



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

**Application cartographique en ligne dédiée à
l'aide à la décision et appliquée à l'immobilier
dans le département de la Haute Savoie**

Mémoire de Recherche
Certificat Complémentaire en Géomatique
- Université de Genève –

MARTINEZ Rémi

Directeur : Dr Pierre Lacroix
Co-directeur : Dr. Yaniss Guigoz

Décembre 2021

Résumé :

Ce travail de mémoire réalisé dans le cadre du Certificat Complémentaire en Géomatique de l'Université de Genève présente le développement d'une application cartographique en ligne appliquée à l'immobilier et à la recherche de l'emplacement idéal dans le département de la Haute-Savoie en France. La création de cette application prend tout son sens étant donné les enjeux environnementaux présents et futurs imputés par le changement climatique et l'émergence de nouvelles façons d'habiter depuis la pandémie de la Covid-19. Basée sur des principes utilisés dans les secteurs de l'immobilier, du géomarketing et de la planification territoriale, l'étude menée offre une large grille de lecture aux utilisateurs souhaitant analyser ce territoire. Une sélection d'indicateurs communs tirés de ces différents domaines sont mis à disposition de l'utilisateur afin qu'il puisse peser les forces et les faiblesses du territoire et faire des choix de vie. L'utilisateur peut par exemple procéder à une étude sociodémographique, calculer différentes zones d'activité et étudier le comportement des individus. Cette application est un premier développement qui est amené à évoluer et à être complété à l'avenir avec davantage d'indicateurs. Les données et les outils de développement basés sur le langage javascript sont libres et 'open-source'. Le développement se base en grande partie sur la librairie Leaflet et sur les données de l'INSEE. Des pistes d'amélioration sont présentées ainsi que les limites de cette application. A terme, ce type d'application est amené à évoluer pour couvrir une aire géographique plus vaste que le département.

Remerciements :

Je tiens à remercier le Dr. Pierre Lacroix et le Dr. Yaniss Guigoz pour avoir accepté d'encadrer et d'avoir apporté leurs conseils pour ce travail.

Enfin je remercie l'ensemble des encadrants et intervenants du Certificat Complémentaire en Géomatique pour leur enseignement au cours de cette année très spéciale.

Liste des Acronymes

API Application Programming Interface

CEREMA Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

CADA Commission d'Accès aux Documents Administratifs

CNIL Commission Nationale Informatique et Libertés

CSS Cascading Style Sheets

DGALN Direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature

DINUM Direction Interministérielle du NUMérique

DVF Demande de valeurs foncières

GeoJSON Geographic JavaScript Object Notation

HTML Hypertext Markup Language

IGN Institut National de l'Information Géographique et Forestière

INSEE Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

IETF Internet Engineering Task Force

JSON JavaScript Object Notation

QGIS Quantum Geographic Information System

MOBPRO Mobilités professionnelles

PHP Hypertext Preprocessor

SIG Système d'information Géographique

Tableau des figures :

Figure 1: Les 279 communes de Haute-Savoie en 2018.....	11
Figure 2: Site MeilleursAgents	12
Figure 3: site Zillow.com, exemple de site web dédié aux annonces immobilières	13
Figure 4: Site RealAdvisor, exemple de mise en forme de données statistiques.....	13
Figure 5: Site Immo Data, exemple d’affichage de données DVF	14
Figure 6: Affichage de donnée complémentaires	14
Figure 7: Exemple de zone Isochrone généré sur Oalley	15
Figure 8: Exemple de rapport exportable produit par Oalley.....	15
Figure 9: Requête SQL sous QGIS via son extension PostGIS.....	19
Figure 10: Exemple de structure d'un fichier GeoJSON	20
Figure 11: Export GeoJSON sous Qgis.....	20
Figure 12: Exemple de plugins présent sur Leaflet.....	22
Figure 13: Page d'Accueil du site web.....	23
Figure 14: Présentation de l'étude thématique	24
Figure 15: Présentation de l'étude comportementale des flux domicile-travail.....	25
Figure 16: Exemple de tableau exporté au format PDF	25
Figure 17: Présentation de l'étude locale	26
Figure 18: Affichage de l'outils de dessin isochrone	26
Figure 19: Population en Haute-Savoie en 2018.....	27
Figure 20: Evolution de la population en Haute-Savoie entre 2013 et 2018	28
Figure 21: Répartition du chômage en Haute-Savoie en 2018	29
Figure 22: Répartition des actifs en Haute-Savoie en 2018.....	29
Figure 23: Répartition du prix du m ² en Haute-Savoie en 2018	30
Figure 24: Répartition des résidences principales en Haute-Savoie en 2018	30
Figure 25 : Répartition des résidences secondaire en Haute-Savoie en 2018.....	31
Figure 26 :Zone de recherche, dessiné à l'aide outils de l'application	32
Figure 27: Répartition des flux domicile travail pour la commune de Groisy	33
Figure 28: Répartition des flux domicile-travail pour la commune La Roche sur Foron.....	33
Figure 29: Zone isochrone à 15 min depuis la gare de La Roche-sur-Foron en voiture>vélo>piéton.....	34
Figure 30: Zones isochrones vélo>piéton et localisation des terrains de foot via l'ajout d'une couche OSM	34

Table des matières :

1.	Introduction et Problématique	6
2.	La localisation en immobilier	7
2.1.	Approches théoriques et géomarketing	7
2.2.	Indicateurs utilisés	9
2.3.	Echelles d'études	10
2.4.	Etat de l'art des applications cartographiques	11
3.	Données	16
3.1.	Choix des données	16
3.2.	Traitement	18
3.3.	Format GeoJSON	19
4.	Application de Cartographie en Ligne	21
4.1.	Interface utilisateur et caractéristiques principales	21
4.2.	Choix des outils de développement	21
4.3.	Structure du Site	23
4.4.	Etude de cas	27
4.4.1	Analyse du territoire	27
4.4.2	Les besoins d'un utilisateur	31
5.	Mise à jour	35
6.	Limites et évolution	35
7.	Conclusion	37
	Bibliographie	38
	Annexes	39

1. Introduction et Problématique

Aujourd'hui, les outils d'aide à la décision territoriale sont des instruments employés dans de nombreux domaines par une multitude d'acteurs. Les professionnels de l'urbanisme et de la planification territoriale en font partie et ont pour rôle d'aider les élus à répondre aux questions et aux enjeux de nos territoires. Ces outils sont utilisés pour le bien commun de nos sociétés afin de proposer différents scénarii pour aiguiller les décideurs.

Les décisions prises par les politiques permettent d'encadrer l'évolution des territoires en prenant en compte certains enjeux environnementaux, économiques et sociaux. Les individus n'ont pas toujours conscience des choix politiques et des perspectives d'évolution territoriale engendrées par ces décisions.

La méconnaissance de ces décisions les conduit à faire de mauvais choix d'investissement et de vie sur le long terme. Le rêve pavillonnaire pour certaines classes sociales en est un exemple (Elhadad,2020). Des personnes investissent parfois les économies d'une vie dans leur logement, se retrouvent captives de leur voiture ou de longs trajets banlieue/centre-ville pour un grand nombre de leurs déplacements et voient leurs biens dévalués à la fin de leur vie, parfois elles sont ruinées. De manière analogue, même si lors de l'achat d'un bien immobilier une étude risque est faite, certains individus font le choix de vivre et d'investir dans des zones sensibles aux catastrophes naturelles sans en avoir pleinement conscience des risques.

Ces mauvais choix résultent généralement soit d'un manque de connaissance de la part de l'individu, soit d'un manque de communication du politique, soit tout simplement de phénomènes sur le long terme tels qu'urbanisation ou désenclavement de certains territoires au détriment d'autres. De nos jours, les organismes décisionnels développent des documents digitaux et des applications cartographiques afin de sensibiliser les populations. Celles-ci sont parfois limitées spatialement et peuvent être cantonnées à un projet, ce qui n'est pas suffisant pour comprendre les perspectives de développement ni diagnostiquer l'état actuel d'un territoire. Il n'existe pas pour l'heure que peu d'applications dédiées au bien être individuel des particuliers souhaitant comprendre les forces et faiblesses d'un territoire pour les aider à s'établir.

Certains "cygnes noirs" (Taleb,2017) que nous connaissons aujourd'hui, telles que la Covid-19 ou encore la hausse des prix des carburants viennent bouleverser nos habitudes et notre façon de vivre. La démocratisation du télétravail laisse imaginer de nouvelles façons d'habiter. Cette nouvelle mode peut s'apparenter à un piège spéculatif selon les espaces. Certains territoires en marge ne présentent pas de principes fondamentaux suffisamment solides en termes d'organisation territoriale pour un développement pérenne.

En partant de ce constat, le développement d'une application cartographique en ligne pour aider les individus à peser les forces et les faiblesses d'un territoire peut paraître comme bénéfique pour eux. La logique de raisonnement reprend les principes de mise en place d'un diagnostic territorial classique. L'individu émet des hypothèses de localisation, selon ses souhaits et/ou ses contraintes personnelles puis les valide via un diagnostic réalisé par ses soins parmi des indicateurs donnés. L'atout principal de ce type d'application et de données toutes les clefs en main pour que l'individu soit conscient de ses choix.

Cette même logique de raisonnement est déjà employée lors d'études de marché par des acteurs économiques qui cherchent à implanter leurs commerces de détail, de biens et de services de sorte à toucher le plus de prospects possibles sur un territoire donné.

Les professionnels de l'immobilier comme les agences, les promoteurs immobiliers ou encore tout autre type d'acteur de ce segment de marché cherchent à répondre avant tout à des intérêts économique –puisque c'est leur mode de travail qui le veut. Malgré tout, s'ils ne figurent pas comme les acteurs les plus fiables dans l'aide et la prise de décisions, ils peuvent malgré tout orienter les choix des particuliers en fonction des contraintes du marché.

Le but d'une telle application est d'aider le particulier à trouver le meilleur emplacement possible pour vivre, investir, s'implanter sur un territoire. L'objectif est de l'accompagner dans sa démarche de prospection et de le sensibiliser à la connaissance de son environnement. En d'autres termes, il s'agit de trouver le meilleur emplacement possible sur un territoire donné dans le but d'investir dans une entité immobilière.

Le mémoire de cette étude s'organise en plusieurs parties. Dans un premier temps, il traitera des aspects théoriques de la planification du territoire dans le but de comprendre les enjeux à venir. Des notions de geomarketing seront abordées pour expliquer le schéma comportemental des individus dans l'espace. L'idée est d'expliquer comment les individus s'organisent dans leur vie quotidienne. L'ensemble de ces aspects théoriques permettront de déterminer certains indicateurs utiles pour aiguiller l'analyse de l'utilisateur.

Dans un second temps, l'acquisition, le traitement et le choix des données seront présentés. Par la suite, l'ouvrage présentera les différentes caractéristiques de l'application cartographique développée à travers cette étude. L'ensemble de la structure, les fonctionnalités et les perspectives d'évolution de l'application seront dévoilés.

Enfin, les limites de cette étude accompagnées de recommandations seront présentées pour clôturer ce travail.

2. La localisation en immobilier

2.1. Approches théoriques et géomarketing

Afin d'identifier les meilleurs emplacements possibles pour s'implanter, il est nécessaire de s'intéresser à différents principes pouvant favoriser l'analyse et l'étude des territoires. Ces principes se basent sur des aspects urbanistiques, géomarketing et d'autres aspects propres au domaine de l'immobilier pour déterminer le ou les emplacements idéaux.

Conscient des enjeux actuels, la prise en compte des notions de planification territoriale est nécessaire pour déterminer des espaces pouvant être valorisés sur le long terme et voir leur valeur croître avec le temps. Aujourd'hui, de plus en plus de villes souhaitent développer les principes de la ville du quart d'heure (Moreno,2021). Ce type de planification vise à repenser nos méthodes de vie de sorte à concentrer l'ensemble des activités du quotidien tel que le travail, les activités de loisir ou encore tout autre espace de consommation, d'achat, de première nécessité. Ce principe s'accompagne de logiques de densification du territoire afin d'éviter le mitage des espaces ruraux. Nos territoires sont donc voués à connaître toujours

plus de pression foncière. Celle-ci s'avère inégale et certains territoires risquent d'être délaissés au profit d'autres, plus fréquentés.

Pour comprendre la valeur foncière des territoires, il est nécessaire de s'intéresser au précepte économique et géomarketing. Les notions d'offres et de demande vont jouer un rôle majeur sur l'étude des territoires.

Le prisme du géomarketing vient renseigner 3 principaux points s'articulant entre eux :

- Le comportement des individus sur le territoire, c'est-à-dire comment les individus circulent, pourquoi et dans quel but.
- La concurrence : celle-ci peut varier selon les motivations de chacun. Elle peut être exprimée par l'offre et la demande, la rareté d'un type de bien.
- La localisation : l'emplacement peut être stratégique, opportun ou au contraire jouer en défaveur du bien ou de l'habitat.

Le thème de la mobilité est une variable décisionnelle importante pour l'implantation des personnes et des entreprises sur un territoire donné. L'automobile est le mode de transport prédominant en France où 74% des trajets se font à moins de 80 km de distance du domicile (INSEE.2021). Les enjeux actuels poussent les villes à réduire l'usage de la voiture au profit du vélo et des transports en commun. La voiture se voit donc de plus en plus rejetée en périphérie des villes au profit d'une densification et d'une concentration des usages. Les usagers sont poussés à revoir leur mode de déplacement au profit d'un déplacement multimodal. En conséquence, le développement et la pression foncière se voient augmentés autour des axes et des aménagements de transport structurant tels que les gares, les réseaux de tramway ou encore les parkings relais.

Les déplacements ne suffisent pas à comprendre les pressions territoriales, il est nécessaire de comprendre aussi pourquoi les gens se déplacent. Ces motifs de déplacement constituent des centralités (Christaller, 1966) et sont générés par la présence de biens et de services. Il existe 3 types de zones de gravitation (Cliquet,2006) des individus s'articulant autour des motifs de déplacement :

- Fréquents, se faisant naturellement et quotidiennement : par exemple les écoles, les espaces de travail ou encore les petits commerces (supérettes et boulangeries).
- De recherche, comme les activités commerciales.
- Répondant à des besoins décisifs, tels que tout déplacement relatif à la santé : se rendre dans un hôpital, chez un médecin ou encore dans certaines administrations.

