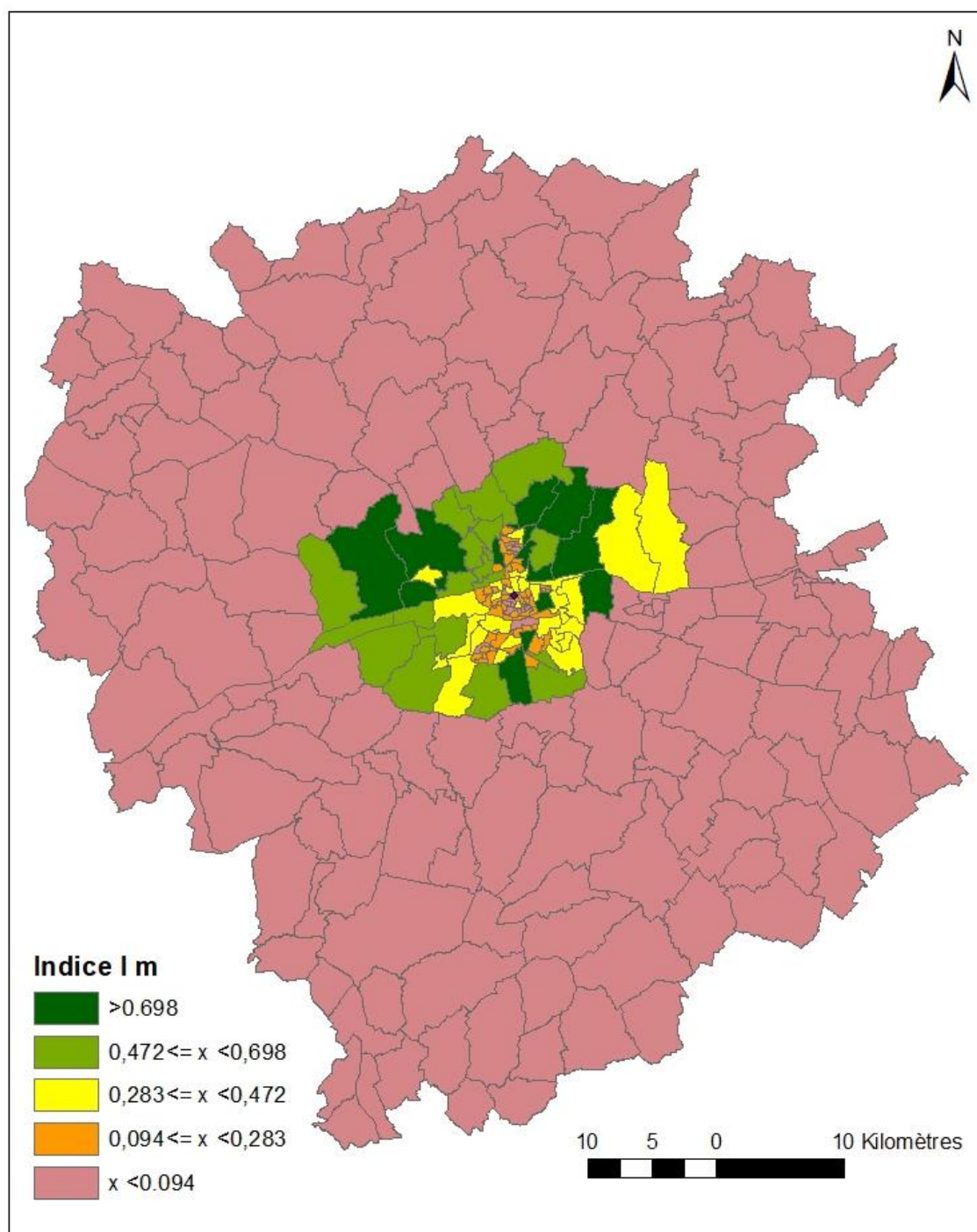
Auteur : C. Chapuis

figure 8 : Présence de l'aménité "parcs et espaces verts"

Étant donné la définition des parcs naturels et espaces verts précédemment citée, l'aire d'attraction de Tours possède seulement 7 IRIS sans parcs ou espaces verts.

