



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Progetto L.I.S.T. PORT

Limitazione Inquinamento Sonoro da Traffico nei Porti commerciali

Composante **T1: Études visant à l'élaboration de modèles de simulation de transport/environnement.**

Output **T1.1: Étude transfrontalière ville-port pour la définition du modèle de trafic des systèmes ville-port**

Lieu et date **Cagliari**

PERSONNE RESPONSABLE DE L'ÉTABLISSEMENT DU DOCUMENT	Prof. Paolo Fadda		
RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET	Prof. Paolo Fadda		
RESPONSABLE TECHNIQUE DU PROJET	Prof. Paolo Fadda		
LES PROLONGATEURS DE DOCUMENTS	Ing. Federico Sollai		
Revue n°	01	Del 11.11.2020	Date



UNIVERSITÀ DI PISA



anci toscana



académie Nice
Éducation nationale
GIP FIPAN

Résumé	
ABSTRACT	3
1 OBJECTIFS ET STRUCTURE DE L'ÉTUDE	4
2 ANALYSE DES FLUX DE MOBILITÉ ACTUELS.....	5
2.1 Enquêtes sur la circulation aux sections de route et aux intersections.....	6
2.1.1 Olbia	6
2.1.2 Bastia.....	10
2.1.3 Piombino.....	14
2.1.4 Vado Ligure	17
3 MODÈLES DE SIMULATION DE TRAFIC.....	22
3.1 Software open source SUMO.....	22
3.2 La construction du graphique de réseau et de la matrice o/d	23
3.2.1 Olbia	23
3.2.2 Bastia.....	25
3.2.3 Vado Ligure	28
3.2.4 Piombino.....	31
3.3 Affectation.....	34
3.3.1 Olbia	34
3.3.2 Bastia.....	35
3.3.3 Vado Ligure	35
4 RÉSULTATS DU MODÈLE ET IDENTIFICATION DES POINTS CRITIQUES.....	36
4.1 Olbia	36
4.2 Bastia.....	44
4.3 Vado Ligure	47
4.4 Tableau récapitulatif de la criticité	55
Index des chiffres	57
Index des tableaux	59

ABSTRACT

Ce rapport constitue **le résultat T1.1 "Étude transfrontalière ville-port pour la définition du modèle de trafic des systèmes ville-port"** du projet LIST-PORT "Limitation de la pollution sonore due au trafic dans les ports commerciaux". Le but final de ce projet est d'évaluer comment les applications STI sur la gestion du trafic peuvent affecter la réduction des pressions sonores dans les zones portuaires et urbaines, en évaluant les effets que ces interventions ont sur l'environnement urbain. Ceci afin de maintenir les émissions sonores toujours en dessous des limites autorisées par les lois en vigueur. Ce produit T1.1 a été développé en systématisant les analyses rapportées dans les études de caractérisation des transports décrites dans les produits T1.2.1, T1.3.1 et T1.4.1 pour les villes portuaires d'Olbia, Bastia, Piombino et Vado Ligure. L'output T1.1, en plus de fournir un résumé général des résultats et des points critiques, systématisé l'approche méthodologique utilisée pour l'étude. Il rend compte des évaluations réalisées à la fois dans le système routier portuaire (où il est directement affecté par le flux de véhicules qui accèdent aux portes du port ou en sortent et où les plus grandes criticités se produisent) et le long du système routier d'accès urbain au port. Ces analyses, comme on le verra dans les paragraphes suivants, ont permis d'évaluer les effets que le trafic attiré/généré par le port détermine dans les zones urbaines voisines, effets qui génèrent par conséquent un impact sonore sur le contexte urbain, en période hivernale (soft) et en période estivale (peak). Les activités de caractérisation des transports sont donc examinées ci-dessous, y compris la création du modèle de simulation de l'état actuel du réseau de Vado Ligure, Piombino, Olbia et Bastia, et l'identification des points critiques. Les modèles de trafic développés représentent la base cognitive et les outils permettant de définir les scénarios d'intervention de la rationalisation du trafic qui peuvent être poursuivis par les systèmes STI de réacheminement du trafic routier, transmis à l'utilisateur.

1 OBJECTIFS ET STRUCTURE DE L'ÉTUDE

Ce rapport fait partie du projet "Limitation de la pollution sonore due au trafic dans les ports commerciaux", dont l'objectif général est de contribuer à la réduction de la pollution sonore générée par les ports vers les villes portuaires grâce à l'utilisation de systèmes STI qui agissent sur la gestion du trafic automobile. Domaine d'investigation, illustrée dans la Figure 1.1 , se situe dans 4 villes portuaires faisant face à la mer Méditerranée: Olbia, Bastia, Vado Ligure et Piombino. L'étude portait sur

1. l'analyse des flux de mobilité actuels, par le biais de l'enquête sur les tronçons de route et les intersections;
2. la construction du modèle de simulation du trafic;
3. l'identification des points critiques sur la base des résultats du modèle.

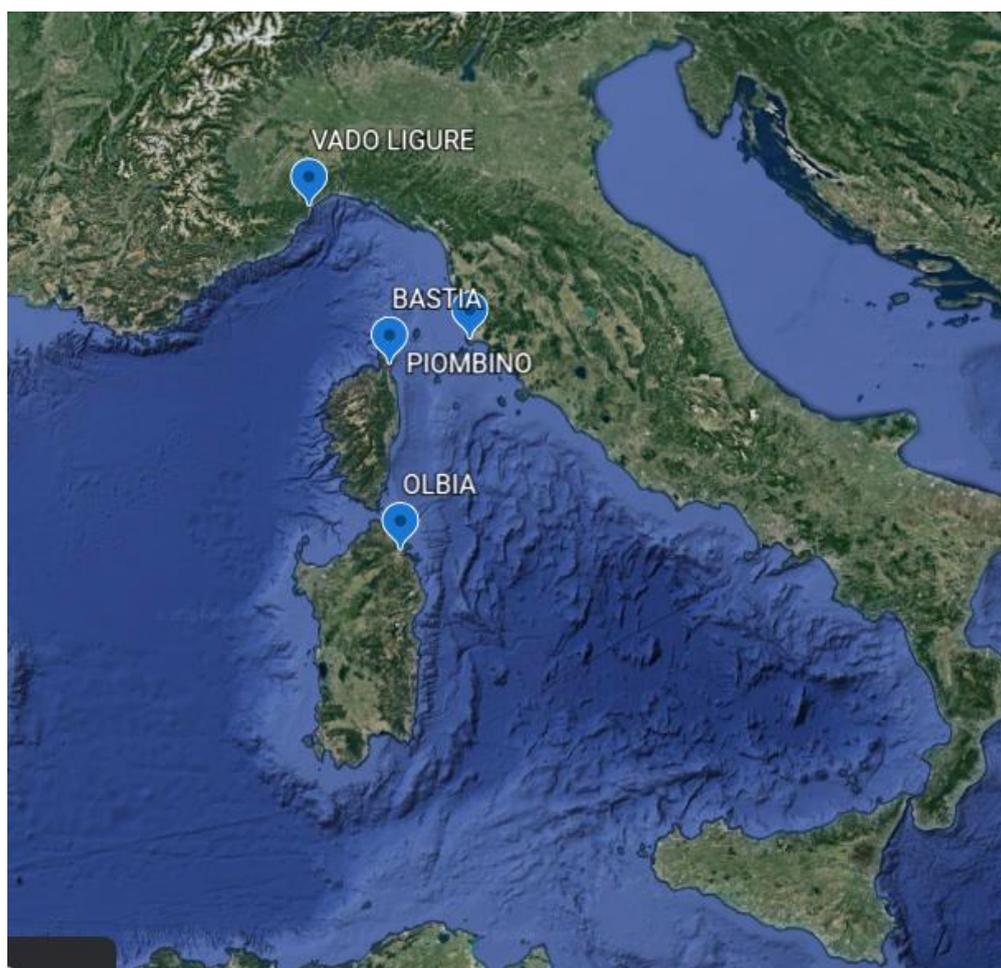


Figure 1.1: L'identification du domaine de coopération

2 ANALYSE DES FLUX DE MOBILITÉ ACTUELS

Afin de mettre à jour la matrice O/D, de calibrer le modèle et de connaître les entités du trafic du réseau routier, des enquêtes de trafic ont été réalisées sur différents tronçons et intersections de route. Les enquêtes sur la circulation ont été réalisées dans les municipalités d'Olbia, de Bastia, de Vado Ligure et de Piombino, à des intervalles de temps déterminés.

L'équipement utilisé pour les enquêtes sur les tronçons de route et les intersections est brièvement décrit ci-dessous:

1. **Radar Compact 1000 Équipement portable par SISAS.** Il s'agit d'un instrument portable utilisé pour mener des campagnes de surveillance et de classification de la circulation automobile. Le système consiste en un capteur radar Doppler capable de détecter les véhicules en transit sur les deux voies, même dans des directions opposées, et d'identifier leur longueur, leur date et leur heure de passage. Le calibrage du système peut être effectué de manière semi-automatique ou paramétrée, à l'aide d'un logiciel approprié (pour PC ou pour PDA). Sa petite taille et la possibilité de le positionner en bord de route sur tout support existant (panneaux de signalisation, éclairage, etc.) en font un produit facile à installer, sans entraver la circulation et sans risquer la sécurité du personnel chargé de la surveillance du trafic.
2. **Caméra pour la surveillance des flux de trafic - MIOVISION.** Il s'agit d'un système d'acquisition vidéo et de décodage d'images permettant de compter et de classer le flux de véhicules. Le système se compose d'une unité de collecte vidéo (VCU), une caméra portable pour l'acquisition vidéo connectée à un boîtier de contrôle qui gère la caméra et exécute toutes les fonctions d'enregistrement et de stockage vidéo, d'alimentation du système et de lecture vidéo. La caméra est placée sur une perche coaxiale rétractable autoportante qui, pour garantir sa stabilité, est fixée à côté d'une perche préexistante. Après la collecte de la vidéo, un logiciel spécial est utilisé pour décoder les images afin d'effectuer le comptage, la classification du véhicule et, dans le cas des intersections ou des ronds-points, les manœuvres de virage. Le système identifie le véhicule ou le piéton dans la scène filmée, puis classe les sujets (piétons, vélos/motos, voitures, véhicules utilitaires légers et véhicules lourds) et trace leur mouvement.

2.1 Enquêtes sur la circulation aux sections de route et aux intersections

Ce chapitre présente les résultats, en termes de flux de véhicules, obtenus à la suite d'enquêtes menées sur des tronçons de route et des carrefours pour les quatre villes étudiées.

2.1.1 Olbia

Afin d'évaluer les caractéristiques du trafic automobile afférent au réseau routier étudié, des enquêtes ont été réalisées sur 15 tronçons et 8 intersections: les enquêtes ont eu lieu, pour la période estivale, les 15 et 16 juillet et pour la période automnale, les 14 et 15 octobre 2019.

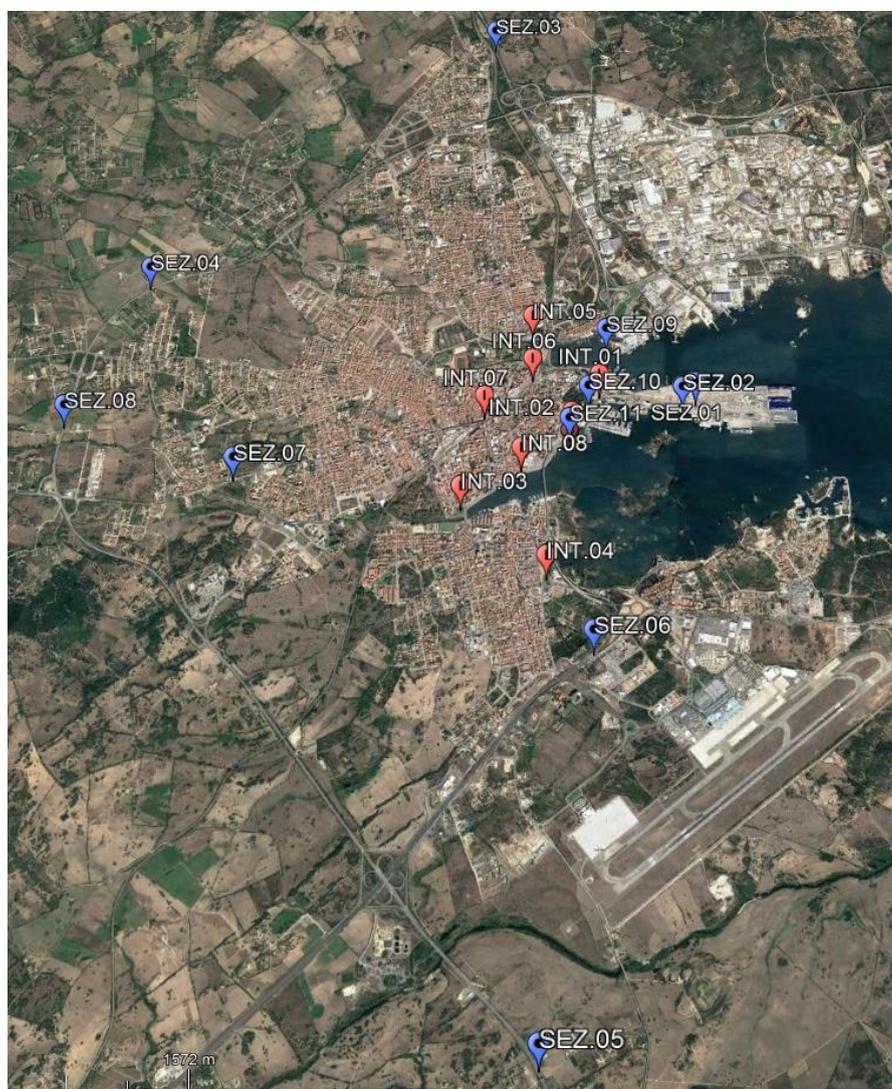


Figure 2.1: Localisation des sections et des intersections faisant l'objet de l'intervention

Les tronçons de route surveillés sont indiqués dans le Tableau 2.1:

Section	Nom de la section
1	via Banchina Isola Bianca
2	v. Isola Bianca
3	ss 125
4	Circonvallazione 3 Olbia
5	ss131 DCN accesso Sud
6	ss 597 Logudoro
7	ss 127 settentrionale sarda
8	Circonvallazione 1 Olbia
9	ss 125 ingresso Nord
10	v. le Principe Umberto 9
11	v. Poltu Ezzu
12	E840 accesso Olbia
13	v. Poltu Ezzu

Tableau 2.1: Les tronçons de route faisant l'objet d'une surveillance

Alors que les 8 intersections sont indiquées dans le Tableau 2.2:

Intersection	Nom de l'intersection
1	v. le Principe Umberto- ss 125-v. Isola di Mezzo
2	v. le Principe Umberto-v. Genova-v. Poltu Ezzu
3	v. Redipuglia- v.Roma- v.Iglesias-ss127
4	ss 127 nord- ss 127 sud- v. Venafiorita
5	v. D'Annunzio-v. dei Lidi
6	passaggio a livello v. D'Annunzio-v. Aldo Moro-v. Nanni
7	passaggio a livello Corso Umberto I -v. S. Sepolcro-Corso V. Veneto-v. Mameli
8	v. Re di Puglia-v. Regina Elena-v. Nuoro

Tableau 2.2: Les carrefours routiers sont surveillés

Dan le Tableau 2.3, our chaque section analysée, les données les plus importantes qui sont rapportées sont:

- le nombre de véhicules contrôlés en 24 h, respectivement en période estivale (15 et 16 juillet 2019) et en période automnale (14 et 15 octobre 2019);
- les différences, en pourcentage, constatées entre les 2 périodes d'enquête.

Sec.	Veic/g (été 2019)	Veic/g (automne 2019)	Variation entre les 2 périodes d'enquête	Bidirec.
1	10.733	5.143	-52.08%	SI
2	3.740	2.296	-38.61%	SI
3	35.970	20.134	44.03%	SI
4	22.246	15.918	-28.45%	SI
5	21.646	11.696	-45.97%	SI
6	22.379	15.269	-31.77%	SI
7	8.690	8.309	-4.38%	SI
8	21.359	16.958	-20.60%	SI
9	36.319	26.637	-26.66%	SI
10	23.476	19.021	-18.98%	SI
11	7.290	6.420	-11.93%	SI
12	29.547	20.659	-30.08%	SI
13	15.330	12.951	-15.52%	NO

Tableau 2.3: Comparaison été-automne des sections suivies

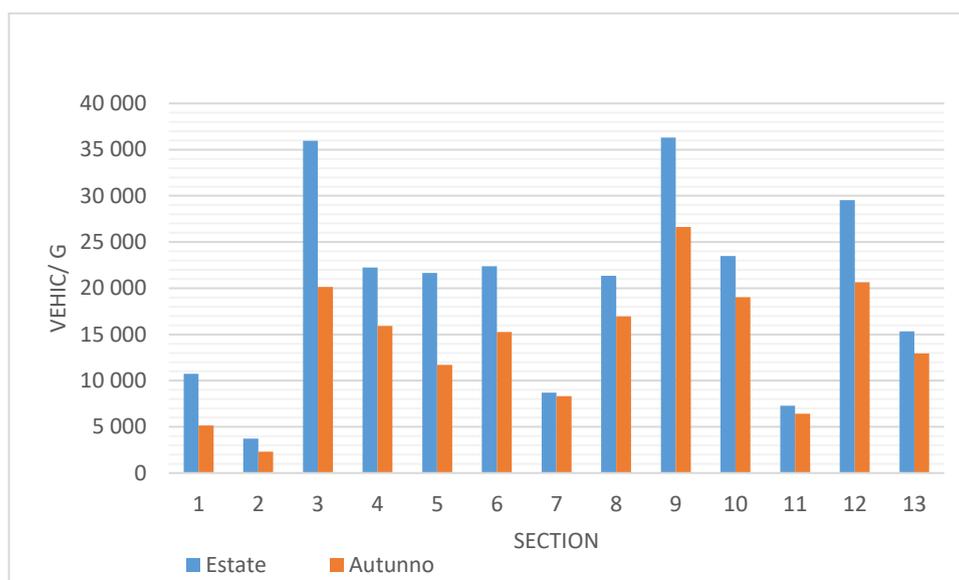


Figure 2.2: été automne 2019 comparaison des sections surveillées

Comme le montre la Figure 2.2, en automne, le nombre de véhicules contrôlés était de 181.411 véhicules/jour, ce qui correspond à une diminution de 29 % par rapport à l'enquête d'été, qui portait sur 258.725 véhicules/jour.

Les sections où les baisses les plus marquées ont été enregistrées sont la section 1 avec -52%, les sections 3 et 5 avec -44 et -46%; la section 7 montre la plus petite baisse avec -4%, tandis que les sections 4, 6 et 12 sont en ligne avec la valeur moyenne (-29%). La section 2 affiche une baisse d'environ 39 %, tandis que les autres sections enregistrent des baisses de moins de 27 % avec un minimum de 12 % dans la section 11. La section 9, en été comme en automne,

est la plus chargée avec une valeur d'environ 14% du total des véhicules comptés, tandis que la section 2 est la plus déchargée avec une valeur d'un peu plus de 1 % du trafic détecté.

Pour les 8 intersections, la surveillance de la charge du véhicule a été effectuée entre 7:00÷9:00 et 17:30÷19:00.

Comme le montre le Tableau 2.4, au cours de la période 7h30÷9h00, un total de 18 309 véhicules ont été contrôlés en été et 18 859 véhicules en automne (+3%), tandis que pour la période 17h30÷19h00, 19 980 véhicules ont été enregistrés en été et 20 809 en automne (+4%); l'enquête du soir, tant en été qu'en automne, a montré une augmentation de 9÷10% par rapport au contrôle du matin. L'intersection la plus fréquentée est l'intersection 5, tandis que l'intersection 6 est la moins fréquentée.

ID Intersection (Vehic/t)	7.30 –9.00 (été 2019)	17.30-19.00 (été 2019)	7.30–9.00 (automne 2019)	17.30-19.00 (automne 2019)
Inters.1	3229	2929	3392	3119
Inters.2	2786	3163	3155	3233
Inters.3	3858	4939	3532	4588
Inters.4	3280	3486	3642	3648
Inters.5	5352	5267	4612	5196
Inters.6	1797	2282	2199	2676
Inters.7	1993	2078	2518	2680
Inters.8	2057	2376	2758	2559

Tableau 2.4: Comparaison été-automne 2019 des intersections surveillées

D'après la Figure 2.3 ci-dessous, il est encore plus évident que tous les carrefours surveillés sont plus fréquentés en automne, à l'exception des carrefours 3 et 5, qui sont plus fréquentés en été.