L'homme ne choisissant pas toujours l'option la plus optimale, la présence d'activités de proximité ne justifie pas toujours un réel atout. L'individu peut se rendre dans certaines centralités plus éloignées pour une activité donnée plutôt que dans un lieu plus proche. Par exemple, les gens ne font pas forcément leur course près de chez eux et peuvent le faire plus loin notamment grâce à la voiture.

La valeur d'un bien en immobilier se compose d'une multitude de critères pouvant être intrinsèques au bâtiment tels que sa surface, son état, sa date de construction, son caractère patrimonial ou encore son nombre de pièces et la qualité des matériaux utilisés. Ces aspects ne seront pas développés, car ils ne concernent pas notre étude. En revanche, l'un des

maîtres mots en immobilier est la localisation du bien. Cette importance est reconnue par un célèbre adage anglophone "*location, location, location*" qui s'avère empirique depuis les années 1920.

La valeur des propriétés et des loyers en immobilier montre une corrélation entre le prix et la localisation des biens et services. L'accès aux transports publics montre un effet significatif sur la valeur foncière. Plus une propriété est proche d'un arrêt de bus, plus celui-ci est susceptible d'être cher mais plus il y a de voies de bus concentrées en un endroit, plus celui-ci perd de la valeur. Cet exemple illustre certaines externalités engendrées par des services apparemment bénéfiques, mais qui peuvent aussi s'inverser.

Les espaces faisant l'objet d'une certaine aménité et les de loisirs viennent aussi tirer les prix du foncier à la hausse, comme la présence de parkings. Le rapport coût-bénéfice reste néanmoins subjectif et relatif à la vocation souhaitée de l'emplacement.

L'une des variables venant affecter le plus le prix du foncier est la concentration du nombre d'emplois et leur niveau hiérarchique sur le territoire. Enfin d'autres éléments peuvent venir plus ou moins influencer la valeur foncière comme les notions de rareté et d'offre et de demande (Granbois, 1984). Les espaces de montagnes ou encore les espaces touristiques peuvent eux aussi connaître une forte valeur foncière selon l'attraction qu'ils génèrent. Mais encore une fois, celles-ci restent à nuancer selon les externalités qu'ils peuvent générer (proximité avec des aléas naturels, congestion de flux touristiques, incertitude future liée au changement climatique et donc au manque de neige ou à la montée des eaux).

Les facteurs influençant la valeur d'un territoire, qu'elle soit réelle ou perçue, nécessitent de faire preuve de discernement en croisant une multitude de données et de faire des choix selon les objectifs en vigueur de chacun.

2.2. Indicateurs utilisés

La recherche de l'emplacement idéal revêt un aspect multidisciplinaire sans présenter a priori de limites particulières sur le nombre d'indicateurs. En effet, les critères d'implantation peuvent être relatifs à chaque utilisateur. Cependant, l'approche théorique comme vue précédemment a permis de mettre en évidence les plus petits dénominateurs communs des besoins d'un individu. Les indicateurs sélectionnés auront donc à la fois des spécificités qualitatives et quantitatives.

Afin de répondre au besoin de mobilité et aux notions de proximité de l'utilisateur, il est nécessaire d'implémenter des outils de simulation des déplacements de l'individu. Ces outils permettront d'aider l'utilisateur à se repérer dans l'espace et de déterminer les zones d'accessibilité potentielle relative aux besoins de chacun. Le but est de mettre à disposition des outils de génération de zone de chalandise. Celles-ci peuvent prendre plusieurs formes telles que :

- Les isochrones (Chabot, 1938), permettant de matérialiser l'espace accessible depuis un point selon un temps donné via un réseau de transport.
- Les isodistances qui correspondent à un espace donné selon une distance. Celle-ci peut être calculée sur le réseau routier ou bien désigner un espace à vol d'oiseau.

Les zones de chalandise peuvent être adaptées selon la thématique souhaitée. Elles peuvent aussi bien représenter un espace tampon autour d'un point pour signifier une zone à éviter telle qu'une zone bruyante autour d'une école ou encore le potentiel d'accessibilité à des zones d'activité depuis un point selon un réseau de transport.

Certains indicateurs serviront d'élément de compréhension des dynamiques territoriales telles que la localisation des différents types de zones d'activité présentes sur le territoire. Leur localisation permettra de mettre en évidence la présence (ou l'absence) de centralités basées sur les types de biens et services. Ces types d'activités peuvent être classifiés par type tel que la santé, l'éducation et les sciences, l'administration et autres infrastructures militaires, espaces de sport et de loisir, etc. Ils permettent aussi de mettre en évidence des zones pouvant être perçues comme non idéales pour s'implanter tels que la non-proximité immédiate avec une école, la proximité avec une station d'épuration, ou encore les déserts médicaux.

Toujours dans cette logique de compréhension des dynamiques et des comportements, l'étude des flux tels que les trajets domicile/travail permet de comprendre, en partie, si une commune est dortoir, si elle constitue un pôle d'attraction ou si elle se veut équilibrée sur ce type de critère.

D'autres éléments comme les aménagements structurants ou encore les réseaux de transports émergents peuvent être des choix permettant d'aider l'utilisateur à se projeter sur l'évolution du territoire. Ainsi la mise en évidence des réseaux de transport en commun lourd (voie ferrée, tramway), les insertions d'autoroute ou encore le réseau cyclable sont des solutions intéressantes pour réduire l'espace-temps entre les zones d'intérêt de l'utilisateur.

Enfin certains indicateurs permettent de dresser l'état du marché immobilier, comme le prix au m², l'historique des mutations immobilières pour un emplacement donné ou encore tout type d'information apportant de l'information sur la nature administrative de la localisation.

2.3. Echelles d'études

Afin de proposer un champ d'études complet pour la prise de décision de l'utilisateur, l'étude menée à travers ce travail sera multiscale. L'espace étudié se cantonne au département de la Haute-Savoie (Figure 1: Les 279 communes de Haute-Savoie en 2018 Figure 1) par souci de simplicité de l'application. C'est un territoire intéressant car il connaît une forte pression foncière et présente une topographie contrastée du fait de son caractère alpin. Certaines données pourront dépasser ce cadre afin de prendre en compte les enjeux et les bassins de vie transfrontaliers.

Le choix d'un emplacement nécessite d'apporter des informations à l'échelle des bâtiments. Comme vu précédemment, la position d'un bar-restaurant ou encore la mauvaise exposition d'un bâtiment peuvent faire varier fortement les prix. De ce fait, il est nécessaire d'apporter de l'information à ce niveau d'échelle, tout comme l'historique des mutations foncières qui ont eu lieu à l'échelle cadastrale.

Les cartes thématiques apporteront de l'information statistique à l'échelle des communes afin de proposer une vue d'ensemble sur le département de la Haute-Savoie.



Figure 1: Les 279 communes de Haute-Savoie en 2018.

2.4. Etat de l'art des applications cartographiques

Actuellement, il existe peu d'applications web dédiées à l'aide à la décision pour la recherche d'un emplacement pour les particuliers. Les sites internet se rapprochant le plus de ce travail sont les sites d'annonces immobilières permettant de poster une offre pour les particuliers. En revanche, ces sites ont développé certains outils utiles pour notre étude.

La revue des sites qui suit permettra de comprendre la structure des sites web associés à cette thématique en général et donc de guider l'étude présentée dans ce mémoire.

MeilleursAgents

La vocation première du site MeilleursAgents¹ (Figure 2: Site MeilleursAgents) est d'estimer le prix des biens immobiliers et de proposer un annuaire des agences immobilières pour les particuliers. Le site propose d'autres fonctionnalités telles qu'une carte des prix se basant sur les demandes de valeurs foncières (DVF) en France. Cette carte renseigne quelques statistiques basiques du marché immobilier pour les maisons et les appartements. Les fonctionnalités cartographiques sont plutôt succinctes, elles proposent seulement à l'utilisateur de changer de fond de carte et de connecter sous un compte. L'information géographique est matérialisée sous forme d'une carte choroplèthe, dont la précision de l'information s'ajuste selon le niveau de zoom. Davantage d'informations peuvent s'afficher via un clic sur une entité laissant apparaître une fenêtre 'pop-up'. L'application est développée sur la base de l'application programming interface (API) de Mapbox. Une section du site propose des analyses statistiques plus poussées autour de certaines gares.

¹ MeilleursAgents : www.meilleursagents.com

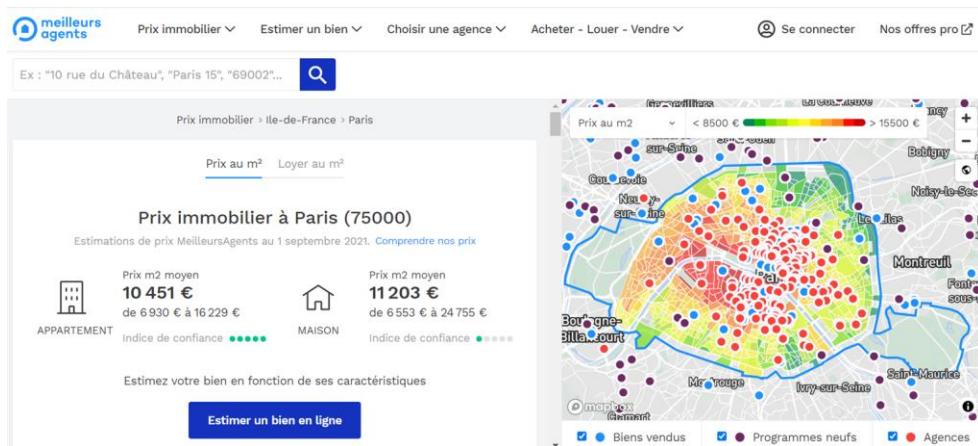


Figure 2: Site MeilleursAgents.

Les sites d'annonces immobilières

Les sites d'annonces immobilières s'organisent généralement de la même manière

e. Ils présentent les offres qu'ils ont à disposition dans un ensemble de petits volets ou d'une liste située sur une partie de la page web et les places approximativement sur une carte sur une autre partie de la page (Figure 3: Site Zillow.com, exemple de site web dédié aux annonces immobilières). Certains sites montrent aussi des statistiques élémentaires du marché immobilier (Figure 4: Site RealAdvisor, exemple de mise en forme de données statistiques.).

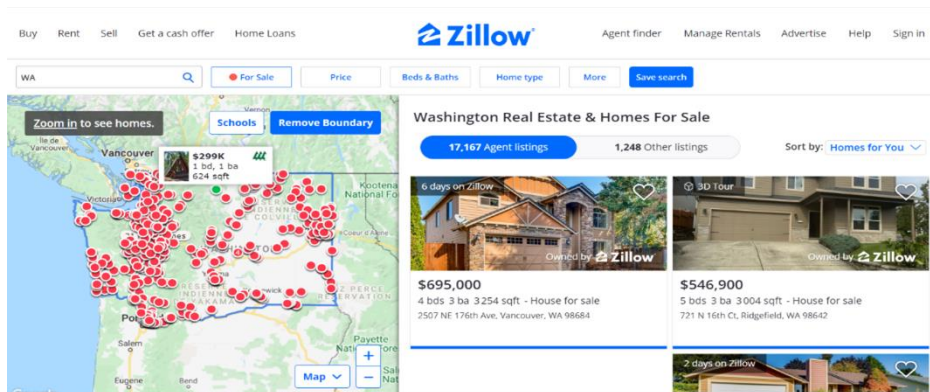


Figure 3: Site Zillow.com, exemple de site web dédié aux annonces immobilières.

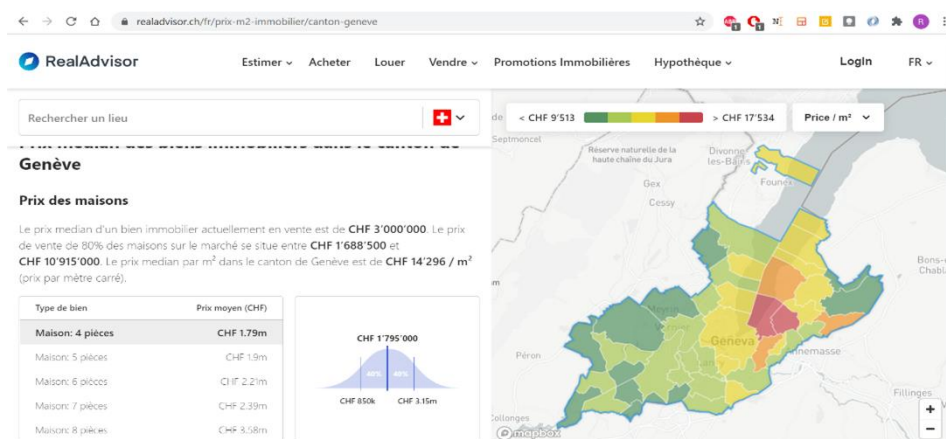


Figure 4: Site RealAdvisor, exemple de mise en forme de données statistiques.

Immo Data :

Le site Immo Data² s'est spécialisé dans l'étude des données DVF (Figure 5: Site Immo Data, exemple d'affichage de données DVF) et propose un ensemble d'informations statistiques sous forme de graphiques (Figure 6: Affichage de donnée complémentaires). Le site permet de consulter l'historique et la répartition des mutations foncières sous forme d'information ponctuelle. D'autres informations viennent compléter les statistiques telles que la part de résidence principale sur un territoire donné. Le site propose différentes fonctionnalités payantes, comme des fonctions de filtrage et de recherche pour produire une étude plus poussée pour une entité géographique donnée. Il est possible de consulter les données de mutations foncières en naviguant sur la carte et de les afficher à l'échelle du cadastre via un clic générant une fonction 'pop-up' et affichant les caractéristiques du bien. Cette information s'affiche aussi dans une 'sidebar' qui s'ajuste en fonction de l'information présente sur la carte

² Immo Data : www.immo-data.fr

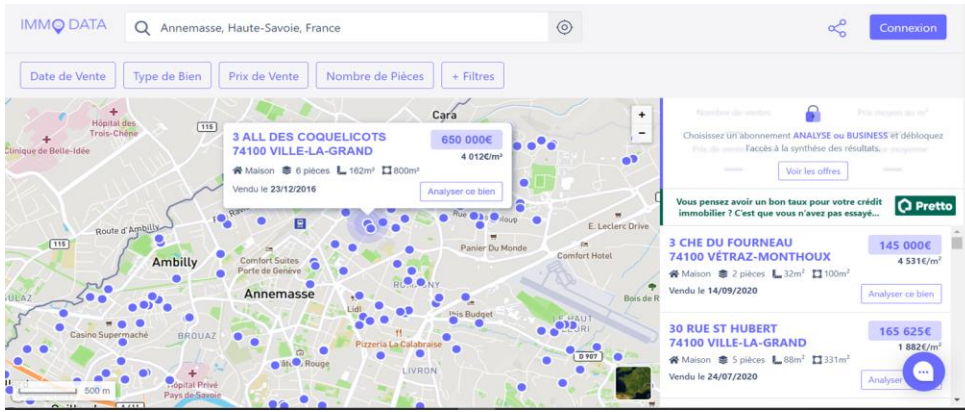


Figure 5: Site Immo Data, exemple d'affichage de données DVF.