D. L'indice I_m du mode de transport

IRIS de l'aire d'attraction de Tours
Indice de mode



Source : INSEE 2020 et 2021, IGN BD TOPO 2021, FilBleu 2021

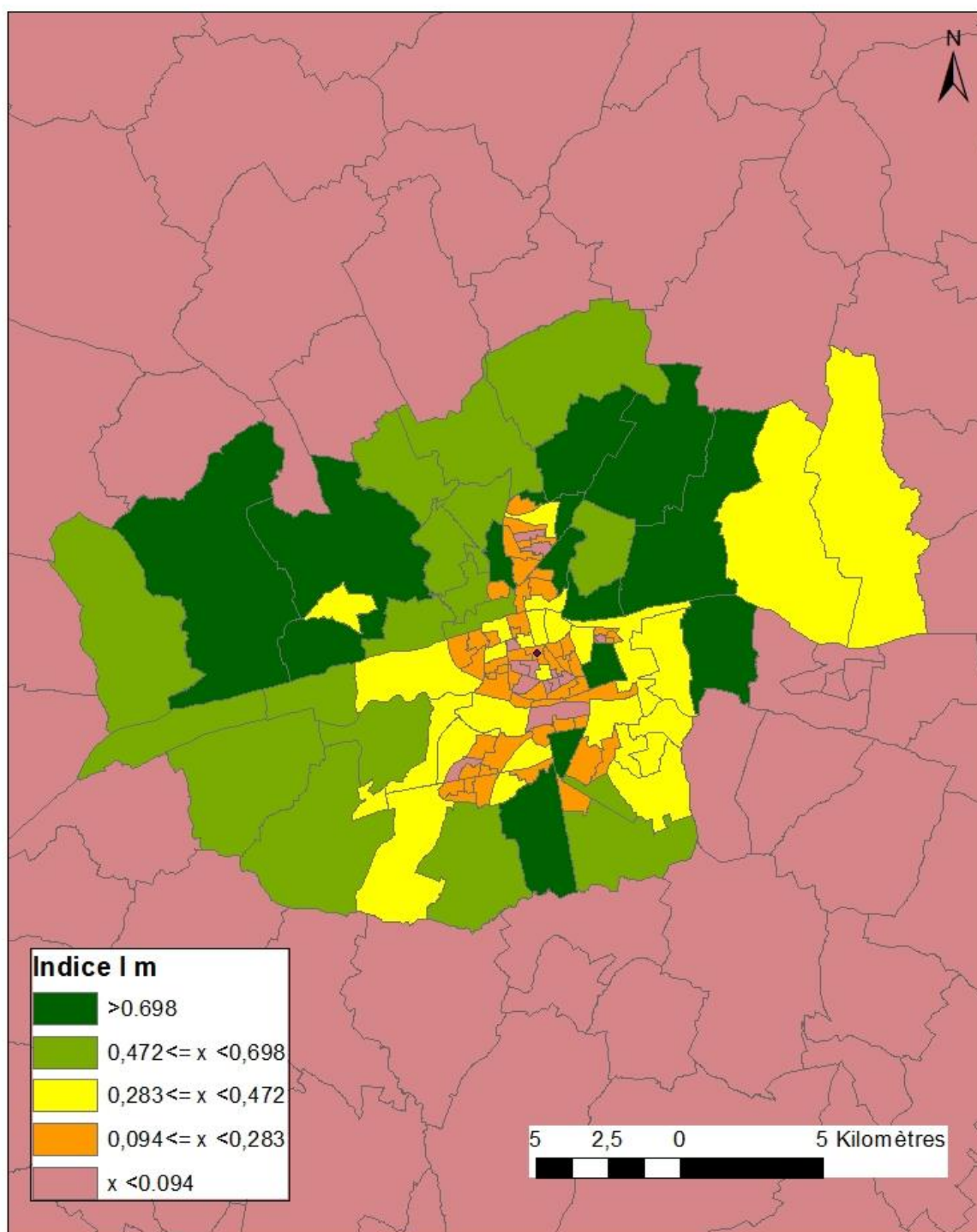
Auteur : C. Chapuis

figure 9 : Indice calculé I_m

Les IRIS trop éloignés du cœur de l'aire d'attraction ne possèdent pas d'arrêts de bus ou de station de tramway.

IRIS des communes centres et de la première couronne

Indice de mode



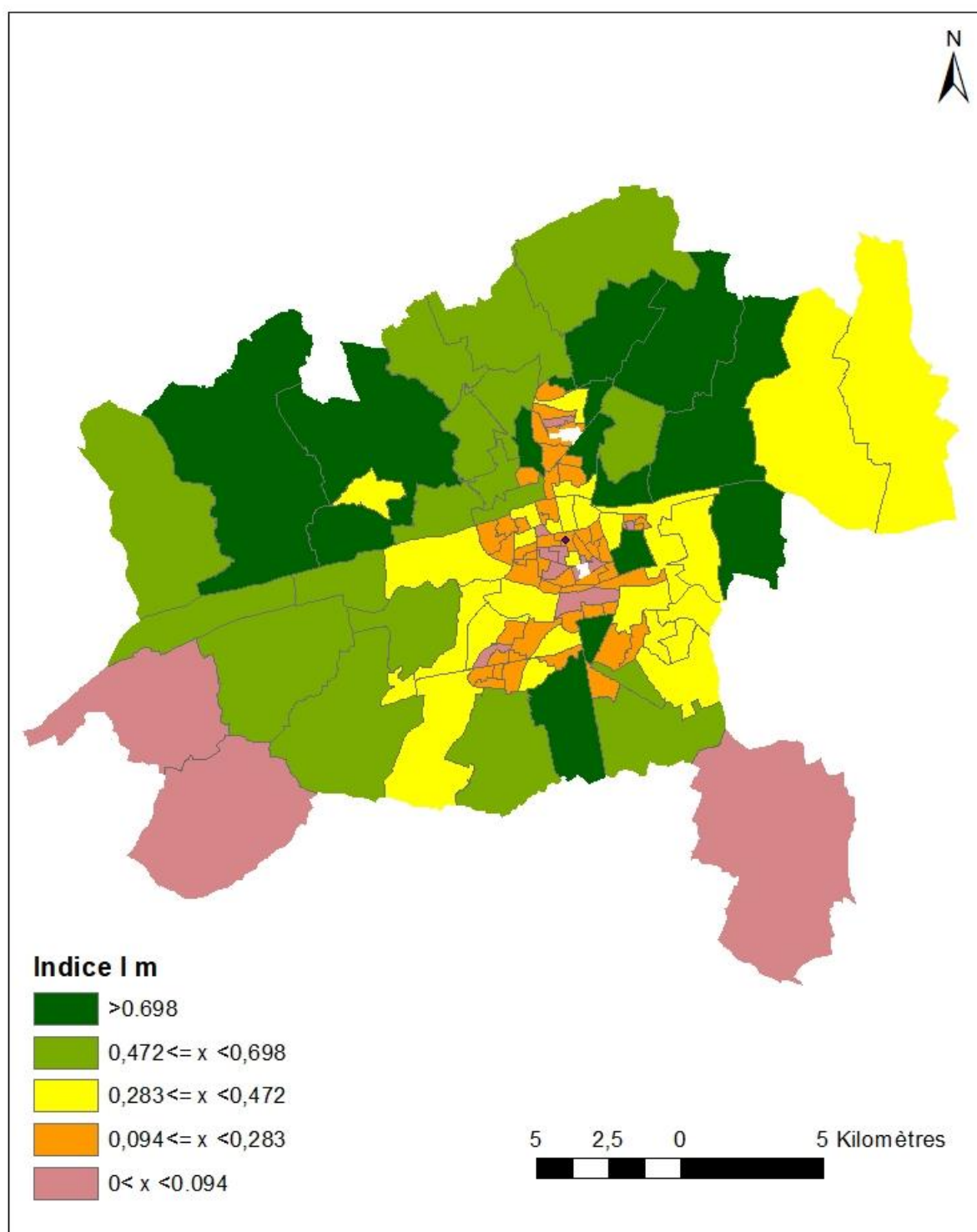
Source : INSEE 2020 et 2021, IGN BD TOPO 2021, Fil Bleu 2021

Auteur : C. Chapuis

figure 10 : Indice calculé I_m , zoom sur le centre de l'aire d'attraction

Certains IRIS du cœur de l'aire d'attraction sont peu ou pas desservis par les lignes de bus ou la ligne de tramway.