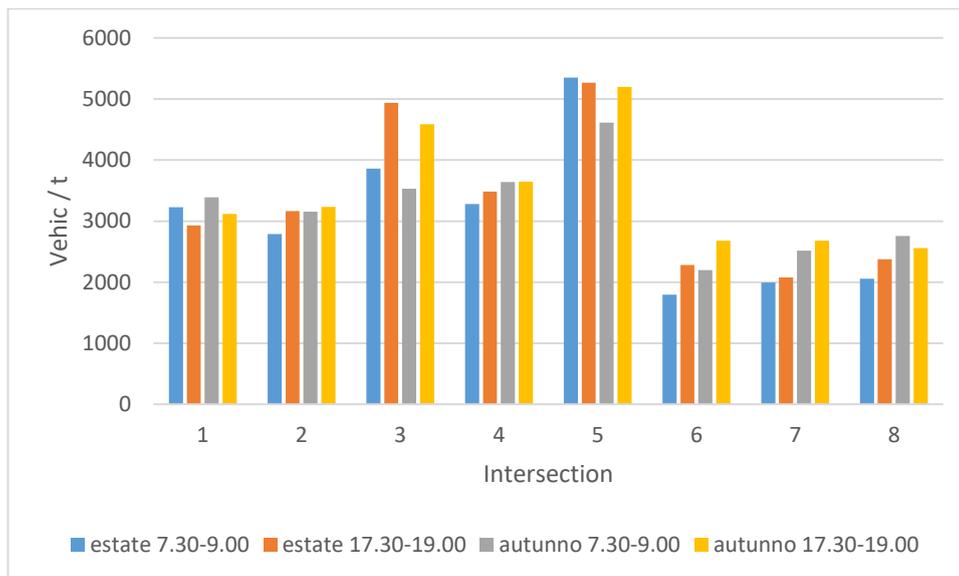


Figure 2.3: Comparaison été-automne 2019 des intersections surveillées

2.1.2 Bastia

Pour évaluer les caractéristiques du trafic automobile afférent au réseau routier étudié, des enquêtes ont été menées sur 19 sections et 2 intersections. Les enquêtes ont été réalisées entre le 25 août et le 30 août 2019 pour la période estivale et entre le 13 et le 18 octobre 2019 pour la période automnale.

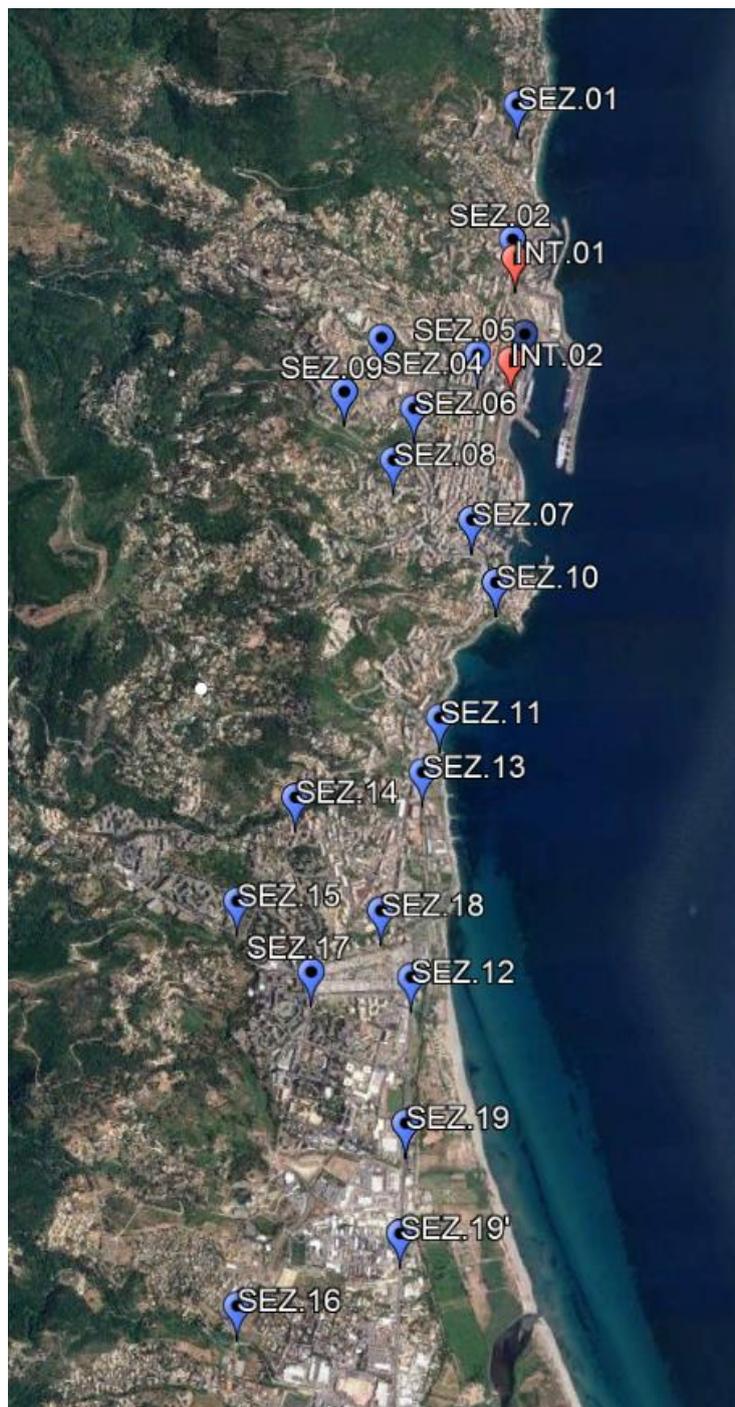


Figure 2.4: Localisation des sections et des intersections

Les sections qui font l'objet d'un suivi sont énumérées dans le Tableau 2.5:

N°Section	Nom de la section
1	La route du Cap
2	Toga Boulevard - direction Nord.
2'	Toga Boulevard - Dir. Sud

3	Avenue Pascal Lota (P ° Agence De La Méridionale E Gare Maritime Nord) - Dir. Nord
3'	Avenue Pascal Lota (P ° Agence De La Méridionale E Gare Maritime Nord) - Dir. Sud
4	Avenue Jean Zuccarelli
5	Avenue Pierre Guidicelli
6	Boulevard Hyacinthe De Montera
7	Boulevard Auguste Gaudin
8	Boulevard Benoit Danesi
9	Route de Pietrabugno
10	Station de comptage Tunnel RT11 en direction du nord
10'	Tunnel RT11 station de comptage dir. sud
11	Station de comptage RT11 Ficaghjola
12	Station de comptage RT11 Campu Santu North dir.
12'	Station de comptage RT11 Campu Santu dir. sud
13	Avenue de la Libération
14	Avenue Macchione
15	Royal Road (à l'ouest de l'avenue Macchione)
16	Route impériale
17	Rue du capitain Puis
18	Royal Road (intersection de la rue du capitain Then et du rond-point avec l'avenue Sampiero Corso)
19	Station de comptage Erbaghjolu dir.nord
19'	Station de comptage Erbaghjolu dir.sud

Tableau 2.5: Tronçons de route surveillés

Comme le montrent le Tableau 2.6 et la Figure 2.5, les différences de flux de véhicules entre les périodes d'été et d'automne sont dérivées. L'intervalle de temps de référence est un cadre temporel, variant pour chaque tronçon de route, entre le 25 août et le 30 août 2019 en période estivale et entre le 13 et le 18 octobre 2019 en période automnale.

Sec.	Vehic/t (été 2019)	Vehic/t (automne 2019)	Bidirec.
1	17710	15434	OUI
2	1696.	10797	NON
2'	25749	19617	NON
3	96617	80785	OUI
4	6848	15283	OUI
5	22055	22064	OUI
6	4860	6700	OUI
7	12973	15613	OUI
8	7689	8659	OUI
9	2790	929	OUI
10	19003	17051	NON
10'	16507	16403	NON

11	35.043	32008	OUI
12	24.083	24.132	NON
12'	24.078	24.701	NON
13	17.758	15.628	OUI
14	3.240	3.258	OUI
15	15.595	15.394	OUI
16	9.713	9.892	OUI
17	20.374	18.024	OUI
18	10.018	9.531	OUI
19	55.000	58.040	NON
19'	54.004	54.567	NON

Tableau 2.6. Comparaison été-automne 2019 des sections surveillées

Comme le montre la Figure 2.5 , pendant la période estivale, les sections 1, 2, 3, 9, 10, 10', 11, 13, 15, 17, 18 sont les plus fréquentées. Les autres sections sont légèrement plus chargées en automne.

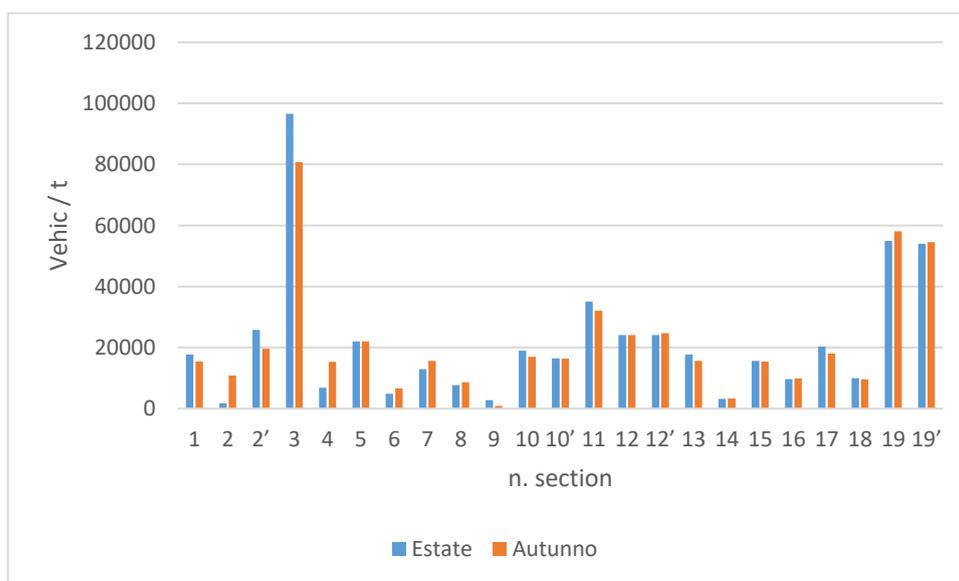


Figure 2.5: Comparaison été-automne 2019 des sections surveillées

Des enquêtes sur le volume du trafic aux carrefours ont été réalisées aux deux carrefours suivants:

- Rond-point du port de Toga: entre l'avenue Pascal Lota (direction sud) - accès au port - boulevard de Toga, trottoirs du côté du boulevard de Toga - rue de l'Impératrice Eugenia - rue du Commandant Luce de Casabianca;
- Rond-point de Nogues: entre l'avenue Pascal Lota, l'avenue Pierre Guidicelli et l'avenue

Maréchal Sebastiani.

Les enquêtes ont été réalisées entre 6h30 et 9h30 en été et entre 6h00 et 9h00 en automne, un jour de semaine typique.

ID Intersec.	Volume de véhicules/t (été)	Volume des véhicules/t (automne)
1	2.979	2.450
2	4.453	3.827

Tableau 2.7: Comparaison été-automne 2019 des intersections surveillées

Comme le montrent le Tableau 2.7 et la Figure 2.6 la période pendant laquelle les intersections sont les plus fréquentées est la période estivale: le volume de véhicules mesuré dans l'unité de temps, qui dans ce cas se situe entre 06:30 et 09:00 un jour de semaine typique, est de 2979 véhicules pour l'intersection 1 et de 4.453 véhicules pour l'intersection 2. En automne, au contraire, les véhicules surveillés dans l'unité de temps, qui se situe entre 6 et 9 heures d'un jour de semaine typique, sont de 2.450 véhicules pour le carrefour 1 et de 3.827 véhicules pour le carrefour 2.

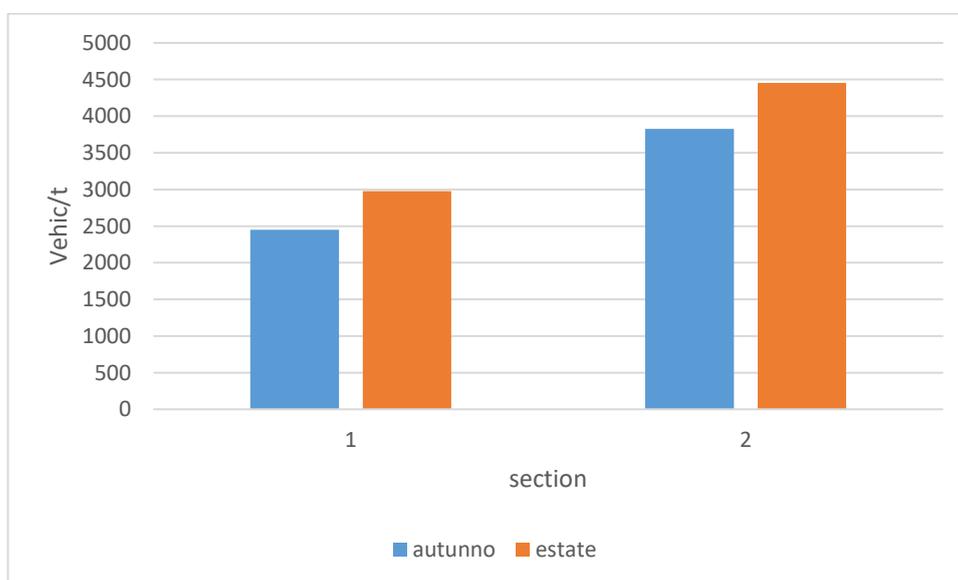


Figure 2.6: Comparaison été-automne 2019 des intersections surveillées

2.1.3 Piombino

Afin de construire la matrice O/D, de calibrer le modèle et de connaître les entités du trafic du réseau routier en période hivernale douce et en période estivale de pointe, des enquêtes de trafic ont été réalisées sur 11 intersections. Les enquêtes sur la circulation ont été réalisées sur

le territoire municipal de Piombino un jour de semaine typique: au printemps entre le 13 et le 16 mai 2019 et en été entre le 9 et le 11 août 2019.

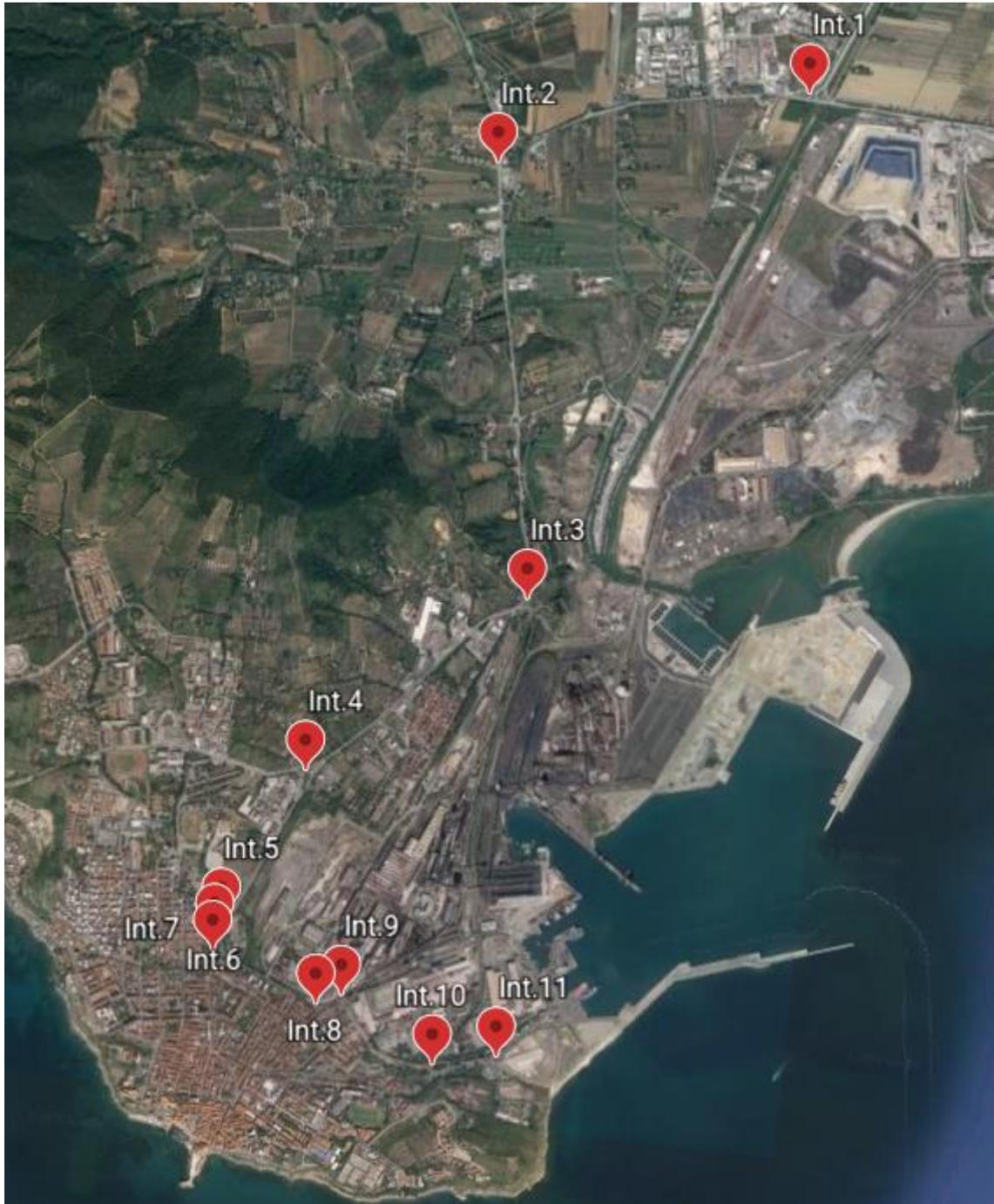


Figure 2.7: Emplacement des principaux carrefours

Les 11 intersections surveillées sont indiquées dans le Tableau 2.8 ci-dessous:

ID intersection	DESCRIPTION DE L'INTERSECTION
1	Intersection (pas de feux de circulation) SS 398 - via della Base Geodetica
2	Intersection de la Fiorentina (non signalée) (via della Base Geodetica - SP della Principessa)
3	Carrefour de Gagno (rond-point): viale Unità d'Italia - via Provinciale - SP della Principessa
4	Intersection (au rond-point) viale Unità d'Italia - via della Pace - via Jonta
5	Intersection (pas aux feux de circulation) viale Unità d'Italia - viale Medaglie d'oro della Resistenza
6	Intersection (pas avec les feux de circulation) viale Unità d'Italia - viale della Resistenza - viale della Repubblica
7	Intersection (avec feux de circulation) viale della Repubblica - viale della Resistenza
8	Intersection (rond-point) via Cavallotti - via Carlo Pisacane - Strada Comunale Portovecchio
9	Intersection (rond-point) Strada Comunale Portovecchio - via Pise
10	Intersection (rond-point) via Pise - viale Regina Margherita - via Rosano
11	Intersection (rond-point) viale Regina Margherita - viale Carlo Alberto Dalla Chiesa.

Tableau 2.8: Les intersections surveillées

Le Tabella 2.9, suivant permet d'obtenir les différences de trafic entre les périodes d'été et d'automne. En particulier, le nombre de véhicules surveillés dans l'unité de temps, respectivement au printemps et en été, est indiqué. Au printemps, les trois heures de surveillance se situent entre 7h30 et 9h00 du matin et entre 16h30 et 18h00 du soir. En été, les 3 heures de surveillance se situent entre 12:00 et 13:00, entre 14:45 et 15:45 et entre 18:55 et 19:55.

