
Rapport de stage individuel

5^{ème} année

Mobilités – Etudes opérationnelles et mise
au point d'outils transverses à l'activités

Ingérop

5 Imp. des Mûriers, 33700 Mérignac



Tuteur entreprise :
Sophie Benistand
Chef de projet

Tuteur académique :
Eric Thomas

Clément Chauvet
IUT

2024-2025

Table des matières

Table des figures.....	3
Remerciements	4
I. Présentation de la structure d'accueil : Ingérop	5
A. De multiples domaines d'activités	5
1. Présentation générale du groupe	5
2. Présentation de l'agence de Bordeaux.....	5
3. Service Mobilités, Territoires et Data	6
B. Stagiaire chez Ingérop	6
1. Modalités de travail	6
2. Environnement de travail	7
II. Présentation des missions.....	7
A. Objectif initial du stage	7
B. Les missions.....	8
1. Missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage.....	8
2. Les missions de développement d'outils SIG.....	8
3. Appui ponctuel à des missions de maîtrise d'œuvre.....	8
III. La présentation du déroulé des missions.....	9
A. Les missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage	9
1. Plan de circulation du quartier Brazza	9
2. Révision de l'estimation du projet Brazza.....	14
3. Aide à la rédaction d'une réponse à un appel d'offres pour un plan guide mobilité à Carbone	16
4. Les portes métropolitaines de Bordeaux.....	17
5. Travail sur le plan guide mobilité de Périgueux.....	19
B. Développement d'outils SIG.....	20
1. Appel d'offres, plan guide vélo Bruges	20
2. Bibliothèque de symbologie QGIS	25

C.	Autres missions	27
1.	Coupes techniques pour le Bus express.....	27
2.	Métrés et aménagements cyclables dans Bordeaux Centre Ancien (BCA).....	27
3.	PRU Cenon Saraillère : phase des travaux	28
4.	Aire d'influence des agences d'Ingérop Grand Ouest	28
5.	Powerpoint type d'une étude de mobilité.....	28
6.	Missions annexes	29
IV.	Retour réflexif sur l'expérience	29
A.	Démarche	29
B.	Analyse critique des résultats produits	29
C.	Propositions de pistes de changement	30
D.	Projection dans un métier	30
V.	Bibliographie.....	30
VI.	Annexes	31
A.	Annexe 1 : premier scénario du plan de circulation retenu.....	31
B.	Annexe 2 : carte des aménagements cyclables (portes métropolitaines)	32
C.	Annexe 3 : algorithme FME d'automatisation de carte	33

Table des figures

Figure 1 : Organigramme de l'agence Bordeaux Ville, Infra et Mobilité.....	6
Figure 2 : Plan du quartier Brazza tel qu'imaginé dans sa version finale en 2019.....	9
Figure 3 : Plan de circulation initial du quartier Brazza.....	11
.....	11
Figure 4 : Schéma de principe d'aménagement (Copenhagenize Design Co., 2012).....	11
Figure 5 : Plan de circulation du quartier Brazza retenu en phase 1	13
Figure 6 : plan de circulation retenu en phase finale.....	14
Figure 7 : Carte du périmètre d'étude concernée par l'estimation de 2025	15
Figure 8 : Diagnostic des mobilités de la ville de Carbone	17
Figure 9 : Réseau routier structurant de Bordeaux et connexions aux portes métropolitaines.....	18
Figure 10 : Réseau de transport en commun et connexions aux portes métropolitaines.....	19
Figure 11 : Première carte de diagnostic réalisé avec Adobe illustrator	20
Figure 12 : Calque de plantabilité de Bordeaux métropole, découpé à l'échelle de Bruges	21
Figure 13 : Carte des zones climatiques locales du CEREMA	22
Figure 14 : Priorité de plantation en fonction de la faisabilité et de la sensibilité aux îlots de chaleur	23
Figure 15 : Aménagements existants et enjeux de mobilités de la ville de Bruges	24
Figure 16 : Aménagements cyclables et avis des usagers.....	24
Figure 17 : Bibliothèque de symbologie liée à la mobilité	26
Figure 18 : Coupes AutoCAD d'une rue empruntée par le bus express.....	27
Figure 19 : Accessibilité de l'agence Ingérop Bordeaux en voiture	28

Remerciements

Je souhaite tout d'abord exprimer ma profonde gratitude à ma tutrice, Sophie Benistand, pour son accompagnement tout au long de mon stage. Grâce aux missions qu'elle m'a confiées, j'ai pu découvrir une vision d'ensemble du métier et approfondir mes connaissances sur de nombreux sujets. J'ai particulièrement apprécié sa capacité à valoriser mon travail, à me corriger avec bienveillance et à m'orienter vers des pistes d'amélioration constructives.

Je tiens également à remercier Thibaut Guéré, avec qui j'ai également collaboré. Sa bonne humeur et ses précieux conseils ont enrichi mes compétences et rendu mon expérience encore plus agréable.

Mes remerciements s'adressent aussi à Aude et Maël, qui ont répondu à mes interrogations avec enthousiasme, ainsi qu'à Nicolas, Elise et Kawtar, pour leur présence et leur aide, qui ont grandement contribué à rendre mon stage plus convivial.

Enfin, je remercie chaleureusement l'ensemble de l'équipe d'Ingérop Bordeaux pour son accueil et sa disponibilité tout au long de mon stage.

I. Présentation de la structure d'accueil : Ingérop

A. De multiples domaines d'activités

1. Présentation générale du groupe

Ingérop est une entreprise d'ingénierie française, spécialisée dans la maîtrise d'œuvre, l'assistance à maîtrise d'ouvrage, les études réglementaires et les expertises techniques. Le groupe intervient dans divers secteurs, dont l'environnement, l'industrie, les infrastructures et mobilité, le transport ou la ville.

Le groupe possède plus de 70 agences réparties sur les 5 continents ainsi que de nombreuses filiales sur lequel il peut compter dans ses projets comme :

- Actierra : ingénierie conseil spécialisée en transition écologique
- ACXES : acteur dans la transition énergétique, la construction et les énergies.
- Plusieurs autres filiales intervenant dans des domaines complémentaires

2. Présentation de l'agence de Bordeaux

Ingérop Bordeaux réunit environ 25 personnes et appartient au réseau d'agences de la Région Grand Ouest. Située à Bordeaux, en Nouvelle-Aquitaine, elle intervient localement auprès des collectivités, de l'État, de la SNCF, des concessionnaires routiers, des aménageurs et des acteurs industriels privés. L'agence de Bordeaux est particulièrement impliquée dans des projets d'infrastructures urbaines, comme les études de voirie et les aménagements d'espaces publics. L'agence est répartie en quatre services (cf. figure 1) :

- Ouvrages d'art
- Ferroviaire
- Mobilités, Territoires et Data
- Ville et Infrastructures

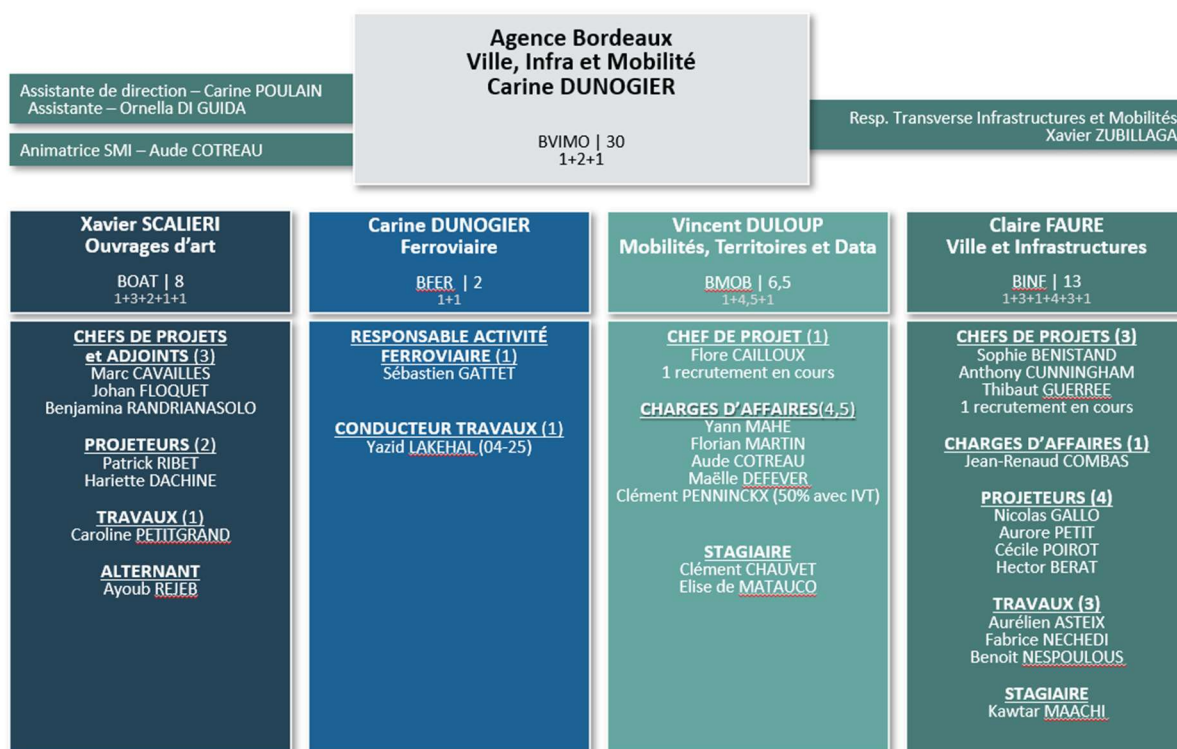


Figure 1 : Organigramme de l'agence Bordeaux Ville, Infra et Mobilité

J'ai pu intervenir au sein du service Mobilités, Territoires et Data et ponctuellement au sein du service Ville et Infrastructures.

3. Service Mobilités, Territoires et Data

Le secteur Mobilités, Territoires et Data est un domaine clé pour Ingérop Bordeaux. L'agence mène des missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre portant sur l'aménagement des infrastructures de transport et des espaces publics. Parmi les projets réalisés figurent, par exemple, la gestion des flux de circulation, l'élaboration de plans-guides ou encore la conception de schémas directeurs cyclables.

B. Stagiaire chez Ingérop

Pour mieux comprendre mes missions, il est important de situer d'abord le cadre dans lequel elles ont été réalisées, tant sur le plan des conditions que de l'environnement de travail.

1. Modalités de travail

Mes horaires de travail étaient généralement fixés de 9 h à 17 h, avec une pause-déjeuner d'environ une heure. Ces horaires restaient flexibles en fonction des besoins, notamment pour permettre des activités sportives le midi ou la gestion de rendez-vous personnels.

Je travaillais en lien avec les membres de l'équipe, que je pouvais solliciter facilement en cas de besoin. Des points réguliers avec ma tutrice de stage permettaient de faire le point sur mon travail, de

l'approfondir et de définir les prochaines échéances. Par ailleurs, je tenais à jour une note partagée avec elle, servant à organiser et suivre l'avancement de mes tâches.

Pour mener à bien mes missions, j'ai eu recours à différents outils, notamment :

- QGIS
- AutoCAD
- Suite office (Powerpoint, Word, Excel)
- FME

2. Environnement de travail

Lors de mon stage, un poste de travail équipé d'un ordinateur et de deux écrans m'a été attribué. Après quelque temps, j'ai aussi pu récupérer une chaise ergonomique.

Toutefois, l'ordinateur mis à ma disposition présentait des performances limitées. Il peinait à exécuter certaines commandes ou à charger des fichiers volumineux, notamment sur des logiciels comme AutoCAD ou même QGIS. Ces lenteurs, accompagnées de bugs récurrents, ont engendré une perte de temps non-négligeable, que j'estime à plusieurs jours cumulés sur l'ensemble du stage. Au-delà de la perte de temps, le principal impact résidait dans les interruptions fréquentes du flux de travail, nuisant à la concentration et à l'efficacité. J'ai signalé ces difficultés dès les premiers jours afin de tenter de trouver une solution.

Mis à part le fait que mon poste était situé près de l'allée centrale, occasionnant parfois des distractions, l'ambiance générale et l'environnement de travail étaient très agréables.

Chaque matin, une pause-café permettait d'échanger de manière informelle avec les membres de l'équipe, favorisant la convivialité. Le midi, il nous arrivait régulièrement de pratiquer une activité sportive, de jouer, ou tout simplement de partager un repas ensemble, en extérieur ou dans la salle repas.

Après cette présentation du cadre dans lequel s'est déroulé mon stage, je peux désormais détailler les missions qui m'ont été confiées.

II. Présentation des missions

A. Objectif initial du stage

L'intitulé du sujet de stage mentionné dans ma convention est le suivant : « Mobilités - Études opérationnelles et mise au point d'outils transverses à l'activité. »

Deux axes principaux ont structuré mon stage :

- Assister ma cheffe de projet sur des missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) dans le domaine de la mobilité
- Concevoir des outils permettant d'automatiser certaines étapes des études de mobilité.