Indice de mode non nuls



Source : INSEE 2020 et 2021, IGN BD TOPO 2021, Fil Bleu 2021

Auteur : C. Chapuis

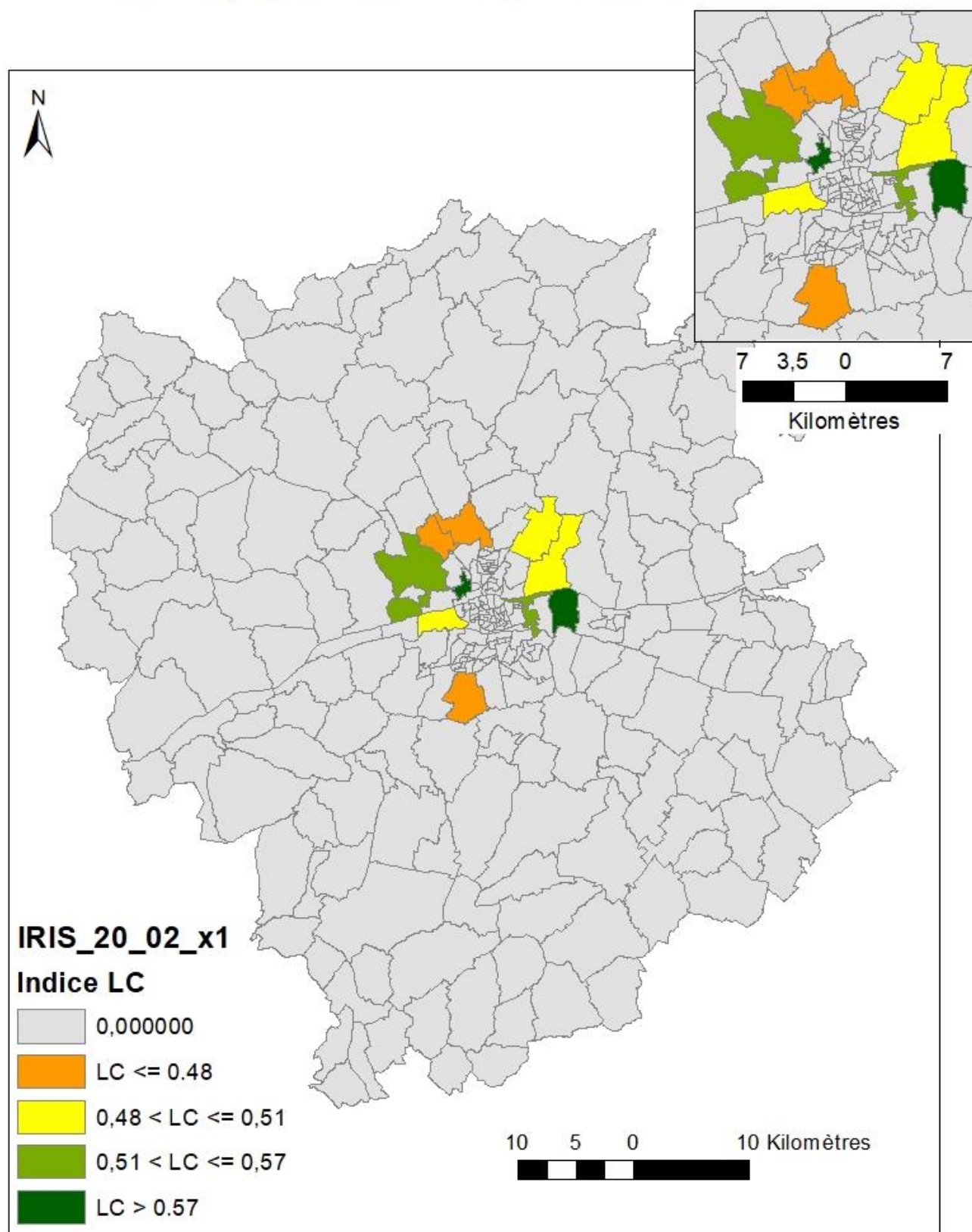
figure 11 : Indice calculé I_m non nul

Cette carte représente les IRIS desservis par le mode de transport bus et/ou tramway suivant l'hypothèse émise dans la partie II. Si l'utilisateur souhaite absolument utiliser les transports en communs ce sont ces IRIS seulement qui seront pris en compte pour le calcul final de l'indice LC.

3. Calcul de LC pour l'utilisateur x1

L'utilisateur x1 veut absolument les 3 aménités dans son IRIS de logement et il veut prendre les transports en commun pour se rendre sur son lieu de travail. Il souhaite un logement en location, d'au moins 60m². Il préfère un appartement qu'une maison. Son budget mensuel est de maximum 800 euros pour son logement et de 50 euros pour les trajets domicile-travail. Il ne veut pas passer plus de 30 minutes pour un trajet aller ou retour entre son domicile et son travail. Il travaille dans l'IRIS Grammont 2 dans le centre de Tours. Pour lui les quatre critères sont aussi importants, il indique 5 en importance pour tous.