Intersection	Vehic/t (Printemps 2019)	Vehic/t (Été 2019)	Variation entre les 2 périodes d'enquête
1	4.882	5.889	+17.09%
2	6.318	7.471	+15.43%
3	6.639	8.319	+20.19%
4	7.382	10.589	+30.28%
5	6.170	7.679	+19.65%
6	7.154	8.310	+13.91%
7	4.392	4.159	- 5.30%
8	3.060	4.511	+32.16%
9	1.774	3.234	+45.14%
10	1.411	2.751	+48.70 %
11	659	2.857	+76.93%

Tabella 2.9: Comparaison été-printemps des 11 carrefours surveillés

Comme nous pouvons le constater dans le Tabella 2.9 e la Figure 2.8 , l'intersection la plus

fréquentée est, tant pour la période de printemps que pour celle d'été, l'intersection 4. En revanche, la variation la plus marquée entre les 2 périodes de référence se situe dans l'int.11 avec une augmentation égale à 76,93% au printemps, suivie de l'int.10 et de l'int.9, avec respectivement 48 et 45% de variation. La variation la plus faible se trouve dans l'int.7, qui est plus fréquenté en été avec 5% de véhicules en plus.

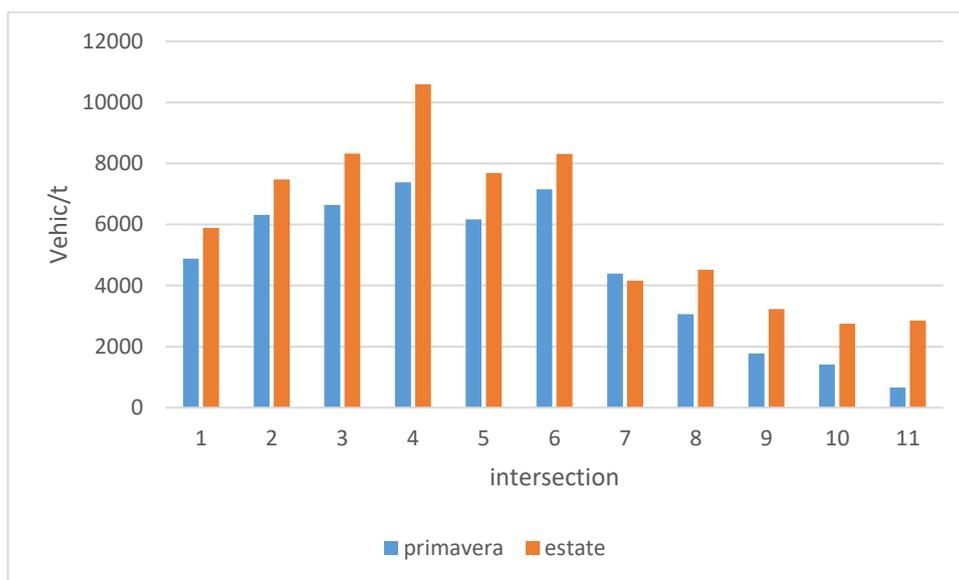


Figure 2.8: Comparaison été-printemps des 11 carrefours surveillés

2.1.4 Vado Ligure

Dans l'étude de cas relative à Vado Ligure, des enquêtes sur le trafic ont été menées sur 31 tronçons de route et à une intersection. Des enquêtes sur la circulation ont été réalisées dans la zone municipale de Vado Ligure entre le 28 octobre et le 31 octobre 2019.

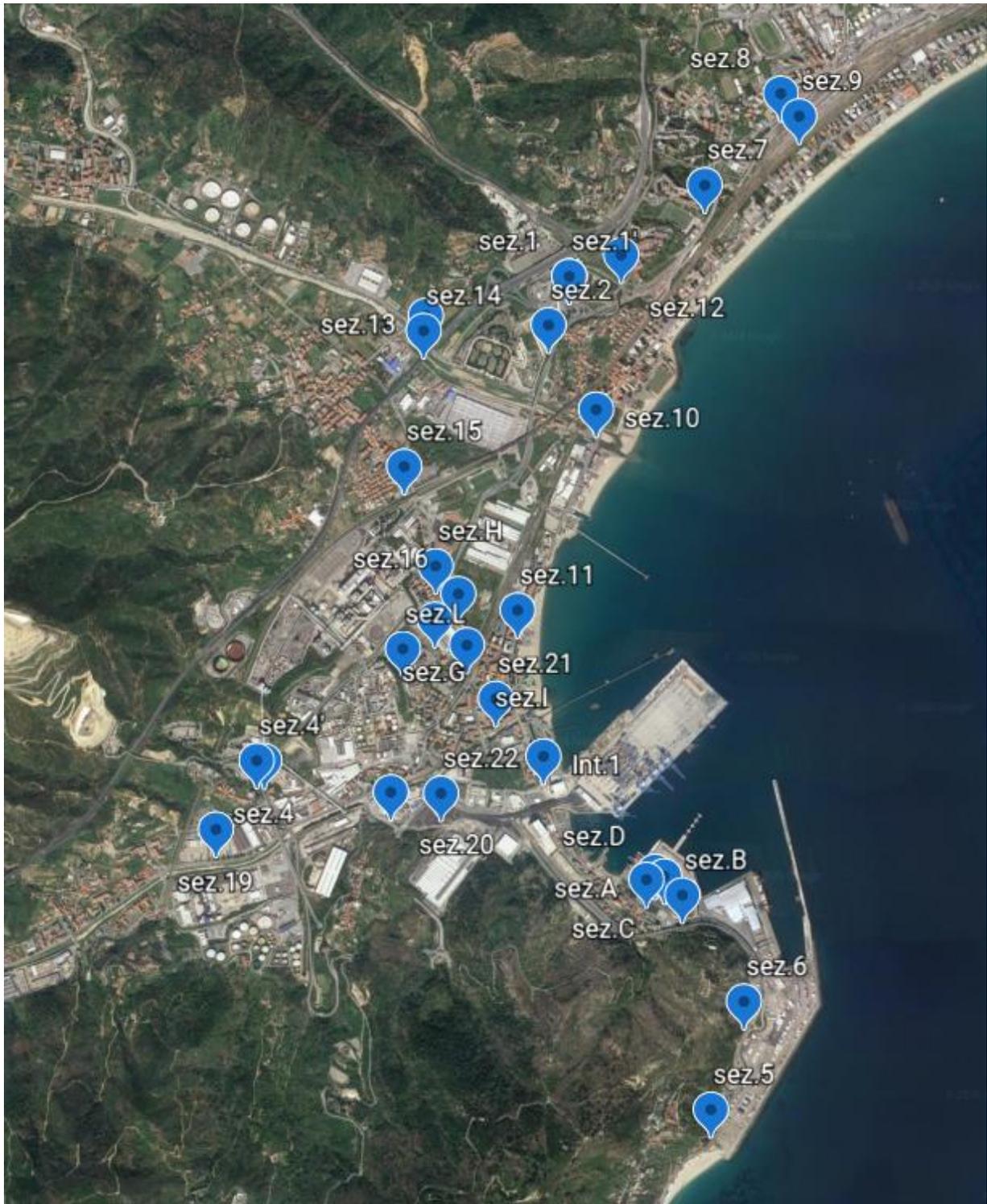


Figure 2.9: Carte des sections et intersections surveillées

Nella Tableau 2.10 si riportano le 31 sezioni e l'intersezione oggetto di rilievo:

N°Section	Nom de la section
1	Péage de l'autoroute Savona - Vado Ligure: Entrée de l'autoroute
1'	Péage Savona - Vado Ligure: sortie d'autoroute
2	Route à grande vitesse (entre la jonction pour l'autoroute et la jonction via Quiliano) direz. Nord
2'	Route à grande vitesse (entre la jonction pour l'autoroute et la jonction via Quiliano) en direction du Nord. Sud
4	Route à grande vitesse (entre le rond-point de la via Verdi et de la via Tommaseo, et le carrefour de la via Trieste) en direction du nord Nord
4'	Route rapide (entre le rond-point entre la route rapide, via Verdi et via Tommaseo, et la jonction pour la via Trieste) direction Sud Sud
5	SS1 Aurelia, au sud de la jonction entre la SS1 et la route nationale
6	Vecchia Aurelia, entre la jonction entre la SS1 et Strada a scorrimento veloce, et la jonction pour le terminal reefer
7	Corso Svizzera, entre le rond-point avec la Via Caravaggio et la Piazzale Amburgo
8	Via Stalingrado, immédiatement au nord de la Piazzale Amburgo
9	Via Nizza, immédiatement au nord du rond-point avec le Corso Svizzera
10	Vecchia Aurelia, au sud du pont sur le Quiliano T.
11	Vecchia Aurelia, entre la jonction avec la Via Ferraris et la jonction avec la Via Caduti della Libertà
12	Via Nostra Signora del Monte, entre la jonction avec la Via Caravaggio et la jonction avec la Via Isidoro Bonini
13	Via Torcello (SP 58), près du pont de l'autoroute
14	Via Cesare Briano, entre la jonction avec la Via Rossi et le pont de l'autoroute.
15	Via Armando Diaz, entre le rond-point avec la via Fratelli Cervi et le rond-point avec la via Solcasso, en direction de la mer;
15'	Via Armando Diaz, entre le rond-point avec la via Fratelli Cervi et le rond-point avec la via Solcasso, direction amont;
16	Via Ferraris, entre le rond-point du pont de la route nationale et l'intersection avec la via Sabazia
19	Via Piave, entre le pont de la route nationale et le pont ferroviaire
20	Via Trieste, entre la jonction avec la Via Piave et la jonction avec le carrefour pour la route nationale
21	Via Caduti per la Libertà
22	Via Trieste, entre la jonction avec le carrefour pour la Strada a scorrimento veloce et l'entrée de l'Interporto VIO
A	Vecchia Aurelia, entre la jonction avec la Via Trieste et le rond-point à l'entrée du port de Savone
B	Vecchia Aurelia, entre le rond-point à l'entrée du port de Savone et la jonction pour Grendi Trasporti Marittimi
C	Branche Est - Entrée du port de Vado Ligure

D	Ramo Ovest - Entrée du port de Vado Ligure
G	Via Italia en correspondance avec le parking de Porto Savona (Parking Suprema)
H	Route à grande vitesse, entre la jonction avec la Via Italia et la jonction avec la Via Solcasso
I	Via Sabazia, entre la jonction avec la Via Italia et la jonction avec la Via Raimondi
L	Via Cesare Battisti, entre la jonction avec la Via Sabazia et la jonction avec la route nationale
Int.1	Intersection avec la Via Trieste et l'ancienne route Aurelia

Tableau 2.10: Surveillance des tronçons de route et des intersections

Le Tableau 2.11 et la Figure 2.10 nous permettent de comparer le nombre de véhicules contrôlés dans l'unité de temps entre les périodes d'hiver et d'été. L'enquête a duré 24 h ou 48 h pour chaque tronçon de route ; elle a eu lieu dans les jours compris entre le 28 octobre et le 31 octobre 2019 (période hivernale) et dans trois jours de pointe estivaux dans la période comprise entre le 30 juillet 2019 et le 2 août 2019.

Section	Véhicules / g (Hiver)	Véhicules / g (été)	Variation entre les 2 périodes d'enquête (%)
1	11694	14364	-18.58
1'	12565	13919	-9.72
2	4469	6421	-30.40
2'	12127	14093	-13.95
4	3449	5781	-40.33
4'	2972	4886	-39.17
5	12566	17113	-26.57
6	8194	12345	-33.62
7	24135	27868	-13.39
8	31938	35530	-10.10
9	21147	25339	-16.54
10	17554	20312	-13.57
11	15964	19642	-18.72
12	9632	7989	20.56
13	12165	10163	19.69
14	1143	1327	-13.86
15	5332	5380	-0.89
15'	4977	5048	-1.40
16	7945	8584	-7.44
19	5643	6232	-9.45
20	2695	3085	-12.64
21	4270	5070	-15.77
22	3468	4175	-16.93
A	10116	14332	-29.41
B	7926	11733	-32.44
C	351	1289	-72.76
D	262	344	-23.83
G	4214	3857	9.25

H	17270	9616	79.59
I	4274	3502	22.04
L	905	828	9.29

Tableau 2.11: Comparaison hiver-été des sections surveillées

La Figure 2.10 montre que toutes les sections sont plus fréquentées en été, à l'exception des sections 12, 13, G, H, I, L qui sont plus chargées en hiver. La section la plus fréquentée est la section 8, avec 35530 véhicules surveillés pendant la période estivale, et 31938 véhicules détectés pendant la période douce de l'hiver. La section la moins fréquentée est la section D, avec 344 véhicules surveillés en été et 262 en hiver. La section qui présente une plus grande variation entre les 2 périodes de détection est le H, égal à 79,59%; la section qui présente une plus petite variation est le 15, égal à 0,89%.

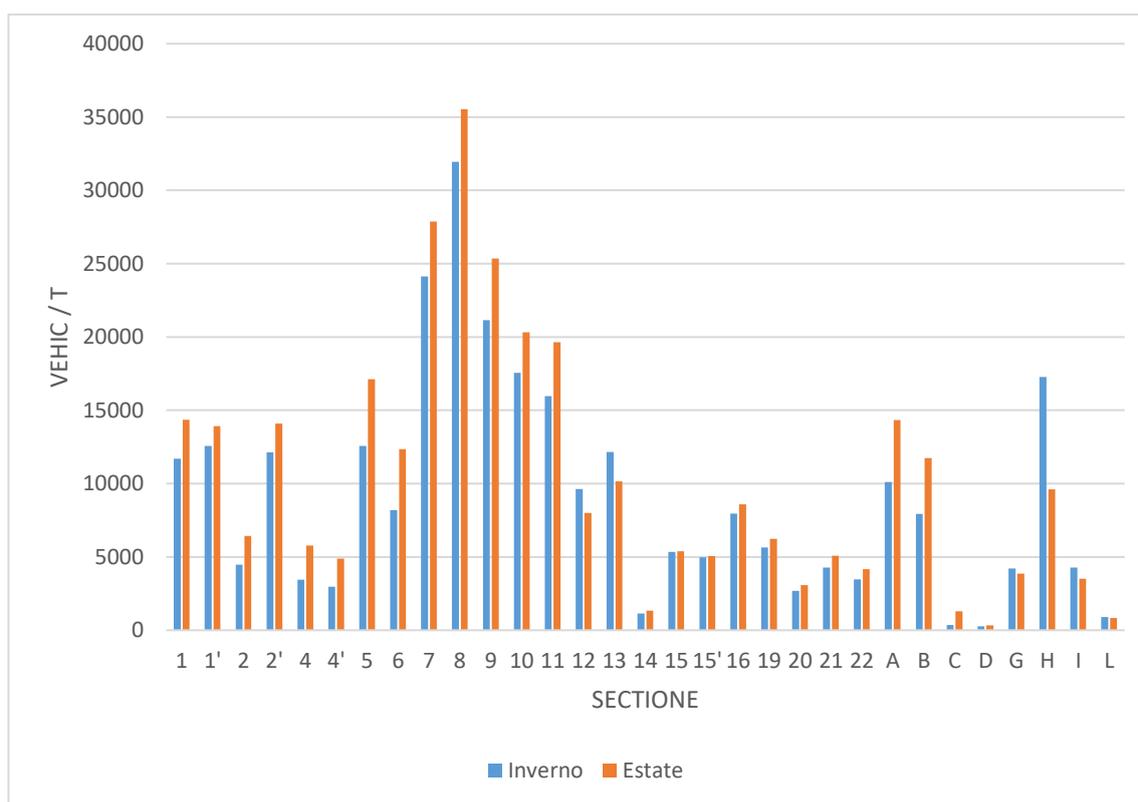


Figure 2.10: Comparaison hiver-été des sections surveillées

Les enquêtes pour l'intersection 1 ont été réalisées le lundi 28 octobre 2019 pour la période hivernale et ont eu une durée de 24 heures, tandis que pour la période estivale, elles ont été réalisées le vendredi 2 août 2019, également avec une durée de 24 heures. Comme le montrent le Tableau 2.12 et in Figura 2.11, l'intersection se révèle avoir 4 bras. Le plus chargé est le bras

3 avec un total de 1340 véhicules et, par conséquent, la route la plus fréquentée est celle qui longe la SS1 Old Aurelia. En général, la période la plus chargée de l'année est l'été. En fait, tous les bras du carrefour montrent un flux de véhicules plus important en été qu'en hiver. L'enquête d'été montre un flux de véhicules à l'intersection étudiée de 3673 véhicules/jour, tandis que l'enquête d'hiver montre un flux de 3089 véhicules/jour.

Bras d'intersection 1	Total des véhicules / t (hiver)	Total des véhicules / t (été)
Bras 1 - SS1 Via Aurelia (lato Nord)	1302	1645
Bras 2 - Piazzale San Lorenzo	2	4
Bras 3 - SS1 Via Aurelia (lato Sud)	1340	1481
Bras 4 - Via Trieste	445	543

Tableau 2.12: Comparaison hiver-été entre les bras de l'intersection 1 insérer les pourcentages d'augmentation ou de diminution

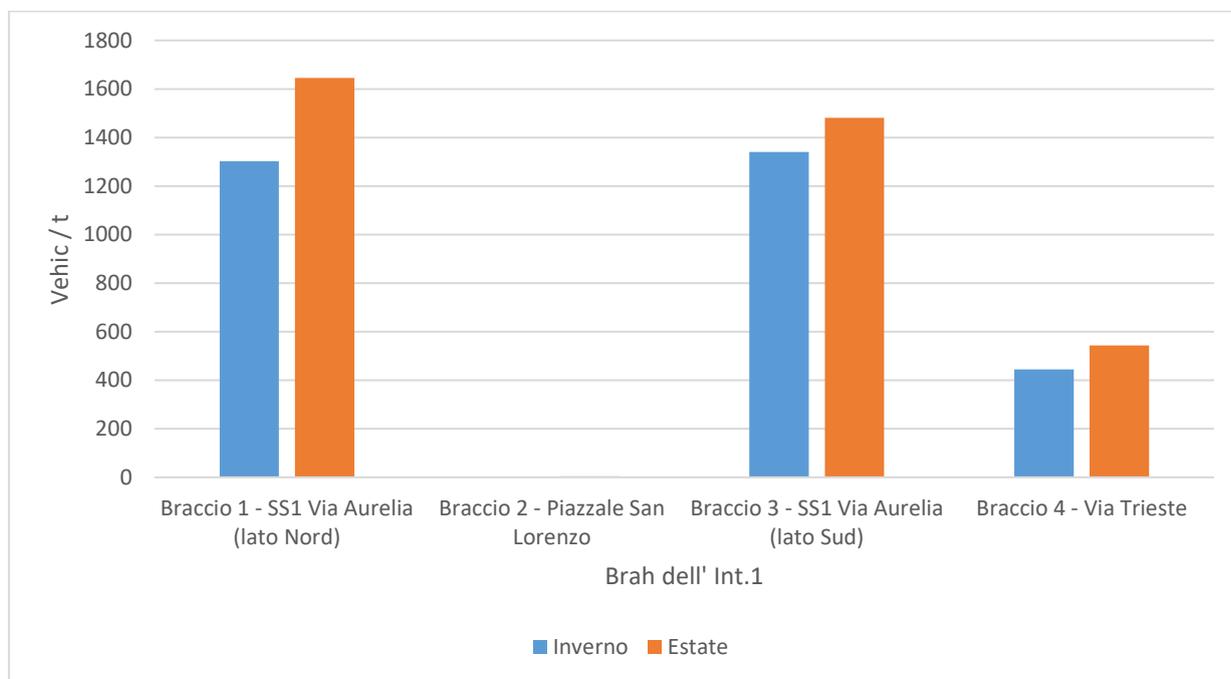


Figura 2.11: Comparaison hiver-été entre les bras de l'intersection 1

3 MODÈLES DE SIMULATION DE TRAFIC

3.1 Software open source SUMO

SUMO (Simulation of Urban MObility) est un logiciel open source de simulation de trafic multimodal qui permet de reproduire un réseau routier correspondant parfaitement à la réalité du point de vue géométrique et de simuler les mouvements des différents types de véhicules

qui y circulent. Afin de simuler les mouvements des véhicules, il est nécessaire de fournir en entrée une matrice origine-destination qui sera ensuite affectée au réseau par un algorithme d'affectation. A chaque étape de simulation, correspondant à une seconde, l'état des véhicules est mis à jour en fonction des informations du réseau (offre) et de l'interaction avec les autres véhicules à proximité immédiate. Cela permet à SUMO de simuler et de reproduire des scénarios de trafic actuels dans une zone d'étude particulière afin d'obtenir des indicateurs de transport tels que la densité, la capacité routière, la longueur des files d'attente, le bruit et les émissions polluantes.