Chaque axe devait représenter environ 50 % de mon temps de stage.

B. Les missions

Finalement, j'ai consacré davantage de temps aux missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage qu'à la mise au point d'outils transverses.

1. Missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage

J'ai participé à plusieurs études de mobilité dans le cadre de missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO).

Ma mission principale concernait l'élaboration de plans de circulation pour le quartier Brazza, à Bordeaux – une opération d'aménagement d'intérêt métropolitain conduite dans le cadre d'un urbanisme négocié. Dans ce cadre, j'ai mené des analyses du quartier, produit différentes cartes et préparé des supports de présentation adaptés aux acteurs concernés. J'ai également actualisé l'estimation financière du projet, celui-ci s'inscrivant dans un calendrier de plusieurs décennies et nécessitant une révision du coût restant tous les cinq ans.

Par ailleurs, j'ai contribué à l'élaboration de plans-guides mobilité pour Périgueux et pour le centre ancien de Bordeaux. L'objectif était de proposer des aménagements adaptés à différents profils de voiries et de répondre aux problématiques locales, notamment en matière d'infrastructures cyclables.

J'ai également travaillé sur la planification d'un phasage de travaux dans le cadre du projet de renouvellement urbain du secteur Saraillère, à Cenon. Mon rôle a consisté à proposer des solutions de circulation adaptées à un milieu urbain dense, où plusieurs chantiers se déroulaient simultanément.

Enfin, j'ai réalisé des pré-diagnostics de mobilité pour optimiser la réponse à des appels d'offres. Cela impliquait de collecter et analyser des documents, d'effectuer un benchmark, puis d'identifier les enjeux territoriaux afin de les représenter sous forme cartographique. Les deux appels d'offres concernaient respectivement les portes métropolitaines de Bordeaux et un plan-guide mobilité à Carbonne.

2. Les missions de développement d'outils SIG

En parallèle des missions d'AMO, j'ai développé une bibliothèque de symbologie sur QGIS, destinée à faciliter la création de cartes liées à la mobilité. Cette bibliothèque vise à harmoniser la production cartographique, tout en optimisant le temps nécessaire à la réalisation des diagnostics et des réponses aux appels d'offres.

Par ailleurs, j'ai automatisé la production d'une carte combinant les zones propices à la végétalisation et la sensibilité du territoire aux îlots de chaleur urbains. Cette carte a été élaborée dans le cadre d'un appel d'offres portant sur un plan-guide mobilité, mettant un accent particulier sur la végétalisation des espaces publics, notamment le long des itinéraires cyclables.

3. Appui ponctuel à des missions de maîtrise d'œuvre

Lorsque cela était nécessaire, j'ai également apporté mon aide sur la maîtrise d'œuvre d'un projet de bus express à Bordeaux, ainsi que sur un projet confidentiel.

III. La présentation du déroulé des missions

A. Les missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage

1. Plan de circulation du quartier Brazza

Brazza est un quartier en plein essor situé sur la rive droite de Bordeaux (cf. figure 2). Le réaménagement, amorcé par des études dès 2013, est un projet évolutif structuré en trois phases, chacune correspondant à un secteur du quartier aménagé à des périodes différentes. Aujourd'hui, une grande partie de la première phase est déjà réalisée.



Figure 2 : Plan du quartier Brazza tel qu'imaginé dans sa version finale en 2019

Face à l'avancement des travaux et aux enjeux notamment en matière de végétalisation, Bordeaux Métropole, en tant que maître d'ouvrage, a souhaité réévaluer le plan de circulation. Ingérop intervient dans ce cadre en assistance à maîtrise d'ouvrage.

Ma mission a consisté à concevoir le plan de circulation du quartier selon deux horizons :

- Le premier, fondé sur la situation actuelle et les infrastructures déjà en place (Phase 1)
- Le second, correspondant à l'état final du quartier une fois l'ensemble du projet achevé (Phase finale)

L'élaboration des plans de circulation a nécessité plusieurs révisions et de nombreuses réunions avec la maîtrise d'ouvrage (pôle territorial de Bordeaux métropole), les pompiers et les services de gestion des déchets. Il s'est déroulé sur les quatre premiers mois de mon stage. J'y ai travaillé de manière irrégulière, en fonction des différentes échéances.

a) La commande de Bordeaux métropole et synthèse des données d'entrées

La commande initiale portait sur la libération de trois allées traversantes du quartier de tout flux automobile. L'objectif était de créer un quartier apaisé où ces trois allées pourraient accueillir un maximum de végétation et offrir des espaces de qualité favorisant la convivialité et les déplacements doux.

Le plan de circulation devait intégrer les besoins et contraintes de différents usagers : les services de secours (SDIS), les véhicules de collecte des ordures ménagères, les voitures particulières (VL) ainsi que les mobilités douces, incluant piétons et cyclistes.

Étant donné qu'il s'agit d'un projet en cours depuis plusieurs dizaines d'années, la première étape de mon travail a consisté à rassembler toutes les informations disponibles sur le quartier en lien, de près ou de loin, avec les problématiques de mobilité. Il a notamment fallu identifier sur les plans l'ensemble des locaux destinés aux ordures ménagères ainsi que les accès (entrées et sorties) aux parkings, ces éléments ayant une influence directe sur l'organisation de la circulation.

Les documents à notre disposition n'étant pas toujours à jour, nous avons également effectué une visite sur le terrain afin de distinguer ce qui avait déjà été construit, de ce qui restait à réaliser. Par ailleurs, de nombreux échanges par mail avec le comité technique de Bordeaux Métropole ont permis de clarifier certains aspects du projet ainsi que la répartition des différents lots.

Une fois cette phase d'analyse terminée, nous avons produit une carte synthétique rassemblant l'ensemble des données collectées. Cette carte a été soumise à Bordeaux Métropole pour validation, avant d'entamer l'élaboration du plan de circulation.

b) Élaboration du plan de circulation et itérations avec pôle territorial de Bordeaux métropole

Tout d'abord, nous avons utilisé le plan de circulation pensé à l'origine sur le quartier comme base de réflexion (cf. figure 3) et avons analysé ses points forts comme ses défauts.

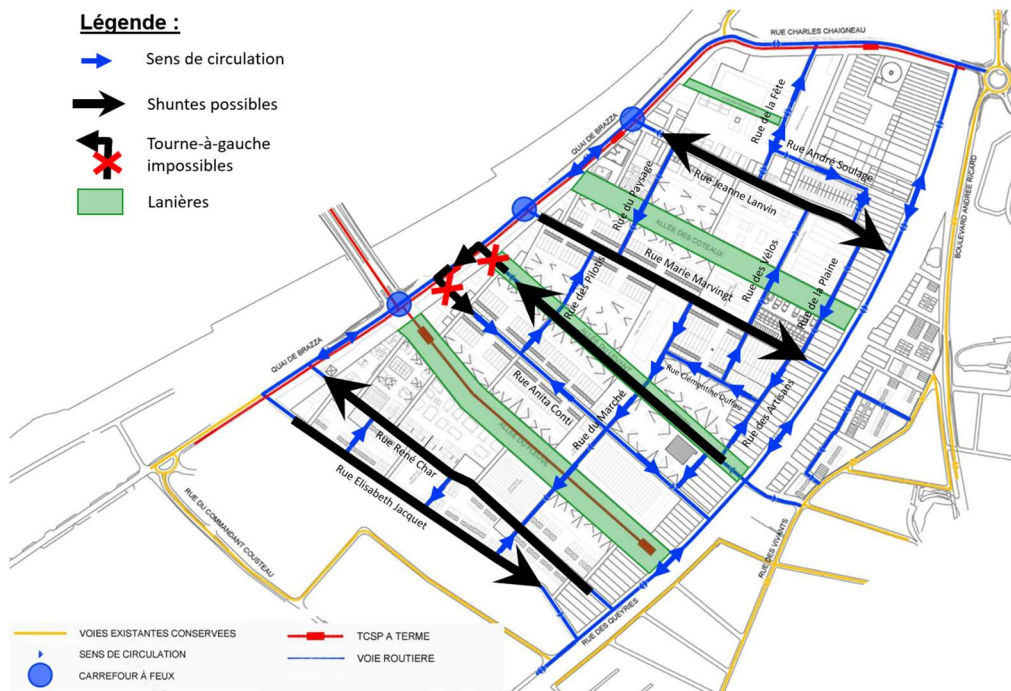


Figure 3 : Plan de circulation initial du quartier Brazza

Le plan de circulation initial privilégiait la voiture : les « lanières » vertes étaient fréquemment traversées par des véhicules, et le flux de transit était favorisé par des voies traversant directement le quartier.

Pour élaborer le plan de circulation, notre démarche a consisté à limiter ces flux de transit – c'est-à-dire les véhicules cherchant uniquement à traverser le quartier sans s'y arrêter – tout en garantissant un accès simple pour les riverains.

Afin de gérer les flux dans un quartier lors de l'étude du plan de circulation, plusieurs leviers sont à notre disposition :

- Inversion du sens de circulation
- Fermeture de certaines voies à la circulation
- Instauration de sens uniques
- Création de boucles de circulation plutôt que de lignes droites, afin de ralentir les véhicules en opposant des sens de circulation

Apaiser la circulation dans un quartier nécessite de modifier les habitudes des usagers. En facilitant les déplacements à pied, à vélo ou en transport en commun, on offre des alternatives à la voiture. En contraignant la circulation automobile, cela incite les usagers à changer leurs modes de déplacements. La figure ci-contre illustre bien l'application de ce principe (cf. figure 4).

Traffic Planning for Liveable Cities

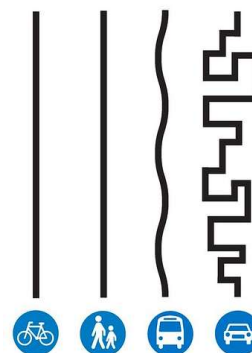


Figure 4 : Schéma de principe d'aménagement (Copenhagenize Design Co., 2012)

Nous avons présenté trois premiers scénarios à Bordeaux Métropole pour évaluation. Dans ces propositions, nous avons mis en place un système de boucles de circulation sur une grande partie des voies, de manière à décourager les traversées directes du quartier. Nous avons également proposé de supprimer toutes les voies traversant les lanières vertes.

Par la suite, Bordeaux Métropole a sélectionné le scénario qui leur semblait le plus pertinent par rapport à leur vision du quartier (cf. annexe 1) et nous a adressé ses félicitations pour la qualité de la synthèse et des plans proposés, réalisés dans des délais particulièrement serrés.

Une fois un accord trouvé avec le comité technique de Bordeaux Métropole sur le scénario retenu, celui-ci a été présenté aux services de collecte des déchets afin de vérifier la faisabilité de leurs itinéraires. Cette étape a nécessité quelques ajustements mineurs.

Le plan de circulation actualisé a ensuite été présenté aux pompiers (SDIS). Cette réunion a conduit à une remise en question significative de certaines parties du plan de circulation de la phase 1. En effet, les contraintes spécifiques du SDIS, notamment les besoins en termes de girations et d'accès aux bâtiments pour les véhicules équipés de l'échelle pivotante, ont imposé des sens de circulation différents et l'ajout de certaines voies, en particulier sur l'une des allées traversantes.

Lors de ces réunions, chaque acteur cherchait à imposer ses contraintes — qu'elles soient d'ordre réglementaire ou issues de son expérience — et la mission du maître d'ouvrage (pôle territorial de Bordeaux) consistait à les concilier afin de définir les mesures à mettre en œuvre.