IRIS compatibles avec les critères de l'utilisateur x1



Source : INSEE 2021

Auteur : C. Chapuis

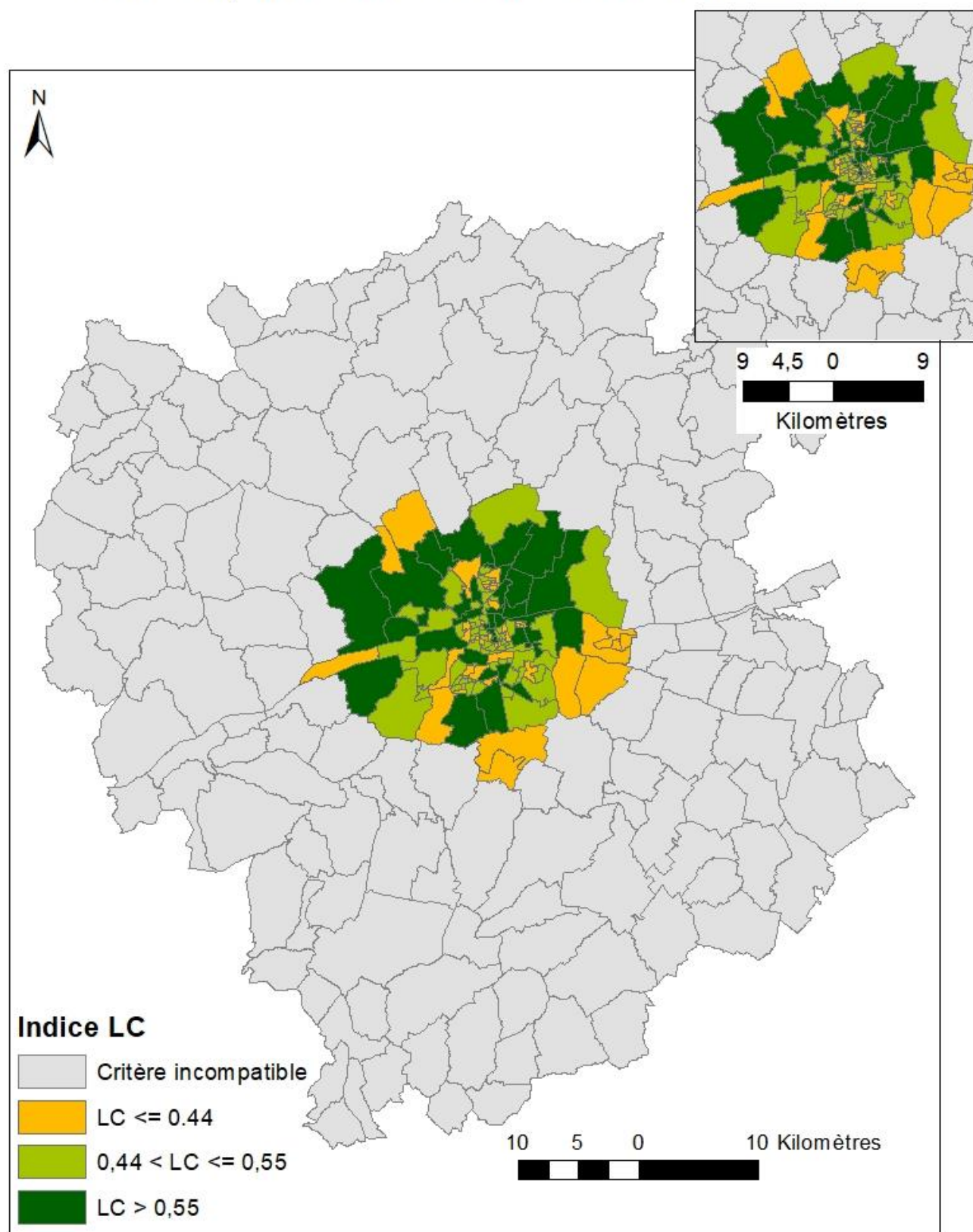
figure 12 : Indice LC pour l'utilisateur x1

Cet utilisateur très exigeant voit le nombre d'IRIS compatibles avec tous ses critères. Il y a exactement 10 IRIS à moins de 30 minutes de son IRIS de travail, possédant des arrêts de bus ou des stations de tramway, ayant les 3 aménités et entrant dans son budget.

4. Calcul de LC pour l'utilisateur x2

L'utilisateur x2 trouve les aménités proposées intéressantes sans les vouloir obligatoirement, de même il utiliserait les transports en commun si possible mais sinon il se déplacerait en voiture. Il recherche une maison de 80m² en location. Son budget mensuel est de maximum 2000 euros pour son logement et 400 euros pour ses déplacements. Il souhaite ne pas passer plus de 40 min dans les transports pour se rendre sur son lieu de travail. Lui aussi, comme l'utilisateur x1, travaille dans l'IRIS Grammont 2.