3.2 La construction du graphique de réseau et de la matrice o/d

3.2.1 Olbia

Dans l'étude de cas relative à la ville d'Olbia, la modélisation de la zone d'étude a impliqué le zonage de la zone d'étude et l'extraction des arcs routiers les plus importants et le traitement ultérieur d'une matrice Origine-Destination basée exclusivement sur les données de la matrice ISTAT O/D. La mise en œuvre du graphique a permis de charger la vitesse réelle sur chaque arc de cercle et de reconstituer toutes les manœuvres de virage en plus du chargement des intersections aux feux de circulation.

Les intervalles modélisés sont:

- Matin de la période estivale: tranche horaire entre 7:30 et 9:00;
- Période de l'après-midi d'été: créneau horaire entre 17:30 et 19:00;
- Matinée d'automne: tranche horaire entre 7:30 et 9:00;
- Après-midi d'automne: créneau horaire entre 17:30 et 19:00.

Une fois qu'une première tentative de matrice O/D a été construite, elle a été corrigée, en utilisant les flux détectés.

Le progiciel Marouter a été utilisé pour corriger la matrice O/D en comparant les flux sur les arcs obtenus à partir de l'assignation à l'équilibre (en utilisant Marouter) aux flux détectés. Marouter effectue une mission d'équilibre stochastique qui est un "modèle d'équilibre stochastique (SUE)". Marouter fournit en sortie le fichier -olbia.net load.xml qui contient les flux, les temps de parcours moyens et le degré de saturation de chaque arc du graphique, ainsi que le fichier avec l'extension olbia.routemarouter.xml qui montre tous les itinéraires utilisés pour rejoindre chaque paire O/D, et les arcs couverts par chaque itinéraire.

Une fois la matrice O/D corrigée, les flux obtenus par affectation d'équilibre (paquet Marouter) ont été utilisés pour calculer le niveau de service de chaque arche routière, en analysant les retards et les flux de transit.

La correction de la matrice O/D a été conclue lorsque l'indice de corrélation entre les flux simulés et mesurés dépassait 80 %.

Les graphiques suivants montrent les phases de correction intermédiaires de la matrice.

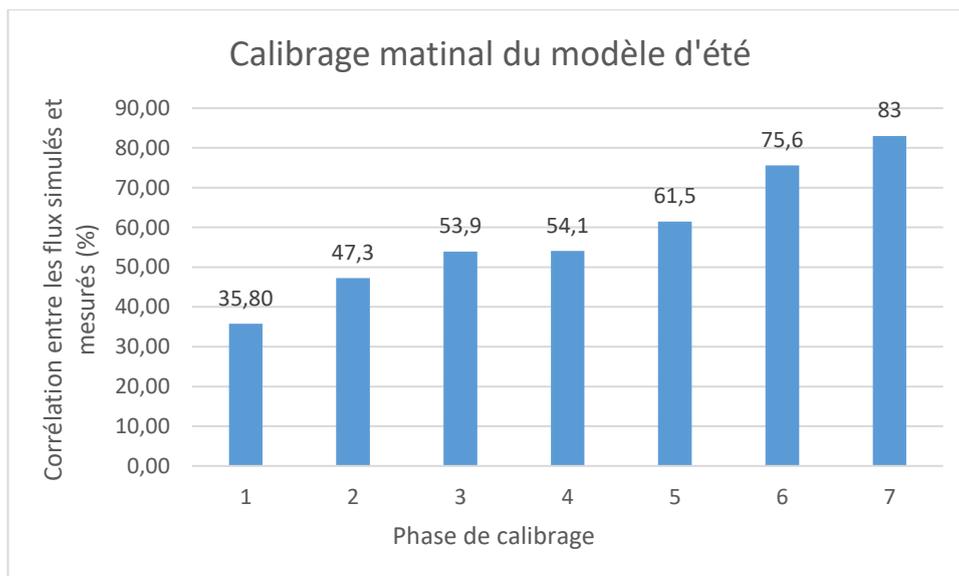


Figure 3.1: Correction initiale de la matrice O/D pour la période du matin d'été (OLBIA)

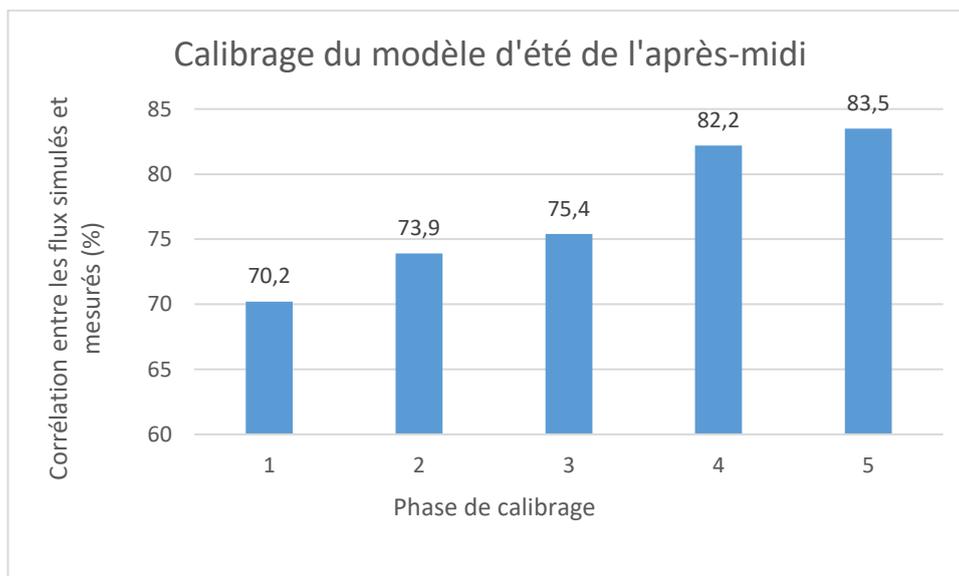


Figure 3.2: Correction initiale de la matrice O/D pour la période estivale de l'après-midi (OLBIA)

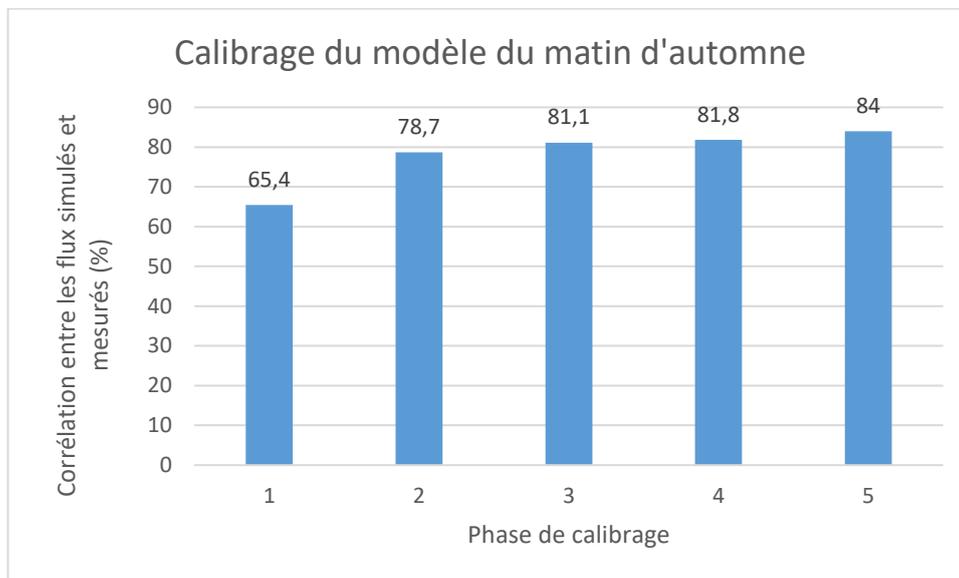


Figure 3.3: Correction initiale de la matrice O/D pour la période du matin d'automne (OLBIA)

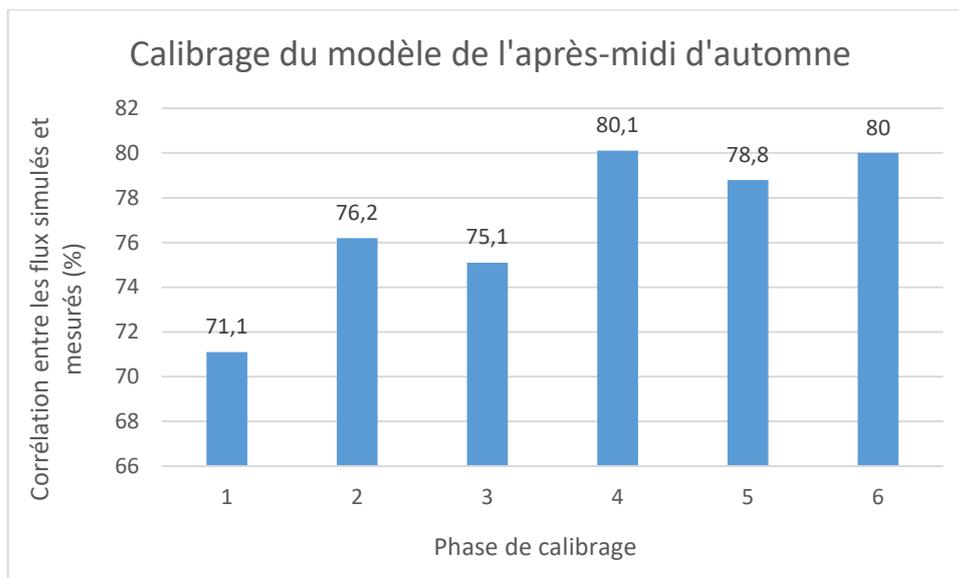


Figure 3.4: Correction initiale de la matrice O/D pour la période de l'après-midi d'automne (OLBIA)

Comme on peut le voir, la plus grande charge de calcul pour la correction de la matrice O/D s'est produite pour la période du matin d'été, alors qu'il y avait une charge moindre pour les autres périodes analysées.

3.2.2 Bastia

Dans l'étude de cas relative à Bastia, la modélisation de la zone d'étude a impliqué le zonage de la zone d'étude, l'extraction des arcs routiers les plus importants et l'élaboration ultérieure

d'une matrice de tentative Origine-Destination. La mise en œuvre du graphique a permis de charger la vitesse réelle sur chaque arc de cercle et de reconstituer toutes les manœuvres de virage en plus du chargement des intersections aux feux de circulation.

Les intervalles modélisés caractéristiques de l'heure de pointe du matin et de l'après-midi sont:

- Matin période estivale: créneau horaire entre 11:00 et 12:00;
- Période de l'après-midi d'été: tranche horaire entre 17:00 et 18:00;
- Matin période d'automne: tranche horaire entre 11:00 et 12:00;
- Après-midi d'automne: plage horaire entre 17:00 et 18:00 heures.

Une fois qu'une matrice O/D de tentative a été construite, elle a été corrigée, en utilisant les flux détectés.

Le paquet Marouter, par analogie avec ce qui a été décrit dans le paragraphe précédent 3.2.1. concernant Olbia, corrige la matrice O/D et fournit en sortie les flux, les temps de parcours moyens et le degré de saturation de chaque arc du graphique, en plus du fichier de toutes les routes utilisées pour rejoindre chaque paire O/D, et des arcs couverts par chaque route. Une fois la matrice O/D corrigée, comme décrit ci-dessus, les flux obtenus par affectation d'équilibre (paquet Marouter) ont été utilisés pour calculer le niveau de service de chaque arc routier, en analysant ses retards et ses flux de transit.

La correction de la matrice O/D a été conclue lorsque l'indice de corrélation entre les flux simulés et les flux détectés était proche de 90%.

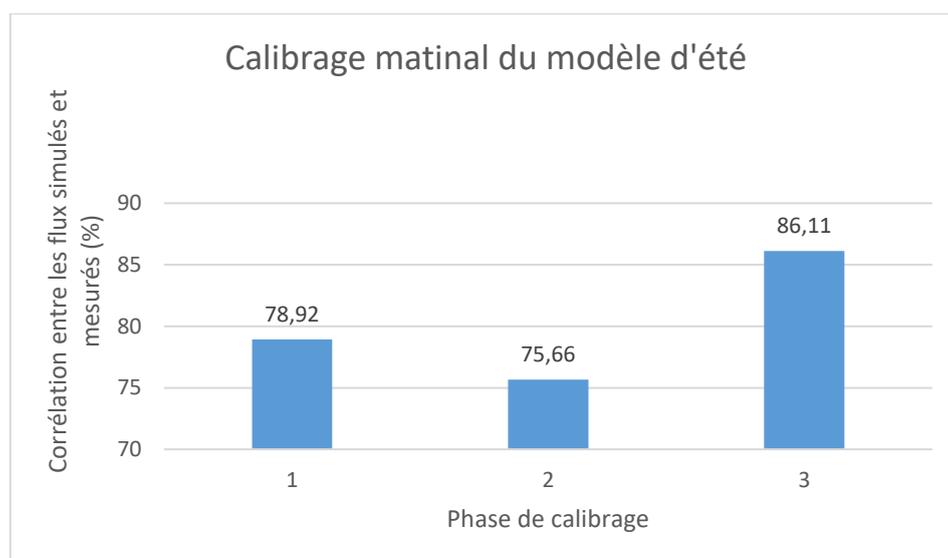


Figure 3.5: Correction initiale de la matrice O/D pour la période du matin d'été (BASTIA)

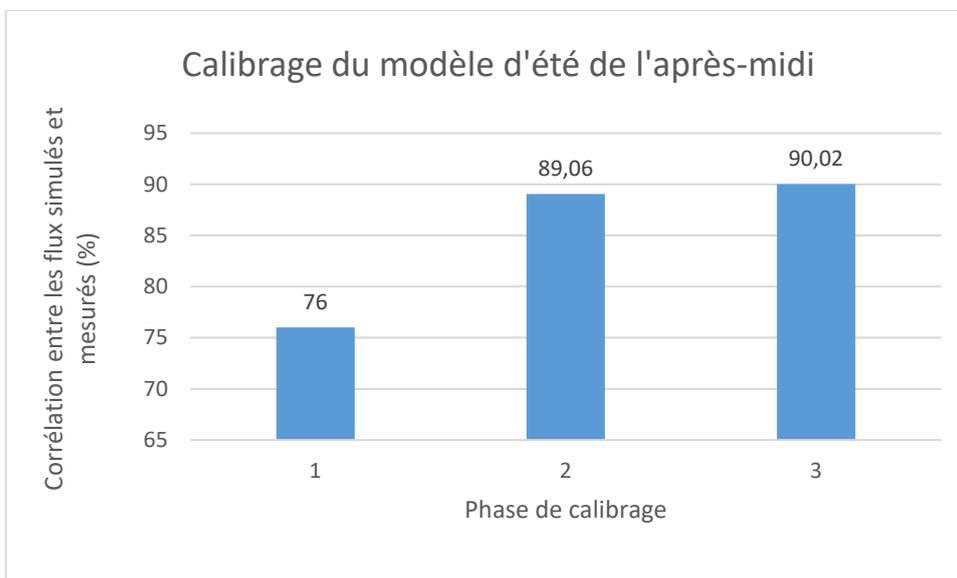


Figure 3.6: Correction initiale de la matrice O/D pour la période estivale de l'après-midi (BASTIA)

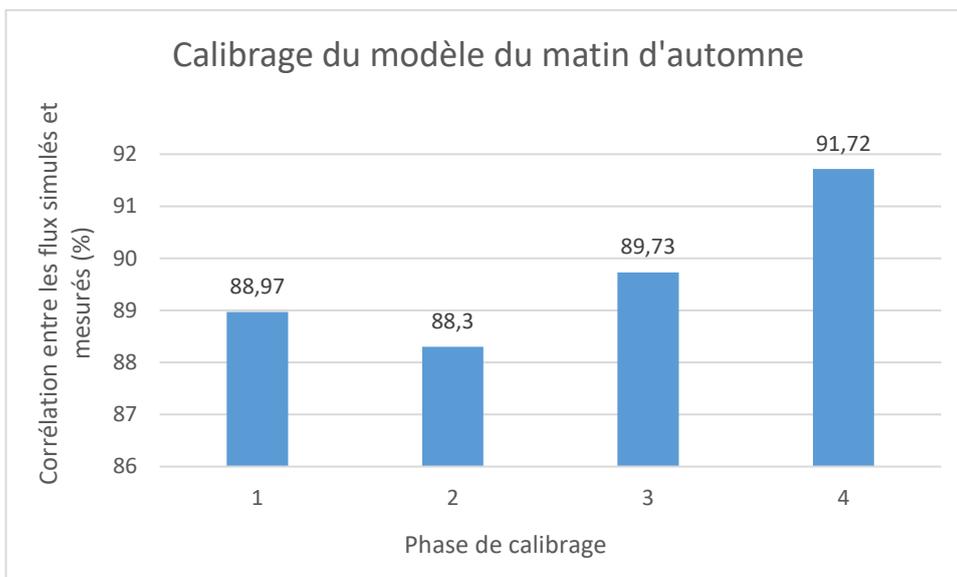


Figure 3.7: Correction initiale de la matrice O/D pour la période du matin d'automne (BASTIA)

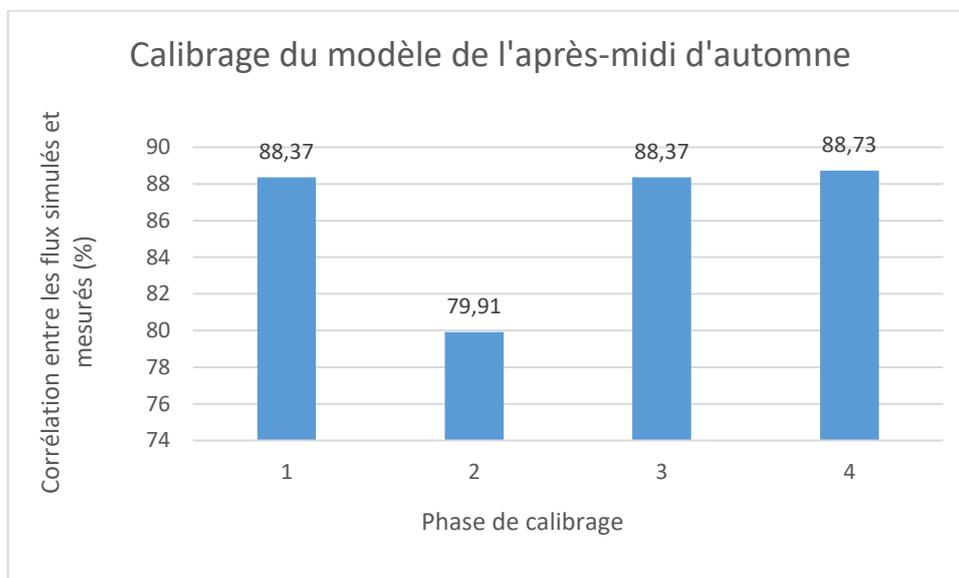


Figure 3.8: Correction initiale de la matrice O/D pour la période de l'après-midi d'automne (BASTIA)

3.2.3 Vado Ligure

Dans la phase de construction du graphique du réseau de Vado Ligure, afin de créer le réseau routier dans SUMO, la fonctionnalité qui permet l'importation de données OpenStreetMap, une collection de données cartographiques open source, a été exploitée. La partie du réseau sélectionnée, conformément aux exigences du cahier des charges, comprend la zone comprise entre le "double corridor" constitué par la SS1 et la route Scorrimento Veloce, de la gare de Vado Ligure au nord au quartier Bergeggi au sud, ainsi que les routes qui constituent le front de mer et les zones à l'intérieur du port.

La zone d'étude ainsi sélectionnée a été importée dans SUMO et "nettoyée" de toutes les routes qui ne sont pas directement reliées au corridor d'étude.

Le graphique importé a été vérifié afin de garantir la classification fonctionnelle correcte des routes, en fixant les valeurs de vitesse maximale en fonction des limites de vitesse en vigueur, le nombre de voies et la priorité des routes afin de déterminer une gestion correcte des priorités. Tout aussi fondamentale était la vérification des virages possibles afin d'exclure tout comportement incorrect des véhicules simulés.

Pour les 3 carrefours à feux présents, le programme actuel des feux a été recréé, avec les temps enregistrés sur le terrain lors de l'enquête sur la route (phase 1).