Ce travail de concert avec les retours des différents acteurs a continué jusqu'à la présentation devant les élus le 11 juillet. Pour cette présentation, il fallut adapter nos plans, les rendre plus simples à comprendre rapidement. Le but étant d'expliquer toutes les modifications aux élus dans un temps réduit. J'ai donc rédigé deux présentations distinctes : l'une plus technique à destination du pôle territorial de Bordeaux Métropole et l'autre à destination des élus. Les plans finaux sont les suivants (cf. figure 5 et figure 6) :

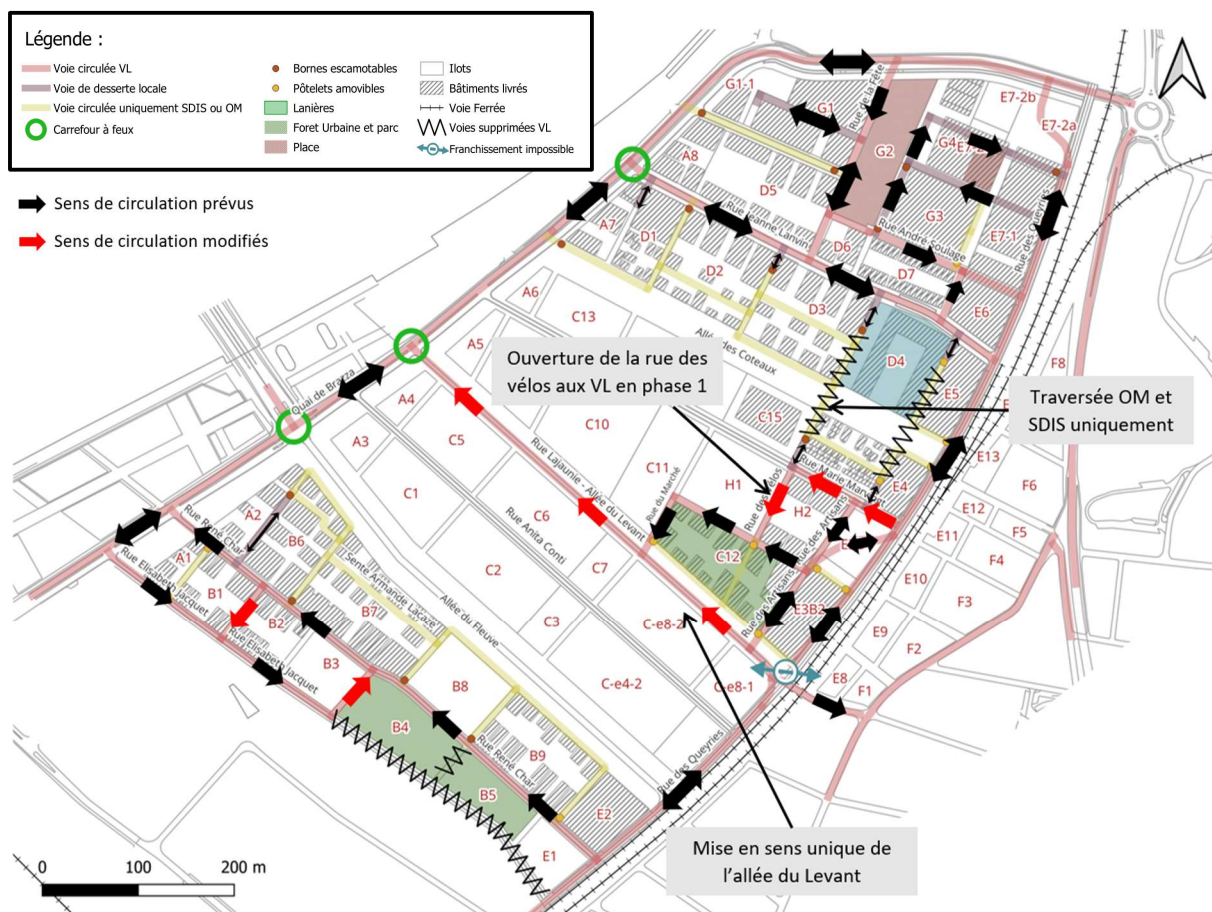


Figure 5 : Plan de circulation du quartier Brazza retenu en phase 1

En phase 1, nous n'avons finalement que peu de libertés sur le changement du plan de circulation. Nous avons cependant répondu à la commande qui était de limiter les flux de circulations sur les allées (en phase 1, seulement l'allée des Coteaux et du Levant). Nous avons choisi d'aborder le sujet en partant du scénario extrême : supprimer toutes les voies présentes sur les allées, puis d'analyser s'il était possible de créer un plan de circulation cohérent avec les voies à notre disposition.

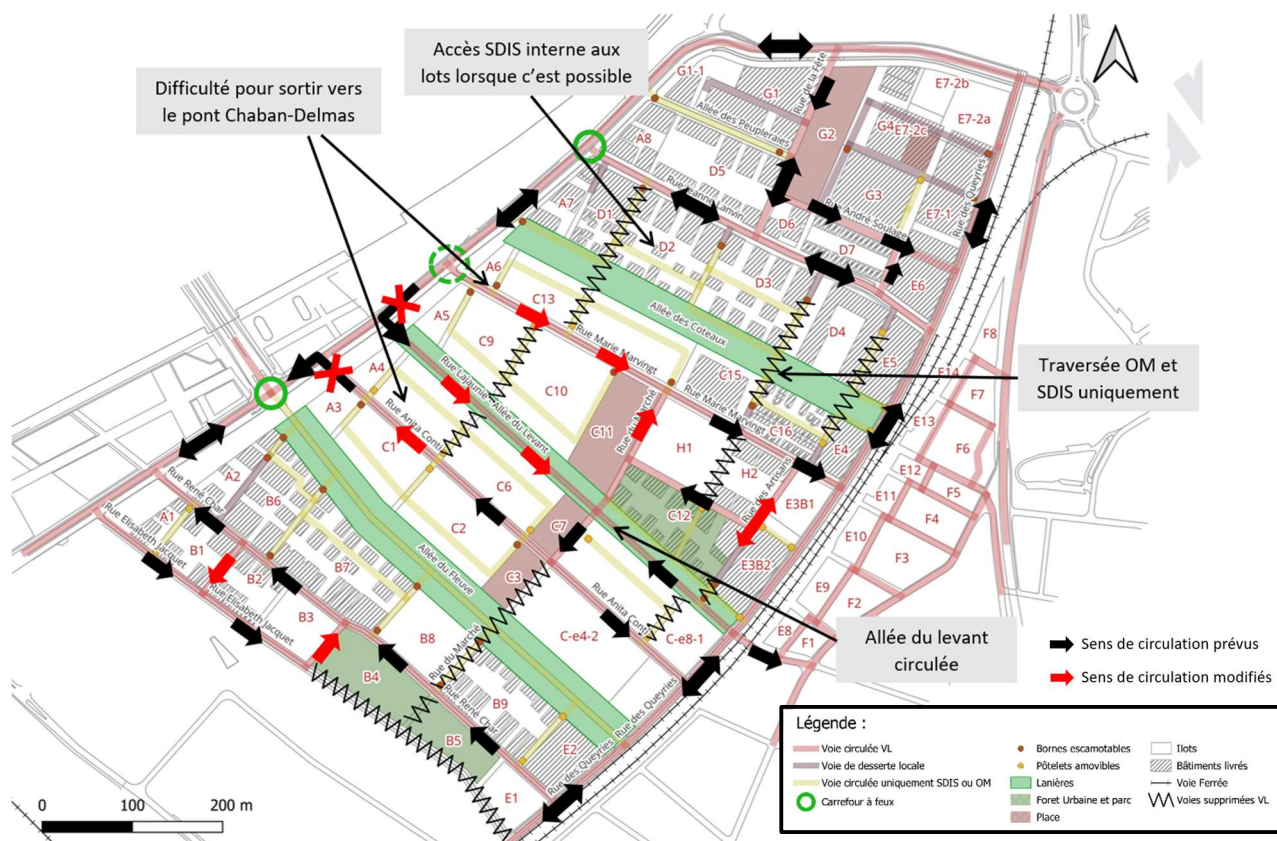


Figure 6 : plan de circulation retenu en phase finale

En phase finale, nous avons fait le même exercice, nous avons proposé un plan de circulation permettant de libérer complètement les lanières de tout flux de voitures, y compris sur la lanière centrale, et ce, en améliorant la desserte pour les habitants. Cependant, le plan de circulation ci-dessus a été retenu, car la rue sur la lanière centrale étant déjà en service et il ne voulait pas la démolir (Allée du Levant).

Néanmoins, la commande a été respectée et les élus étaient satisfaits du travail. Deux allées ont été libérées du flux de véhicule et les flux de transits ont été évités au maximum au vu des différentes contraintes.

Ce projet fera l'objet de modifications dans le futur, selon l'évolution des travaux. Il s'agira cependant du travail du nouvel assistant à maîtrise d'ouvrage qui est en cours de désignation.

2. Révision de l'estimation du projet Brazza

Toujours dans le cadre de cette mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage, j'ai participé à la révision de l'estimation du projet Brazza. Comme indiqué précédemment, il s'agit d'un projet ancien dont l'estimation des coûts de travaux est réévaluée tous les cinq ans.

La première phase arrivant à son terme, il a été constaté que les coûts de dépollution du quartier étaient différents des prévisions des précédentes estimations. Cette variation s'explique par le fait que ce quartier est situé sur une ancienne friche industrielle, rendant incertaine l'évaluation initiale. À noter que les frais de dépollution concernent principalement la gestion des terres polluées excavées lors des travaux de terrassement.

Face à cette situation, les services de Bordeaux Métropole ont demandé une révision de l'estimation, ciblant uniquement les rues prévues dans les phases 2 et 3 du projet (cf. figure 7).

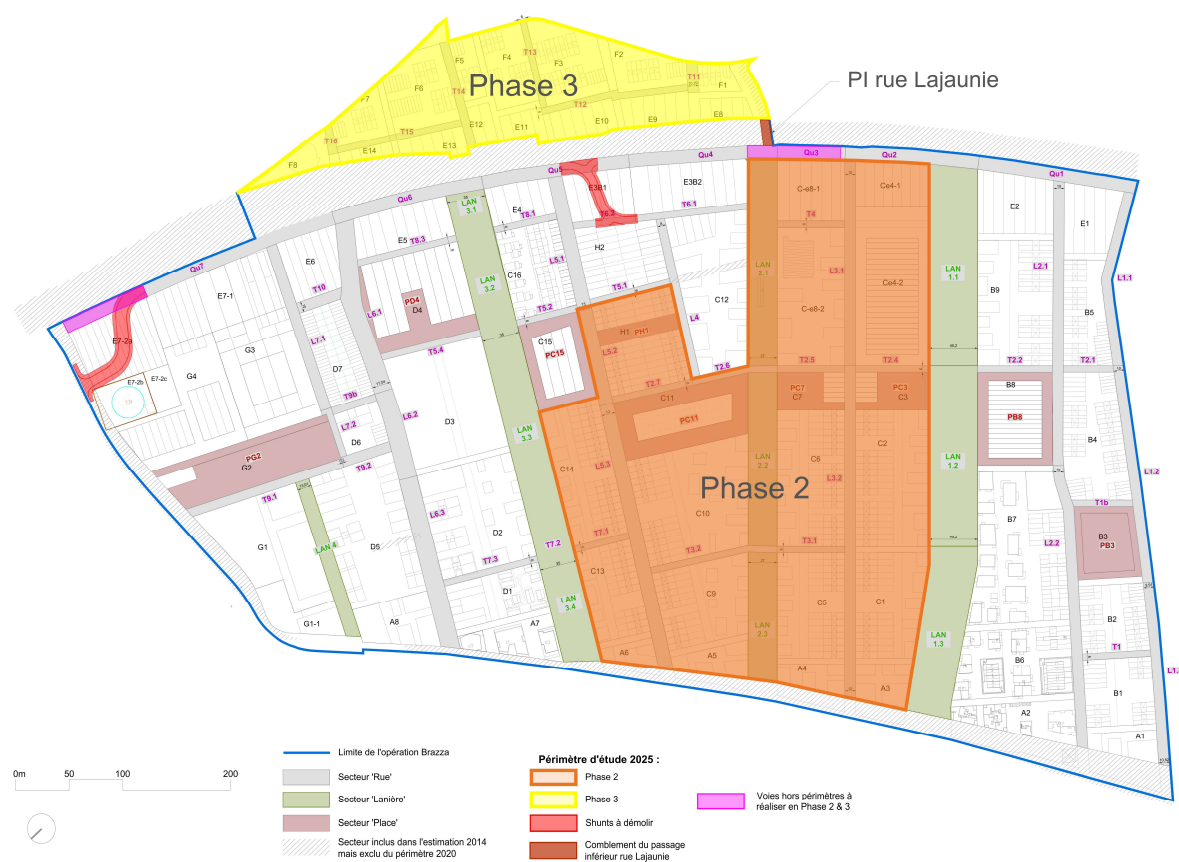


Figure 7 : Carte du périmètre d'étude concernée par l'estimation de 2025

Pour mettre à jour l'estimation, je me suis appuyé sur l'estimation réalisée par Ingérop en 2020 ainsi que sur celle élaborée par un collègue pour un secteur du projet Brazza. J'ai pu apporter les modifications suivantes :

- La révision a porté uniquement sur les phases 2 et 3 du projet
- Les ratios utilisés pour calculer le coût de l'installation des réseaux et de la construction des voiries ont été ajustés, ainsi que les prix unitaires des différents éléments composant ces opérations

De plus, lors de la phase 1, des voies temporaires avaient été aménagées pour permettre la circulation dans le quartier. Il a donc été nécessaire de prendre en compte, pour les phases suivantes, le coût de démolition de ces deux « shunts » (représentés en rouge ci-dessus) et la réalisation de la voie les remplaçant (en rose).

De plus, une voie ferrée sépare les deux premières phases de la dernière. Actuellement, un passage inférieur relie ces deux secteurs. Ce passage sera comblé lors de la phase finale pour atteindre le niveau de la voie ferrée, ce qui a nécessité l'intégration du coût du comblement dans l'estimation.

J'ai ensuite cherché à estimer le coût de dépollution des déchets non-inertes (susceptibles de libérer des substances dangereuses). À l'origine, le coût de dépollution était estimé à partir de ratios basés sur le volume de terre excavé, en supposant que 60 % de ces terres étaient des déchets non-inertes.