IRIS compatibles avec les critères de l'utilisateur x2



Source : INSEE 2021

Auteur : C. Chapuis

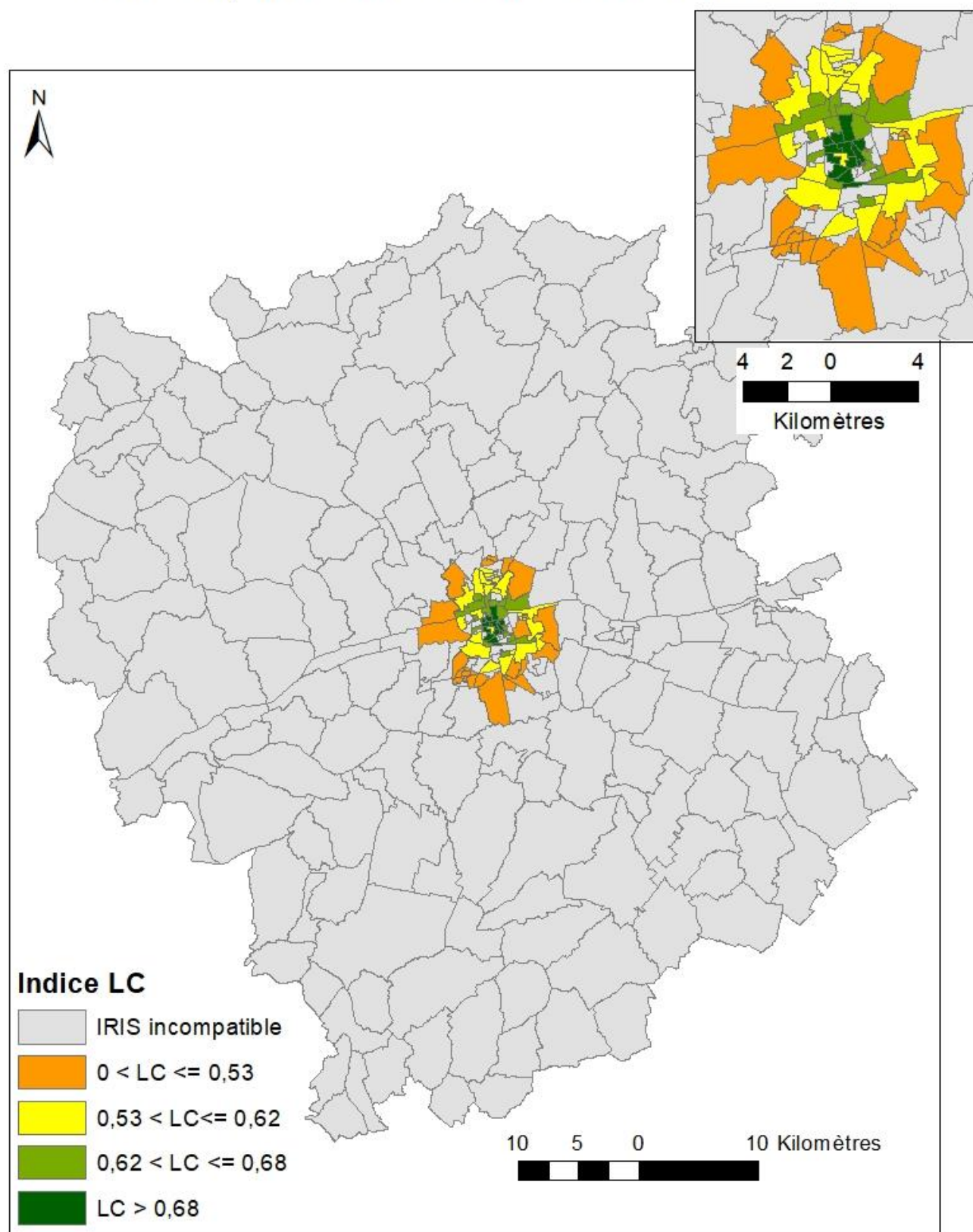
figure 13 : Indice LC calculé pour l'utilisateur x2

Contrairement à l'utilisateur x1, l'utilisateur x2 est moins contraignant dans ses critères, et cela est visible rien qu'avec le nombre d'IRIS compatibles : 129 IRIS de logement potentiels.

5. Calcul de LC pour l'utilisateur x3

L'utilisateur x3 veut absolument, sur les 3 aménités proposées, l'aménité « écoles ». Les « commerces de proximité » ne lui importent pas du tout et les parcs et espaces verts sont un plus pour lui. Il sait qu'il se déplacera en voiture dans tous les cas de figure. Il veut passer moins de 20 minutes pour un trajet aller ou retour entre son IRIS d'habitation et son IRIS de travail. Son budget mensuel maximal est de 2000 euros pour son logement et 400 euros pour ses déplacements. Il cherche un appartement en location d'au moins 80 m². Il travaille lui aussi dans l'IRIS Grammont 2.

IRIS compatibles avec les critères de l'utilisateur x3



Source : INSEE 2021

Auteur : C. Chapuis

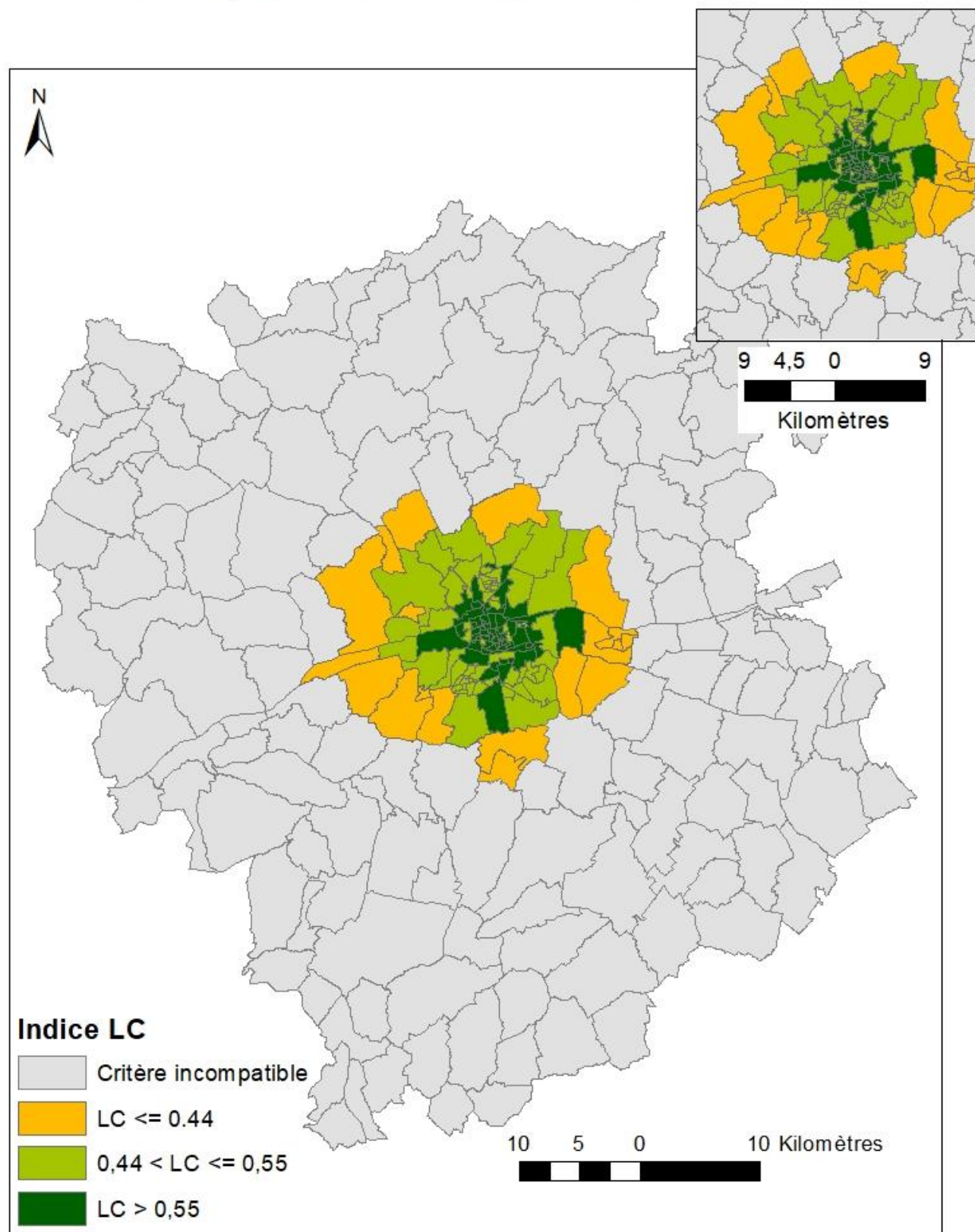
figure 14 : Indice LC calculé pour l'utilisateur x3