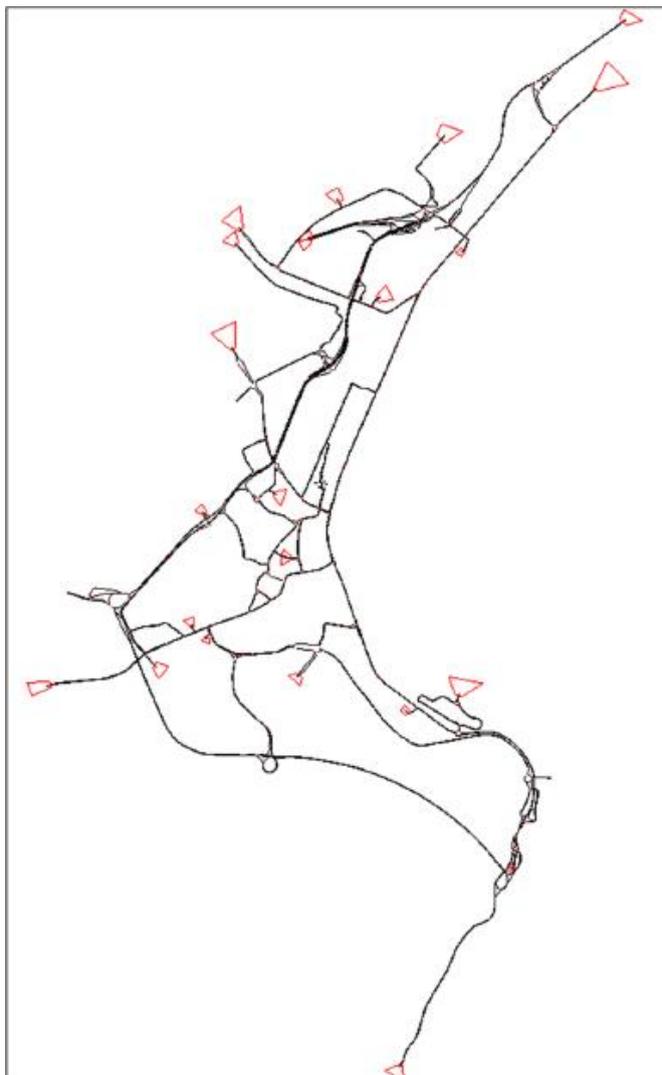


Figure 3.9: Réseau routier à SUMO

Nella Figure 3.9 mostra il rete costruito a Sumo.

Pour la zone d'étude, aucune donnée sur la demande, le zonage et les matrices de trafic n'étaient disponibles pour les périodes d'analyse simulées. Le zonage a été construit à partir des sections de recensement ISTAT, en les agréant afin d'obtenir des zones de circulation adaptées aux simulations à réaliser pour la zone d'étude. Pour les zones ultrapériphériques, les routes situées au cordon du réseau représentatif de la zone d'étude ont été choisies comme points d'accès au réseau, tandis que pour les zones intérieures, des routes secondaires, des accès à de grands poteaux ou à des parkings ont été sélectionnés qui représentaient le mieux l'origine/la destination du mouvement.

Sur la base des enquêtes, les périodes de pointe suivantes ont été prises en compte

- 8:00 à 9:30 et de 17:00 15 à 18:45 le soir pour la période de pointe de l'été;

- de 7:30 à 9:00 du matin et de 16h45 à 18h15 le soir pour la période douce de l'hiver.

Afin d'estimer la matrice de base de l'étude, les données de la FCD pour les périodes de pointe examinées pour les simulations ont été utilisées.

Les Floating Car Data (FCD) sont des données géoréférencées sur les trajets effectués par les véhicules à moteur grâce à l'utilisation d'équipements (boîtes noires) installés sur les voitures particulières. Les DCF générées par chaque véhicule se composent des informations suivantes : ID unique (différent de la plaque d'immatriculation), Position (Lat. et Long.), Date/Heure, Vitesse instantanée, Etat du moteur (allumé, en marche, éteint), Distance du trajet parcouru par rapport à la position précédente, Distance cumulée depuis le début du déplacement (information alternative à la précédente selon le fournisseur), Qualité du signal GPS (absent, faible, bon). Le début du mouvement correspond au moment où le véhicule est allumé, tandis que la fin correspond au moment où il est éteint. Dans le cas où un véhicule provient d'une zone de corde et apparaît donc dans la zone d'étude sans allumage, les points avec l'état "en mouvement" sont pris en compte et les relations sont considérées en fonction de la dernière zone de corde rencontrée (première zone de corde en cas de sortie du réseau sans arrêt).

Le coefficient de pénétration dans la zone d'étude est égal à environ 3 % (quota "standard" pour la municipalité de Vado, la province de Savone et la région de Ligurie), légèrement inférieur à celui du pays, qui est de 5 %. Le rapport entre les véhicules en circulation et les véhicules surveillés détermine le facteur de multiplication pour élargir les données.

Comme il est possible de retracer la municipalité à laquelle chaque véhicule a transité dans la zone d'étude, le facteur de multiplication correspondant à la municipalité à laquelle appartient le véhicule qui a effectué le trajet a été associé à chaque mouvement. Les relations O-D qui en résultent sont équivalentes à la somme des facteurs de multiplication de la municipalité à laquelle appartiennent tous les véhicules qui ont parcouru la même relation O-D.

Un voyage tombe dans l'heure de pointe si la durée moyenne (moyenne entre le début et la fin du voyage) tombe dans l'heure de pointe.

La matrice obtenue à partir des données FCD a été corrigée au moyen de la procédure TFlow Fuzzy, disponible dans le logiciel PTV Visum, par comparaison avec les flux de trafic disponibles.

Sur les deux périodes de pointe estivales d'une heure et demie chacune, l'heure la plus chargée a été identifiée, respectivement de 8h15 à 9h15 pour le matin et de 17h30 à 18h30 pour le soir. D'autre part, des deux périodes de pointe hivernales, également d'une heure et demie chacune, l'heure la plus chargée a été identifiée, respectivement 07h45 - 08h45 pour le matin et 17h - 18h

pour le soir.

Les véhicules mesurés à ces heures de pointe ont d'abord été convertis en véhicules équivalents selon le tableau de conversion figurant au Tableau 3.1 et ensuite considérés comme des constantes sur une période d'une heure et demie, donc multipliés par 1,5. Les tableaux résultants (en véhicules équivalents multipliés par 1,5) ont été utilisés comme données d'entrée pour la simulation dans SUMO.

Véhicules	Vehic. Equiv.
Voitures	1
Bus	2
Camion/fourgonnette <3,5 tonnes	2
Camion>3,5 tonnes	3
Motocyclettes	0.5

Tableau 3.1: Les correspondances pour le calcul des véhicules équivalents

3.2.4 Piombino

Dans la phase de construction du graphique du réseau, également dans l'étude de Piombino, afin de créer le réseau routier dans SUMO, la fonction qui permet l'importation des données OpenStreetMap a été exploitée. La partie du réseau sélectionnée, conformément aux exigences du cahier des charges, comprend le "corridor" d'accès au port composé de via della Base Geodetica, strada Provinciale della Principessa, viale Unità d'Italia, viale della Resistenza, via Felice Cavallotti, via Pise et viale Regina Margherita, ainsi que les routes qui constituent le front de mer: viale Carlo Alberto dalla Chiesa, viale Regina Margherita, strada comunale Portovecchio et les zones à l'intérieur du port.

La zone d'étude ainsi choisie a été importée dans SUMO et "nettoyée" de toutes les routes qui ne sont pas directement reliées au corridor d'étude.

Le graphique importé a été vérifié afin de garantir la classification fonctionnelle correcte des routes, en fixant les valeurs de vitesse maximale en fonction des limites de vitesse en vigueur, le nombre de voies et la priorité des routes afin de déterminer une gestion correcte des priorités. Tout aussi fondamentale était la vérification des virages possibles afin d'exclure tout comportement incorrect des véhicules simulés.

Pour le seul carrefour à feux de Via Matteotti avec Viale Unità d'Italia, le programme actuel des feux a été recréé, avec les temps enregistrés sur le terrain lors de l'enquête routière (phase 2).

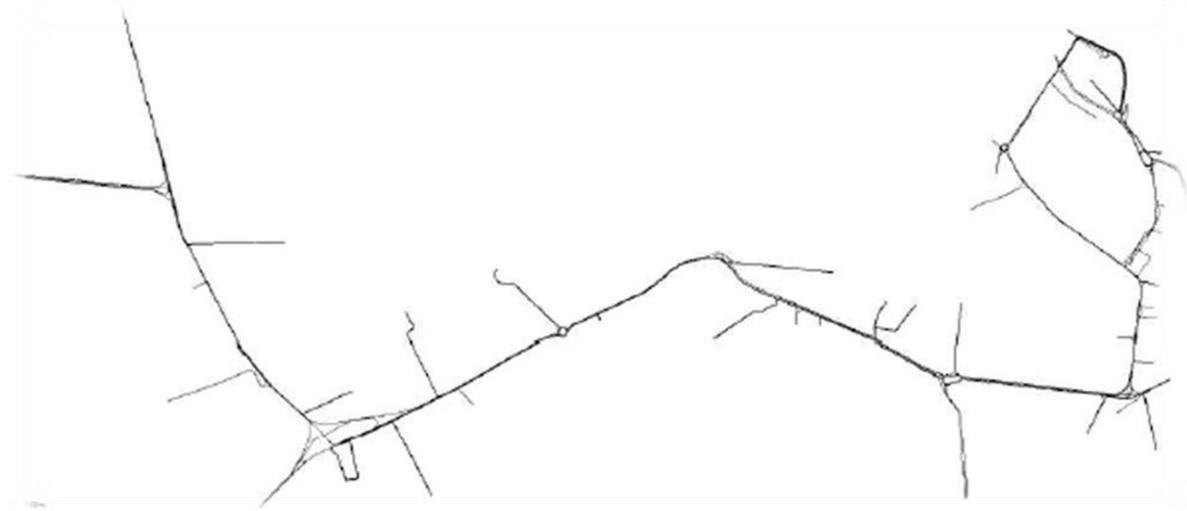


Figure 3.10: Schématisation du réseau routier dans SUMO

La Figure 3.10 montre le réseau construit à Sumo. Dans la zone étudiée, les centres des zones d'origine et de destination de la demande ont été placés en correspondance avec les principales voies d'accès aux carrefours étudiés, à l'exception de la zone 19 (zone sud, située en correspondance avec le parking du Centre pour l'emploi, mais qui regroupe également les trajets destinés à la partie sud du Viale della Resistenza) qui a été ajoutée pour justifier la différence constante de flux qui en résulte entre les carrefours 6 et 8. Cette différence peut être justifiée par l'attrait que pourrait exercer le réseau routier secondaire composé du Largo caduti sul Lavoro, de la Via Piave, de la Via Gobetti, de la Via Cellini et du Corso Italia, qui permettrait d'atteindre, par exemple, le centre pour l'emploi de Piombino, l'école primaire Dante Alighieri et le collège A. Guardi.

Une discussion séparée devrait être faite pour les zones de front de mer qui, étant donné la nécessité de modéliser les routes des zones à l'intérieur du port, ont été situées aux points terminaux du réseau, mais définissent des accès précis:

- la zone 11 correspond au bras de route municipal de Portovecchio de l'intersection 9:
- La zone 14 correspond au bras de la via Carlo Alberto dalla Chiesa de l'intersection 11;
- La zone 15 correspond au bras de Viale Regina Margherita (en direction du port) à l'intersection 11.

Pour la période de pointe de l'été, il a été décidé d'analyser 3 heures de pointe: une pour le matin (12:00 - 13:00), une pour l'après-midi (14:45 - 15:45) et la troisième pour le soir (18:55 - 19:55). Le choix de ces trois heures est postérieur à l'analyse des flux horaires cumulés pour

les carrefours, et en particulier :

- 12:00 - 13:00: car il est représentatif des composantes du trafic urbain et portuaire;
- 14:45 - 15:45: période particulièrement importante pour le trafic portuaire;
- 18:55 – 19:55: période importante pour la zone urbaine.

Pour la période douce de l'hiver, en revanche, pour la construction de la matrice O/D, il a été décidé d'analyser les bandes d'heures de pointe du matin (7:30 – 9:00) et du soir (16:30 – 18:00).

À 8 des 11 intersections, les détails des différentes manœuvres de virage sont disponibles, il a donc été possible d'obtenir, pour chaque approche, le pourcentage de véhicules effectuant les différents virages. Au carrefour 4, étant donné la grande taille de l'intersection, il n'était pas possible d'identifier automatiquement les différentes manœuvres de virage; cependant, la Miovision en combinaison avec le Radar a été utilisée pour surveiller les entrées/sorties des branches. Ainsi, en regardant les vidéos, il a été possible de post-traiter les flux aux manœuvres pour la reconstruction de la matrice d'intersection.

Pour les deux intersections restantes (2 et 10) pour lesquelles seules les données des sections d'entrée et de sortie des différents bras sont disponibles, l'estimation de la matrice O/D de l'intersection a été effectuée pour chaque type de véhicule étudié (voiture, camion<3,5t, camion>3,5t, bus, moto), en répartissant les entrées des différents bras entre les différentes sorties proportionnellement aux flux de sortie des différents bras. Après une telle opération pour tous les carrefours étudiés, nous avons à notre disposition la répartition des flux de chaque bras d'entrée par rapport aux bras de sortie du carrefour examiné.

A partir de ces données de base, la matrice O/D de la zone d'étude a été reconstruite selon la méthodologie suivante:

- a) pour chaque zone, le trafic d'origine a été fixé à un niveau égal au flux d'entrée de l'intersection correspondante;
- b) cette part du trafic a été répartie entre les différentes branches de l'intersection sur la base de la répartition des flux entre elles détectée au cours de l'enquête; cette répartition des flux détermine
 1. la part des flux à destination des zones situées sur les bras de l'intersection analysée par rapport à l'origine analysée,
 2. la part des flux en continuation sur le réseau;
- c) pour la part des flux en continuation sur le réseau on a appliqué la même procédure de

distribution de ceux-ci décrite aux points a et b, jusqu'à la réalisation de la fin du réseau;
d) la procédure a été répétée pour toutes les origines présentes sur le réseau.

Sur les trois périodes de pointe estivales d'une heure chacune, respectivement 12h00 - 13h00 pour le matin, 14:45 – 15:45 pour l'après-midi et 18:55 – 19:55 pour le soir, les véhicules détectés ont été convertis en véhicules équivalents (voir Tableau 3.1).

Sur les deux périodes de pointe hivernales d'une heure et demie chacune, l'heure la plus chargée a été identifiée, respectivement de 8 à 9 heures pour le matin et de 17 à 18 heures pour le soir. Les véhicules mesurés à ces heures de pointe ont d'abord été convertis en véhicules équivalents selon le tableau de conversion figurant au Tableau 3.1 puis considérés comme constants sur une période d'une heure et demie, donc multipliés par 1,5. Les tableaux résultants (en véhicules équivalents multipliés par 1,5) ont été utilisés comme données d'entrée pour la simulation dans SUMO.

3.3 Affectation

Les matrices présentées au paragraphe précédent ont été assignées dans SUMO par une procédure d'assignation intra-périodique dynamique (Dualterate) qui calcule itérativement l'équilibre de l'utilisateur en recherchant le meilleur itinéraire, entendu comme celui qui prend le moins de temps pour atteindre la destination (itinéraire le moins cher).

3.3.1 Olbia

Dans l'étude de cas Olbia, 1000 itérations ont été effectuées pour chaque simulation mais, en raison de la complexité du réseau (nombre d'arcs et de nœuds et, par conséquent, de routes alternatives), sur certains arcs, les flux obtenus par l'affectation dynamique intra-périodique (calculée par Dualterate) étaient différents des flux résultant de l'affectation d'équilibre. D'autre part, il est normal que les flux obtenus par une affectation d'équilibre soient différents de ceux obtenus par une affectation dynamique. Il est souligné que la complexité du réseau et le niveau élevé de charge des véhicules qui le composent, à travers les 1000 étapes itératives, ont permis d'atteindre un scénario final de simulation dynamique bien défini, avec des files d'attente et des ralentissements très similaires à ceux du modèle d'équilibre.

A la fin des étapes itératives, les fichiers de sortie décrits dans le Tableau 3.2 ont été générés

File	Descrizione
queue.xml	Contient pour chaque arc et seconde de simulation, les longueurs de file d'attente en mètres

arcs de congestion .out.xml	Contient pour chaque arc et pour toute la période de simulation le temps de parcours, la densité, les flux totaux, la vitesse et le temps d'attente
emissions.out.xml	Contient, pour chaque véhicule et chaque itinéraire, les données relatives aux émissions
polluants.out.xml	Il contient pour chaque arc et pour toute la période de simulation les données sur les polluants (CO ₂ , CO, HC, NO _x , PM _x , quantité de carburant consommée)
noise.out.xml	Contient des données sur les émissions sonores totales

Tableau 3.2: Description des fichiers de sortie d'Olbia et de Bastia

3.3.2 Bastia

A Bastia, 1000 itérations ont été réalisées pour chaque simulation mais, comme déjà indiqué, en raison de la complexité du réseau (nombre d'arcs et de nœuds et donc de trajectoires alternatives), sur certains arcs les flux obtenus par l'affectation dynamique intra-périodique (calculée par Dualterate) ont résulté différents des flux résultant de l'affectation d'équilibre. En fait, il est normal que les flux obtenus par une affectation d'équilibre soient différents de ceux obtenus par une affectation dynamique. Il est à noter que la complexité du réseau et le niveau élevé de charge des véhicules n'ont pas permis d'obtenir un scénario final de simulation dynamique bien défini, avec des files d'attente qui soulignent la présence d'une situation encore intermédiaire dans le processus itératif de l'algorithme de Gawron lui-même.

À la fin des étapes itératives, les fichiers de sortie décrits dans le Tableau 3.2 ont été générés.

3.3.3 Vado Ligure

Dans le cas de l'étude de Vado Ligure, le réseau présente différentes solutions de routage, c'est pourquoi il a été choisi de ne réaliser que 30 étapes itératives.

À la fin des étapes itératives, les fichiers de sortie suivants ont été générés, décrits dans le Tableau 3.3.

File	Description
Edge_congestion_arches.out.xlsx	Liste des arcs de réseau avec les valeurs moyennes d'occupation, de densité, de nombre de véhicules, de temps de parcours, d'attente, de vitesse
Edge_int900.xlsx	Même type de sortie que ci-dessus, mais divisée par des intervalles de temps de 900s
Polluants_de_bord.out.xlsx	Liste des arcs de réseau avec les valeurs moyennes des différents polluants (CO, CO ₂ , HC, PM _x , NO _x ...)
Edge_noise.out.xlsx	Liste des arcs de réseau avec les valeurs moyennes du bruit produit
Tripsinfo.xlsx	Liste des véhicules simulés avec le détail de l'itinéraire emprunté (durée, temps d'attente, longueur...)
Résultats.out.xlsx	Liste indiquant l'état actuel moment par moment (nombre de véhicules, temps d'attente moyen, vitesse moyenne...)
Queue.xlsx	Liste contenant le temps et la durée des files d'attente présentes dans les différents arcs du réseau, instant par instant

Position_vehicles.out.xml	Liste de la position ou de la vitesse du véhicule, instant par instant
Emissions.out.xml	Données sur les polluants et les émissions sonores des véhicules, instantanément

Tableau 3.3: Description des fichiers de sortie de Vado Ligure et Piombino

Dans l'étude de cas de Piombino, étant donné la structure du réseau, qui offre peu de routes alternatives, seules 10 étapes itératives ont été réalisées.

À la fin des étapes itératives, les fichiers de sortie suivants ont été générés, décrits dans le Tableau 3.3.

4 RÉSULTATS DU MODÈLE ET IDENTIFICATION DES POINTS CRITIQUES

4.1 Olbia

L'analyse des résultats obtenus à partir de l'affectation du bilan a été faite en sélectionnant le réseau routier qui présente une valeur de vitesse horaire moyenne inférieure à 10 km/h, considérée comme un seuil pour l'identification des situations de congestion. Voici les zones qui ont montré une telle congestion de la viabilité pour chaque nœud de simulation.

La Figure 4.1 montre la situation au cours de la période estivale du matin, où 16 % des arcs dépassent la limite de capacité de l'arc, ce qui entraîne une congestion, alors que le rapport moyen débit/capacité des arcs est de 55 %. Les phénomènes de congestion les plus importants, caractérisés par une vitesse horaire moyenne inférieure à 10 km/h, se produisent sur trois branches de la route principale:

1. Le rond-point entre la Via Roma, la Via Ungheria et la Via Tasso (vitesse moyenne dans la boucle de 6 km/h);
2. La jonction entre Corso Vittorio Veneto et Via S. Simplicio (vitesse moyenne de 14 km/h);
3. La jonction de la Via G. D'Annunzio sur la Via S. Simplicio (vitesse moyenne de 10 km/h).