Nous avons décidé de réviser cette estimation en nous appuyant sur les retours d'expérience issus des aménagements réalisés lors de la phase 1 du projet. Pour cela, nous avons consulté un collègue travaillant sur ce secteur, qui nous a transmis les coûts de gestion des déchets non-inertes par rapport aux coûts totaux de différents aménagements dans la zone.

A partir de ces données, nous avons calculé un ratio moyen de 25 %. Ce ratio a ensuite été appliqué au coût de chaque opération de notre estimation, afin de déterminer le coût de dépollution.

Une fois les calculs effectués, j'ai mis en forme et rédigé la note explicative sur la base de celle effectuée il y a cinq ans. J'ai finalement remis à mon collègue la note explicative accompagnée d'un tableau récapitulatif de l'estimation pour envoi.

3. Aide à la rédaction d'une réponse à un appel d'offres pour un plan guide mobilité à Carbonne

La ville de Carbonne, située au sud de Toulouse, a lancé un appel d'offres pour la réalisation d'un plan guide mobilité. Pour Ingérop Bordeaux, encore relativement nouveau sur ce type de marché, cet appel d'offres représente une opportunité stratégique pour se faire connaître dans le secteur et établir des liens avec de nouveaux clients.

Dans ce cadre, j'ai accompagné ma tutrice dans la rédaction du contexte de l'offre ainsi que dans la réalisation des cartes de diagnostic et d'enjeux.

En amont de toute étude de mobilité, nous commençons par rassembler et analyser l'ensemble des documents et données disponibles, afin d'établir un diagnostic solide et de rédiger un contexte précis. Pour Carbonne, nous avons mobilisé notamment :

- Le CCTP (cahier des clauses techniques particulières) : cerner la demande et de récupérer des premières informations
- PLU : vision d'ensemble du territoire
- PPRI/PPRN : identification des risques naturels
- OAP (Orientations d'Aménagement et de Programmation) : projets urbains en cours ou à venir
- Anciens schémas directeurs cyclables/plans de mobilités : état des intentions et réalisations passées
- Baromètre des villes cyclables : points noirs et aménagements à améliorer
- Données INSEE : part modale, démographie, activité économique
- Réseau de transport existant : analyse de l'offre disponible

Après avoir synthétisé ces informations, nous avons regroupé l'ensemble des données liées à la mobilité sur une carte de diagnostic (cf. figure 8). Le délai de réponse à l'appel d'offres étant très court, j'ai optimisé la production en utilisant ma bibliothèque de symbologie (cf. chapitre « Développement d'outils SIG »).

Pour qu'une carte de mobilité soit pertinente, il est essentiel de représenter :

- Les aménagements cyclables et l'offre de transport en commun (appréhender l'offre existante)
- La gare, les écoles, ainsi que les zones commerciales et industrielles (identifier les pôles générateurs de déplacements)
- Les grands axes routiers (repérer les coupures urbaines pouvant limiter les liaisons)

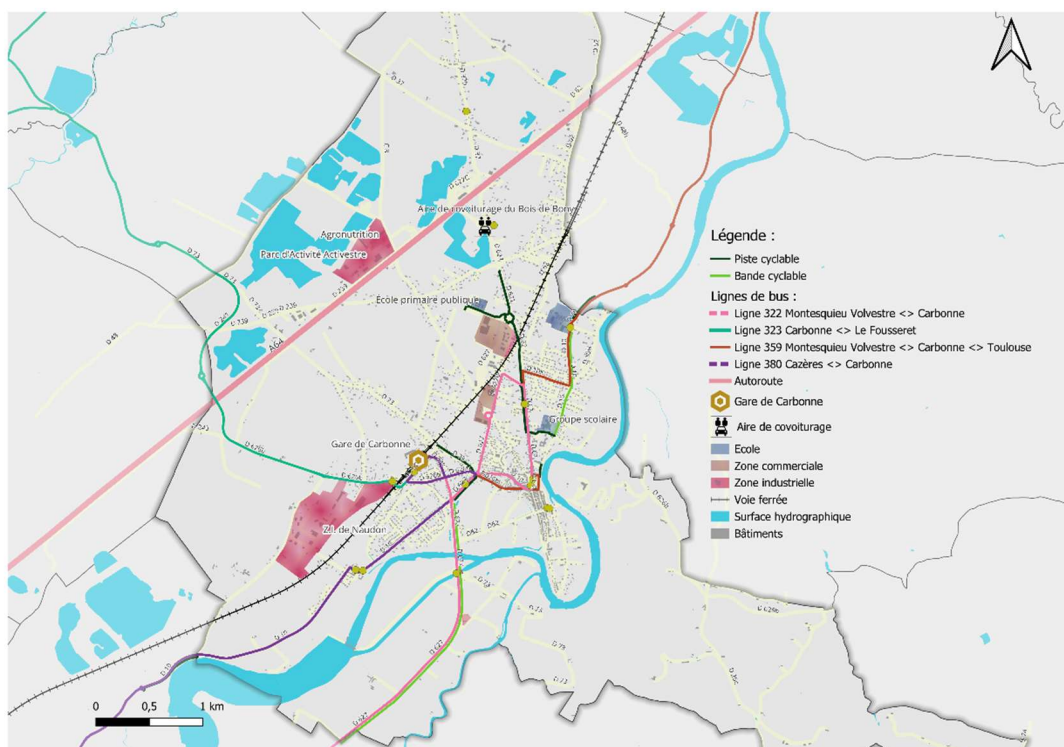


Figure 8 : Diagnostic des mobilités de la ville de Carbonne

Ce travail préparatoire a permis d'établir des bases solides pour formuler une réponse pertinente et adaptée aux enjeux du territoire de Carbonne. J'ai ensuite remis à ma tutrice ma version rédigée du contexte ainsi que la carte correspondante.

4. Les portes métropolitaines de Bordeaux

Bordeaux Métropole a récemment lancé une consultation internationale sur la transformation de 6 Portes métropolitaines. L'objectif : créer, en périphérie, de nouvelles centralités qui ne soient plus uniquement composées de zones commerciales ou d'activités, mais de véritables lieux de vie mêlant nature, logements et commerces. Cette démarche vise aussi à contribuer à la résolution de la crise du logement à Bordeaux tout en respectant la loi ZAN.

Dans ce cadre, le service Mobilité apporte son expertise sur les questions de déplacements, en coordination avec un groupement chargé des autres volets du projet.

Comme pour l'étude menée à Carbonne, la première étape a consisté à rassembler et à analyser tous les documents relatifs à la mobilité sur le territoire métropolitain (CCTP, PLU, Plan des mobilités, etc.).

Ma tutrice étant mobilisée sur un autre dossier, elle m'a confié la supervision d'une stagiaire afin de travailler en binôme. Je lui ai présenté le projet, exposé les enjeux et réparti les tâches pour faire avancer l'étude.

Nous avons collecté un maximum de données, que nous avons ensuite synthétisées dans un tableau. J'ai également réalisé un benchmark, qui m'a permis d'identifier plusieurs projets situés aux portes de Paris, le long des boulevards, où d'anciennes zones commerciales dotées de vastes parkings ou de zones d'activités imperméabilisées ont été transformées en quartiers mixtes, combinant commerces, espaces verts et logements.

Par ailleurs, j'ai relevé des projets portant sur la requalification d'autoroutes en boulevards urbains avec une circulation apaisée, ainsi que des projets où des sections d'autoroutes ont été supprimées afin de créer un environnement plus agréable et de rétablir des connexions douces entre les quartiers.

Cette collecte de données nous sert à cerner les enjeux liés à la mobilité sur les 6 portes, et de nous appuyer sur des projets concrets pour proposer des pistes de solutions. De notre analyse, plusieurs enjeux majeurs se dégagent :

- La présence de coupures urbaines causées par la rocade, fragmentant ces territoires
- Une forte concentration de zones commerciales et d'activités avec des parkings peu attractifs, rendant les quartiers monofonctionnels
- Une dépendance importante à la voiture, liée au manque d'infrastructures cyclables et piétonnes dans la plupart des portes.

Parallèlement, j'ai commencé la production cartographique et le rassemblement des jeux de données. Ma collègue m'a aidé à tracer les futures lignes de bus express et à identifier le tracé du réseau vélo express (ReVE), tandis que j'ai importé l'ensemble du réseau de transports en commun de la ville, ce qui a nécessité un important travail de traitement cartographique. Pour l'instant, j'ai pu réaliser 3 cartes sur différents thèmes : les catégories des voies (cf. figure 9), les transports en commun (cf. figure 10) et les aménagements cyclables (cf. annexe 2). L'idée est de faire un diagnostic de l'offre de mobilité afin d'identifier facilement ce qui pourrait être amélioré.

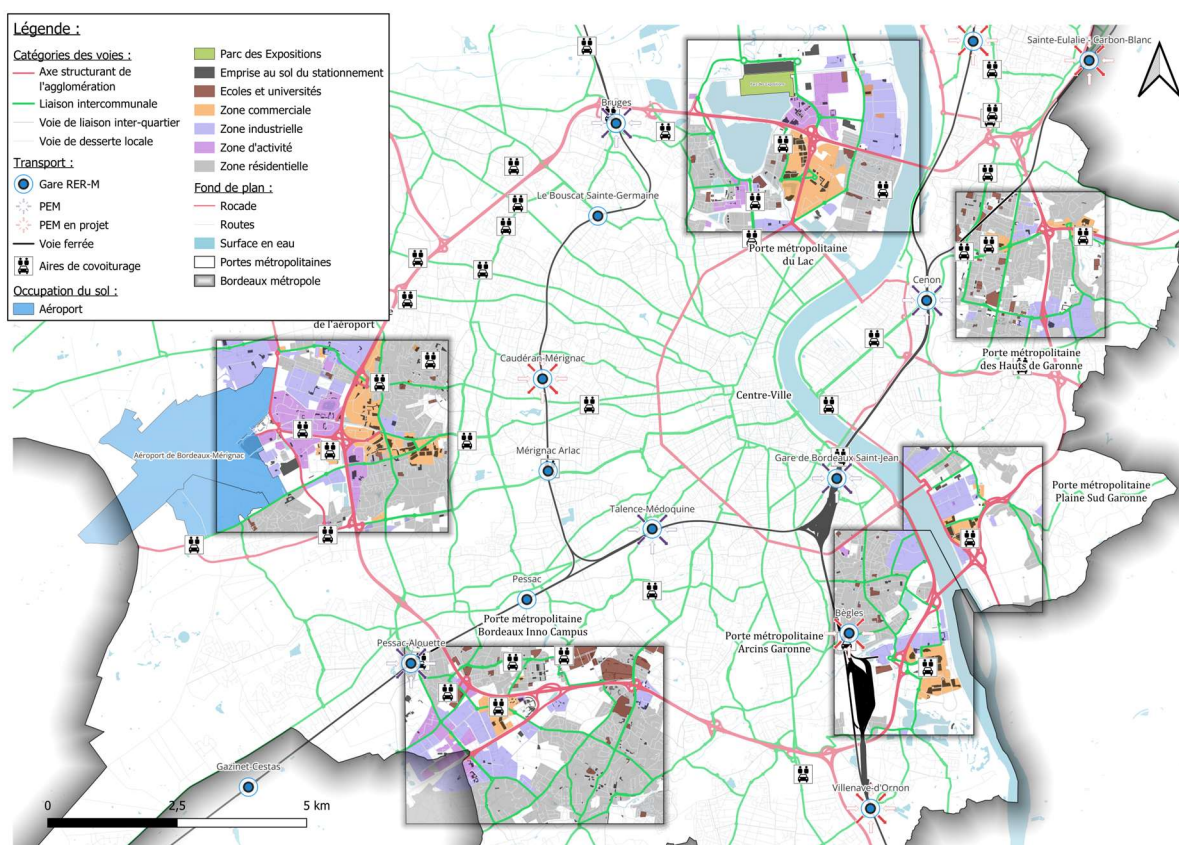


Figure 9 : Réseau routier structurant de Bordeaux et connexions aux portes métropolitaines