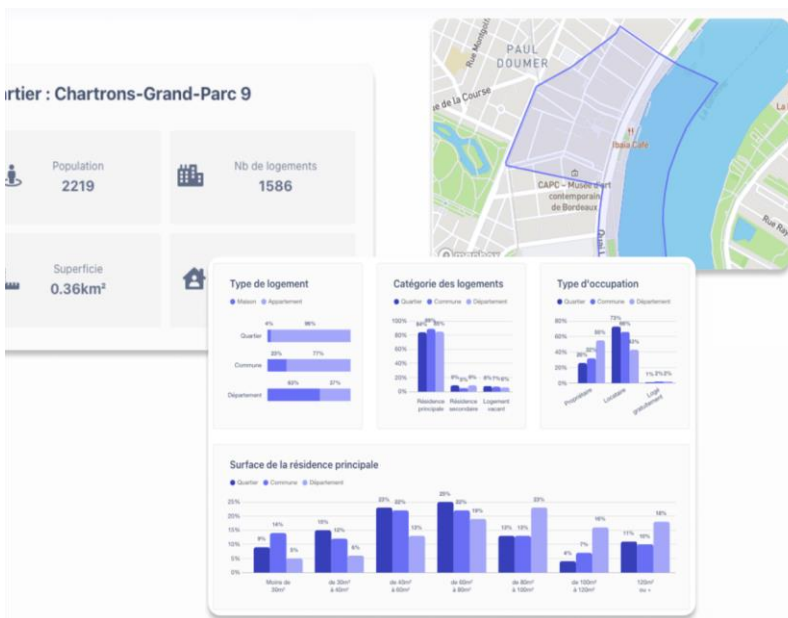
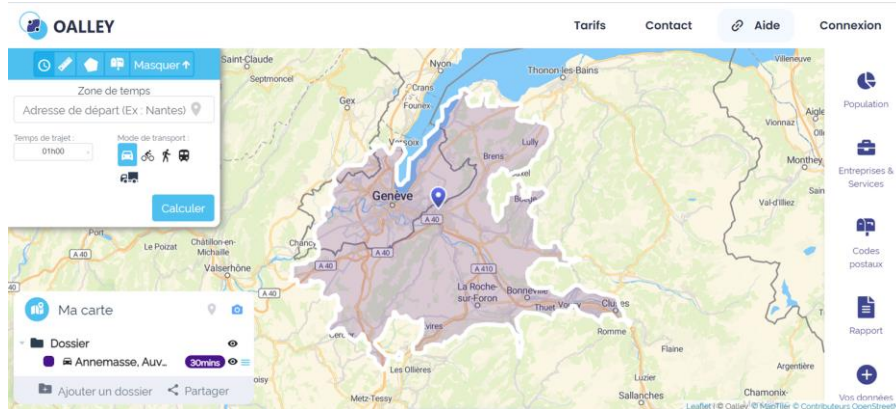


Figure 6: Affichage de donnée complémentaires.

Oalley

Le site Oalley³ permet aux utilisateurs de générer des zones isochrones (Figure 7: Exemple de zone Isochrone généré sur Oalley) et d'en extraire une étude de marché présentant un ensemble de statistiques sociodémographiques au format PDF (Figure 8: Exemple de rapport



exportable produit par Oalley). L'API cartographique se base sur Leaflet.

Figure 7: Exemple de zone Isochrone généré sur Oalley.



Figure 8: Exemple de rapport exportable produit par Oalley.

Les applications cartographiques en ligne proposent généralement des outils implémentés directement dans la carte. En marge de l'application se trouve généralement une 'sidebar' présentant des éléments d'informations de la carte. Des éléments complémentaires peuvent être ajoutés comme l'affichage d'un tableau présentant les valeurs attributaires affichées sur la carte, des graphiques ou encore des éléments de légende. Les applications de cartographie ont généralement pour fonction de montrer des informations, permettent parfois d'utiliser des outils d'analyse ou encore de partager des informations entre collaborateurs. Des suites de logiciels payants peuvent proposer ce type de service comme Arcgis Online. Mais il est possible de développer le même genre d'application avec des outils 'open-source'.

³ Oalley : www.oalley.fr

3. Données

3.1. Choix des données

Les données sélectionnées pour la mise en place de l'application développée dans le cadre de ce mémoire proviennent de données libres issues de plusieurs organismes français et/ou participatives (par exemple OpenStreetMap (OSM)). L'étude s'appuie sur des données ouvertes, car elles constituent une source d'information gratuite provenant d'organismes officiels qui font foi.

L'usage des données participatives est considéré comme une source d'information complémentaire sur des thématiques plus marginales. Le millefeuille administratif ou la multiplication des acteurs ne permettent pas la constitution d'une base de données unique, structurée et complète à l'échelle des grandes entités administratives (nationale, régionale, départementale...). Par exemple, les réseaux de bus témoignent d'un manque de structure, où chaque agglomération possède sa propre base de données et dont l'exploitation à petite échelle devient difficile. Par conséquent, l'usage des données OSM permet de consulter et d'interroger l'ensemble des réseaux de bus via une seule et unique base de données.

La loi Lemaire du 7 octobre 2016⁴ sur l'ouverture des données en France fut un tournant dans la mise à disposition des données publiques à l'ensemble des entités administratives. Autrefois basé sur la bonne volonté des organismes, le partage de leurs bases de données, le code source des applications, ainsi que toute autre donnée ayant un intérêt économique, social, sanitaire ou environnemental doivent maintenant être partagés.

La diffusion des informations se fait via un processus d'anonymisation et d'occultation de l'information afin de garantir la vie privée et la sécurité de chacun. La Commission d'accès aux documents administratifs (CADA) et la Commission nationale informatique et libertés (CNIL) veillent au bon respect de ces règles.

Dans cette logique d'ouverture des données, le département Etalab de la direction interministérielle du numérique (DINUM) a mis en place une Licence Ouverte / Open License⁵ dans le but de faciliter et favoriser l'utilisation la mise à disposition des données. Elle apporte la sécurité juridique aux producteurs et aux utilisateurs de la donnée. Cette licence autorise la reproduction, la redistribution, l'adaptation et l'exploitation commerciale. Enfin elle s'aligne sur d'autres standards internationaux similaires.

L'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE⁶) a pour rôle de dresser les statistiques sociodémographiques de la population française. Il se base sur un système d'enquête et de recensement du territoire. L'une des principales forces de l'INSEE

⁴La loi Lemaire du 7 octobre 2016 : <https://www.vie-publique.fr/eclairage/20301-loi-republique-numerique-7-octobre-2016-loi-lemaire-quels-changements>

⁵ Licence ouverte Etalab : <https://www.etalab.gouv.fr/licence-ouverte-open-licence>

⁶ INSEE : <https://www.insee.fr>

est son indépendance⁷ professionnelle vis-à-vis de la production statistique comme le stipule l'article⁸ de la loi statistique française.

Elle assure la diffusion et l'analyse de l'information statistique en France et est chargée d'établir la nomenclature des entités géographiques. Plusieurs bases de données provenant de l'INSEE sont utilisées dans ce mémoire :

- La base de données MOBPRO (Mobilités Professionnelles, 2018) : Elle comptabilise la population active de 15 ans ou plus ayant un emploi et renseigne des variables sur les déplacements entre le lieu de résidence et le lieu de travail des individus. La base de données interroge uniquement la population résidente en France. Dans le cadre de cette présente étude, les communes des travailleurs frontaliers ont été regroupées sous le nom du pays frontalier.
- La base comparateur de territoires (2018) : celle-ci présente une trentaine d'indicateurs décrivant la population, les logements, les revenus, l'emploi, etc...

L'Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN) est un établissement public à caractère administratif français qui vise à assurer la production, la maintenance et la diffusion de l'information géographique sur son territoire. L'IGN a rendu publiques le 1er janvier 2021 l'ensemble de ses données topographiques sous licence.

Les DVF⁹ sont une base de données basée sur les informations déclarées lors d'une mutation immobilière, c'est-à-dire lors de la vente/achat d'un bien immobilier ou d'un terrain. Ils renseignent l'ensemble des caractéristiques du bien au moment de la transaction (ex : surface, valeur foncière, nombre de pièces, adresse, etc). Cette base de données fut créée conformément au décret n° 2018-1350 du 28 décembre 2018 relatif à la publication sous forme électronique des informations portant sur les valeurs foncières déclarées à l'occasion des mutations immobilières. Ces données sont produites par la direction générale des finances publiques et proviennent des actes notariés et des informations cadastrales. Ils retracent les 5 dernières années de transaction immobilière sur le territoire métropolitain et les DOM-TOM Français à l'exception de l'Alsace, de la Moselle et de Mayotte.

La version utilisée dans la présente étude est la version DVF+¹⁰ de 2020 qui est une version reprise et simplifiée par le CEREMA et le de DGALN qui est structuré sous forme d'une base de données géolocalisée et facilement exploitable, et proposant les formats CSV, SQL et GPKG. La géolocalisation est précise à l'échelle de la parcelle cadastrale. Le modèle DVF + est donc considéré de 12 tables et de 5 tables annexes dont certaines ont été simplifiées par rapport à la base de données originale.

Le projet participatif OpenStreetMap¹¹ (OSM) a pour but de créer une base de données géographique libre et mondiale. L'intérêt est de pouvoir consulter un ensemble de données

⁷ INSEE indépendance : <https://www.insee.fr/fr/information/4174951>

⁸ Loi n° 51-711 du 7 juin 1951 sur l'obligation, la coordination et le secret en matière de statistiques : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000888573/>

⁹ DVF : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/5c4ae55a634f4117716d5656/>

¹⁰ DVF+ : <https://datafoncier.cerema.fr/donnees/autres-donnees-foncieres/dvfplus-open-data>

¹¹ OpenStreetMap : <https://www.openstreetmap.org/>

structuré de manière uniforme sur n'importe quel territoire. L'aspect participatif permet une construction de l'information géographique par les citoyens et de maintenir une base de données à jour. De plus, la participation de la population permet de créer des cartes riches et détaillées en renseignant tous types d'informations. Par exemple, les aménagements cyclables ne sont pas toujours tous renseignés dans les bases de données officielles de l'IGN, les données OSM viennent compléter ces bases de données existantes par la connaissance des usagers de la route.

La principale force des données OSM peut cependant constituer l'une de ses principales faiblesses. Les données peuvent parfois manquer, être tronquées ou encore mal renseignées selon la "popularité" des emplacements, les intentions de l'individu ou son expérience dans le domaine.

Les fonds de carte utilisés sont aussi des solutions gratuites comme les fonds de carte OSM. D'autres fonds utilisés proviennent de Mapbox¹² qui proposent des solutions gratuites en dessous d'un certain nombre de visites et une tarification par pilier en fonction du nombre de visites.

3.2. Traitement

Après avoir sélectionné les organismes et les bases de données utiles à notre étude, il est nécessaire de sélectionner seulement quelques indicateurs et variables afin de les traiter de sorte à les rendre exploitables par l'application cartographique en ligne.

Les bases de données sous licence Etalab sont généralement au format CSV, DBF, SHP et SQL. Leur taille peut atteindre plusieurs giga-octets et contenir des millions de lignes (ex 8 millions pour la base de données MOBPRO).

Cette phase de travail consiste à interroger et filtrer ces bases de données à l'aide d'outils de gestion de bases de données relationnelles tels que PostgreSQL et son extension PostGIS (Figure 9: Requête SQL sous QGIS via son extension PostGIS). Des couches plus légères, réduites au territoire d'étude sont par la suite créées sur la base de ce filtrage. Celles-ci sont écrêtées de toute variable superflue et sont renommées de sorte à faciliter leur compréhension.

¹² Mapbox : <https://www.mapbox.com/>

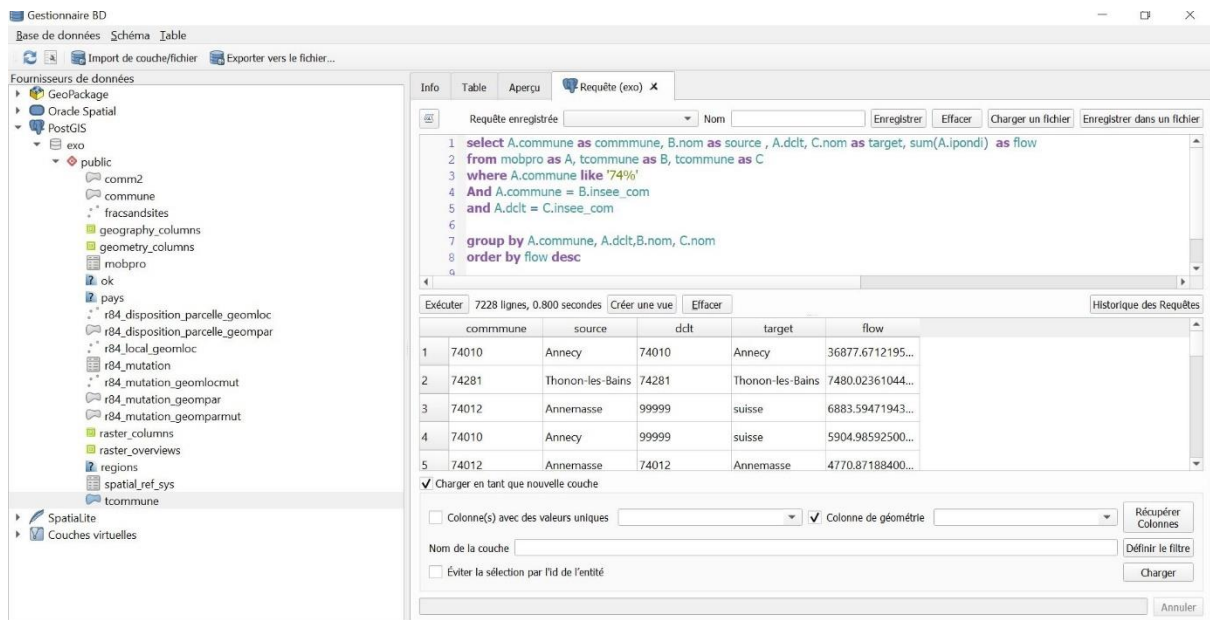


Figure 9: Requête SQL sous QGIS via son extension PostGIS.