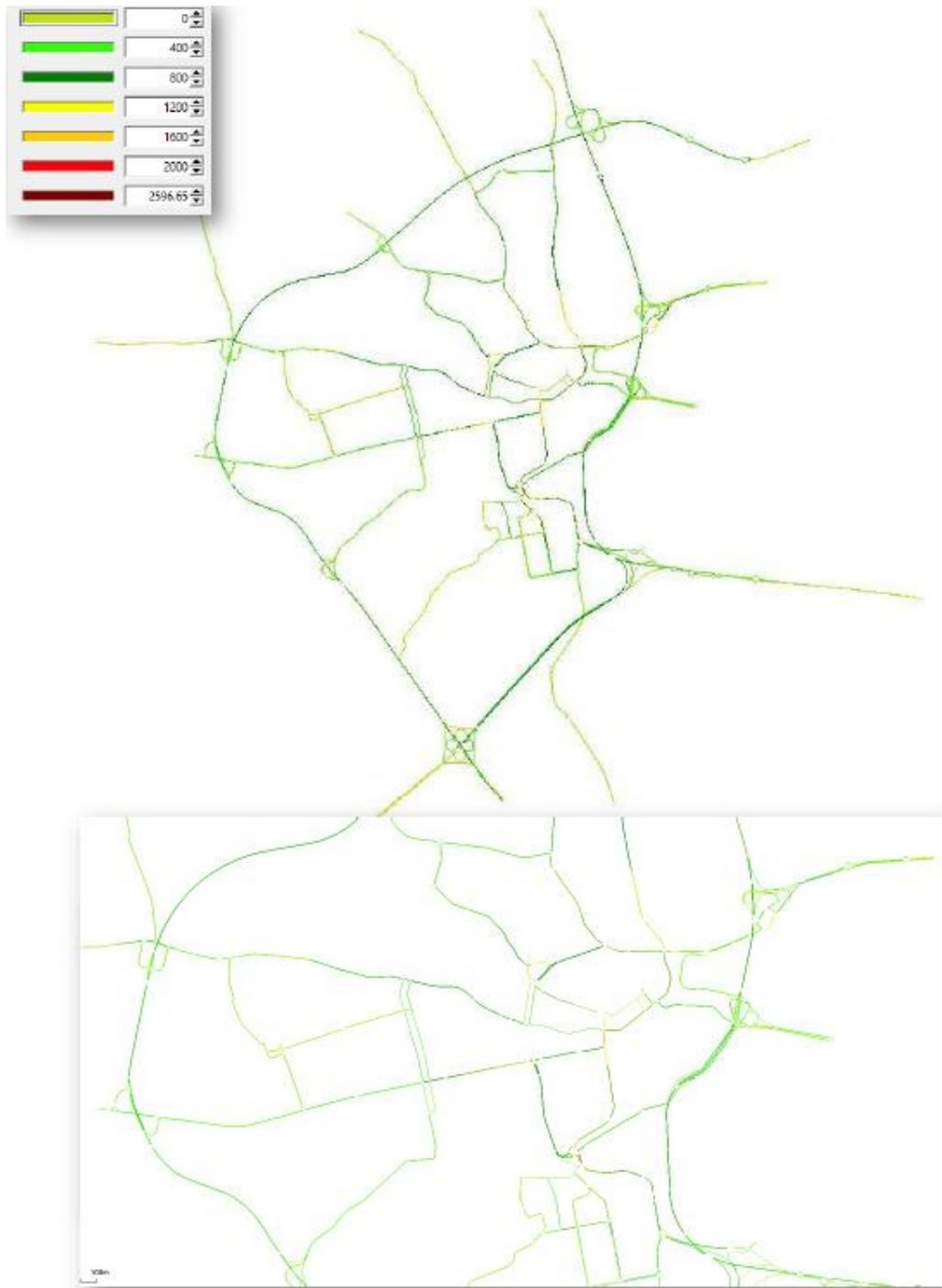


Figure 4.1: Distribution des flux de circulation (véhicules/h) à l'heure de pointe du matin d'été (avec zoom sur le centre ville d'Olbia)

La Figure 4.2 montre la situation pendant la période des après-midi d'été, où sur 9,4 % des arcs, la limite de capacité de l'arc est dépassée, ce qui entraîne une congestion, alors que le rapport moyen débit/capacité des arcs est de 59 %. Les phénomènes de plus grande congestion (arcs

dont la vitesse horaire moyenne est inférieure à 10 km/h) se produisent sur les arcs routiers énumérés ci-dessous:

1. La branche de la Via Principe Umberto entrant par le sud sur le rond-point (vitesse moyenne d'environ 9,3 km/h);
2. La branche de la Via S. Semplicio entre la Via Brigata Sassari et la Via Vittorio Veneto, en direction du nord (vitesse moyenne d'environ 9,4 km/h) et du sud (vitesse moyenne de 7,8 km/h);
3. L'entrée du rond-point de la Via Principe Umberto par le nord (où la vitesse moyenne reste à 6,9 km/h);
4. L'entrée du rond-point depuis la via Vittorio Veneto par le nord (où la vitesse moyenne est maintenue à 9,5 km/h);
5. La branche de la via Ungheria avant le virage de la via Argentina (où la vitesse moyenne est maintenue à 9,0 km/h);
6. Le rond-point entre via Roma, via Ungheria et via Tasso (vitesse moyenne sur le ring de 6,9 km/h).



Figure 4.2: Distribution des flux de circulation (véhicules/h) à l'heure de pointe de l'après-midi d'été (avec zoom sur le centre ville d'Olbia)

La Figure 4.3 montre la situation pendant la période du matin d'automne, où 8,5 % des arcs dépassent la limite de capacité, ce qui entraîne une congestion, alors que le rapport moyen débit/capacité des arcs est de 56 %. Les phénomènes de plus grande congestion (arcs dont la vitesse horaire moyenne est inférieure à 10 km/h), se produisent dans les branches routières suivantes:

1. Le rond-point de Rio Gadduresu (vitesse moyenne dans la boucle de 9,7 km/h) ;
2. L'embranchement de la Via Principe Umberto en entrant dans le rond-point par le sud (vitesse moyenne d'environ 9,1 km/h);
3. La branche de la Via S.Simplicio entre la Via Brigata Sassari et la Via Vittorio Veneto, en direction du nord (vitesse moyenne d'environ 8,4 km/h) ;
4. Le rond-point entre la Via Roma, la Via Ungheria et la Via Tasso (vitesse moyenne sur le ring d'environ 9,5 km/h);
5. L'entrée du rond-point depuis la via Potzu Ezzu en direction du nord (où la vitesse moyenne est maintenue à 8,1 km/h);
6. L'entrée du rond-point depuis la via Principe Umberto en venant du nord et du sud (où la vitesse moyenne est respectivement de 8,3 et 9,1 km/h);
7. L'entrée du rond-point de Tilibbas (où la vitesse moyenne est maintenue à 9,3 km/h);
8. L'entrée du rond-point depuis la via Poltu Ezzu par le sud (où la vitesse moyenne reste à 8,1 km/h).



Figure 4.3: Distribution des flux de trafic (véhicules/h) à l'heure de pointe du matin d'automne (avec zoom sur le centre d'Olbia)

La Figure 4.4 montre la situation pendant la période de l'après-midi d'automne, où sur 9,9 % des arcs la limite de capacité de l'arc est dépassée, avec un phénomène de congestion

conséquent alors que le rapport moyen débit/capacité des arcs est de 59 %. Les phénomènes de congestion les plus importants, caractérisés par une vitesse horaire moyenne inférieure à 10 km/h, se produisent sur les embranchements routiers suivants:

1. L'embranchement de la Via Principe Umberto entrant par le sud et par le nord sur le rond-point (vitesse moyenne d'environ 8,1 et 7,3 km/h respectivement);
2. La branche de la Via S. Simplicio entre la Via Brigata Sassari et la Via Vittorio Veneto, en direction du nord et du sud (vitesse moyenne d'environ 8,7 et 8,0 km/h respectivement);
3. La branche de la Via Ungheria entrant dans le rond-point et sortant du rond-point à l'ouest (vitesses moyennes d'environ 8,7 et 9,3 km/h respectivement);
4. L'entrée du rond-point depuis la Via Poltu Ezzu en venant du sud et du nord (où la vitesse moyenne est respectivement de 8,9 et 9,7 km/h);
5. La partie du rond-point où il y a des retards (où la vitesse moyenne est respectivement de 8,9 et 9,7 km/h);
6. La partie de la Via Mameli où il y a des ralentissements pour les manœuvres de virage à gauche
7. (où la vitesse moyenne reste à 9,6 km/h).



Figure 4.4: Distribution des flux de circulation (véhicules/h) à l'heure de pointe de l'après-midi d'automne (avec zoom sur le centre ville d'Olbia)

En comparant la simulation du matin à celle de l'après-midi, on constate que l'après-midi, la

durée totale du trajet sur le réseau est plus longue de 27 minutes et que la vitesse moyenne des véhicules diminue de 0,5 km/h.

4.2 Bastia

L'analyse des résultats obtenus à partir de l'affectation du bilan a été faite en sélectionnant le réseau routier qui présente une valeur de vitesse horaire moyenne inférieure à 10 km/h, considérée comme un seuil pour l'identification des situations de congestion. Voici les zones qui ont montré une telle congestion du système routier pour chaque nœud de simulation.

Pendant l'heure de pointe du matin d'été, 15 % des arcs dépassent la limite de capacité de l'arc, ce qui entraîne une congestion, alors que le rapport moyen débit/capacité des arcs est de 52 % et que la vitesse moyenne des 929 arcs est de 24,6 km/h. (Figure 4.5).

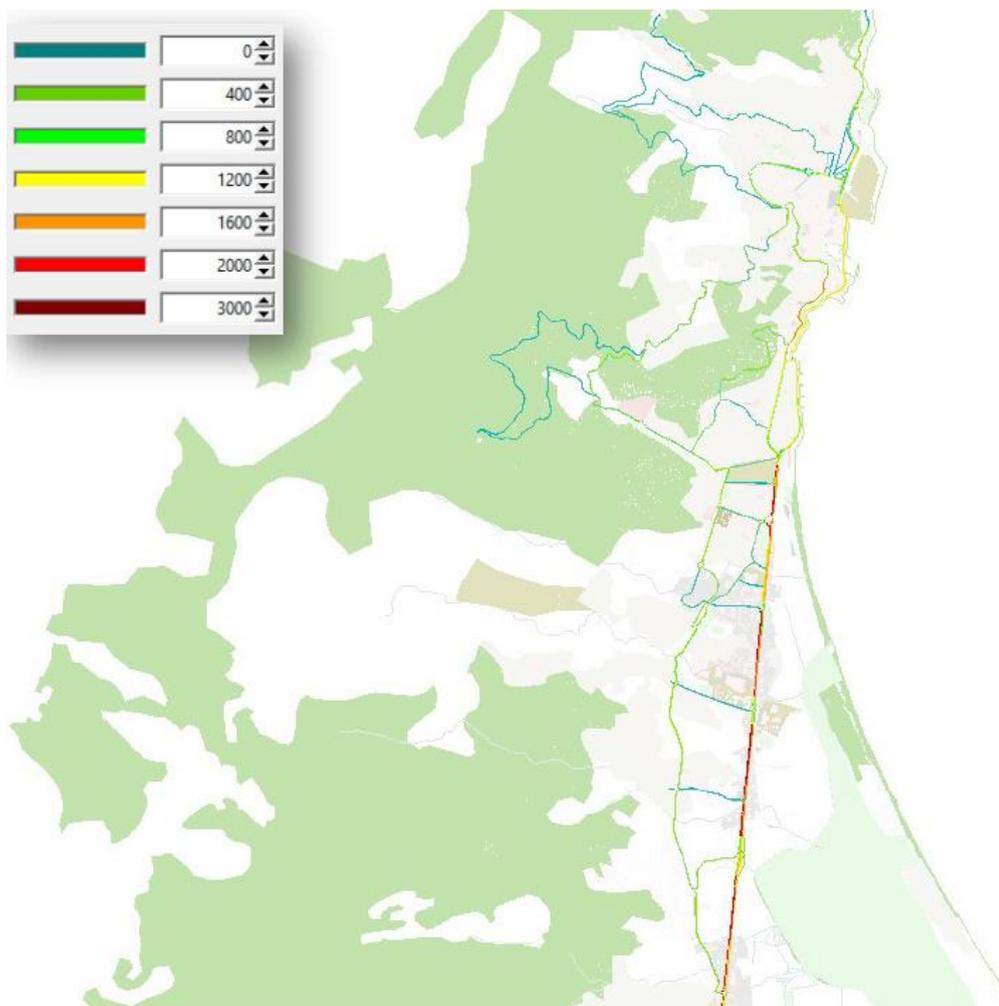


Figure 4.5: Répartition des flux de trafic (véhicules/h) à l'heure de pointe du matin en été

La Figure 4.6 illustre la situation de l'heure de pointe de l'après-midi d'été, pendant laquelle la limite de capacité des arcs est dépassée sur 17 % des arcs, ce qui entraîne une congestion, alors que le rapport moyen débit/capacité des arcs est de 54,5 % et que la vitesse moyenne des 929 arcs est de 23,8 km/ h. Par conséquent, en général, pendant l'heure de pointe de l'après-midi d'été, la situation globale de congestion est légèrement plus élevée.

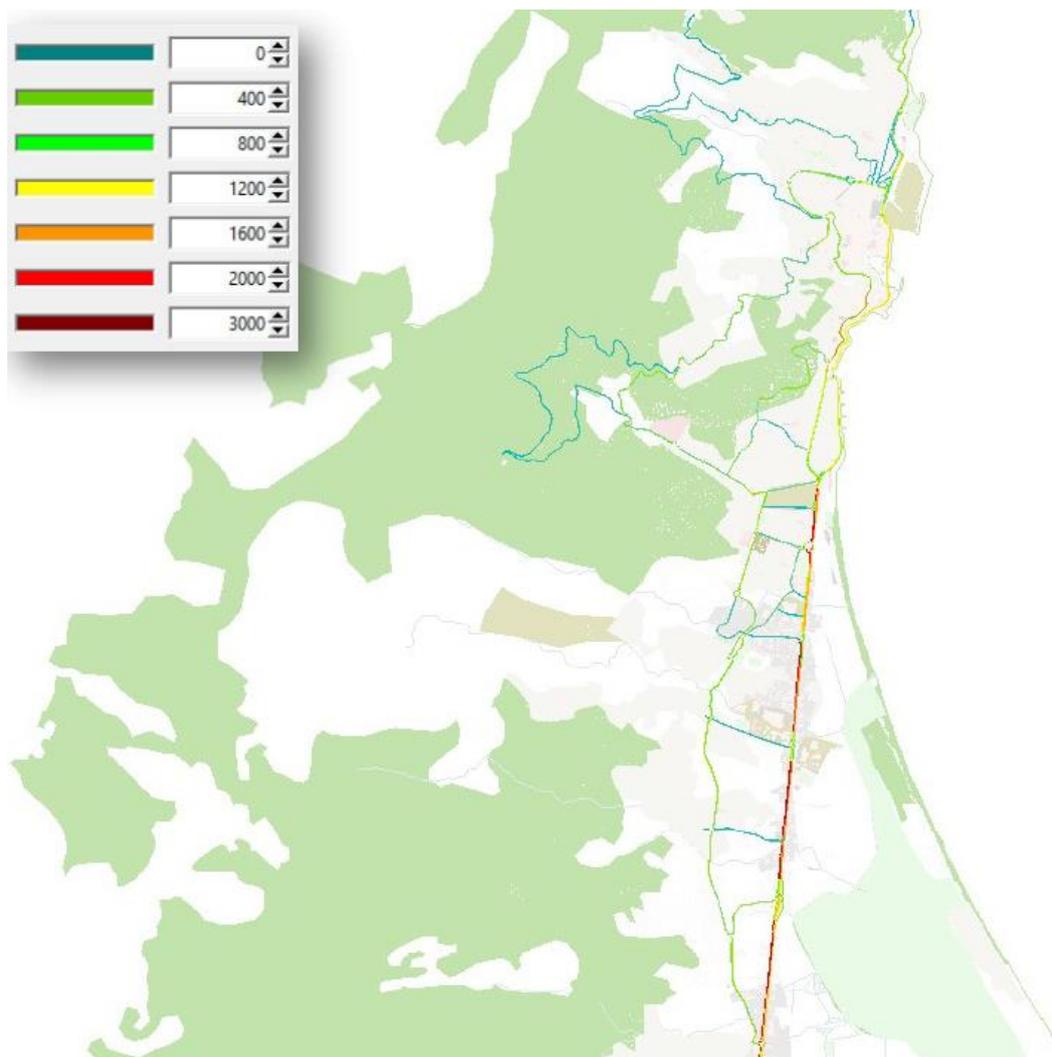


Figure 4.6: Répartition des flux de trafic (véhicules/h) à l'heure de pointe de l'après-midi d'été

La Figure 4.7 illustre la situation à l'heure de pointe du matin d'automne, où sur 16 % des arcs, la limite de capacité des arcs est dépassée, ce qui entraîne une congestion, alors que le rapport moyen débit/capacité des arcs est de 48,2 % et que la vitesse moyenne de déplacement des 929 arcs est de 25,1 km/h.

Par conséquent, en général, pendant l'heure de pointe du matin d'automne, on constate une amélioration du niveau de service global du système routier.

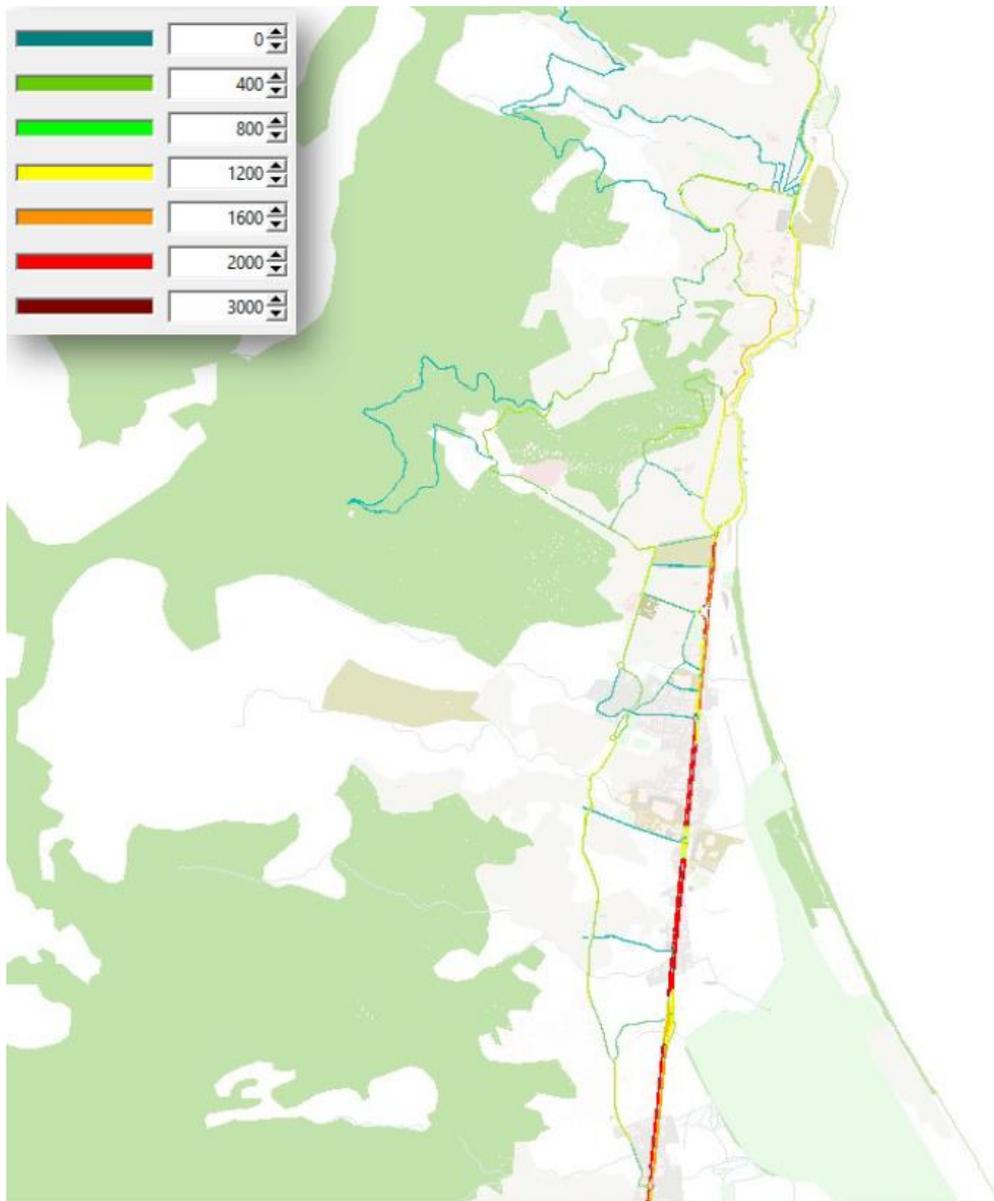


Figure 4.7: Répartition des flux de trafic (véhicules/h) à l'heure de pointe du matin d'automne

La Figure 4.8 montre la situation de l'heure de pointe de l'après-midi d'automne, où 22 % des arcs dépassent la limite de capacité des arcs, ce qui entraîne une congestion, alors que le rapport moyen débit/capacité des arcs est de 64,5 % et que la vitesse moyenne des 929 arcs est de 22,6 km/h. Par conséquent, en général, pendant l'heure de pointe de l'après-midi d'automne, c'est le système routier de Bastia qui est le plus encombré.