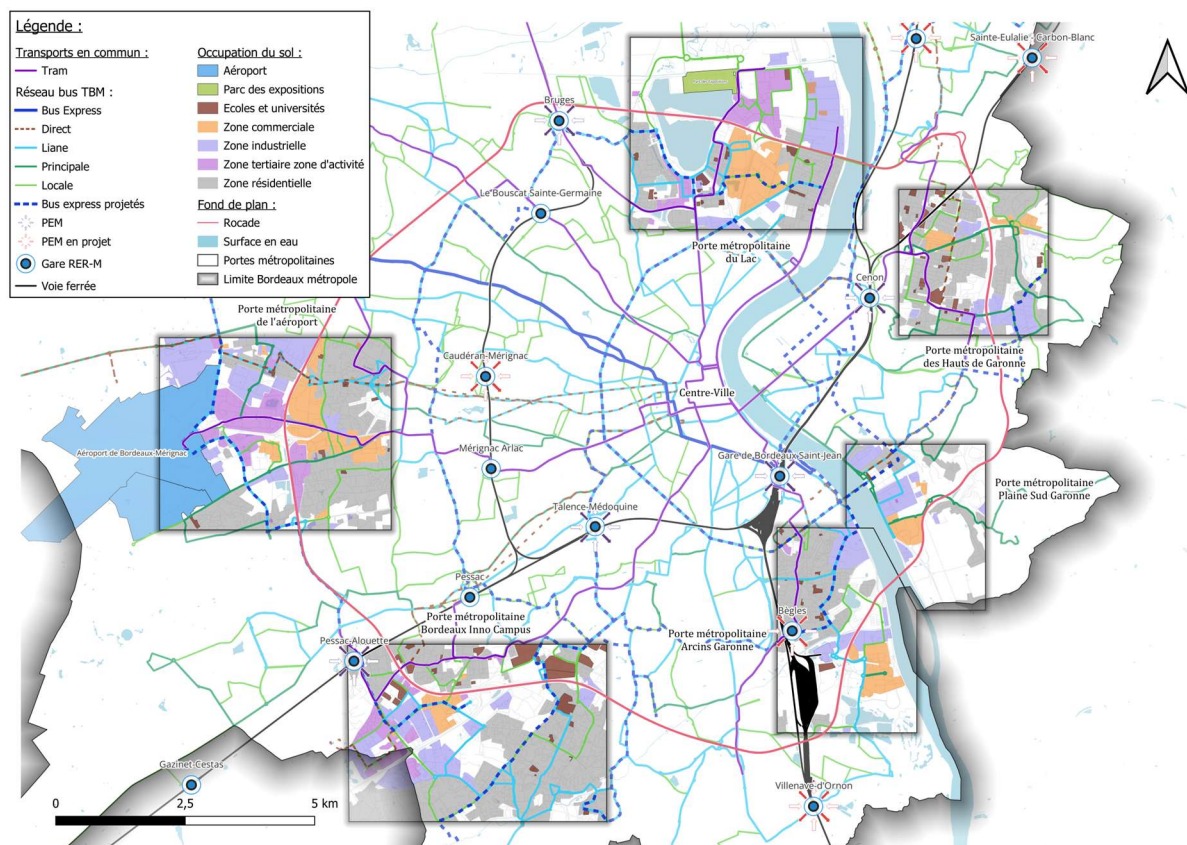


Figure 10 : Réseau de transport en commun et connexions aux portes métropolitaines

Ces cartes ne constituent pas la version finale. À la date de remise du rapport de stage, elles n'étaient pas complètement abouties. Des cartes plus détaillées seront réalisées pour chacune des portes, mais leur production interviendra après le rendu du rapport, mon stage se terminant le 28 août.

5. Travail sur le plan guide mobilité de Périgueux

Au début de mon stage, j'ai consacré deux semaines au plan guide mobilité de Périgueux. Ma mission consistait à contribuer au diagnostic des aménagements cyclables existants sur le territoire.

La ville avait identifié deux enjeux prioritaires :

- La voie verte le long de la rue des Stades, qui présentait des conflits d'usage entre piétons et cyclistes.
- La rue Alphée Maziéras, où doit s'implanter un futur centre opérationnel des mobilités, nécessitant une étude spécifique de la circulation.

Afin de mieux comprendre les dynamiques du territoire, j'ai cartographié l'ensemble des aménagements cyclables et des stationnements pour vélos à Périgueux (cf. Figure 11).

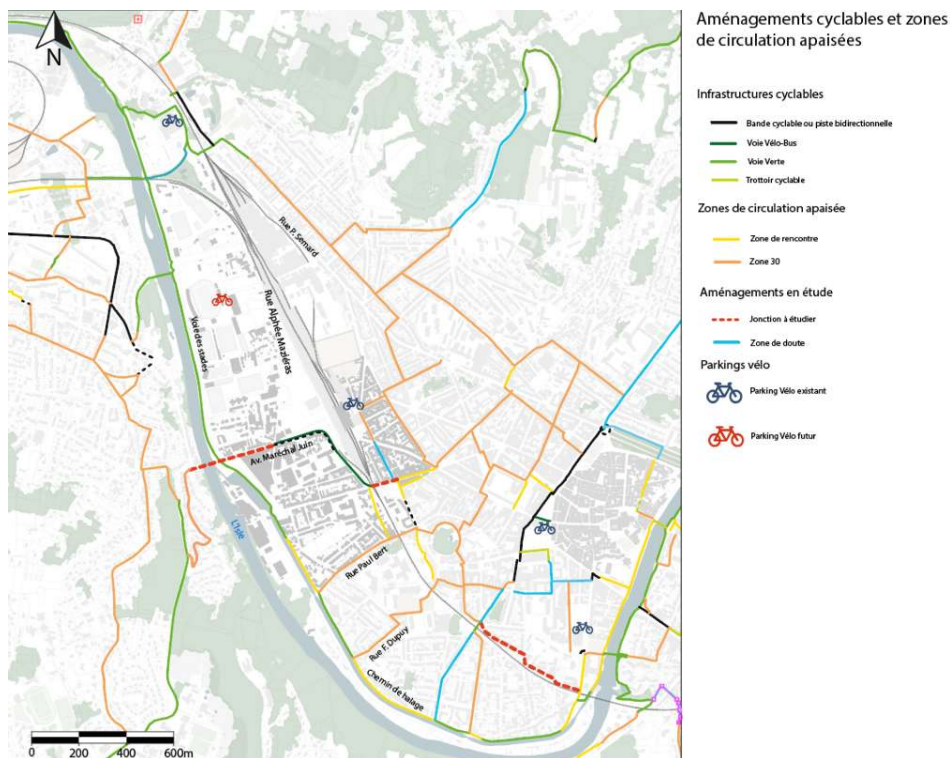


Figure 11 : Première carte de diagnostic réalisé avec Adobe illustrator

J'ai également observé le trafic aux heures de pointe (matin et soir) et analysé les résultats du baromètre des villes cyclables de la FUB, une enquête recueillant les retours des usagers sur les points faibles et les améliorations possibles du réseau cyclable. Cet outil nous a permis d'intégrer l'expérience vécue par les cyclistes locaux dans la réflexion.

Intervenant uniquement en appui à ma tutrice sur ce projet, je me suis limité à lui transmettre mes observations et suggestions concernant les aménagements envisageables sur les deux voies problématiques.

B. Développement d'outils SIG

Pour répondre plus rapidement aux appels d'offres et accélérer la réalisation des diagnostics de mobilité, l'agence Ingérop Bordeaux cherche à automatiser certains procédés. L'objectif est de réduire significativement le temps consacré à chaque projet et, ainsi, de pouvoir répondre à un plus grand nombre d'offres. Dans ce cadre, j'ai développé plusieurs outils destinés à faciliter les études de mobilité.

1. Appel d'offres, plan guide vélo Bruges

Ingérop souhaitait répondre à un appel d'offres de plan guide vélo à Bruges (33). Une partie de la mission consistait à étudier les opportunités de végétalisation dans la ville en lien avec les déplacements à vélo.

a) Recherche de données exploitables

Nous avons jugé pertinent de produire une carte indiquant la facilité de plantation d'arbres en fonction des îlots de chaleur urbains. Pour cela, il était nécessaire de connaître l'emplacement des réseaux souterrains (gaz, électricité, télécom, réseaux thermiques, assainissement, alimentation en eau potable, etc.). J'ai donc recherché les tracés de chacun de ces réseaux et renseigné les sources dans un tableau Excel. J'ai pu rassembler l'ensemble des données, à l'exception du réseau télécom, indisponible en libre accès.

Au cours de mes recherches, j'ai toutefois identifié un calque de plantabilité (cf. figure 12) produit par la métropole de Bordeaux (datahub Bordeaux Métropole, 2025). Celui-ci évalue la faisabilité technique de plantation sur des pixels de 5 m de côté, en intégrant la présence des réseaux enterrés, des bâtiments, des espaces circulés, etc. Compte tenu des délais serrés pour répondre à l'appel d'offres, nous avons décidé d'utiliser ce calque plutôt que de réaliser un traitement manuel.

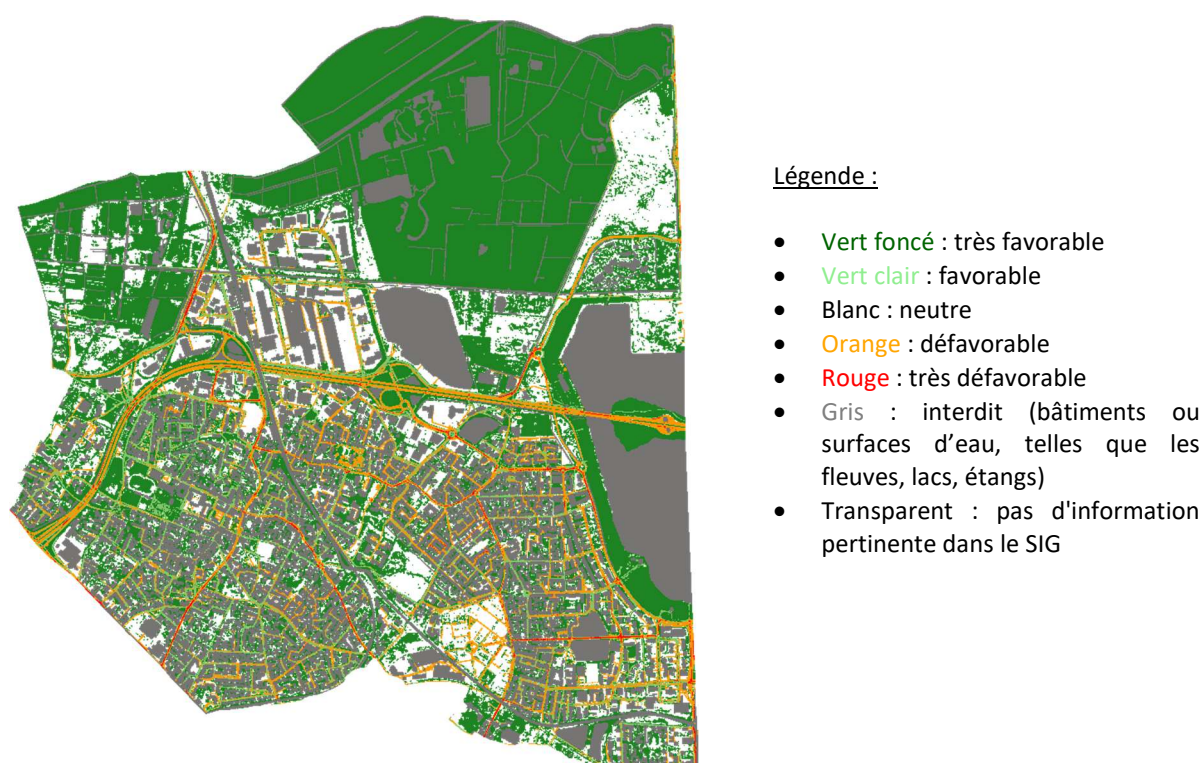


Figure 12 : Calque de plantabilité de Bordeaux métropole, découpé à l'échelle de Bruges

Nous savons désormais où il est techniquement possible de planter des arbres ; l'étape suivante consistait à identifier les zones où cette plantation est prioritaire en fonction des îlots de chaleur urbains.

Pour cela, il est possible de récupérer des données satellitaires sur la chaleur moyenne au sol et de les traiter afin de repérer les îlots de chaleurs urbains. Cependant, la procédure étant longue, nous avons préféré l'utilisation d'une couche cartographique développée par le CEREMA (Data.gouv, 2022). Ce calque indique les zones climatiques locales et leur sensibilité aux îlots de chaleur (cf. figure 13).