La création des couches se fait par des requêtes SQL sur des tables attributaires. Les bases de données renseignent des identifiants uniques, propres à chacune des entités administratives (ex le champ insee_com pour renseigner le code INSEE de chaque commune). C'est par celle-ci que sont associés variables et entités géographiques permettant d'établir des cartes thématiques en croisant des données issues de différentes bases de données.

Certaines couches nécessitent des processus de géotraitement afin de créer des centroïdes à l'intérieur des communes pour représenter des variables quantitatives continues (ex.: matrice origine destination). Des requêtes plus poussées peuvent être interrogées comme calculer le prix au m² par commune en calculant faisant la moyenne de chaque bien contenu par commune.

3.3. Format GeoJSON

Le développement d'une application de webmapping repose sur l'usage de données géographiques et géoréférencées au format GeoJSON¹³ (Geographic JavaScript Object Notation). Il s'agit d'un format de données spatial 'open-source' reprenant la structure du format JSON (JavaScript Object). Ce format est standardisé selon l'Internet Engineering Task Force (IETF) qui a publié le référentiel RFC7946¹⁴ et supporte différents types de géométrie tel que points, lignes, polygones, multi-polygones, etc.

La structure d'un fichier GeoJSON est la suivante (Figure 10) :

- Le système de coordonnées de référence au format WGS84 par défaut. Il est possible de le modifier dans un autre système de références spatiales.
- Le type d'objet géographique : Feature / Feature collections pour plusieurs objets.

¹³ GeoJSON : www.geojson.io

¹⁴ RFC7946 : <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7946>

- Les attributs liés à chaque objet Feature
- La géométrie correspondant à l'objet Feature.

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "name": "Annecy",
  "features": [
    { "type": "Feature", "properties": { "NOM_COM_M": "Annecy", "POPULATION": 9179, "TYPE": "COM" },
      "geometry": { "type": "MultiPolygon", "coordinates": [ [ [ [ 6.273867931352662, 45.953227059312795 ],...
```

Figure 10: Exemple de structure d'un fichier GeoJSON.

Ce format est pris en charge sur de nombreux logiciels SIG et outils de développement cartographiques en ligne comme QGIS¹⁵, Leaflet¹⁶, OpenLayers¹⁷, MapServer¹⁸...

L'obtention de ce format peut s'obtenir par différents moyens :

- *via* QGIS: Exporter la couche(Figure 11: Export GeoJSON sous Qgis)

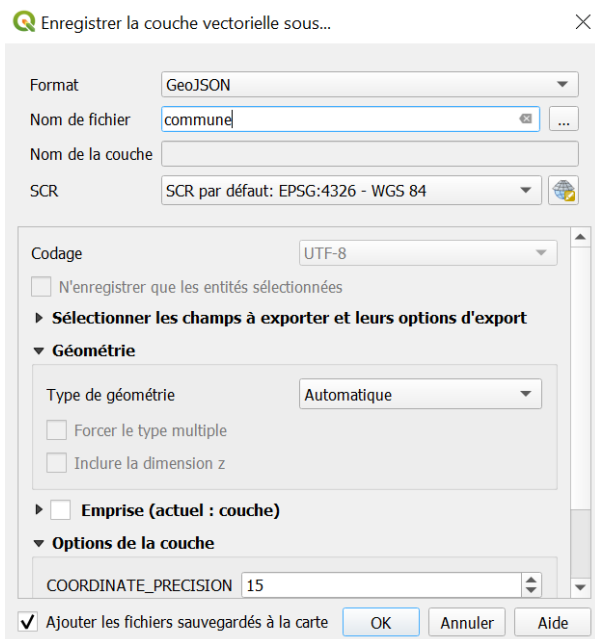


Figure 11: Export GeoJSON sous Qgis.

- *via* ogr2ogr¹⁹: Il permet de convertir des fichiers géoréférencés comme les shapefiles (à compresser avant)

```
$ ogr2ogr -f GeoJSON -t_srs crs:84 [name].geojson [name].shp
```

¹⁵ QGIS : www.qgis.org

¹⁶ Leaflet : www.leafletjs.com

¹⁷ OpenLayers : www.openlayers.org

¹⁸ MapServer : www.mapserver.org

¹⁹ Ogr2ogr : <https://gdal.org/programs/ogr2ogr.html>

- *via* PostGIS: La création du fichier GeoJSON se fait par une requête qui a pour objectif de reproduire la structure du format de fichier. La fonction `json_build_object` de PostgreSQL²⁰ permet de construire un objet JSON facilement. On peut tester la requête directement dans PgAdmin²¹.