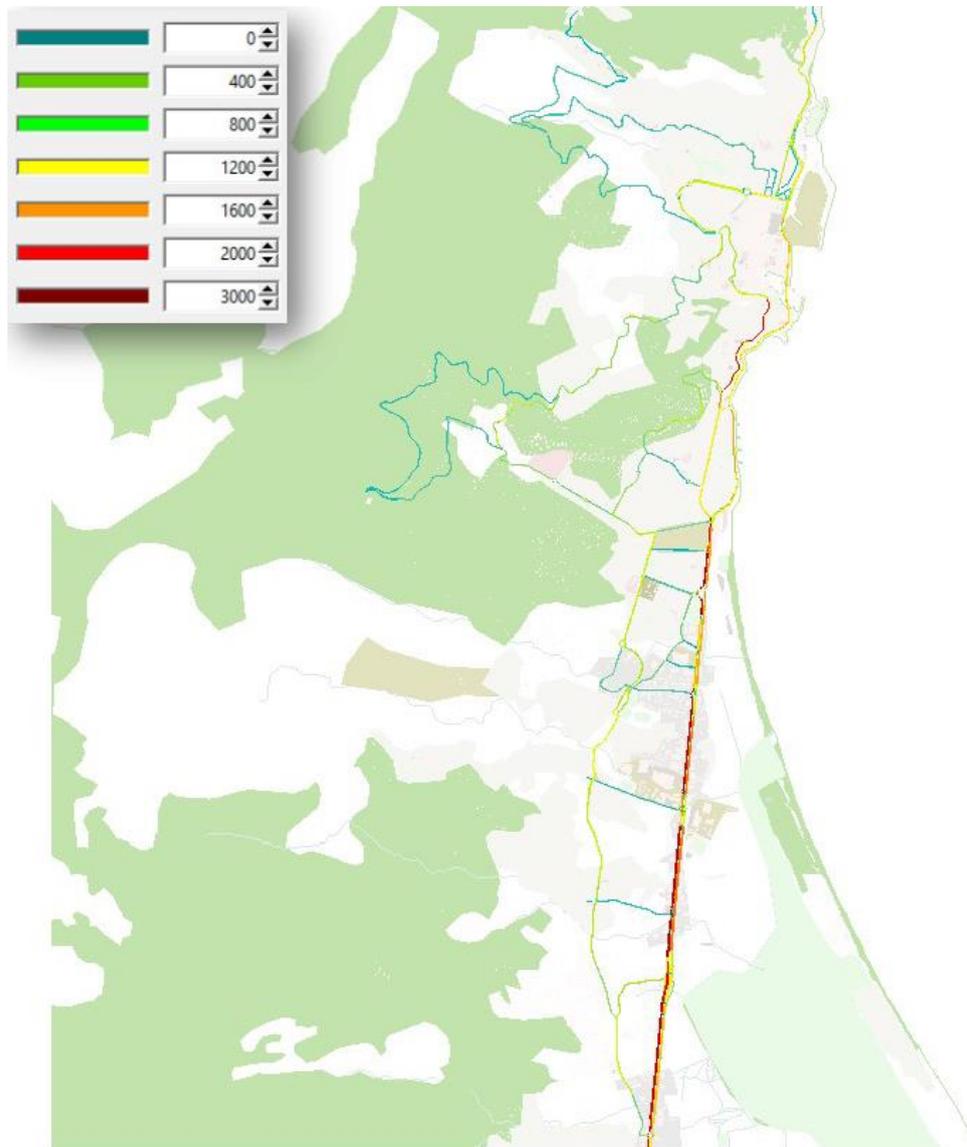


Figure 4.8: Répartition des flux de trafic (véhicules/h) à l'heure de pointe de l'après-midi en automn

4.3 Vado Ligure

Une analyse croisée avec l'étude réalisée à SUMO et les données fournies par les enquêtes, ces dernières comprenant les séquences vidéo de la journée entière, permet de déduire qu'en été comme en hiver, le réseau, bien qu'il soit très fréquenté, en particulier sur la Via Aurelia et la Via Stalingrado (voir Figure 4.11, Figure 4.12, Figure 4.13, Figure 4.14, Figure 4.15, Figure 4.16), ne présente pas, dans l'ensemble, de congestions évidentes.

Un point potentiellement critique pourrait être le rond-point sur corso Svizzera à l'intersection avec la via Caravaggio (voir Figure 4.13 e Figure 4.14), en raison du grand nombre de véhicules

en provenance du carrefour et de Savone, mais la simulation ne montre pas d'éléments évidents de faible performance. D'après l'analyse effectuée sur 48 heures, les véhicules en provenance et à destination du port pendant les heures de pointe ne sont pas particulièrement nombreux et n'aggravent donc pas le trafic urbain (voir les Figure 4.9 e Figure 4.10). Il convient de noter que, compte tenu de l'évolution non homogène des flux entre les deux jours observés, pour la simulation dans SUMO, le maximum des valeurs en baisse aux heures de pointe du matin et du soir a été pris en compte.

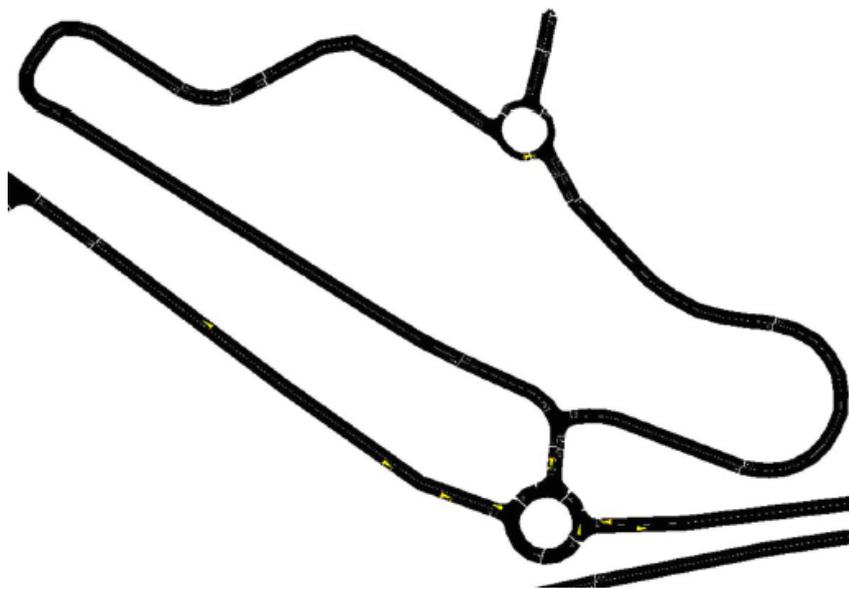


Figure 4.9: Elaboration graphique de la simulation en période hivernale du port de Vado Ligure

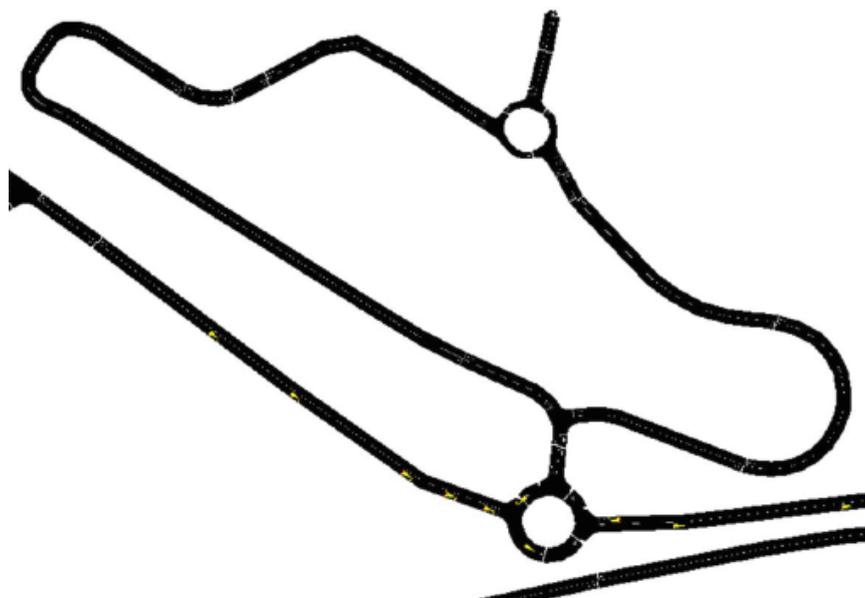


Figure 4.10: Elaboration graphique de la simulation en période estivale du port de Vado Ligure

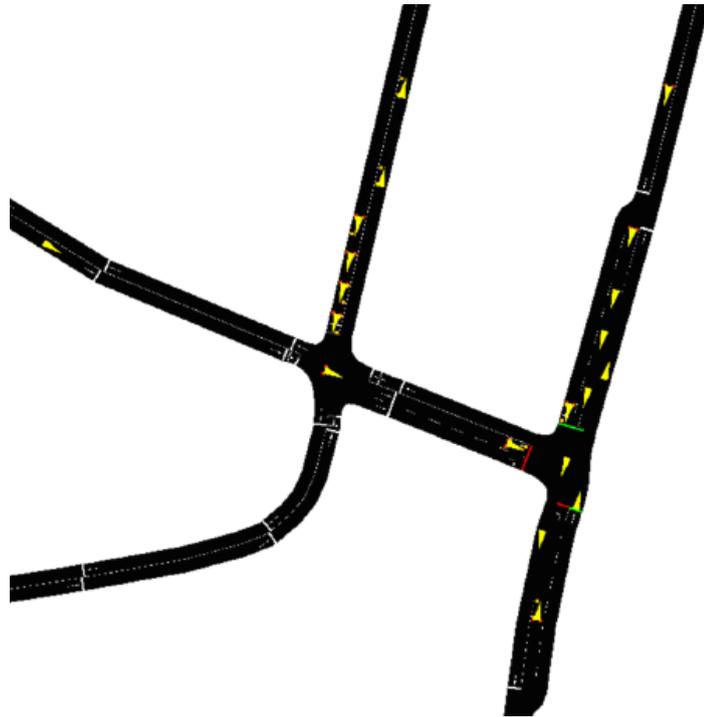


Figure 4.11: Elaboration graphique de la simulation du carrefour à feux entre la via Ferraris et Aurelia en période hivernale

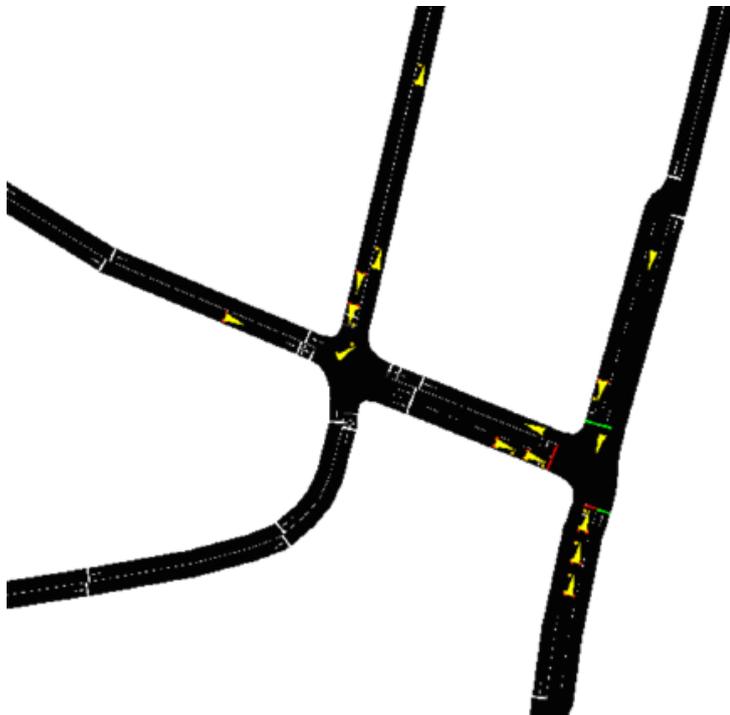


Figure 4.12: Elaboration graphique de la simulation du carrefour à feux entre via Ferraris et Aurelia pendant la période estivale

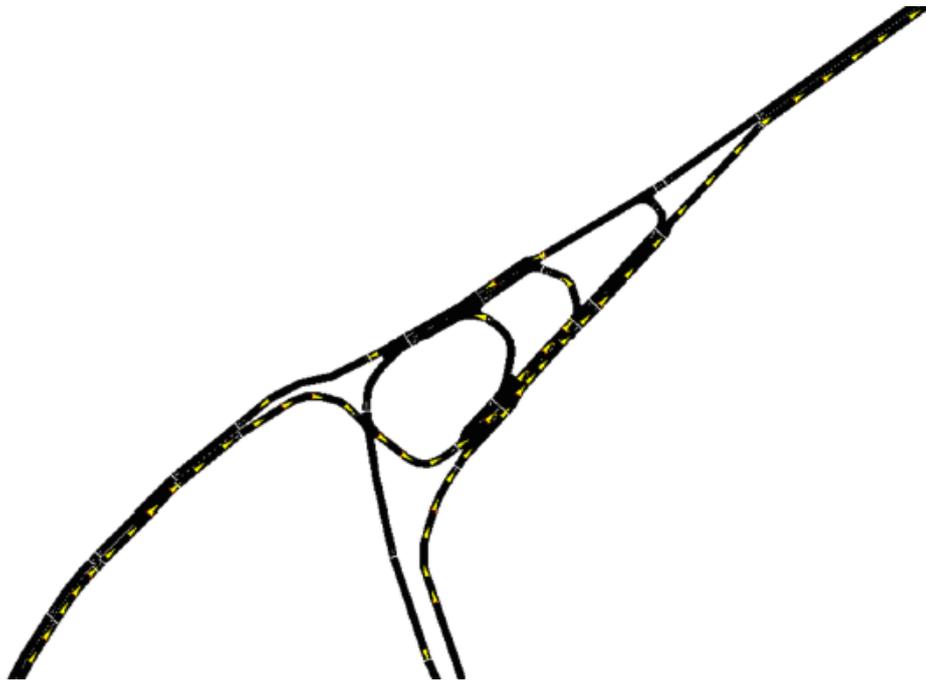


Figure 4.13: Elaboration graphique de la simulation hivernale de l'intersection entre le corso Svizzera et la via Stalingrado

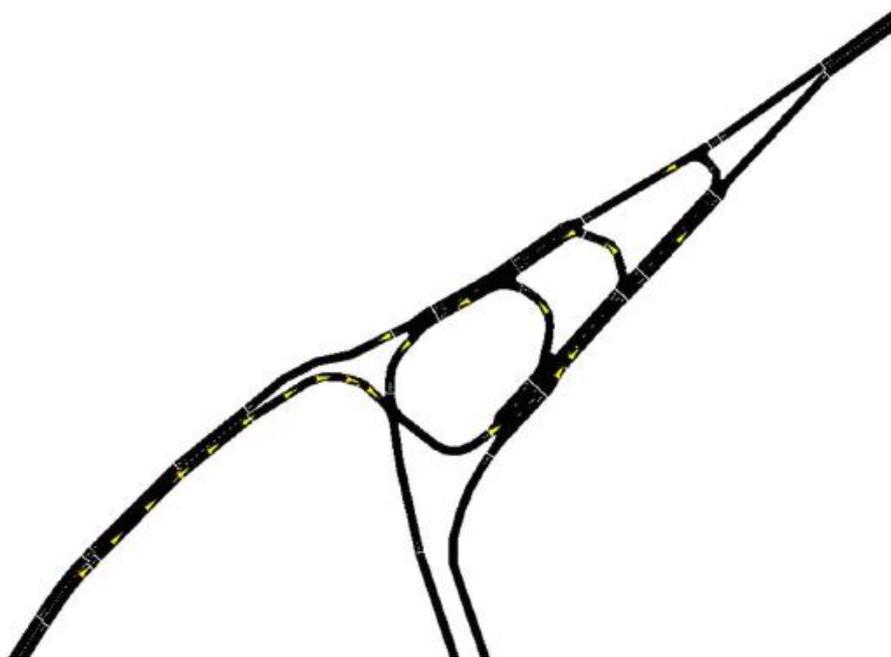


Figure 4.14: Elaboration graphique de la simulation en période estivale de l'Intersection entre le corso Svizzera et la via Stalingrado

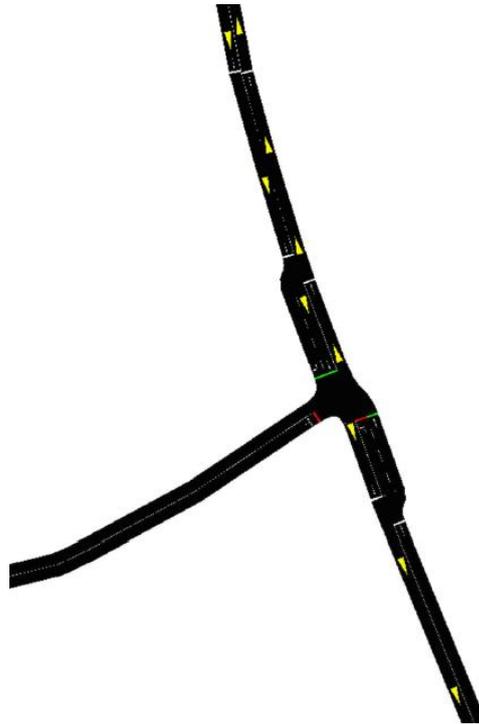


Figure 4.15: Elaboration graphique de la simulation hivernale du carrefour à feux entre la via Caduti per la Libertà et Aurelia

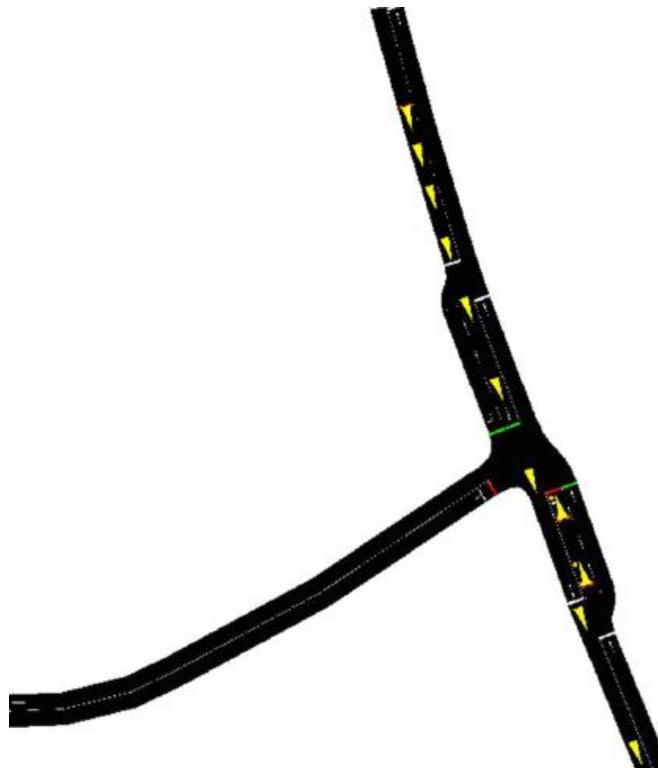


Figure 4.16: Elaboration graphique de la simulation en période estivale du carrefour à feux entre la via Caduti per la Libertà et Aurelia Piombino

L'analyse croisée avec l'étude réalisée dans SUMO et les données fournies par les enquêtes (ces dernières incluant les films de la journée entière) montre clairement qu'en période estivale, le réseau dans son ensemble est très occupé, tandis qu'en période hivernale, il n'est pas particulièrement congestionné.