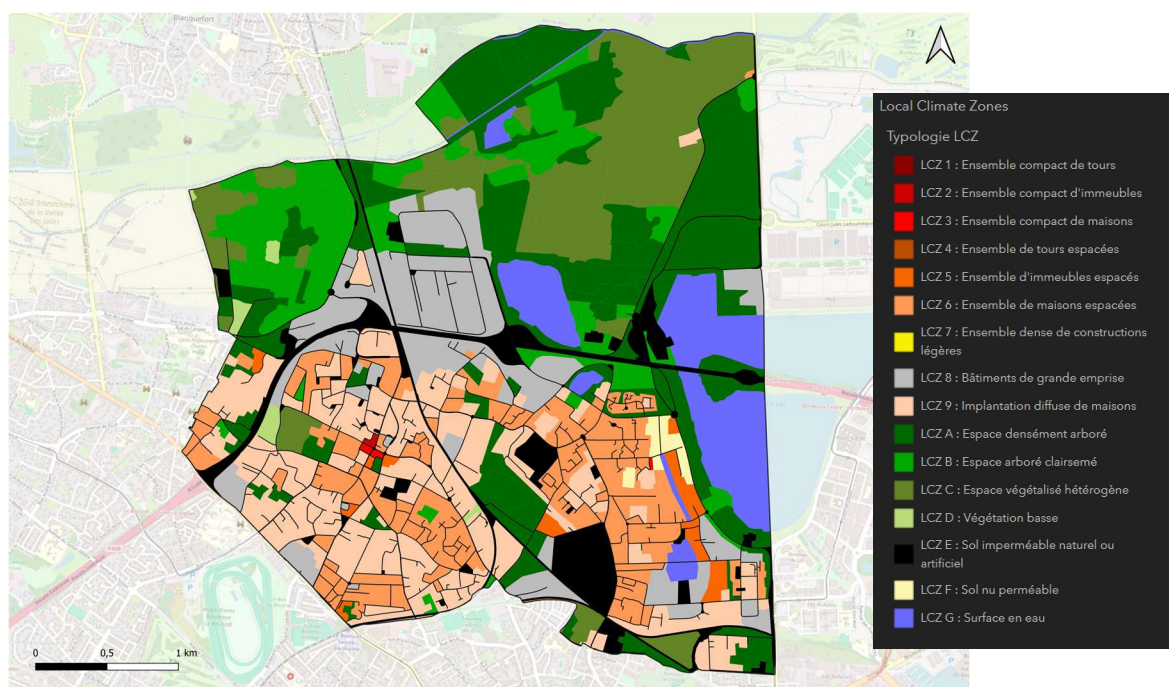


Figure 13 : Carte des zones climatiques locales du CEREMA

Bien que moins précis qu'une analyse à partir de données brutes de température de surface, ce choix était suffisant pour le cadre de cet appel d'offres, compte tenu des délais restreints.

b) Traitement des données

L'objectif était de combiner les deux couches – la plantabilité et la sensibilité aux îlots de chaleur – afin de créer une carte unique permettant de prioriser les zones d'intervention.

Pour cela, j'ai utilisé le logiciel FME, qui facilite la gestion et le traitement des données. En moins d'une journée, j'ai appris à le manipuler et j'ai pu effectuer les étapes suivantes (cf. annexe 3) :

- 1) Importer le calque de plantabilité, transformer l'image (raster) en polygones (vecteur) afin d'extraire les données
- 2) Importer la couche des zones climatiques locales (LCZ) et adapter le système de coordonnées pour correspondre au calque précédent.
- 3) Découper la couche de plantabilité en une grille de 5 × 5 m afin que chaque pixel ait ses propres données, puis combiner les deux couches
- 4) Attribuer un score à chacune des couches :
 - Pour les LCZ : en fonction de leur sensibilité à l'effet d'îlot de chaleur
 - Pour la plantabilité, selon la légende fournie
- 5) Calculer un indice à partir de ces deux scores à l'aide d'une moyenne géométrique : $\sqrt{x \cdot y}$, où x et y représente les scores respectifs
- 6) Regrouper les pixels adjacents ayant la même valeur afin d'alléger le fichier en sortie
- 7) Exporter le fichier pour la réalisation de la symbologie dans QGIS

c) Réalisation de la carte

Une fois le traitement terminé, j'ai importé les données dans QGIS, adapté la palette de couleurs pour un rendu lisible (cf. figure 14) et exporté la carte avec deux niveaux de zoom pour faciliter l'analyse des résultats.

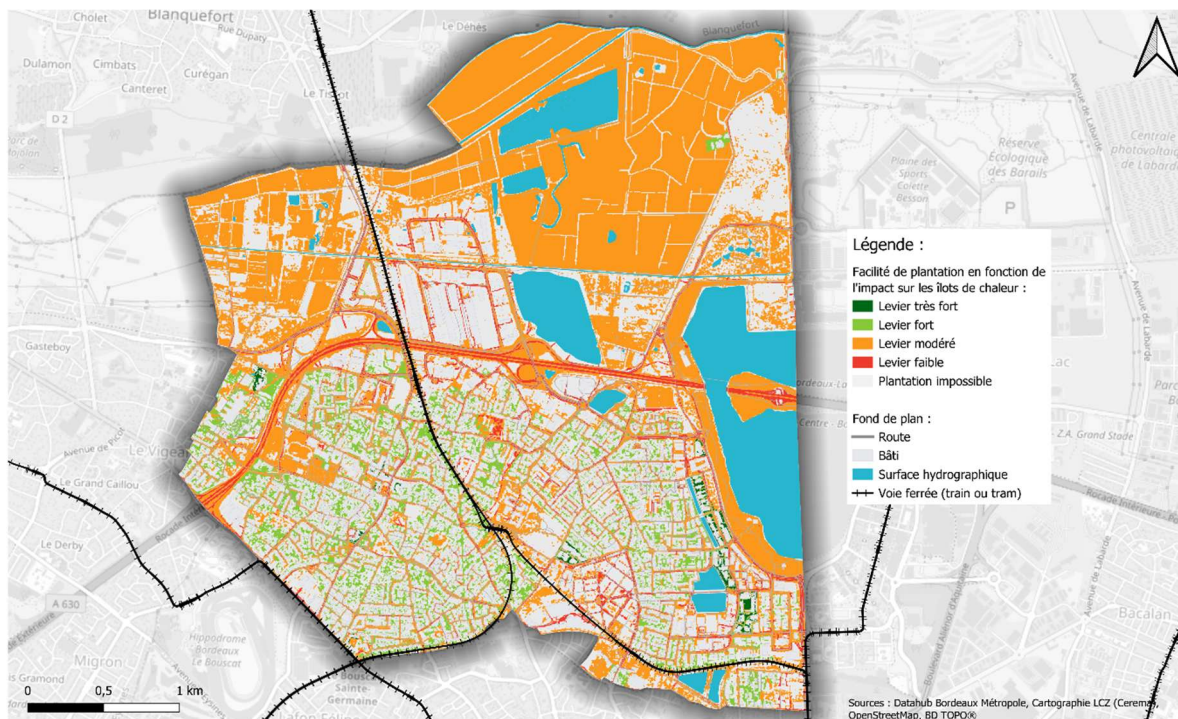


Figure 14 : Priorité de plantation en fonction de la faisabilité et de la sensibilité aux îlots de chaleur

d) Diagnostic du territoire

En complément, et conformément à toute étude de mobilité, j'ai réalisé un diagnostic de l'existant afin de dégager les enjeux. Comme pour d'autres réponses à appel d'offres, j'ai produit une carte des aménagements existants (cf. figure 15). Les enjeux identifiés concernent principalement :

- Les liaisons entre les zones d'activités, les écoles et le centre-ville
- Les coupures urbaines majeures créées par la rocade et la voie ferrée

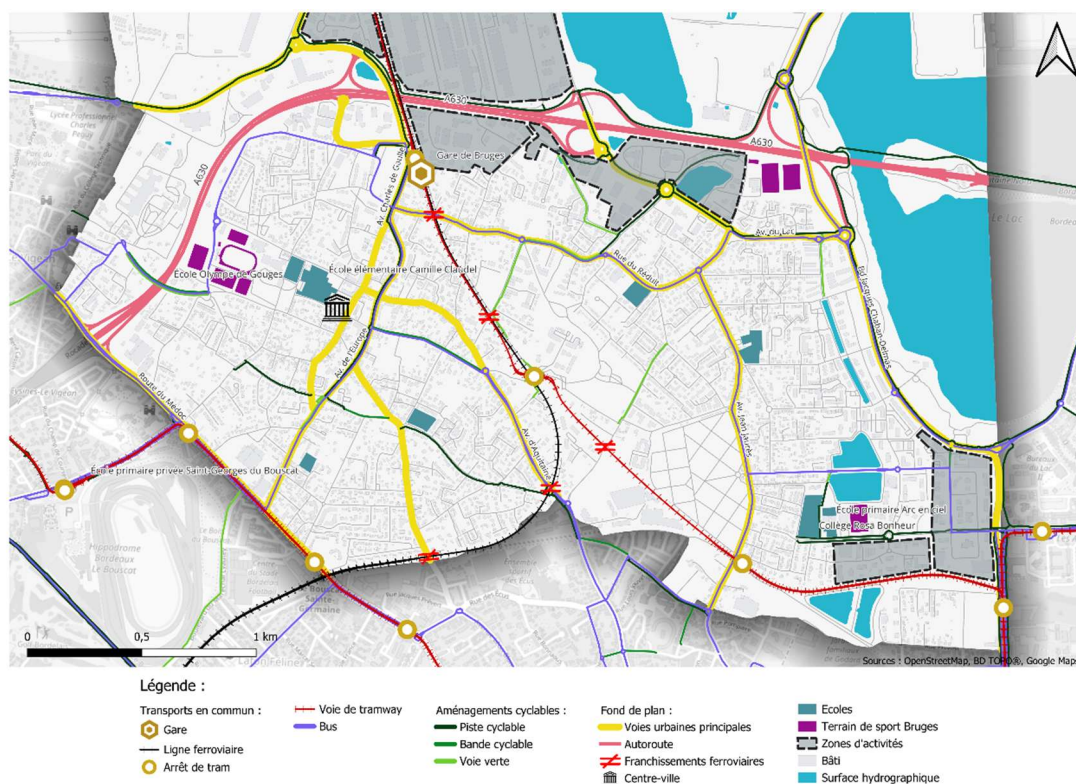


Figure 15 : Aménagements existants et enjeux de mobilités de la ville de Bruges

Pour compléter cette analyse des enjeux, j'ai réalisé une carte à partir des données du Baromètre des villes cyclables (cf. figure 16).

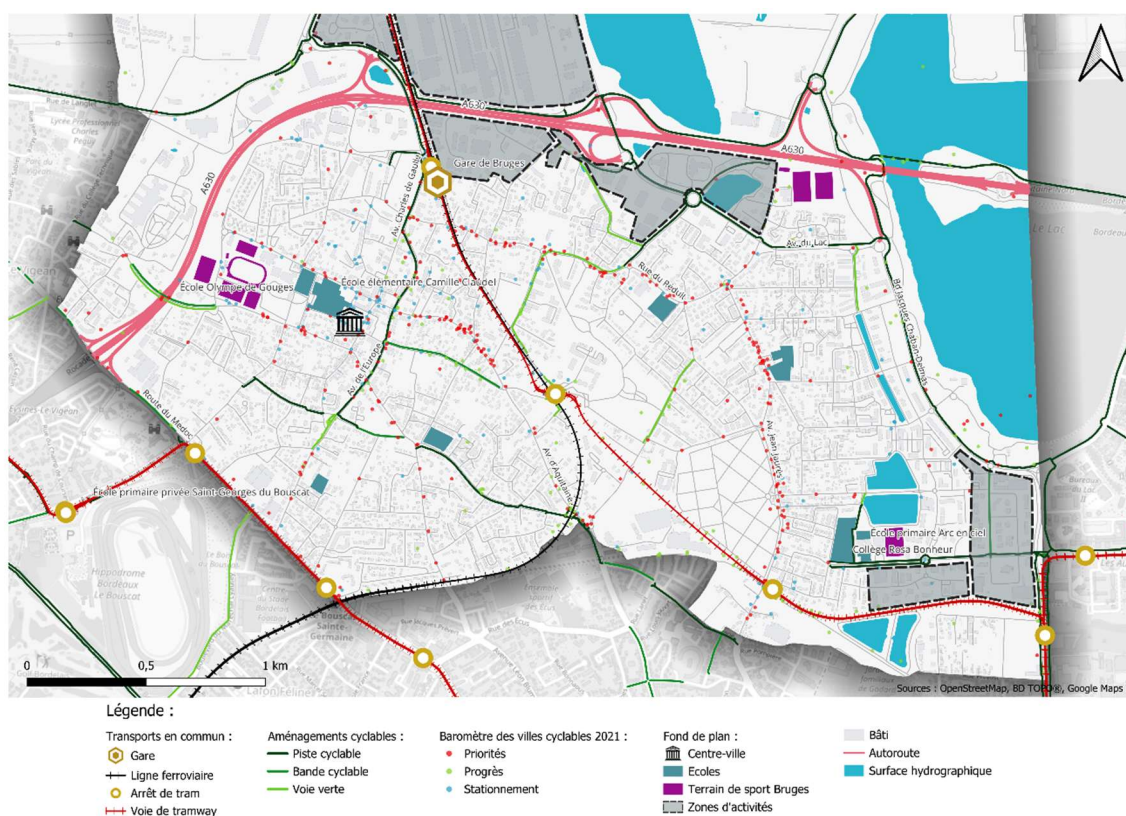


Figure 16 : Aménagements cyclables et avis des usagers

Les points rouges indiquent les lieux à améliorer. Ils renseignent à la fois sur les axes peu ou mal aménagés et sur les itinéraires potentiellement les plus fréquentés. Les points verts signalent les progrès réalisés. Les points bleus correspondent aux souhaits de stationnement et peuvent également révéler des lieux générateurs de flux.