```

ex: SELECT json_build_object(
    'type', 'FeatureCollection',
    'crs', json_build_object(
        'type', 'name',
        'properties', json_build_object(
            'name', 'EPSG:4326')),
    'features', json_agg(
        json_build_object(
            'type', 'Feature',
            'id', gid,
            'geometry', ST_AsGeoJSON(geom)::json,
            'properties', json_build_object(
                'nom', nom,
            )
        )
    )
) AS objet_geosjon FROM commune;

```

4. Application de Cartographie en Ligne

4.1. Interface utilisateur et caractéristiques principales

L'application de cartographie en ligne développée pour cette étude s'adresse à un public souhaitant observer un territoire, et mesurer ces forces et ces faiblesses selon ses propres intérêts dans l'optique de trouver l'emplacement idéal pour s'implanter. L'utilisateur fait office de décideur et l'application d'outil d'aide à la décision.

L'application a été développée de sorte à prendre en compte le caractère spécifique des critères d'implantation d'un individu par rapport à un autre individu. Avec l'objectif de répondre à cette pluralité de critères et d'objectifs divergents, l'application offre un certain nombre d'outils permettant à chacun de s'informer, de mesurer et d'évaluer le territoire selon leur propre but.

L'application offre la possibilité d'effectuer différentes échelles d'analyse, allant de l'échelle communale à l'échelle cadastrale.

4.2. Choix des outils de développement

Le développement d'applications cartographiques en ligne peut se faire sur la base de différentes bibliothèques 'open-source' tel que `d3.js`²², `OpenLayers`, `Leaflet` et bien d'autres. Ces bibliothèques sont codées généralement en JavaScript, un langage de programmation principalement employé pour gérer l'interactivité des pages web. Par conséquent, l'ensemble

²⁰ PostgreSQL : www.postgresql.org

²¹ PgAdmin : www.pgadmin.org

²² D3js : <https://d3js.org>

de ces bibliothèques supportent le format GeoJSON et sont capables de répondre aux exigences de cette étude.

Le choix de développement s'est porté sur la bibliothèque Leaflet. Celle-ci est similaire à l'API OpenLayers et présente moins de fonctions adaptées à la géomatique nativement (par exemple la gestion des projections n'est pas prise en compte). En revanche, Leaflet est plus populaire par rapport à son homologue et dispose par conséquent de plus de documentation. Enfin, cette bibliothèque est utilisée par de nombreuses organisations reconnues telles que Facebook²³, Flickr²⁴, OpenStreetMap ou encore la Commission Européenne.

Pour développer une application cartographique plus complète, d'autres bibliothèques sont venues se greffer afin de proposer des synergies et offrir des outils plus performants pour l'utilisateur. Le développement de l'application s'appuie sur 2 modèles 'open-source' développés par Bryan McBride²⁵ et de son évolution proposée par IAG-geo²⁶.

Ces modèles sont développés sur Bootstrap²⁷, une bibliothèque qui propose un ensemble d'outils clé en main et AlaSQL²⁸, une API permettant l'usage de fonction SQL. Ces modèles offrent tout un panel d'usages et de plugins qu'il est intéressant d'utiliser et de compléter selon les objectifs de développement de l'application (Figure 12: Exemple de plugins présent sur Leaflet).

Leaflet Plugins database

While Leaflet is meant to be as lightweight as possible, and focuses on a core set of features, an easy way to extend its functionality is to use third-party plugins. Thanks to the awesome community behind Leaflet, there are literally hundreds of nice plugins to choose from.

Tile & image layers	Overlay Display	Map interaction	Miscellaneous
Basemap providers	Markers & renderers	Layer switching controls	Geoprocessing
Basemap formats	Overlay animations	Interactive pan/zoom	Routing
Non-map base layers	Clustering/decluttering	Bookmarked pan/zoom	Geocoding
Tile/image display	Heatmaps	Fullscreen	Plugin collections
Tile load	DataViz	Minimaps & synced maps	
Vector tiles		Measurement	Integration
Overlay data	Overlay interaction	Mouse coordinates	Frameworks & build systems
Overlay data formats	Edit geometries	Events	3rd party
Dynamic data loading	Time & elevation	User interface	
Synthetic overlays	Search & popups	Print/export	
Data providers	Area/overlay selection	Geolocation	Develop your own

Figure 12: Exemple de plugins présent sur Leaflet.

²³ Facebook : www.facebook.com

²⁴ Flickr : www.flickr.com

²⁵ Bryan McBride : <https://github.com/bmcbride>

²⁶ IAG-geo : <https://github.com/iag-geo>

²⁷ Bootstrap : www.getbootstrap.com

²⁸ AlaSQL : www.alasql.org

L'API Openrouteservice²⁹ est utilisée à travers le plugin Trafford Data Lab³⁰ pour mettre en place un outil de calcul³¹ des isochrones. Celui-ci se base sur le réseau de mobilités existant référencé dans OSM. C'est une API 'open-source', offrant une multitude d'outils relatifs au déplacement tel que du routing, la création de matrices de distance ou encore des instruments indiquant le dénivelé des routes. L'interrogation du serveur Openrouteservice nécessite la création d'un compte afin de générer une clé de service donnant le droit à environ 7000 requêtes par jour.

Enfin l'API Overpass turbo est utilisée pour interroger les données OSM afin de sélectionner des données qui ne sont pas hébergées sur le serveur du site.

4.3. Structure du Site

Le site s'organise en 4 éléments. Une page d'accueil (Figure 13: Page d'Accueil du site web) présentant l'application de manière générale et de 3 autres onglets servant à l'analyse du territoire.



Figure 13: Page d'Accueil du site web.

²⁹ Openrouteservice : www.openrouteservice.org

³⁰ Trafford Data Lab : www.trafforddatalab.io

³¹ Calcul des isochrones : <https://ask.openrouteservice.org/t/reach-factor-meaning-and-calculation/1701/3>

- Le premier onglet (Figure 14: Présentation de l'étude thématique) permet à l'utilisateur de mener une étude à l'échelle des communes. Les informations sont présentées sous la forme d'une carte choroplèthe informant des caractéristiques socio-démographiques.

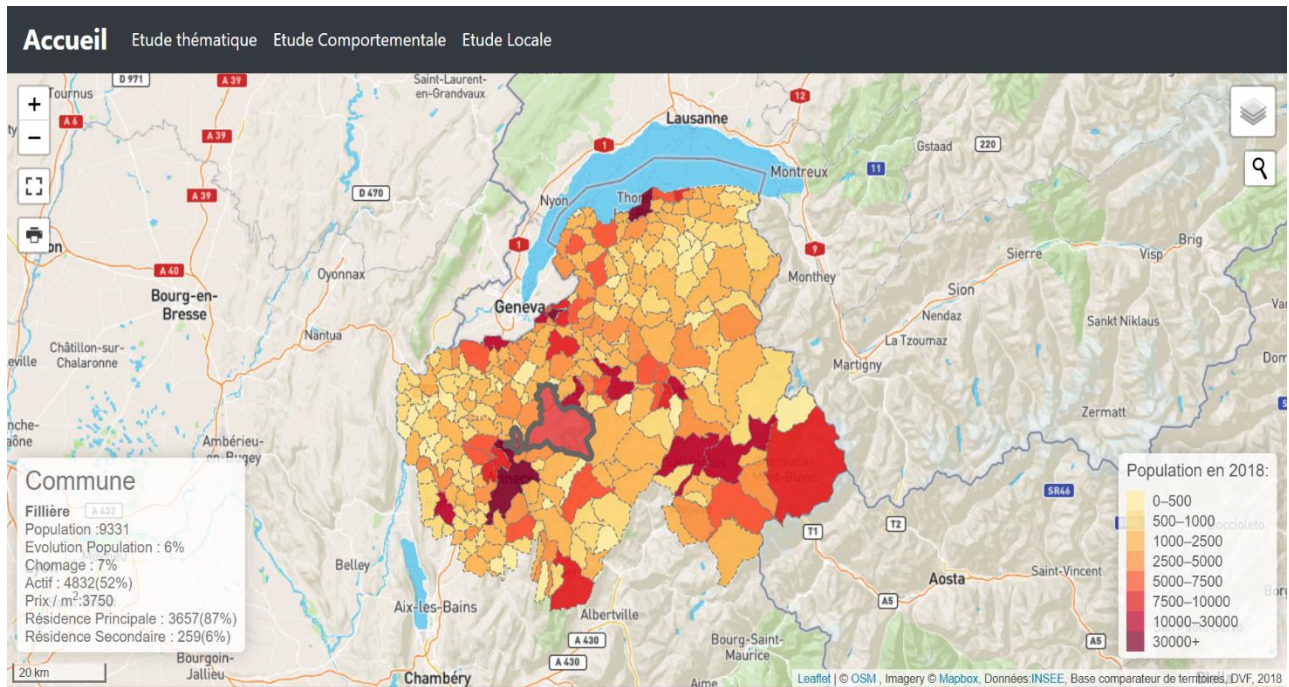


Figure 14: Présentation de l'étude thématique.

Liste des fonctionnalités :

- Surligne la commune survolée.
 - Fenêtre d'information renseignant les données socio-démographiques sur le territoire sélectionné dans la fenêtre en bas à gauche.
 - Légende ajustable selon les données des couches sélectionnées.
 - Recherche d'un emplacement.
 - Plein écran.
 - Imprimer.
- Le second onglet (Figure 15: Présentation de l'étude comportementale des flux domicile-travail) permet de s'intéresser aux comportements des individus via l'étude des flux domicile-travail. L'utilisateur peut filtrer les données de sorte à étudier plus précisément la population d'une ou plusieurs communes souhaitées.

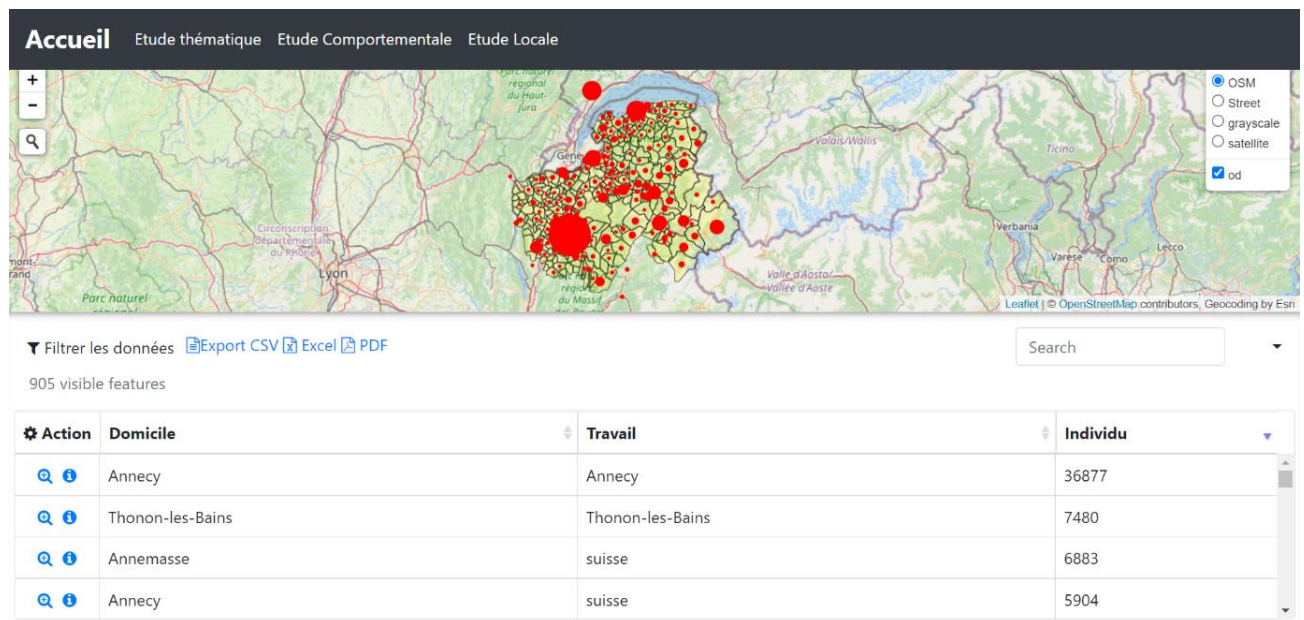


Figure 15: Présentation de l'étude comportementale des flux domicile-travail.

Liste des fonctionnalités :

- Surligne la commune sélectionnée.
- Tableur.
- Filtre.
- Export des données (format PDF, Excel et CSV). (Figure 16: Exemple de tableau exporté au format PDF)
- Recherche.

Domicile	Travail	Individu
Annecy	Annecy	36877
Thonon-les-Bains	Thonon-les-Bains	7480
Annemasse	suisse	6883
Annecy	suisse	5904
Annemasse	Annemasse	4770
Saint-Julien-en-Genevois	suisse	4237
Sallanches	Sallanches	4044
Chamonix-Mont-Blanc	Chamonix-Mont-Blanc	3618
Annecy	Epagny Metz-Tessy	3051
Gaillard	suisse	2917
Cluses	Cluses	2903

Figure 16: Exemple de tableau exporté au format PDF.

- Le dernier onglet (Figure 17: Présentation de l'étude locale) permet à l'utilisateur d'étudier le territoire à une échelle plus fine et de s'intéresser aux agencements des activités présentes sur le terrain.

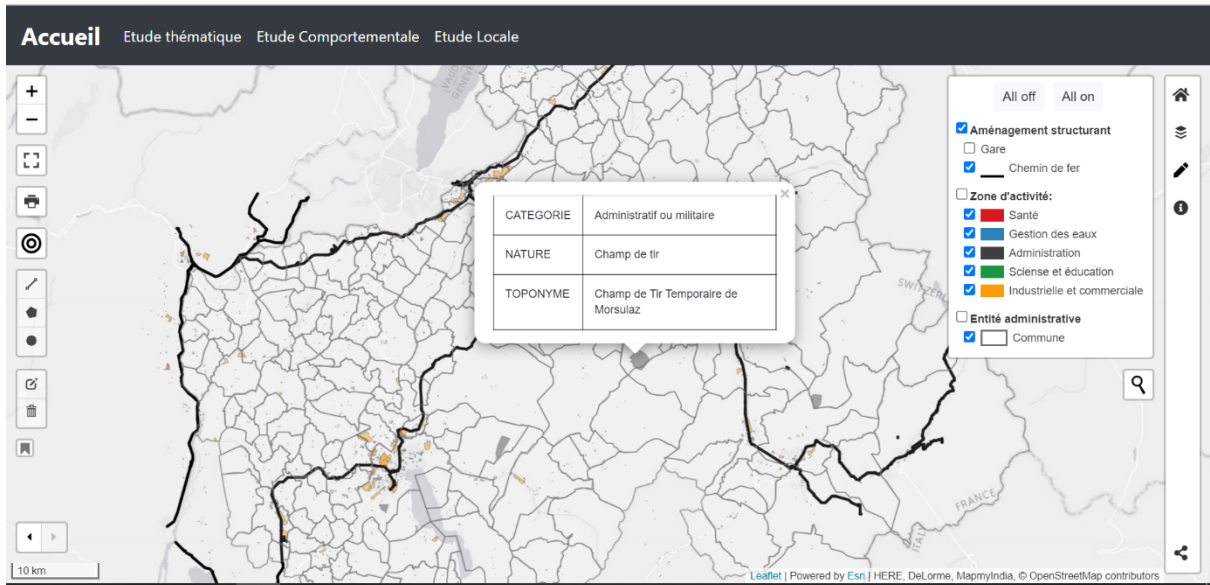


Figure 17: Présentation de l'étude locale.

Liste des fonctionnalités :

- Fenêtre popup sur la couche sélectionnée.
- Recherche.
- Plein écran.
- Imprimer.
- Outils isochrones (temps et distance) pour piéton, handicapé, vélo et voiture (Figure 18: Affichage de l'outils de dessin isochrone).
- Sélection de couches.
- Barre latérale :
 - Accueil.
 - Choix des fonds de carte.
 - Activation des outils de dessin.
 - Aide.
 - Partager la carte.

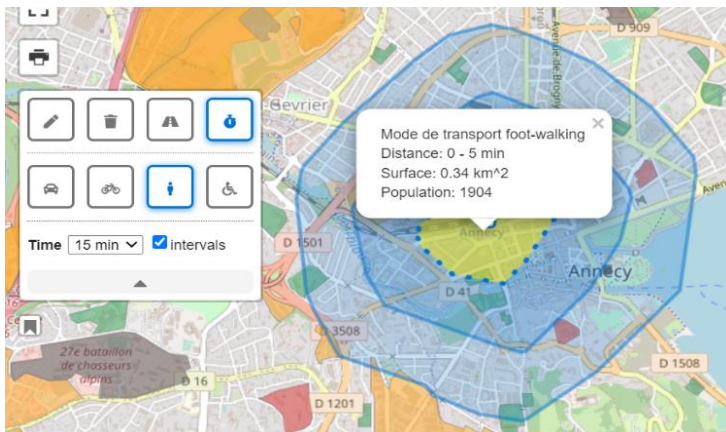


Figure 18: Affichage de l'outils de dessin isochrone.

4.4. Etude de cas

4.4.1 Analyse du territoire

La population en Haute-Savoie est répartie de manière hétérogène (Figure 19: Population en Haute-Savoie en 2018). Celle-ci se localise majoritairement à l'intérieur des vallées. Les principaux foyers de peuplement sont le bassin Annécien, la Vallée de l'Arve, le pourtour du canton de Genève et les côtes du Léman.

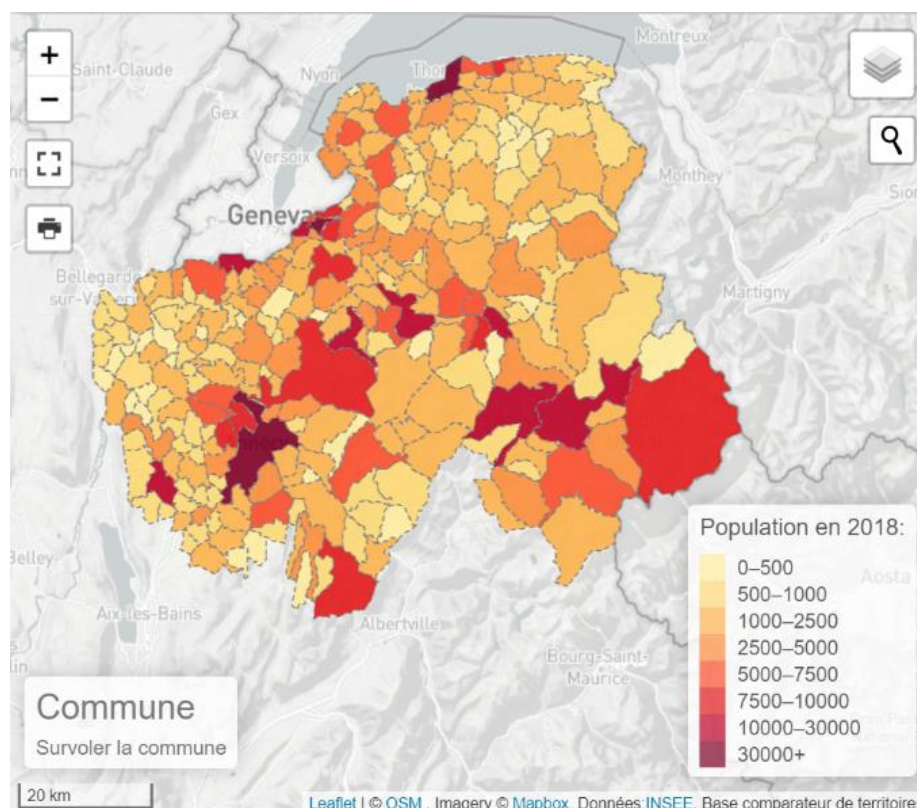


Figure 19: Population en Haute-Savoie en 2018.

La population a connu, elle aussi, une évolution inégale depuis 2013 (Figure 20: Evolution de la population en Haute-Savoie entre 2013 et 2018). La population tend à diminuer sur la partie Sud-Est du département avec une diminution située entre 0 et -10%. Ce sont notamment les communes montagneuses qui sont les plus touchées par cette diminution par exemple la commune de Chamonix (-3%), La Clusaz (-4%), Contamines Montjoie et les communes en Rives Est du Lac d'Annecy. Quelques communes dans la partie Nord-Ouest du département ont connu elles aussi une diminution de leur population telle que Gaillard qui a perdu près de 11% de sa population ainsi que la commune de Nernier (-21%). On peut supposer que ces variations de population sont dues à un coût de la vie plus élevé dans les communes en déperdition au profit d'autres communes plus dynamiques, ou à l'arrivée d'une population plus aisée (par ex. expatriés) et à la mise en place d'infrastructures plus performantes (par ex. en périphérie de Bellegarde).