Pendant la période estivale, dans l'ensemble du corridor analysé, la composante de trafic NORD-SUD et SUD-NORD est très forte, justifiée également par une forte composante de trafic due aux mouvements des touristes en provenance/en direction du port.

Le rond-point entre via Cavallotti, via Pisacane et la route communale de Portovecchio, pourrait être un point critique (voir Figure 4.19 et Figure 4.20 e), car il s'agit du premier carrefour où le trafic urbain est rejoint par des flux sortants du port, qui étant par nature cantonnés en vertu de l'arrivée discontinue des ferries, pourraient provoquer des phénomènes de congestion.

Un point critique est l'intersection 6 entre viale della Resistenza et viale Unità d'Italia (voir Figure 4.17 e Figure 4.18), dove i veicoli provenienti da EST per effettuare una manovra a sinistra devono affrontare due stop a breve distanza: il primo per attraversare la corrente di traffico che proviene da SUD e poi la corrente proveniente da NORD di due corsie distinte. Tende ad aggravare i carichi il fatto che da via Medaglie d'Oro della Resistenza è possibile svoltare solo a destra e ciò fa sì che nella terza corsia di viale Unità d'Italia (verso SUD) destinata alla zona portuale, si vadano a confluire anche i veicoli diretti verso NORD.

En période estivale, la file d'attente des véhicules venant du NORD vers la zone portuaire (intersection 6), qui va jusqu'à l'intersection 5, est plus évidente (voir Figure 4.17). Un rond-point à l'intersection 5 pourrait permettre aux véhicules venant de la Via Medaglie d'Oro della Resistenza de tourner à gauche sans encombrer l'intersection 6 et faciliter le virage à gauche pour ceux venant du SUD et se dirigeant vers la Via Medaglie d'Oro della Resistenza.

Dans le scénario de pointe estivale concernant l'accès au port, ni la simulation ni les clips vidéo ne montrent d'événements de régurgitation qui risquent de compromettre la viabilité urbaine (voir Figure 4.21).

En période hivernale, le point critique est toujours l'intersection 6 entre viale della Resistenza et viale Unità d'Italia, pour les raisons mentionnées ci-dessus.

Dans le scénario d'hiver doux, c'est-à-dire en basse saison, ni la simulation ni les clips vidéo ne montrent d'événements de régurgitation qui risquent de compromettre le réseau routier urbain.

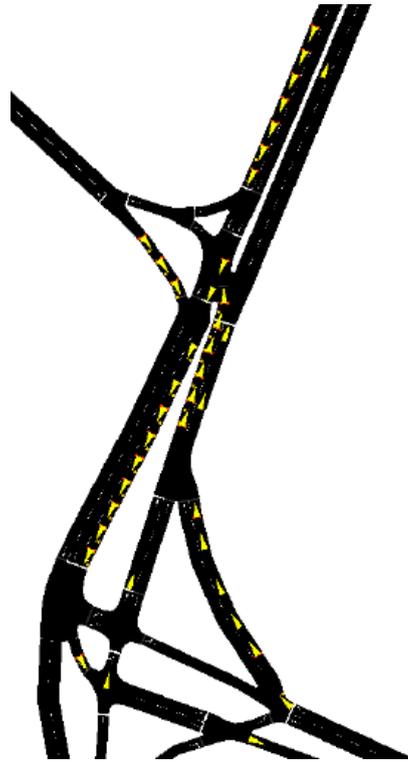


Figure 4.17: Elaboration graphique de la simulation pendant la période estivale de l'intersection 5-6

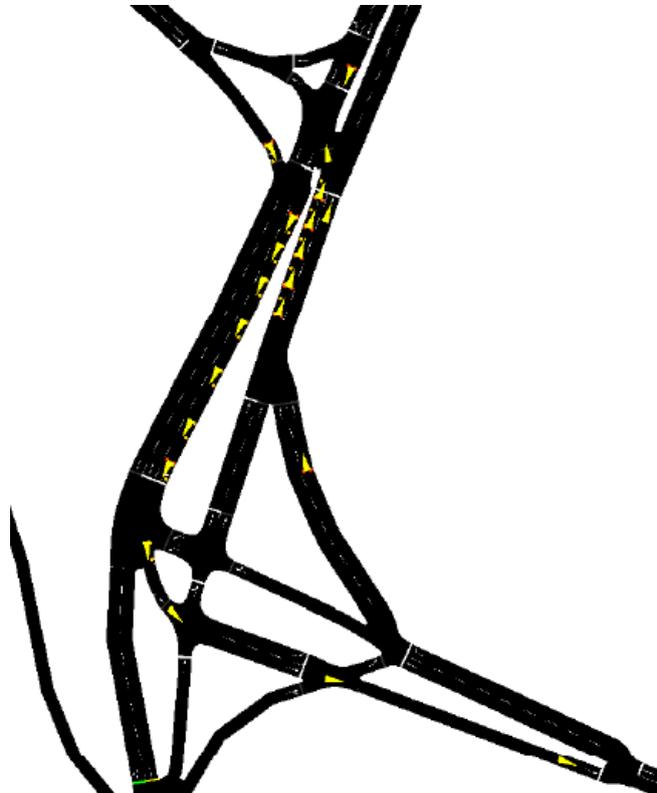


Figure 4.18: Elaboration graphique de la simulation en période hivernale de l'intersection 5-6

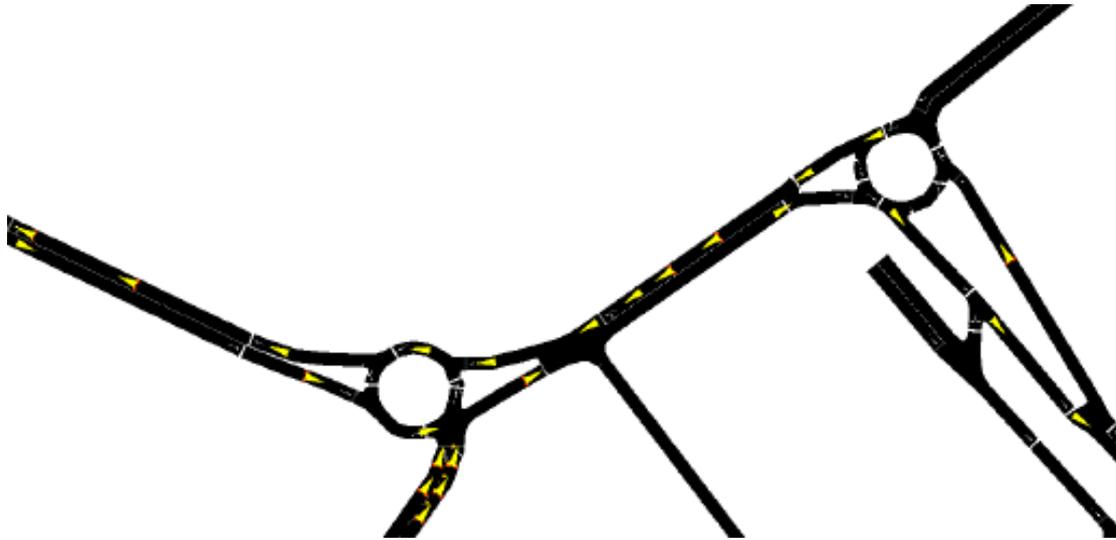


Figure 4.19: *Élaboration graphique de la simulation pendant la période estivale de l'intersection 8-9*

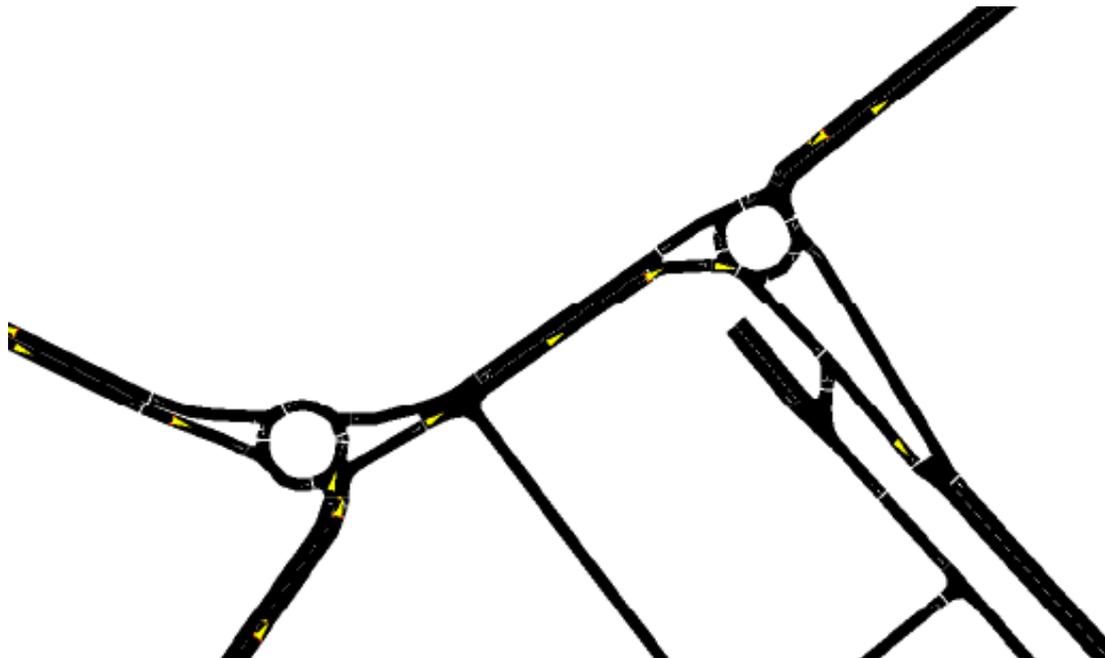


Figure 4.20: *Elaboration graphique de la simulation en période hivernale de l'intersection 8-9*

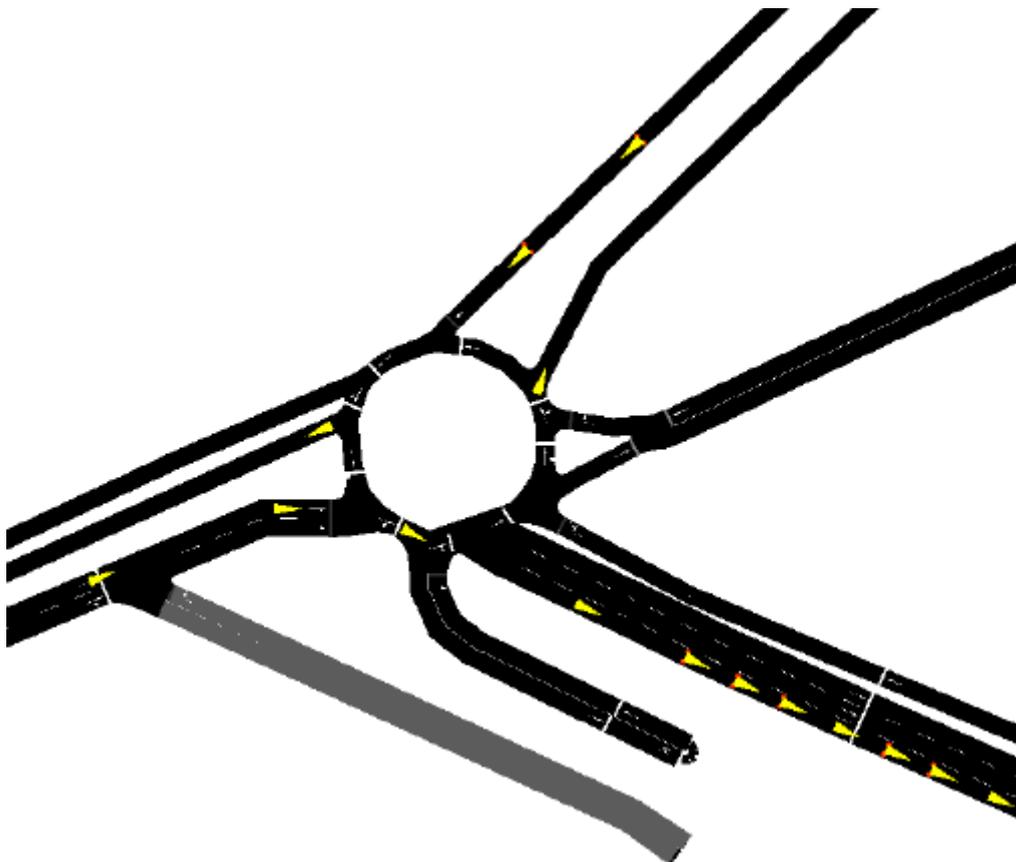


Figure 4.21: Élaboration graphique de la simulation pendant la période estivale de l'intersection 11

4.4 Tableau récapitulatif de la criticité

Le tableau ci-dessous résume les critiques qui sont apparues pour chaque ville.

VILLE	CRITIQUE
Olbia	Il y a congestion: pendant la période estivale, le matin sur 16 % des arcs et l'après-midi sur 9,4 % des arcs, tandis que pendant la période automnale, le matin sur 8,5 % des arcs et l'après-midi sur 9,9 % des arcs. Les points suivants sont particulièrement encombrés: la branche de la Via S. Semplicio entre la Via Brigata Sassari et la Via Vittorio Veneto et le rond-point entre la Via Roma, la Via Ungheria et la Via Tasso.
Bastia	Phénomène de congestion : pendant la période estivale, le matin sur 15 % des arches et l'après-midi sur 17 % des arches, et pendant la période automnale, le matin sur 16 % des arches et l'après-midi sur 22 % des arches. Les zones suivantes sont particulièrement encombrées : le boulevard Auguste Gaudin, le tunnel de la RT11

	et le rond-point entre l'avenue Pierre Guidicelli, l'avenue Pascal Lota et la T11 territoriale.
Vado Ligure	Le point potentiellement critique pourrait être le rond-point sur le Corso Svizzera à l'intersection avec la Via Caravaggio.
Piombino	Pendant la période estivale, l'ensemble du réseau est très fréquenté: les points critiques peuvent être le rond-point entre via Cavallotti, via Pisacane et la route municipale de Portovecchio, et l'intersection 6 entre viale della Resistenza et viale Unità d'Italia.

Tableau 4.1: Résumé des problèmes critiques dans les villes portuaires pilotes

Index des chiffres

Figure 1.1: L'identification du domaine de coopération	4
Figure 2.1: Localisation des sections et des intersections faisant l'objet de l'intervention	6
Figure 2.2: été automne 2019 comparaison des sections surveillées	8
Figure 2.3: Comparaison été-automne 2019 des intersections surveillées	10
Figure 2.4: Localisation des sections et des intersections	11
Figure 2.5: Comparaison été-automne 2019 des sections surveillées	13
Figure 2.6: Comparaison été-automne 2019 des intersections surveillées	14
Figure 2.7: Emplacement des principaux carrefours.....	15
Figure 2.8: Comparaison été-printemps des 11 carrefours surveillés	17
Figure 2.9: Carte des sections et intersections surveillées	18
Figure 2.10: Comparaison hiver-été des sections surveillées	21
Figure 2.11: Comparaison hiver-été entre les bras de l'intersection 1.....	22
Figure 3.1: Correction initiale de la matrice O/D pour la période du matin d'été (OLBIA)	24
Figure 3.2: Correction initiale de la matrice O/D pour la période estivale de l'après-midi (OLBIA)	24
Figure 3.3: Correction initiale de la matrice O/D pour la période du matin d'automne (OLBIA).....	25
Figure 3.4: Correction initiale de la matrice O/D pour la période de l'après-midi d'automne (OLBIA)	25
Figure 3.5: Correction initiale de la matrice O/D pour la période du matin d'été (BASTIA)	26
Figure 3.6: Correction initiale de la matrice O/D pour la période estivale de l'après-midi (BASTIA)	27
Figure 3.7: Correction initiale de la matrice O/D pour la période du matin d'automne (BASTIA)	27
Figure 3.8: Correction initiale de la matrice O/D pour la période de l'après-midi d'automne (BASTIA)	28
Figure 3.9: Réseau routier à SUMO	29
Figure 3.10: Schématisation du réseau routier dans SUMO	32
Figure 4.1: Distribution des flux de circulation (véhicules/h) à l'heure de pointe du matin d'été (avec zoom sur le centre ville d'Olbia)	37
Figure 4.2: Distribution des flux de circulation (véhicules/h) à l'heure de pointe de l'après-midi d'été (avec zoom sur le centre ville d'Olbia).....	39
Figure 4.3: Distribution des flux de trafic (véhicules/h) à l'heure de pointe du matin d'automne	

(avec zoom sur le centre d'Olbia)	41
Figure 4.4: Distribution des flux de circulation (véhicules/h) à l'heure de pointe de l'après-midi d'automne (avec zoom sur le centre ville d'Olbia).....	43
Figure 4.5: Répartition des flux de trafic (véhicules/h) à l'heure de pointe du matin en été	44
Figure 4.6: Répartition des flux de trafic (véhicules/h) à l'heure de pointe de l'après-midi d'été	45
Figure 4.7: Répartition des flux de trafic (véhicules/h) à l'heure de pointe du matin d'automne	46
Figure 4.8: Répartition des flux de trafic (véhicules/h) à l'heure de pointe de l'après-midi en automn	47
Figure 4.9: Elaboration graphique de la simulation en période hivernale du port de Vado Ligure	48
Figure 4.10: Elaboration graphique de la simulation en période estivale du port de Vado Ligure	48
Figure 4.11: Elaboration graphique de la simulation du carrefour à feux entre la via Ferraris et Aurelia en période hivernale	49
Figure 4.12: Elaboration graphique de la simulation du carrefour à feux entre via Ferraris et Aurelia pendant la période estivale.....	49
Figure 4.13: Elaboration graphique de la simulation hivernale de l'intersection entre le corso Svizzera et la via Stalingrado	50
Figure 4.14: Elaboration graphique de la simulation en période estivale de l'Intersection entre le corso Svizzera et la via Stalingrado.....	50
Figure 4.15: Elaboration graphique de la simulation hivernale du carrefour à feux entre la via Caduti per la Libertà et Aurelia	51
Figure 4.16: Elaboration graphique de la simulation en période estivale du carrefour à feux entre la via Caduti per la Libertà et Aurelia Piombino	51
Figure 4.17: Elaboration graphique de la simulation pendant la période estivale de l'intersection 5-6.....	53
Figure 4.18: Elaboration graphique de la simulation en période hivernale de l'intersection 5-6	53
Figure 4.19: Élaboration graphique de la simulation pendant la période estivale de l'intersection 8-9.....	54
Figure 4.20: Elaboration graphique de la simulation en période hivernale de l'intersection 8-9	

.....	54
Figure 4.21: Élaboration graphique de la simulation pendant la période estivale de l'intersection 11.....	55

Index des tableaux

Tableau 2.1: les tronçons de route faisant l'objet d'une surveillance.....	7
Tableau 2.2: les carrefours routiers sont surveillés.....	7
Tableau 2.3: Comparaison été-automne des sections suivies.....	8
Tableau 2.4: comparaison été-automne 2019 des intersections surveillées.....	9
Tableau 2.5: Tronçons de route surveillés.....	12
Tableau 2.6. comparaison été-automne 2019 des sections surveillées.....	13
Tableau 2.7: comparaison été-automne 2019 des intersections surveillées.....	14
Tableau 2.8: les intersections surveillées.....	16
Tabella 2.9: Comparaison été-printemps des 11 carrefours surveillés.....	16
Tableau 2.10: Surveillance des tronçons de route et des intersections.....	20
Tableau 2.11: Comparaison hiver-été des sections surveillées.....	21
Tableau 2.12: Comparaison hiver-été entre les bras de l'intersection 1 insérer les pourcentages d'augmentation ou de diminution.....	22
Tableau 3.1: les correspondances pour le calcul des véhicules équivalents.....	31
Tableau 3.2: Description des fichiers de sortie d'Olbia et de Bastia.....	35
Tableau 3.3: Description des fichiers de sortie de Vado Ligure et Piombino.....	36
Tableau 4.1: Résumé des problèmes critiques dans les villes portuaires pilotes.....	56