On observe que les points rouges dessinent clairement des tracés de rues, fournissant ainsi des indications précieuses pour orienter les décisions en matière de création d'aménagements. J'ai transmis ces cartes, ainsi que l'ensemble des informations recueillies, à ma tutrice afin qu'elles soient intégrées à la rédaction de la réponse à l'appel d'offres.

Si l'offre est remportée, l'étape suivante consistera à comparer l'ensemble de ces cartes afin de déterminer les axes à prioriser.

2. Bibliothèque de symbologie QGIS

Dans le domaine de l'aménagement urbain et de la mobilité, la cartographie est essentielle pour représenter visuellement les informations d'un territoire et communiquer les enjeux identifiés. Pour garantir la lisibilité des cartes, il est nécessaire d'adopter des couleurs et des symbologies adaptées. J'ai donc conçu une bibliothèque de symbologies pour les études de mobilité, comprenant :

- Un fichier QGIS permettant de visualiser l'ensemble des couches et de choisir la symbologie souhaitée
- Un fichier explicatif détaillant l'utilisation de la bibliothèque
- Les fichiers des couches (shp)

Le fichier QGIS a été pensé comme une base de travail : il offre un aperçu global des styles disponibles, présentés sous forme de légende sur la carte, ce qui permet une navigation simple et rapide (cf. figure 17).

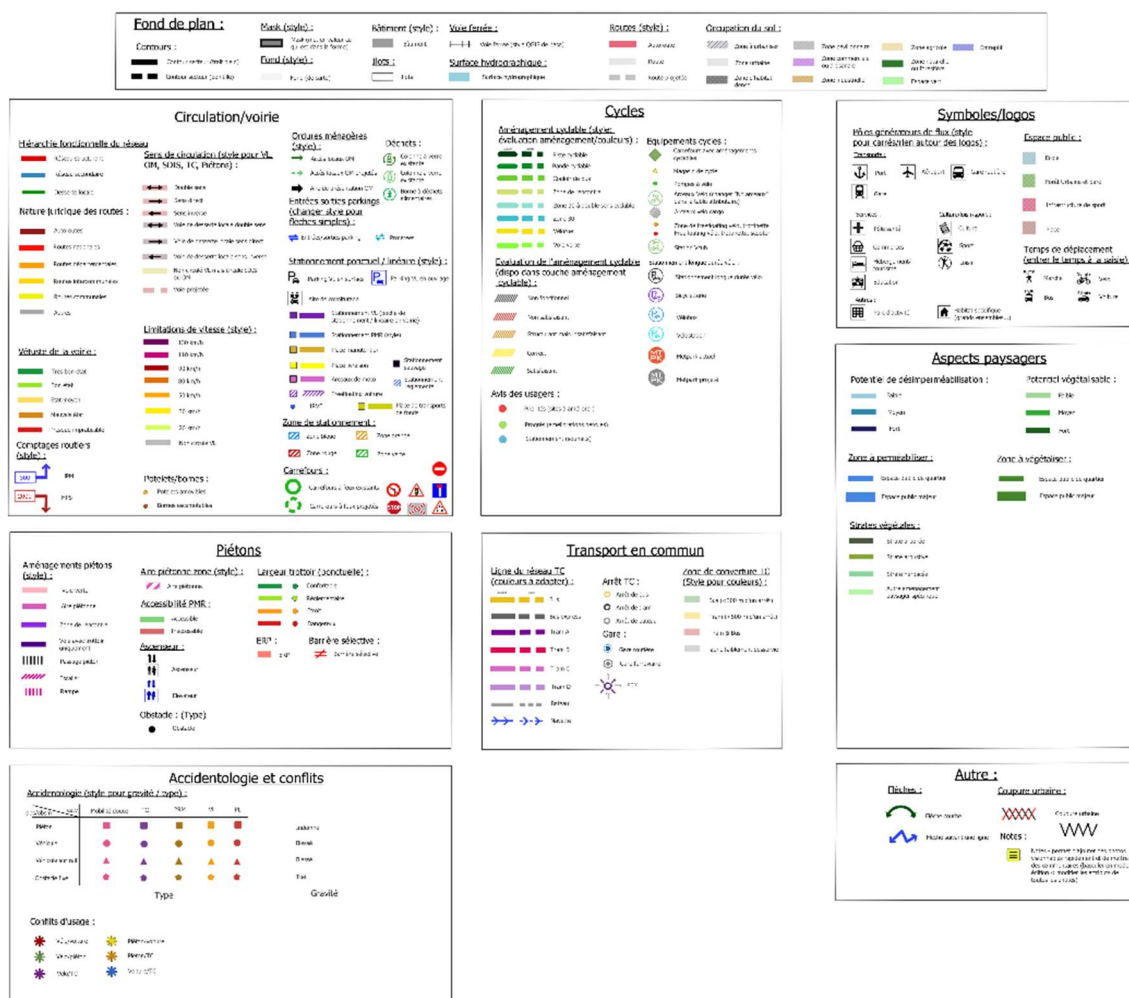


Figure 17 : Bibliothèque de symbolique liée à la mobilité

J'ai organisé les symbolologies selon différents thèmes : transport en commun, cycles, piétons, etc. Cette organisation permet de faciliter la recherche dans le panneau des couches, celle-ci étant triée dans l'ordre alphabétique.

La démarche de création d'une carte devient alors plus simple :

- Récupérer les données (à partir d'Internet, de données fournies par le client, ou encore créées manuellement),
- Appliquer le style choisi, ajuster si nécessaire
- Exporter la carte.

Au-delà des couleurs et symboles de base, certains styles intègrent plusieurs styles ou s'adaptent automatiquement aux attributs renseignés. Certains symboles dynamiques évoluent ainsi en fonction des valeurs attribuées.

Enfin, j'ai intégré cette bibliothèque dans un fichier partagé et en ai présenté le fonctionnement à une collègue, afin qu'elle puisse être utilisée collectivement lors de futurs projets.

C. Autres missions

1. Coupes techniques pour le Bus express

Je suis venu en appui sur une mission de maîtrise d'œuvre où j'ai réalisé des coupes de voiries sur AutoCAD. Il s'agissait de représenter sous forme de coupes des emplacements clés du passage d'un bus express en projet à Bordeaux (cf. figure 18). Le point important de mon travail était de représenter les lampadaires en respectant leur implantation par rapport à la voirie, tout en veillant à conserver les largeurs du profil de la voie.

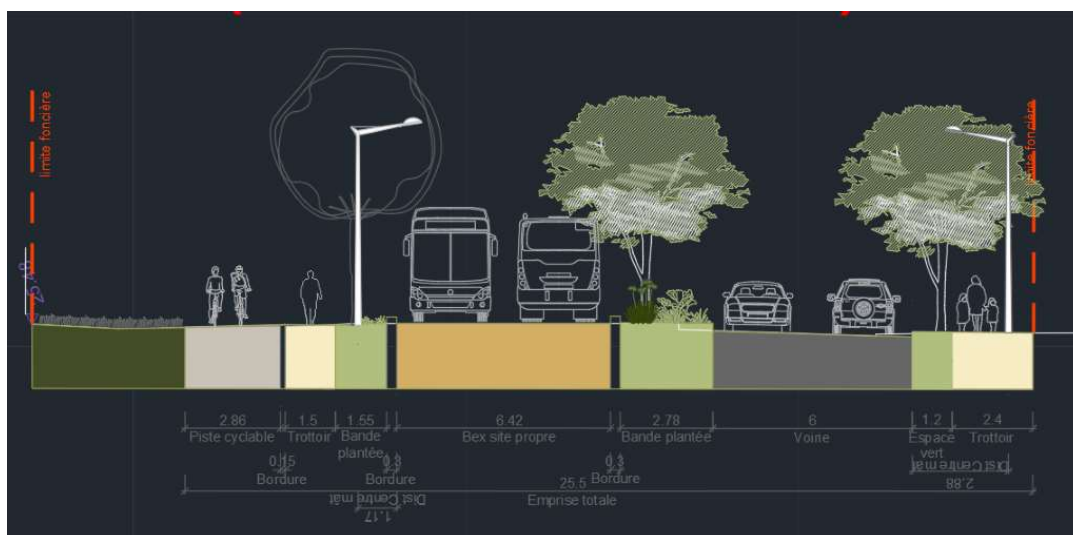


Figure 18 : Coupes AutoCAD d'une rue empruntée par le bus express

J'ai réalisé plus d'une vingtaine de coupes, que j'ai ensuite transmises à ma collègue pour qu'elle les intègre à sa notice explicative.

2. Métrés et aménagements cyclables dans Bordeaux Centre Ancien (BCA)

Le secteur de Bordeaux Centre ancien se situe aux abords du réseau express vélo (ReVE). Il s'agit d'un réseau d'aménagements cyclables structurants (pistes cyclables ou voies aménagées pour les cycles), permettant de relier tous les pôles importants de Bordeaux métropole à vélo. L'enjeu de la réalisation d'un plan guide vélo à Bordeaux est donc de créer une continuité entre le centre-ville et ces différents itinéraires.

Je suis donc intervenu dans la réalisation de ce plan guide afin de mesurer la largeur des voies reliant ces itinéraires, et de définir quel aménagement il était possible d'installer.

Différentes contraintes nous limitent quant aux aménagements possibles à réaliser :

- La largeur des rues
- La présence de stationnement de voitures en voirie
- Le flux de véhicule

Je me suis basé sur les recommandations du CEREMA afin de déterminer quel aménagement était le plus pertinent à la vue du profil de voirie.

Il est important de noter que les aménagements cyclables séparés du flux de véhicules sont priorités afin de créer des itinéraires vélos sécurisés et structurants.

3. PRU Cenon Saraillère : phase des travaux

J'ai réalisé la partie mobilité du phasage des travaux dans le quartier Saraillère, à Cenon. L'objectif était de garantir l'accès aux riverains dans un secteur dense, marqué par de nombreux chantiers. La démarche a consisté à analyser les différents réseaux (télécom, assainissement, etc.) afin de définir l'ordre optimal des interventions. Il fallait également intégrer les contraintes liées à la desserte des pompiers et au passage des camions de collecte des déchets.

Dans ce cadre, j'ai aussi réalisé des plans de coupe de voirie pour présenter des possibles aménagements au client.

4. Aire d'influence des agences d'Ingérop Grand Ouest

Ma première mission à Ingérop a consisté à élaborer une carte illustrant l'aire d'influence des agences Ingérop du Grand Ouest. Pour cela, j'ai réalisé deux cartes : la première présentant les isochrones de différents temps de trajet en voiture depuis l'agence de Bordeaux (cf. figure 19), et la seconde depuis l'ensemble des agences du Grand Ouest.

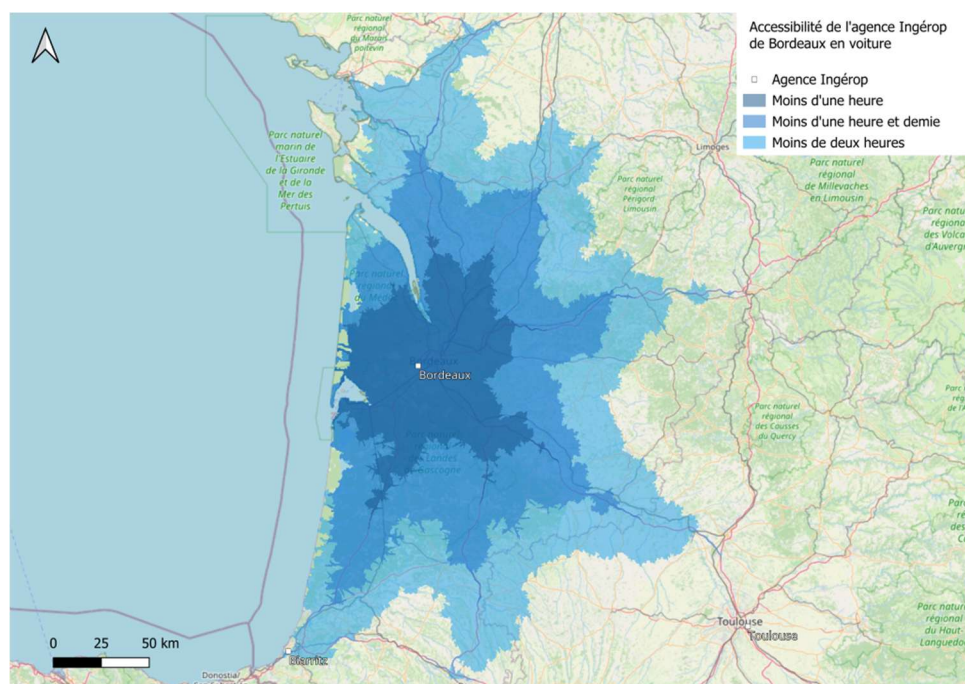


Figure 19 : Accessibilité de l'agence Ingérop Bordeaux en voiture

5. Powerpoint type d'une étude de mobilité

Au début de mon stage, j'ai tenté de créer une présentation type pour une étude de mobilité au sens large, dans le but de disposer d'un support structuré contenant les informations essentielles à réutiliser

pour chaque étude. Cela m’a aidé à identifier les différents aspects à aborder selon les types d’études : plan guide, schéma directeur cyclable, plan de mobilité simplifié, etc. Cependant, faute de temps et de retours, je n’ai pas pu mener ce travail jusqu’à son terme.