La partie Nord-Est se veut particulièrement dynamique avec de nombreuses communes connaissant plus de 15% d'augmentation en seulement 5 ans. Les communes les plus attractives sont les communes disposant d'une faible population au départ. Elles sont situées dans la couronne périphérique du canton de Genève et en particulier sur la partie Ouest du Canton. De manière globale, les communes situées à moins de 30km des communes les plus peuplées ont vu leur population croître.

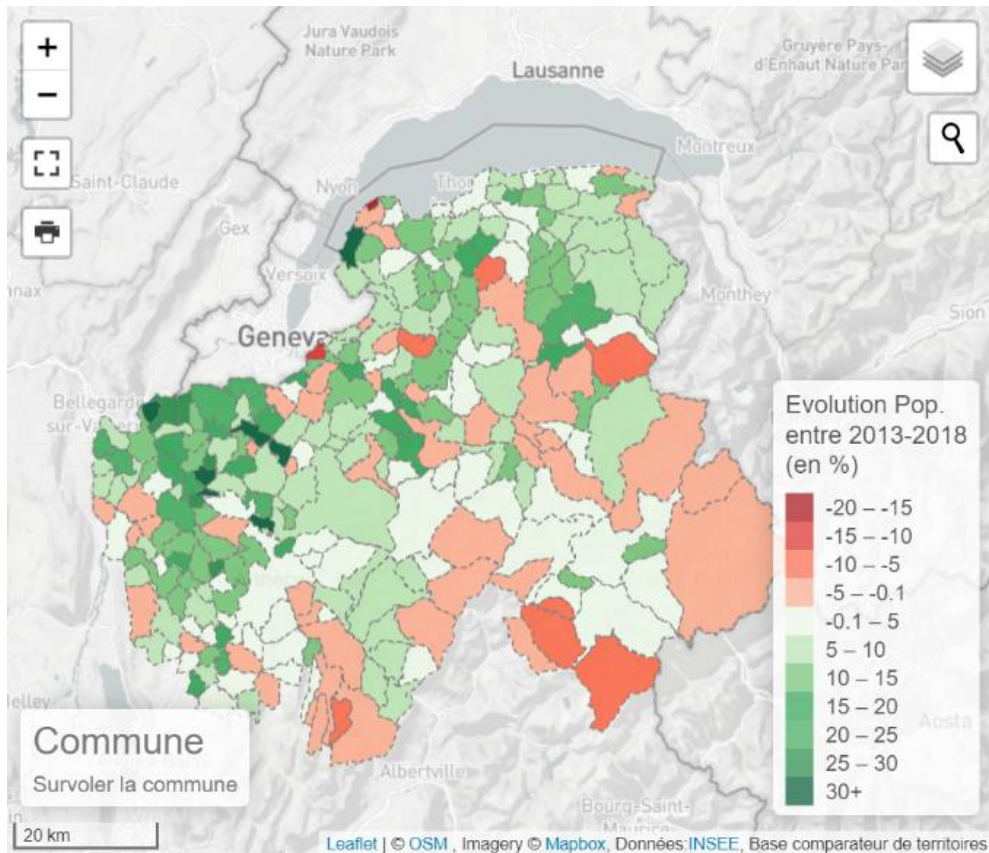


Figure 20: Evolution de la population en Haute-Savoie entre 2013 et 2018.

La part de chômage moyen est située entre 5 et 10% sur le département (Figure 21: Répartition du chômage en Haute-Savoie en 2018). Ce pourcentage témoigne d'un territoire dynamique. La part de chômeur dans la partie Sud-Est est plutôt faible (situé entre 0 et 5%). Ces communes de haute montagne sont très peu touchées par le chômage. Les communes les plus touchées sont celles situées sur les rives du Léman qui atteignent les 10-15% de chômeurs ainsi que quelques communes périphériques du canton de Genève. Le nombre d'actifs se veut globalement homogène sur l'ensemble du territoire avec une part située entre 40 et 60% (Figure 22: Répartition des actifs en Haute-Savoie en 2018).

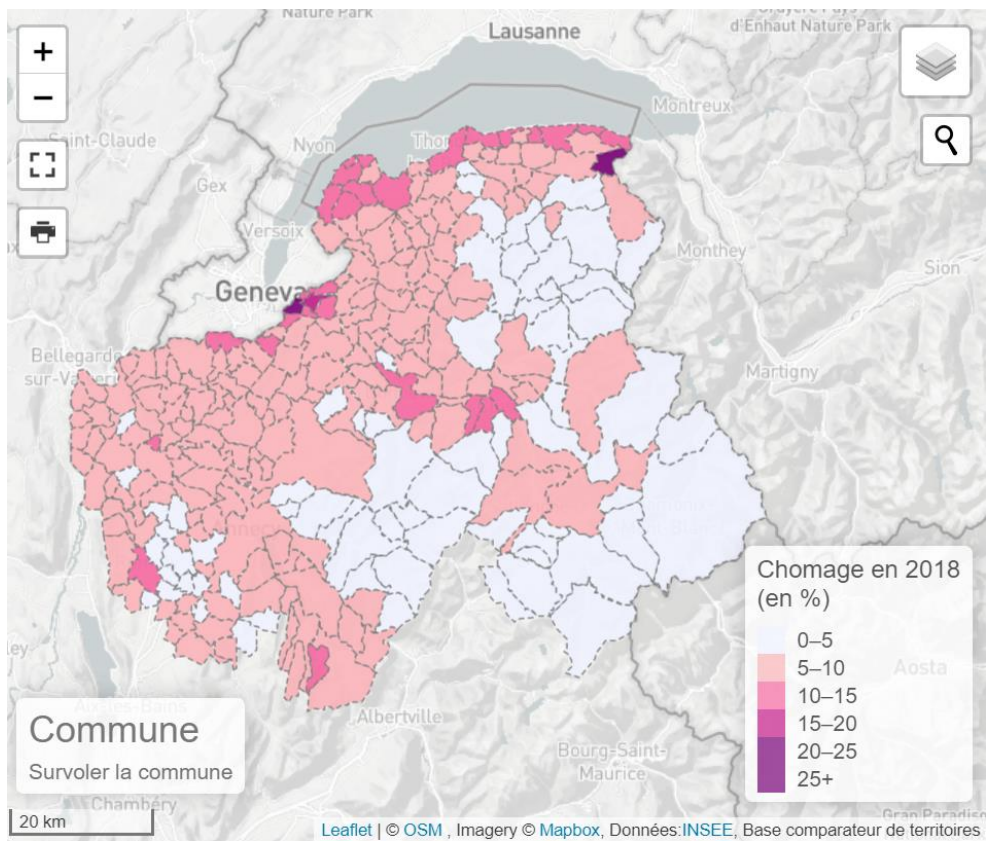


Figure 21: Répartition du chômage en Haute-Savoie en 2018.

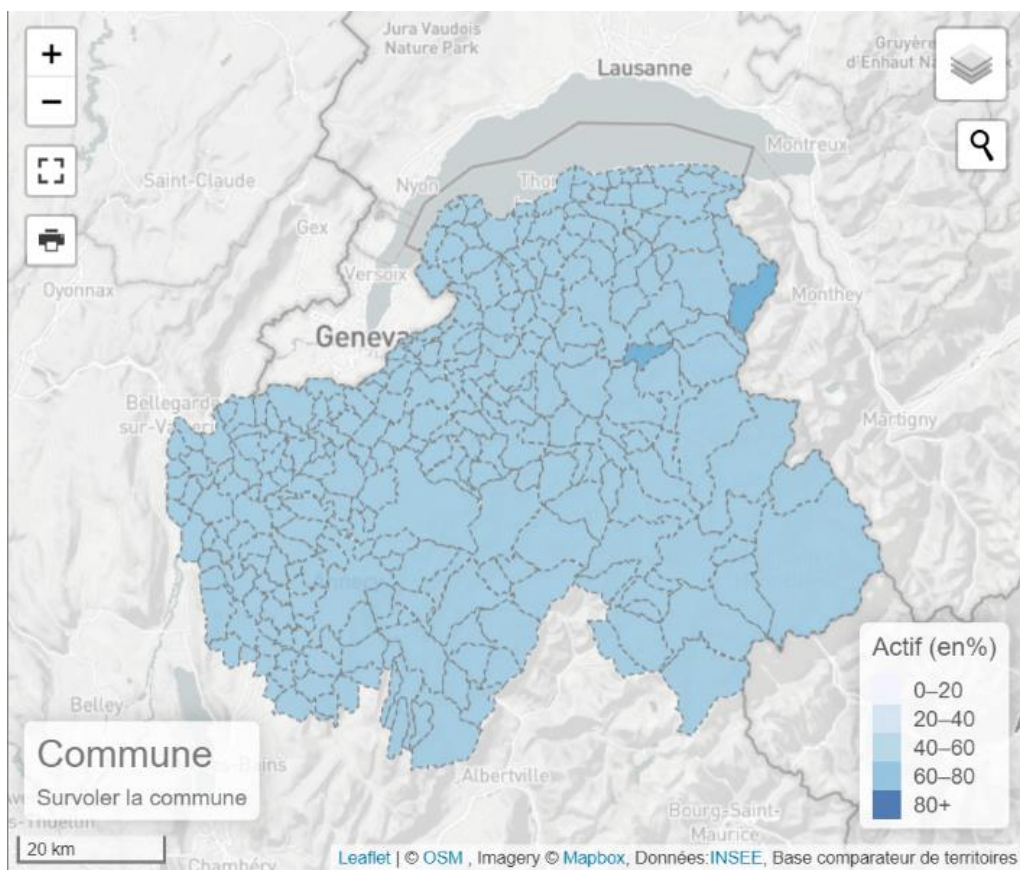


Figure 22: Répartition des actifs en Haute-Savoie en 2018.

Les prix au m² les plus élevés sont majoritairement localisés dans les communes montagnardes (Figure 23: Répartition du prix du m² en Haute-Savoie en 2018). Elles sont notamment réputées pour leurs stations touristiques. Le Bassin Annécien et la périphérie du canton de Genève sont aussi marqués par des prix élevés. Le fond des vallées de l'Arve et des Dranses témoignent d'un prix au m² généralement moins cher.

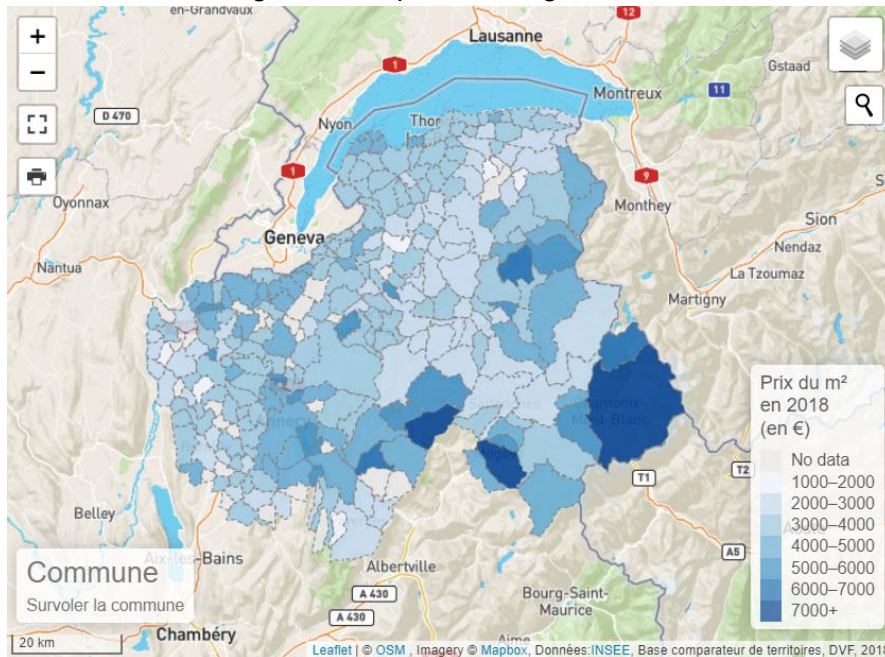
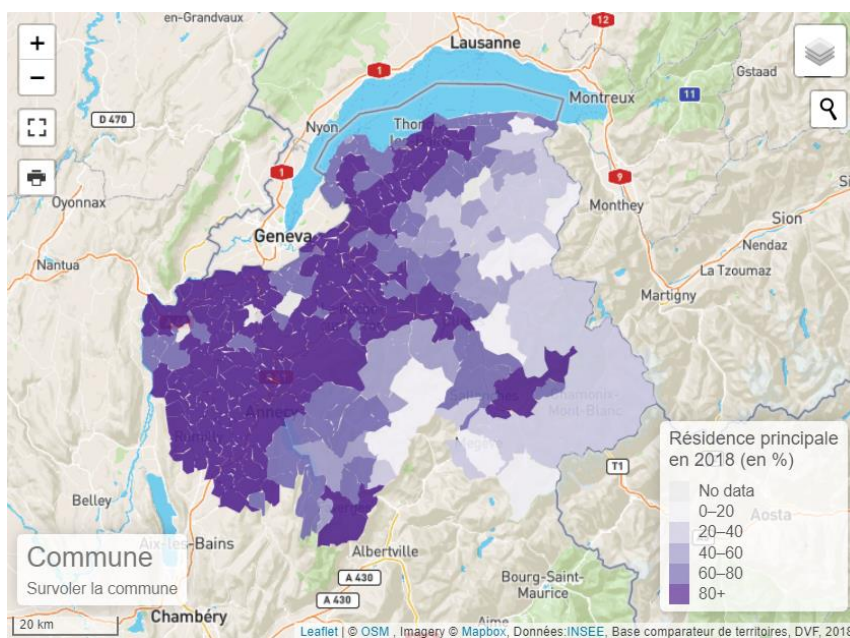


Figure 23: Répartition du prix du m² en Haute-Savoie en 2018.

La répartition des résidences principales et secondaires montre que la population a tendance à résider en plaine et en fond de vallée (

Figure 24: Répartition des résidences principales en Haute-Savoie en 2018 et Figure 25 : Répartition des résidences secondaire en Haute-Savoie en 2018). Les montagnes, en revanche, sont des espaces plutôt dédiés au tourisme et à la villégiature. Les côtes des principaux lacs telles que celles du Léman et la rive est du Lac d'Annecy montrent que ces



territoires sont aussi des espaces touristiques avec 20 à 40% de résidences secondaires.

Figure 24: Répartition des résidences principales en Haute-Savoie en 2018.

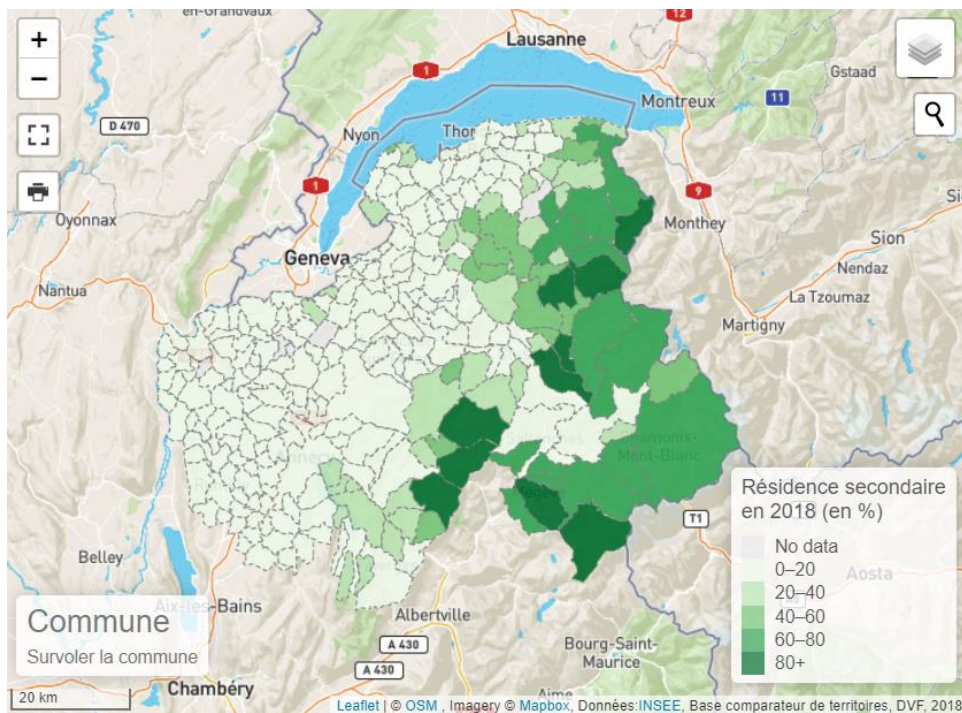


Figure 25 : Répartition des résidences secondaire en Haute-Savoie en 2018.

4.4.2 Les besoins d'un utilisateur

Pour illustrer l'utilité de l'application, voici une simulation du type d'analyse que peut être amené à effectuer un utilisateur :

Une famille cherche à s'implanter en Haute-Savoie avec les critères suivants :

- Le père travaille en Suisse et la mère travaille à Annecy.
- Ils ont 2 enfants à l'école primaire.
- Les grands parents ont une santé fragile et doivent vivre dans une maison retraite.
- La famille veut avoir accès aux transports en commun pour se rendre au travail et pour les déplacements du quotidien. Ils recherchent un prix au m² inférieur à 4000 €/m².
- Les enfants souhaitent avoir accès à des activités de loisirs (ex : foot).

L'axe de recherche va se concentrer sur les axes ferroviaires du Léman Express. Seules les gares situées entre les lieux de travail des deux parents, se situant à mi-distance entre Genève et Annecy sont retenues (Figure 26: Zone de recherche, dessiné à l'aide outils de l'application).

- Reignier-Esery
- La Roche-sur-Foron
- St-Pierre en Faucigny
- Groisy
- Bonneville

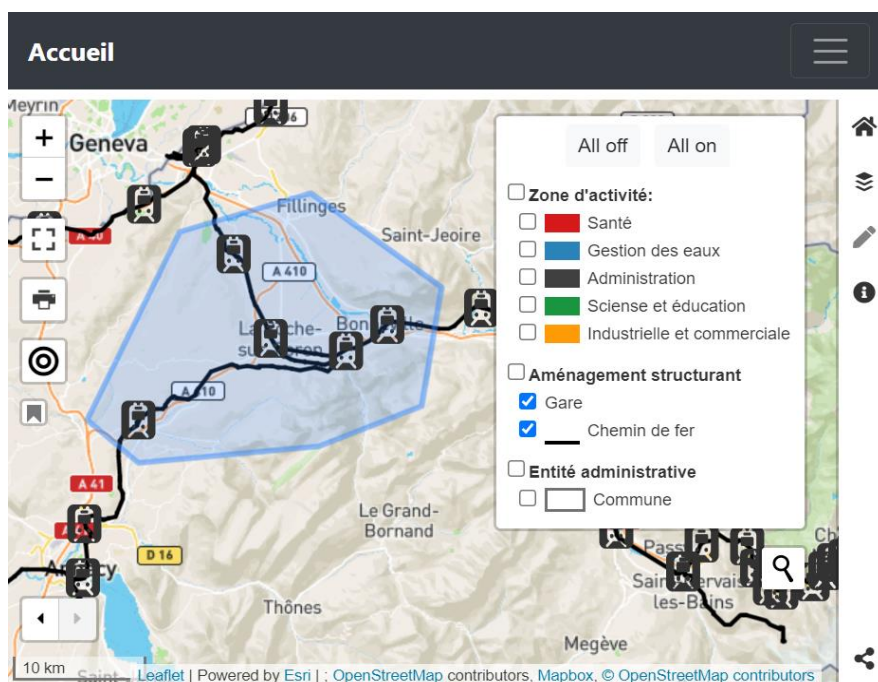


Figure 26: Zone de recherche, dessiné à l'aide outils de l'application.

Ce secteur présente une certaine homogénéité d'un point de vue socio-démographique avec une part de chômage similaire, situé entre 5 et 10% (13% pour Bonneville. Il s'agit d'un territoire composé à plus de 80% de résidences principales. Le territoire connaît une croissance démographique positive, notamment pour les communes situées entre Bonneville et La Roche-sur-Foron. Ces deux dernières sont les communes les plus peuplées avec une population de plus de 10 000 habitants. Le prix au m² est relativement homogène pour l'ensemble des communes concernées et avoisine les 3500€/m². La commune de Bonneville est la moins chère avec un prix moyen de 2600€/m².

On peut partir du principe que, plus les flux domicile/travail sont importants et équilibrés vers la Suisse et vers Annecy, plus cette commune peut être intéressante pour le couple en question. Ces résultats peuvent cependant être nuancés. Tous les trajets des travailleurs ne se font pas en transport en commun ; choisir sa localisation en adoptant un comportement mimétique n'est pas forcément la règle à suivre.

Groisy s'avère être la commune la plus équilibrée sur ce principe avec 330 travailleurs à Annecy et 370 à Genève (Figure 27: Répartition des flux domicile travail pour la commune de Groisy). Les habitants de Reignier travaillent essentiellement sur Annecy. Reignier est donc une commune a priori intéressante pour un couple travaillant à Genève et à Annecy, mais pas intéressante si l'on affine les critères (voir plus bas). Le second choix le plus pertinent est La Roche-sur-Foron, ses principaux flux se concentrent sur la plupart des pôles économiques et des bassins de vie de la Haute-Savoie (Figure 28: Répartition des flux domicile-travail pour la commune La Roche sur Foron). La commune est située au carrefour des principaux axes vers Annemasse/Genève, la Vallée de l'Arve et le bassin Annécien.

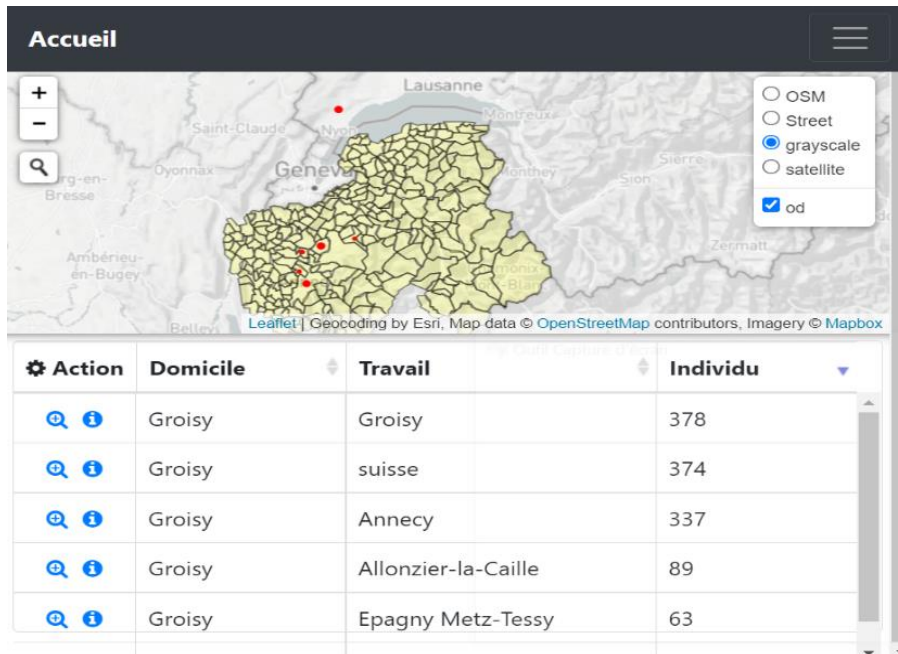


Figure 27: Répartition des flux domicile travail pour la commune de Groisy.

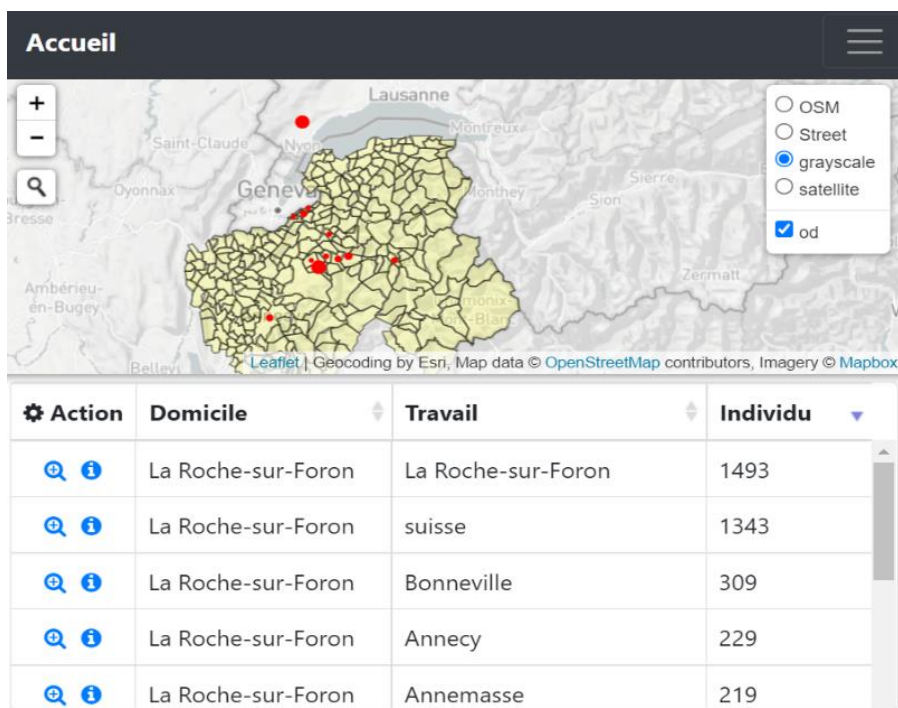


Figure 28: Répartition des flux domicile-travail pour la commune La Roche sur Foron.

A travers une étude plus localisée, Groisy s'avère être une commune plutôt rurale. Bien que celle-ci possède une localisation relativement intéressante, elle ne remplit pas les critères pour cette famille. Il n'y a aucun établissement de santé pour retraité ni de zone d'activité. La Roche-sur-Foron se veut plus urbaine et plus développée avec davantage de zones d'activité, notamment la présence de nombreuses zones dédiées à la santé comme la présence d'un hôpital, et d'une maison de retraite. Celle-ci réunit tous les critères pour s'inscrire comme une ville du quart d'heure à travers différents modes de transport et correspondre aux attentes du couple (maison de retraite) (

Figure 29: Zone isochrone à 15 min depuis la gare de La Roche-sur-Foron en voiture>vélo>piéton et Figure 29:).

Figure 29: Zone isochrone à 15 min depuis la gare de La Roche-sur-Foron en voiture>vélo>piéton.

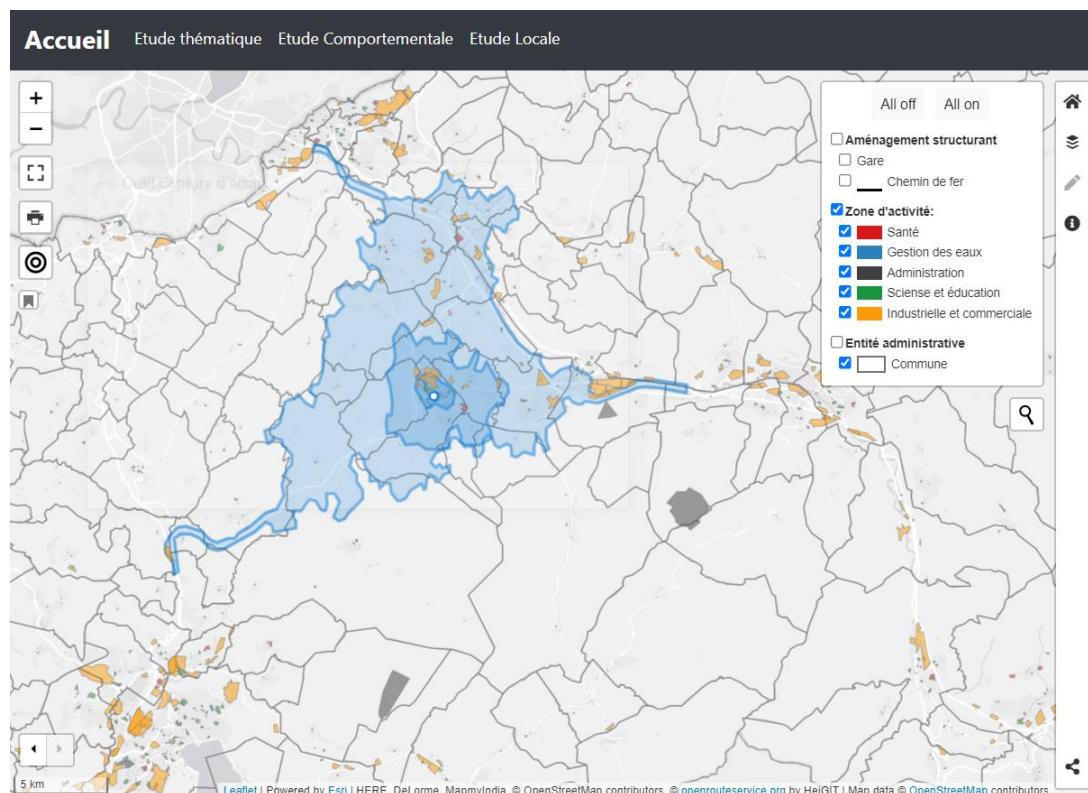
Figure 30: Zones isochrones vélo>piéton et localisation des terrains de foot via l'ajout d'une couche OSM.

5. Mise à jour

La mise à jour des données de l'application dépend tout d'abord de la diffusion des données des organismes. Celles-ci sont livrées aux publics selon des délais différents en fonction du type de données. Par exemple, les données MOBPRO sont publiées chaque année, mais les données les plus récentes sont diffusées 3 ans après le processus de recensement et d'enquête. Les dernières données en date traitent de l'année 2018 et ont été diffusées en septembre 2021.

De manière générale, les bases de données de l'INSEE conservent la même structure où seule l'année inscrite dans le nom des champs est mise à jour. Les données DVF + conservent les mêmes caractéristiques et les données sont mises à jour 2 fois par an. Enfin les données OSM sont mises à jour continuellement par les utilisateurs pouvant ainsi présenter certaines limites qui seront expliquées ci-dessous.

Afin de mettre à jour les couches, il est possible de les générer de nouveau en relançant les



requêtes SQL qui ont été conservées. La création d'un script pouvant relancer l'ensemble des opérations réalisées peut aussi constituer une solution intéressante pour obtenir des couches à jour pour l'application. D'autres pistes d'évolution seront développées dans la partie suivante.

6. Limites et évolution

Le développement d'une application cartographique présente différentes limites. Outre les compétences techniques, les choix de développement ou encore le choix et la constitution des données, le financement d'un tel développement est une limitation importante.