L'utilisateur voulant absolument une école à proximité de son logement, les IRIS sans écoles sont exclus du résultat avec un indice LC nul. C'est ce critère qui exclut certains IRIS du centre-ville de Tours.

6. Calcul de LC pour l'utilisateur x4

L'utilisateur x4 est identique à l'utilisateur x2, seulement il porte plus d'importance à la durée du trajet (importance à 4) et au coût global (importance à 3) qu'à la présence d'aménités et de transports en commun (importance à 1 pour les 2). La carte suivante est alors obtenue avec ces paramètres :

IRIS compatibles avec les critères de l'utilisateur x4



Source : INSEE 2021

Auteur : C. Chapuis

figure 15 : Indice LC calculé pour l'utilisateur x4

Le niveau d'importance de chaque critère ne joue pas sur la compatibilité des IRIS mais il a un fort impact sur le classement des IRIS. En comparant

Conclusion

L'objet de ce rapport était de construire un outil permettant de localiser, selon plusieurs paramètres, les meilleures zones dans lesquelles chercher un logement pour l'utilisateur de l'application. Grâce aux nombreux modèles économiques déjà existant, tels que le modèle d'Alonso ou celui de Richardson, qui cherchaient la localisation statistique des ménages, les paramètres à utiliser pour notre outil sont très vite apparus. Les différents indices calculés sont un regroupement logique des paramètres d'entrée, comme le fait de regrouper le coût du logement et le coût des déplacements domicile-travail pour pouvoir prendre en compte l'hypothèse initiale de travail.

L'outil est défini aujourd'hui d'une telle manière qu'il est utilisable en calculant les différentes étapes manuellement, bien que toujours améliorable dans la précision des paramètres ou l'utilisation de formules mathématiques plus recherchées. Le découpage en IRIS est pratique pour les calculs et l'affichage de l'application, mais il possède des effets de bords non négligeable pour les personnes habitant le long des « frontières » des IRIS, par exemple une personne d'un IRIS A peut être considérée comme n'ayant pas accès aux TC mais que en traversant la frontière avec l'IRIS B elle soit à 2 minutes à pied des TC. Un autre exemple serait la présence d'écoles dans les IRIS du centre-ville de Tours, le calcul de LC exclu des IRIS parce qu'ils n'ont pas d'écoles dans leurs frontières, mais des écoles sont parfois facilement accessibles dans les IRIS limitrophes. Ces effets peuvent être annulés en utilisant des distances au centre de l'IRIS plutôt que la présence ou non dans l'IRIS, cependant cette distance devra être en fonction des IRIS car les IRIS-communes ont des distances différentes à parcourir par rapport aux IRIS du cœur de l'aire d'attraction.

Une autre amélioration de ce travail serait l'automatisation des étapes afin d'avoir une application fonctionnelle plutôt qu'une description détaillée de la méthode à suivre.

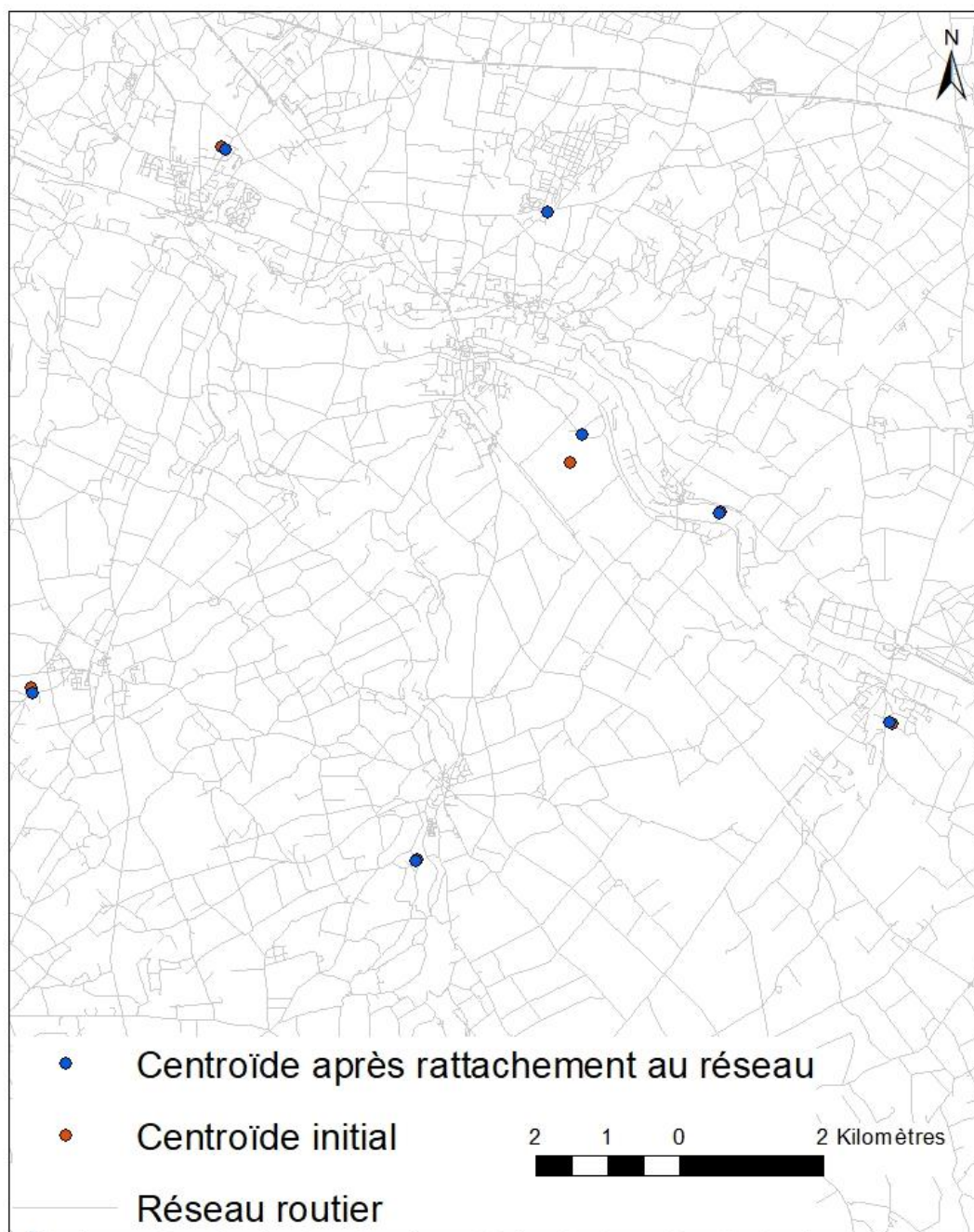
ANNEXE 1 : NETWORK ANALYST ET MATRICE OD