6. Missions annexes

J’ai apporté mon appui sur une mission d’assistance à maîtrise d’ouvrage confidentielle à Bordeaux, ainsi que sur plusieurs autres missions d’une durée d’un jour ou moins.

IV. Retour réflexif sur l’expérience

A. Démarche

Ma démarche de travail consistait d’abord à échanger avec ma tutrice afin qu’elle m’explique les missions à réaliser. Je notais alors l’ensemble des informations importantes dans un carnet, ainsi que les tâches à effectuer.

Une fois en autonomie, je synthétisais rapidement ces informations avant de réaliser les missions confiées, en essayant d’apporter une plus-value lorsque cela était possible. Puis je surlignais chaque tâche une fois finie. Enfin, je regroupais mes questions dans une note dédiée afin de les poser à ma tutrice de manière structurée.

B. Analyse critique des résultats produits

Le principal frein rencontré durant ce stage a été le manque de temps. Les délais de rendu, souvent très serrés, me laissaient peu de marge pour peaufiner mes livrables, structurer clairement les informations en vue de futurs projets ou encore prendre du recul afin d’identifier des pistes d’amélioration.

La charge de travail importante n’a pas non plus permis à ma tutrice de m’impliquer autant qu’elle l’aurait souhaité dans l’automatisation de procédés cartographiques ou la recherche de données. Avec les connaissances que j’ai acquises au cours du stage dans le domaine de la mobilité, il me semblerait aujourd’hui plus simple de concevoir des méthodes permettant d’optimiser ces processus, ce qui représenterait un gain de temps considérable.

Dans mes rares moments disponibles, j’ai commencé à développer un plugin QGIS destiné à générer rapidement une carte d’accidentologie en quelques clics. Faute de temps, je n’ai malheureusement pas pu approfondir ce travail.

Par ailleurs, il m’est arrivé de manquer certaines informations lors de réunions avec ma tutrice, car ma prise de note manuscrite était parfois trop lente par rapport à son rythme.

Malgré ces difficultés, ma tutrice m’a apporté de nombreux retours, ce qui m’a permis d’améliorer la qualité de mes cartes et d’enrichir ma réflexion sur les enjeux de la mobilité.

C. Propositions de pistes de changement

L'un des principaux obstacles rencontrés durant ce stage a été l'absence d'ordinateur portable. Travaillant en open space, ma tutrice et moi devions nous isoler dans des salles pour échanger, mais je ne pouvais pas emporter avec moi mon outil de travail principal, contrairement à mes collègues. Cela compliquait la prise de notes et limitait l'expression de mes questions, faute de pouvoir m'appuyer sur un support visuel que je maîtrisais.

D. Projection dans un métier

Je me projette néanmoins facilement dans un métier similaire à celui exercé durant ce stage. Si la question de la localisation ne s'était pas posée, j'aurais volontiers poursuivi au sein de cette entreprise.

Cette expérience m'a permis d'aborder des sujets variés, ce qui n'est pas toujours possible dans d'autres bureaux d'études. La mobilité constituant un enjeu essentiel pour rendre les villes plus agréables et résilientes, je considère que ce travail s'inscrit dans une démarche porteuse de sens.

V. Bibliographie

Bordeaux Métropole (s.d.). *Calque de plantabilité (carrés de 5 m)*. DataHub Bordeaux Métropole. Disponible sur : https://datahub.bordeaux-metropole.fr/explore/dataset/met_calque_plantabilite_5m/information/

CEREMA (2022). *Cartographie des zones climatiques locales (LCZ) des 88 aires urbaines de plus de 50 000 habitants (2022)*. Data.gouv.fr. Disponible sur : <https://www.data.gouv.fr/datasets/cartographie-des-zones-climatiques-locales-lcz-de-83-aires-urbaines-de-plus-de-50-000-habitants-2022/>

Copenhagenize Design Co. (2012). *Copenhagenize Traffic Planning Guide*. Copenhagenize.com. Disponible sur : <https://copenhagenize.com/2012/02/copenhagenize-traffic-planning-guide.html>

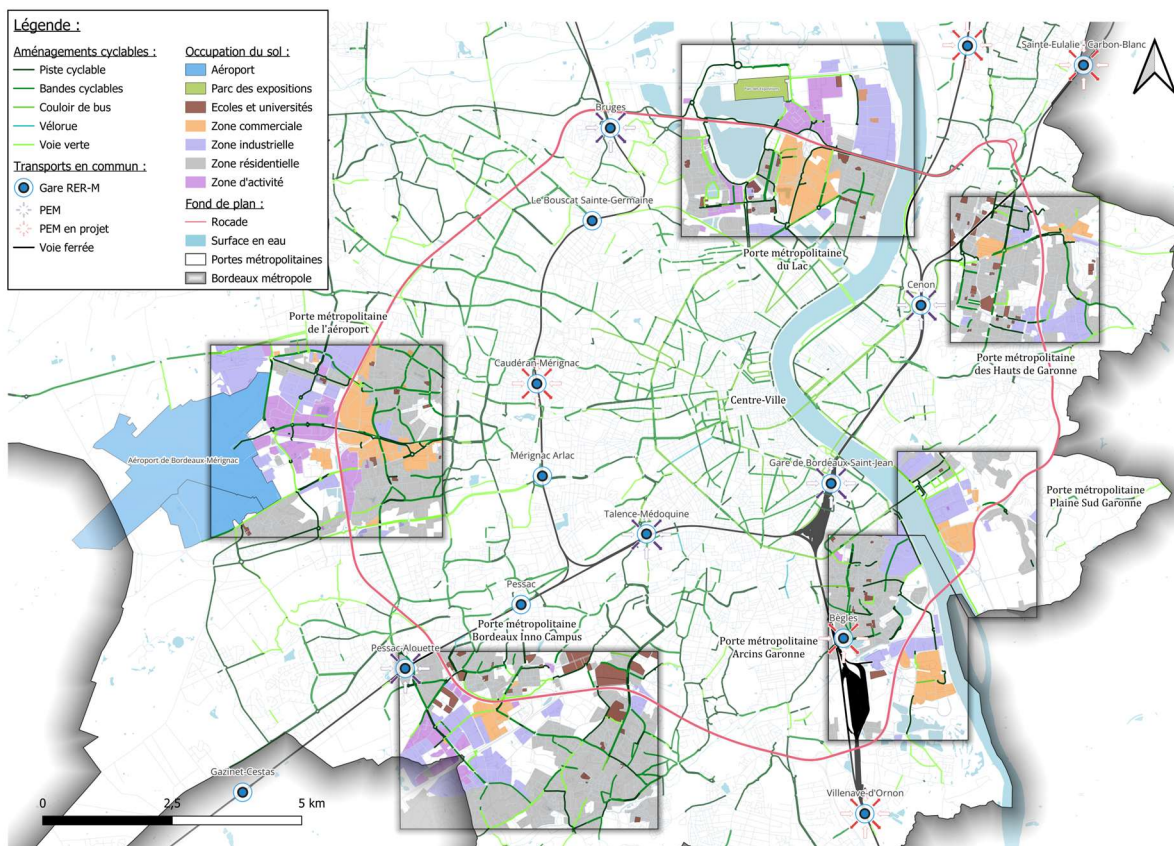
VI. Annexes

A. Annexe 1 : premier scénario du plan de circulation retenu

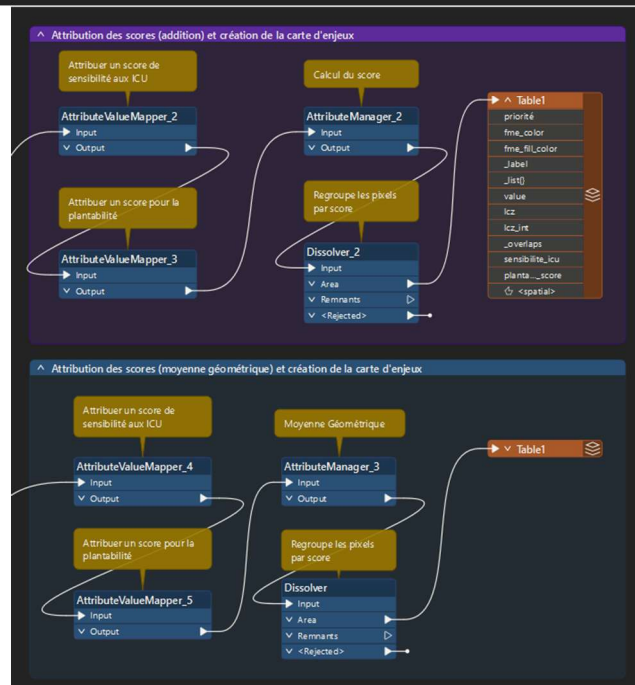
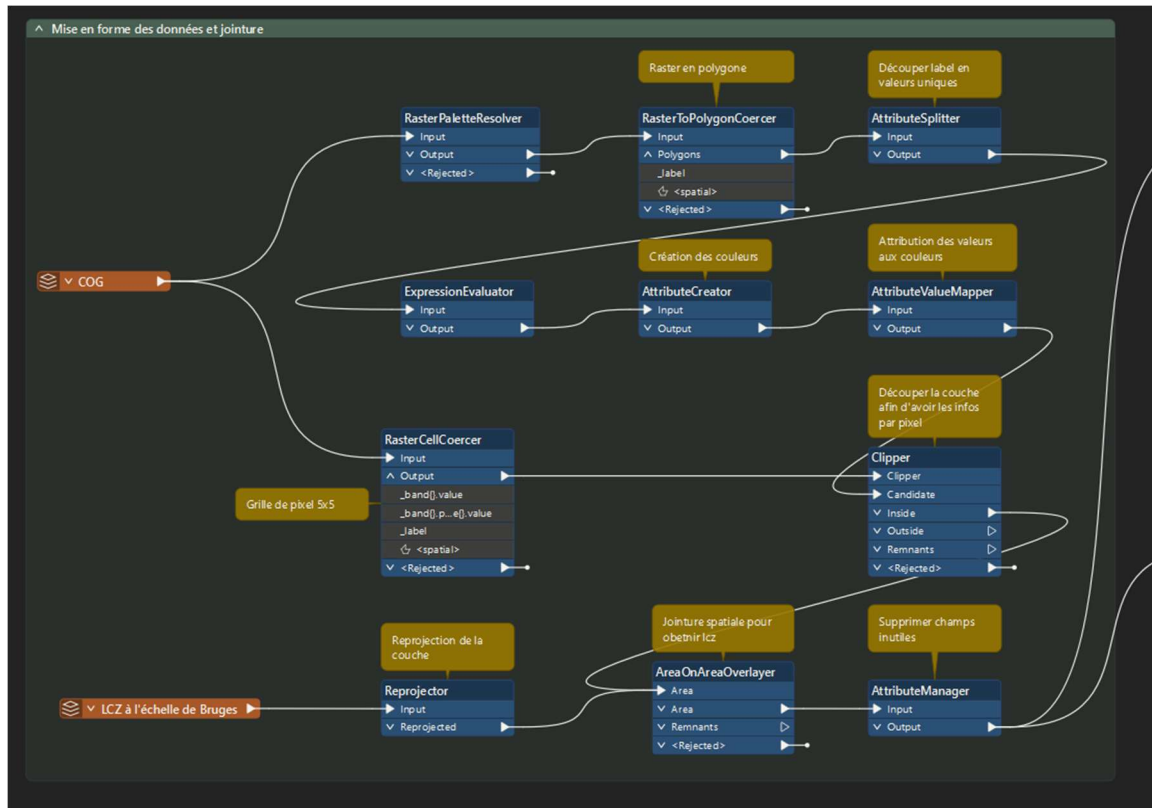
Ci-dessous le premier scénario retenu par le pôle territorial de Bordeaux en phase 1 et finale :



B. Annexe 2 : carte des aménagements cyclables (portes métropolitaines)



C. Annexe 3 : algorithme FME d'automatisation de carte





POLYTECH
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Stagiaire chargé d'études en mobilité :
Etudes opérationnelles et mise au
point d'outils transverses à l'activités

Clément Chauvet
2024-2025

Summary:

During my internship, I contributed to various project owner supports. I especially took part in designing the traffic plan for the Brazza district and supported my supervisor in responding to several mobility-related invitation to tender. I also developed tools designed to simplify and speed up some cartographic processes. Finally, I provided support on various project management assignments, thereby broadening my experience across all stages of a project.

Mots Clés : assistance à maîtrise d'ouvrage, plan guide
mobilité, plan de circulation

Ingérop Bordeaux :
5 Imp. des Mûriers, 33700 Mérignac

Tuteur entreprise :
Sophie Benistand
Chef de projet

Tuteur académique :
Eric Thomas