D'un point de vue technique, le développement d'une application nécessite des compétences plus ou moins avancées en programmation selon les objectifs souhaités. Il est donc nécessaire de disposer de certaines bases en langage HTML, JavaScript et CSS. De plus, la création d'une application complète ne doit pas se cantonner à une seule librairie telle que Leaflet. Comme vu précédemment, Leaflet se révèle particulièrement limité en termes de fonctionnalité en géomatique (geoprocessing, gestion des projections...), mais aussi en termes de lecture de données. Leaflet ne peut lire nativement la structure des fichiers GeoJSON s'il est considéré en tant que variable dans un fichier JavaScript. Il est alors nécessaire de mobiliser d'autres bibliothèques telles que jQuery pour lire les fichiers souhaités.

Toujours dans cette logique, Leaflet doit être complété par des plugins afin d'ajouter de nouvelles fonctionnalités.

L'une des limites plutôt générales au webmapping est la gestion et la mise en place des légendes. Celles-ci peuvent s'avérer particulièrement fastidieuses face aux respects de la sémiologie graphique notamment pour la réalisation de cercle proportionnel. De façon générale, la création d'une légende doit se faire :

- Soit en créant directement le symbole par une ligne de code via la création d'une image SVG implémenter à l'emplacement souhaité. Cette solution nécessite de saisir le code de chaque couleur et nuance de couleur manuellement, notamment dans les cartes choroplèthe. Des outils en ligne comme Colorbrewer³² peuvent cependant aider à saisir ces nuances de couleur selon la classification choisit.
- Soit en réalisant la légende à la main via un logiciel type Inkscape³³/Illustrator³⁴ et en l'important à l'endroit souhaité.

L'idéal est de construire la légende une première fois dans un logiciel SIG comme QGIS afin de tester et choisir son type de classification.

Certaines fonctionnalités présentent dans cette application cartographique en ligne mériteraient d'être plus approfondies et améliorées comme le fait de pouvoir retirer les couches OSM sans avoir besoin de recharger l'application, ou encore de pouvoir personnaliser ces couches. Des fonctions de filtrage pourraient venir compléter certaines informations avec la possibilité de les voir s'afficher dans un tableau de données. L'ajout de données telles que des données raster permettrait d'étoffer l'analyse de l'utilisateur pour

³² Colorbrewer : www.colorbrewer2.org

³³ Inkscape : www.inkscape.org

³⁴ Illustrator : <https://www.adobe.com/fr/products/illustrator.html>

afficher l'exposition des bâtiments ; ou encore l'ajout de données sur les offres immobilières du moment pour accompagner l'utilisateur jusqu'au bout de sa démarche.

Le développement de nouveaux outils d'analyses graphiques pourrait améliorer l'expérience utilisateur avec la création de diagrammes sous D3.js ou encore de boutons et curseurs permettant de faire varier la temporalité de la donnée. La synergie entre plusieurs bibliothèques peut constituer une véritable plus-value pour l'interactivité avec ce type d'application. En revanche, la mise à jour du code peut quant à elle s'avérer rapidement fastidieuse, car chacun des plugins et bibliothèques devra être mis à jour indépendamment ce qui peut être présenté comme une contrainte sur le long terme.

Quelques problèmes techniques n'ont pas été résolus par manque de temps et d'expérience, comme l'ouverture de la barre latérale gauche qui présente un problème au chargement de l'application.

La gestion des données pourrait être optimisée comme indiqué dans la partie précédente. L'idée serait de rassembler l'ensemble des données obtenues des différents organismes et de les charger directement dans un serveur PostGIS. Les données pourraient être ainsi indexées et les fichiers GeoJson seraient construits directement via une requête SQL chargée dans un fichier PHP³⁵. L'ensemble des bases de données serait donc bien rangé et structuré. Il suffirait par la suite de charger les dernières versions sur le serveur PostgreSQL et de mettre à jour la requête (ou non) pour obtenir une information à jour.

L'usage de modèles peut être intéressant dans certains cas de figure pour gagner du temps. Cependant, celles-ci ne sont pas toujours bien expliquées et nécessitent certaines compétences techniques pour bien comprendre le code. Décortiquer le code de ces modèles m'a permis de progresser plus vite et de gagner en compétences. L'usage des modèles est donc recommandable si celle-ci correspond globalement à l'attente de l'utilisateur final. Dans le cas contraire, il est préférable de s'en inspirer, de piocher des idées, car le modifier peut s'avérer plus contraignant que de partir d'une page vierge. Par exemple, la page « Étude locale » s'est avérée compliquée à modifier. Bien que j'ai réussi à obtenir le rendu souhaité, beaucoup de fonctionnalités présentes dans le modèle ne sont pas utilisées.

Enfin, l'étude de cas montre aussi les limites de l'application. Le réseau de bus de La Roche sur Foron n'est pas géoréférencé dans les bases de données OSM. Il faut donc faire preuve de discernement et ne pas considérer que si une donnée n'est pas présente dans OSM elle n'existe pas.

7. Conclusion

L'étude présentée à travers ce mémoire constitue une première étape vers la création d'une application de cartographie en ligne appliquée à la recherche de l'emplacement idéal pour effectuer des investissements dans l'immobilier. Cette étude partage des spécificités

³⁵ PHP : www.php.net

transversales à d'autres thématiques. Ce travail a permis d'offrir un ensemble d'outils relativement simples à prendre en main pour entreprendre une analyse propre à chacun.

L'application a pour but principal de peser les forces et les faiblesses d'un territoire. En partant de ce constat, il est possible d'envisager d'autres champs d'action pour cette application. Ces principes de comparaison territoriale sont employés dans tout domaine ayant pour but de prendre des décisions sur un territoire. En changeant de thématique, il est aisé d'imaginer une application de ce genre pour l'aménagement du territoire, la gestion des mobilités, l'étude de l'environnement ou tout autre sujet faisant écho à l'étude et ou à la prise de décisions sur un territoire. Un public non initié à la cartographie pourra prendre en main ces outils d'analyse et d'information aisément.

Ce type d'application a pour vocation d'être amélioré et complexifié de sorte à prendre en compte d'autres manières de stocker et d'interroger les bases de données. De nombreuses fonctionnalités restent à développer de sorte à faciliter l'expérience utilisateur comme la génération d'une étude clé en main imprimable en deux clics.

D'un point de vue personnel, la création de cette application m'a permis de mettre à profit mes compétences acquises au cours de mes études et de mon certificat. Cela m'a permis de démystifier la complexité de ce type d'application et me laisse entrevoir de nombreuses possibilités pour la suite. Enfin cela m'a permis de comprendre que la mise en place d'une application peut se faire relativement rapidement selon le type de fonctionnalité souhaité. De nombreux sites web proposent de multiples applications basées sur différentes données qu'il est possible de reproduire et d'améliorer en exploitant des outils de développement et des données 'open-source'.

Bibliographie

Brutel C. Pages J. 2021 La voiture reste majoritaire pour les déplacements domicile-travail, même pour de courtes distances, INSEE 2021: www.urlr.me/Bbdqx

Chabot G., 1938, La détermination des courbes isochrones – géographie urbaine, Congrès International de Géographie, Amsterdam, pp, 341-347

Christaller W. Central Places in Southern Germany, Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, 1933.

Cliquet G., Geomarketing: Methods and Strategies in Spatial Marketing, ISTE

Demand, 1984, Advances in Consumer Research, pp, 396-399.

Elhadad, M, Le monde en face – Rêve pavillonnaire, les dessous d'un modèle, 2020, <https://www.france.tv/france-5/le-monde-en-face/1138467-reve-pavillonnaire-les-dessous-d-un-modele.html>

Granbois D., Predicting Temporal and Spatial Patterns of Aggregate Consumer

Loi n° 51-711 du 7 juin 1951 sur l'obligation, la coordination et le secret en matière de statistiques : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000888573/>

Loi Lemaire du 7 octobre 2016 : <https://www.vie-publique.fr/eclairage/20301-loi-republique-numerique-7-octobre-2016-loi-lemaire-quels-changements>

Moreno, C., 2021 « Transcript of "La ville d'un quart d'heure" », www.ted.com (consulté le 10 octobre2021)

Mazloff B., Bellanger F., Les nouveaux territoires du marketing, Ed. Liaisons, Paris.

Taleb, N,N,2007. The Black Swan: the impact of the highly improbable, Londres, pp,366

Annexes

Exemples de résultats produits dans le cadre de cette étude :

Accueil

⚙️ Action	Domicile	Travail	Individu
🔍 ⓘ	Saint-Pierre-en-Faucigny	suisse	814
🔍 ⓘ	Saint-Pierre-en-Faucigny	Saint-Pierre-en-Faucigny	668
🔍 ⓘ	Saint-Pierre-en-Faucigny	Bonneville	377
🔍 ⓘ	Saint-Pierre-en-Faucigny	La Roche-sur-Foron	297
🔍 ⓘ	Saint-Pierre-en-Faucigny	Cluses	129

Accueil

⚙️ Action	Domicile	Travail	Individu
🔍 ⓘ	Bonneville	Bonneville	1924
🔍 ⓘ	Bonneville	suisse	878
🔍 ⓘ	Bonneville	Saint-Pierre-en-Faucigny	397
🔍 ⓘ	Bonneville	Cluses	229
🔍 ⓘ	Bonneville	La Roche-sur-Foron	217
🔍 ⓘ	Bonneville	Annemasse	208

Exemples de code source utilisé dans le cadre de l'étude thématique :