L'outil « Network Analyst » permet, entre autres, de calculer des matrices OD (pour origines-destinations) selon différents coûts, cela peut être le coût en termes de distance entre chaque paire OD ou en terme de temps avec la durée nécessaire pour se rendre de l'origine à la destination pour chaque paire OD. Dans le contexte présenté dans la partie II, nous utiliserons le coût de la durée du trajet.

Pour calculer le temps d'un trajet il est nécessaire d'avoir un réseau sur lequel s'appuyer pour calculer la distance et la durée en fonction des différents itinéraires possibles. Puisque nous voulons implémenter plusieurs modes de transport, le travail s'effectue dans une géodatabase afin de pouvoir utiliser plusieurs fichiers sources pour le réseau. Ici un fichier de forme contenant le réseau de routes de l'aire d'attraction (réseau extrait du réseau de la région (IGN BD TOPO, 2021)) et le réseau formé par les lignes de bus et la ligne de tramway (FilBleu , 2021) forment le réseau multimodal de l'aire d'attraction tourangelle. Les stations de tramway et les arrêts de bus correspondent à des points de connexion entre les 2 réseaux, par exemple un piéton peut utiliser la voirie pour se rendre à un arrêt de bus, puis passer sur le réseau formé par les lignes de bus et ensuite repasser sur le réseau de la voirie pour finir son trajet.

Les centroïdes ne tombant pas toujours sur un tronçon routier, l'outil capturer est utilisé afin de rabattre les centroïdes sur le réseau routier, avec une distance de recherche de 420 mètres car le centroïde le plus éloigné des tronçons se trouve autour de 417 mètres du tronçon le plus proche.

Visualisation avant et après l'utilisation de l'outil "Capturer"



Source : INSEE 2020 et 2021, IGN BD TOPO 2021

Auteur : C. Chapuis

La matrice OD est calculée avec l'ensemble des IRIS pour « Origines » et l'IRIS de travail pour « Destination », avec l'impédance de la durée du trajet plutôt que la distance. La table attributaire des lignes en sortie possède donc 269 lignes correspondant à tous les couples OD deux à deux avec la durée du trajet, elle est jointe à la table des IRIS avec une jointure sur les Origines pour pouvoir être utilisée dans les calculs de I_C et in fine de LC.

ANNEXE 2 : OUTIL « EMPRISE GEOMETRIQUE MINIMALE »

Cet outil permet d'obtenir le diamètre du cercle dans lequel est inscrit chaque IRIS. La géométrie de l'emprise est définie sur « CIRCLE ». L'option de groupe est défini sur les listes et le champ de liste est défini sur le code de l'IRIS afin que chaque IRIS soit traité séparément. L'option de champ « mbg » est activé pour avoir la géométrie de la forme, ici le diamètre du cercle le plus petit contenant l'IRIS.

BIBLIOGRAPHIE

- Aissaoui Hind, Bouzouina Louafi, Bonnel Patrick, *Choix de localisation résidentielle, entre contraintes du marché et préférences individuelles : application à l'aire urbaine de Lyon (1999)*, Revue d'Économie Régionale & Urbaine, 2015/4 (Octobre), p. 629-656. DOI : 10.3917/reru.154.0629. URL : <https://www.cairn.info/revue-d-economie-regionale-et-urbaine-2015-4-page-629.htm>
- ALONSO William, *Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent*. Harvard Univ Press, Cambridge, 1964
- APPOLINAIRE Corentin, *Elaboration d'un Immo-Mobili-Score pour un choix éclairé du coût de sa localisation résidentielle*. PFE : Génie de l'Aménagement et de l'Environnement. Tours : Polytech Tours, 2021, 56 p.
- Autorité de Régulation des Transports, *Le transport de voyageurs en France* [en ligne] (réf. 12/2021) Disponible sur : <https://www.autorite-transport.fr/wp-content/uploads/2021/12/le-transport-de-voyageurs-en-france-avant-covid19.pdf> (20/01/22)
- BREVET Nathalie, « Les parcours résidentiels internes des ménages résidant à Marne-la-Vallée : vertus et limites de la mobilité dans le processus d'ancrage », *L'Information géographique*, 2010/3 (Vol. 74), p. 69-86. DOI : 10.3917/lig.743.0069. URL : <https://www.cairn.info/revue-l-information-geographique-2010-3-page-69.htm>
- CSA, *Les furets : indice des dépenses contraintes – vague 2* [en ligne] (réf. 03/2021) Disponible sur : https://csa.eu/csa-content/uploads/2021/03/csa_les-furets-indice-des-depenses-contraintes_vague-2-002.pdf (17/01/22)
- DES (Données et Etudes Statistiques), *Données sur le parc des véhicules au 1er janvier 2019* [en ligne] (réf. 30/04/2019) Disponible sur : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-sur-le-parc-des-vehicules-au-1er-janvier-2019> (14/12/21)
- DGEC, *Prix des produits pétroliers* [en ligne]. (réf. du 11/01/22) Disponible sur : https://www.ecologie.gouv.fr/prix-des-produits-petroliers#scroll-nav_5 (12/01/22)
- Direction de l'information légale et administrative, *Frais professionnels : les barèmes kilométriques 2021 pour les voitures* [en ligne] (réf. 19/02/21) Disponible sur : <https://www.service-public.fr/particuliers/actualites/A14686> (7/01/22)
- FROUTE, P. *Les choix de localisation des hommes et des activités dans l'espace* [en ligne]. (2018) Disponible sur : <https://www.wikiterritorial.cnfpt.fr/xwiki/bin/view/vitrine/Les%20territoires%20et%20le%20d%C3%A9veloppement%20%C3%A9conomique%20local#H1LespremiE8resthE9oriesdeschoixdelocalisation> (17/11/21)
- Hamilton B-W (1982) Wasteful Commuting. *Journal of Political Economy* 90 (5) : 1035-53
- Haut Conseil de Stabilité Financière, *RECOMMANDATION N° R-HCSF-2021-1 relative à l'octroi de crédits immobiliers résidentiels en France* [en ligne] (réf. 27/01/21) Disponible sur : <https://www.economie.gouv.fr/hcsf/les-recommandations-du-hcsf> (20/01/22)
- INSEE, *France, portrait social - Consommation et épargne des ménages* [en ligne]. (réf. du 19/11/2019) Disponible sur : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4238367?sommaire=4238781> (17/11/2021)
- INSEE, *Population active et taux d'activité au sens du recensement selon le sexe et l'âge en 2018* [en ligne]. (réf. du 30/06/21) Disponible sur : https://www.insee.fr/fr/statistiques/2012710#tableau-TCRD_015_tab1_departements (17/01/22)

- Lesfurets, CSA, *Les Français et leurs dépenses contraintes : résultats d'octobre 2021* [en ligne] (réf. 10/2021) Disponible en ligne : <https://www.lesfurets.com/indice-des-depenses-contraintes> (17/01/22)
- LIZAK Marie, ViaMichelin : un nouvel outil pour calculer le coût d'usure de sa voiture. *AutoMoto* [en ligne]. (réf. du 18/03/21) Disponible sur : <https://www.auto-moto.com/actualite/societe/viamichelin-nouvel-outil-calculer-cout-dusure-de-voiture-266484.html> (10/12/21)
- Mcfadden D, Modelling the choice of residential location. In: Karlqvist A, Lundqvist L, Snickars F, Weibull J *Spatial Interaction Theory and Planning Models*. 1978 North-Holland, Amsterdam: 75-96.
- Observatoire des Territoires, *Durée moyenne d'un déplacement domicile-travail en 2020* [en ligne]. (2022) Disponible sur : <https://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/visiotheque/2019-2020-rapport-planche-7-duree-moyenne-dun-deplacement-domicile-travail-en-2020>
- OECD. *Cultiver les aménités rurales : Une perspective de développement Economique* [en ligne]. Publishing, 1999. <https://doi.org/10.1787/9789264273948-fr>.
- RICHARDSON H. W. A Generalization of Residential Location Theory. *Regional Science and Urban Economics*. 1977, 7, pages 251-66.
- Small K-A, Song, S (1992) "Wasteful" commuting: a resolution. *Journal of Political Economy* 100(4): 888-898.
- Wee, Bert van, Jan Anne Annema, et David Banister, éd. *The transport system and transport policy: an introduction*. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013.
- Wheaton W. C., A comparative static analysis of urban spatial structure. *Journal of Economic Theory*, 1974, pages 223–237.

Sources des données :

- DEPP - Ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports, *Adresse et géolocalisation des établissements d'enseignement du premier et second degrés* [en ligne] (réf. 7/12/18) Disponible sur : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/adresse-et-geolocalisation-des-etablissements-denseignement-du-premier-et-second-degres-1/> (7/10/21)
- Direction générale de l'Énergie et du Climat, *Base de données des prix des carburants et combustibles en France*, Disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Prix%20HTT%20et%20TTC%20depuis%20janvier%202020.xlsx>
- INSEE, Nombre d'équipements et de services dans le domaine du commerce en 2020, *BPE* [en ligne] (réf. 6/07/21) Disponible sur : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/3568602/equip-serv-commerce-infra-2020.zip> (7/10/21)
- SDES, RSVERO 2019, , Disponible sur : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-04/2019-parc-vehicules-routiers-2pf1.xls>

Directeur de recherche :
Hervé Baptiste

Cindy Chapuis
PFE/DAE5
UIT/RESEAU
2021-2022

Loc'Conform : une localisation des logements conformes, analyse multicritère de votre localisation résidentielle dans l'optique de trouver des logements répondant au mieux à vos critères

Résumé : (250 mots environ)

Un outil s'appuyant sur les différents modèles économiques de localisation statistique des ménages pour proposer à un utilisateur de calculer les localisations potentielles de son futur logement en fonction de ses préférences pour chaque critère. L'application cherche à montrer à l'utilisateur que le coût du logement n'est pas toujours le poste de dépense le plus important mais que le coût des transports a son propre poids, à plus forte raison avec l'augmentation des prix du carburant observée cette dernière année.

Mots Clés : transport, choix de localisation résidentielle, indice de conformité, équilibre des coûts