```

// Couches du Switcher
var grayscale = L.tileLayer(mbUrl, {id: 'mapbox/light-v9', tileSize:
512, zoomOffset: -1, attribution: mbAttr}),
    streets = L.tileLayer(mbUrl, {id: 'mapbox/streets-v11', tileSize:
512, zoomOffset: -1, attribution: mbAttr});

// Caractéristiques de la carte
var map = L.map('map', { // déclaration de la variable map
    center: [45.900002, 6.11667], // coordonnée Annecy
    zoom: 8,
    layers: [streets],
    fullscreenControl: true,
});
// Ajout l'echelle cartographique
L.control.scale({position: 'bottomleft', imperial:false}).addTo(map);

//Déclaration des différentes couche

var savoie = new L.geoJson(savoie,{
    style: style,
    onEachFeature: function (feature, layer) {
        var defaultStyle = layer.style,
            that = this;//NEW

        layer.on('mouseover', function (e) {
            this.setStyle({
                weight: 5,
                color: '#666',
                dashArray: '',
                fillOpacity: 0.7
            });

            if (!L.Browser.ie && !L.Browser.opera) {
                layer.bringToFront();
            }

            info.update(layer.feature.properties);
        });
        layer.on('mouseout', function (e) {
            savoie.resetStyle(e.target); //NEW
            info.update();
        });
    }
});

//Fetch: lecture du fichier geoJSON
$.ajax({

```



```

dataType: "json",
url: "comstat3.geojson",
success: function(data) {
    $(data.features).each(function(key, data) {
        savoie.addData(data);
        savoie2.addData(data);
        savoie3.addData(data);
        savoie4.addData(data);
        savoie5.addData(data);
        savoie6.addData(data);
        savoie7.addData(data);
    });
}
});
// Declaration des fonds de carte
var baseLayers = { // variable comprenant les fond de cartes
    "Streets": streets,
    "Grayscale": grayscale,
};
//Declaration des couches
var overlays = { // variable comprenant les couches

    "Population": savoie,
    "Variation Population": savoie6,
    "Chomage": savoie5,
    "Actif": savoie7,
    "Prix du m2": savoie2,
    "Résidence principale": savoie3,
    "Résidence secondaire": savoie4,

};

//Ajout du Layer Control
var layerControl = L.control.layers(
baseLayers,
overlays,
).addTo(map);

// Définitions des styles des couches et de leur classification
// classification
function getColor(d) {
return d > 30000 ? '#800026' :
    d > 10000 ? '#BD0026' :
    d > 7500 ? '#E31A1C' :
    d > 5000 ? '#FC4E2A' :
    d > 2500 ? '#FD8D3C' :
    d > 1000 ? '#FEB24C' :

```

```

        d > 500    ? '#FED976' :
                  '#FFEDA0';
    }
    // Définition du style
    function style(feature) {
        return {
            fillColor: getColor(feature.properties.population),
            weight: 1,
            opacity: 2,
            color: 'grey',
            dashArray: '3',
            fillOpacity: 0.9,
        };
    }
}

//Déclaration des légendes
var legend = L.control({position: 'bottomright'});
var legend2 = L.control({position: 'bottomright'});
var legend3 = L.control({position: 'bottomright'});
var legend4 = L.control({position: 'bottomright'});
var legend5 = L.control({position: 'bottomright'});
var legend6 = L.control({position: 'bottomright'});
var legend7 = L.control({position: 'bottomright'});

legend.onAdd = function (map) {

    var div = L.DomUtil.create('div', 'info legend'),
        grades = [0,500, 1000, 2500, 5000, 7500, 10000, 30000],
        labels = [];

    div.innerHTML += '<h6>Population en 2018:</h6>';

    // Boucle pour générer la classification dans la légende et créer la
    // symbologie
    for (var i = 0; i < grades.length; i++) {
        div.innerHTML +=
            '<i style="background:' + getColor(grades[i] + 1) + '></i> ' +
            grades[i] + (grades[i + 1] ? '&ndash;' + grades[i + 1] + '<br>' :
            '+');
    }

    return div;
};

//Modification de la légende en fonction de la couche affiché
currentLegend = legend2
map.on('overlayadd', function (eventLayer) {

```

```

if (eventLayer.name === 'Prix du m2') {
    this.removeControl(currentLegend);
    currentLegend = legend2;
    legend2.addTo(this);
}
else if (eventLayer.name === 'Population'){
    this.removeControl(currentLegend );
    currentLegend = legend;
    legend.addTo(map);
}
else if (eventLayer.name === 'Résidence principale'){
    this.removeControl(currentLegend );
    currentLegend = legend3;
    legend3.addTo(map);
}
else if (eventLayer.name === 'Résidence secondaire'){
    this.removeControl(currentLegend );
    currentLegend = legend4;
    legend4.addTo(map);
}
else if (eventLayer.name === 'Chomage'){
    this.removeControl(currentLegend );
    currentLegend = legend5;
    legend5.addTo(map);
}
else if (eventLayer.name === 'Actif'){
    this.removeControl(currentLegend );
    currentLegend = legend7;
    legend7.addTo(map);
}
else if (eventLayer.name === 'Variation Population'){
    this.removeControl(currentLegend );
    currentLegend = legend6;
    legend6.addTo(map);
}
})

// Création d'une fenêtre d'information
var info = L.control({position: 'bottomleft'});

info.onAdd = function (map) {
    this._div = L.DomUtil.create('div', 'info'); // create a div with a class
    "info"
    this.update();
    return this._div;
};
// ajout des paramètres à afficher
info.update = function (props) {

```

```

this._div.innerHTML = '<h4>Commune</h4>' + (props ?
  '<b>' + props.name + '</b><br />' +
  ' Population :'+ props.population + '<br />'
+ ' Evolution Population : '+props.varpop + '%'+'<br />'
+ ' Chomage : '+props.pchomage + '%'+'<br />'
+ ' Actif : '+ props.actif + '('+props.pactf + '%)+'<br />'
+ ' Prix / m<sup>2</sup>:' + props.PrixMoyen_ + '<br />'
+ ' Résidence Principale : '+ props.nbrp + '('+props.prp + '%)+'<br
/>'
+ ' Résidence Secondaire : '+ props.nbrs + '('+props.prs + '%)+'<br
/>'

: 'Survoler la commune');
};

info.addTo(map);
;

// Fonction imprimer
L.control.browserPrint().addTo(map);

// Fonction "rechercher" dans la carte
L.Control.geocoder().addTo(map);

</script>

```