



Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

2013-2014

Projet de Fin d'Etudes

Département Ville Environnement Transport

Eirini G. ORE

Elève ingénieur en Double Diplôme

Trafic de l'autoroute A4 en Île-de-France : Evaluation et diagnostic

Approche comparative et analyse critique des conditions de l'écoulement du trafic

Projet réalisé au sein de la

Direction des Concessions et du Développement Durable de la

Société des Autoroutes du Nord et de l'Est de la France

30 Bd Gallieni, 92442 Issy-les-Moulineaux, France

Mars - Juillet 2014

Tuteur : Arnaud HARY

Remerciements

Je tiens tout d'abord à adresser mes sincères remerciements à M. Pierre FLORENTIN, spécialiste du trafic, pour le temps qu'il m'a consacré, pour son encadrement formatif et son support tout au long de mon projet de fin d'études.

Je voudrais également remercier M. Arnaud HARY, Directeur des Concessions et du Développement Durable, pour m'avoir offert l'opportunité d'effectuer mon projet de fin d'études au sein de la SANEF et pour m'avoir proposé un sujet enrichissant et créatif.

Enfin, je souhaite remercier M. Simon COHEN, professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées, pour les précieux conseils au cours de mon projet.

Résumé

L'objectif de ce projet de fin d'études est la compréhension, l'analyse et l'évaluation du fonctionnement de l'autoroute A4 en Ile-de-France. Cette autoroute, concédée à la SANEF depuis Noisy-le-Grand, constitue l'artère principale du réseau routier est et l'axe structurant de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée. La dégradation importante des conditions de circulation de l'A4 le long de l'itinéraire entre Paris et la ville nouvelle présente une problématique complexe et nous mène à suivre une approche à deux volets. D'abord, il s'agit d'une évaluation du contexte territorial afin de comprendre l'évolution et l'affectation de la demande de déplacement sur notre périmètre d'étude. En outre, on effectue une étude analytique des caractéristiques d'écoulement du trafic à l'échelle de la section routière considérant les particularités du fonctionnement de chaque voie. On vise à comprendre la liaison entre des facteurs qui découlent de l'aménagement territorial, tels que l'importance du trafic régulier en heure de pointe, la multiplication de points d'échange ou l'homogénéité des flux de trafic, et la performance de l'autoroute en termes de fluidité et de capacité. Ce travail contribuera enfin à l'élaboration de la stratégie de gestion du trafic de l'axe et donnera au concessionnaire une vue détaillée des problématiques locaux ainsi qu'une vue synthétique du fonctionnement macroscopique de l'autoroute A4.

Mots clés

Indicateurs socio-économiques, développement urbain, indicateurs de trafic, diagramme fondamental, caractéristiques critiques, niveau de service, fluidité, facteurs d'impact

Abstract

This dissertation aims to comprehend, analyze and evaluate the operation of the A4 highway in the Ile-de-France region. The A4 highway, conceded to SANEF operating company from the city Noisy-le-Grand to the east, constitutes the principal artery of the road network and the major structuring line of the Marne-la-Vallée "new city". As the deterioration of the traffic flow conditions in the section between Paris and the "new city" represents henceforth a multifactorial issue, a two level analysis is here being conducted. Firstly, the territorial context is evaluated in order to further comprehend the evolution of the traffic demand and its assignment on the case study area. Furthermore, the functioning particularities of each road lane are brought into focus so as to analyze the traffic flow characteristics of each road section. We aim to understand the interactions between factors deriving from city planning, such as the importance of regular traffic in rush hour, the multiplication of access points or the homogeneity of traffic flows, and the highway performance, in terms of its fluidity and capacity. This work will contribute to the elaboration of a traffic management strategy, frame local issues and provide the operating company with an overview of the macroscopic functioning of the A4 highway.

Key words

Urban development, traffic indicators, fundamental diagram, critical characteristics, line capacity, level of service, impact factors

Table de matières

Liste des tableaux.....	5
Liste des figures.....	6
Liste des annexes	7
INTRODUCTION	11
Partie I. CONSTAT DU FONCTIONNEMENT DE L'AUTOROUTE A4 EN ILE-DE-FRANCE	
<i>Introduction de la première partie</i>	12
1. CONTEXTE TERRITORIAL	
1.1. La ville nouvelle de Marne-la-Vallée	
1.1.1. Eléments d'histoire de la planification des villes nouvelles	13
1.1.2. La création de Marne-la-Vallée.....	14
1.2. Dynamique socio-économique	
1.2.1. Evolutions historiques	16
1.2.2. Hypothèses de croissance	18
2. AUTOROUTE A4 EN ILE-DE-FRANCE	
2.1. Contexte historique	20
2.2. Périmètre d'étude.....	21
3. EVOLUTION HISTORIQUE DU TRAFIC DEPUIS LES ANNES 2000	
3.1. Indicateurs macroscopiques du trafic	23
3.2. Problématique liée au trafic local.....	24
<i>Conclusion de la première partie</i>	26
Partie II. ANALYSE DE L'ÉCOULEMENT DU TRAFIC ET EVALUATION DES FACTEURS D'IMPACT	
<i>Introduction de la deuxième partie</i>	27
1. CONSTITUTION DE L'ÉCHANTILLON DE DONNÉES DE TRAFIC	
1.1. Configuration fonctionnelle et spatiale du système de mesure	
1.1.1. Contexte général	28
1.1.2. Disposition des points de recueil de données	28
1.2. Caractéristiques de l'échantillon	30
2. INDICATEURS MACROSCOPIQUES DU TRAFIC	
2.1. Fluctuation des débits horaires	
2.1.1. Dynamique des flux par section.....	31
2.1.2. Dynamique des charges par voie	34
2.2. Cartographie analytique de l'axe d'étude	35
3. CALIBRAGE DU DIAGRAMME FONDAMENTAL	
3.1. L'état de connaissances	36
3.2. Le modèle de Van Aerde	
3.2.1. Structure du modèle.....	38
3.3.2. Calibrage et applications.....	40
4. CARACTERISTIQUES CRITIQUES DE L'ÉCOULEMENT DU TRAFIC	
4.1. Application du modèle de diagramme fondamental de Van Aerde	42
4.2. Approche par niveau de service de circulation	44

5. DYNAMIQUE DES CARACTERISTIQUES CRITIQUES	
5.1. Evolution des indicateurs macroscopiques entre 2008 et 2013	47
5.2. Evolution du diagramme fondamental	48
<i>Conclusion de la première partie</i>	50
Partie III. DIAGNOSTIC ET PISTES DE REFLEXION	
<i>Introduction de la troisième partie</i>	51
1. SYNTHÈSE DE RESULTATS	
1.1. Profil journalier	52
1.2. Utilisation des voies	54
2. PISTES DE REFLEXION	56
<i>Conclusion de la troisième partie</i>	58
CONCLUSION	59
BIBLIOGRAPHIE.....	60
ANNEXE	63
Annexe de la partie i	64
Annexe de la partie ii	90
Annexe de la partie iii.....	132

Liste des tableaux

Partie i

- Tableau 1.1- Consolidation de l'analyse de l'évolution historique de la population de Marne-la-Vallée par secteur depuis les années 90
- Tableau 1.2 - Consolidation de l'analyse de l'évolution historique du nombre des emplois de Marne-la-Vallée par secteur depuis les années 90
- Tableau 1.3 - Consolidation des hypothèses de croissance de la population de Marne-la-Vallée par secteur jusqu'en 2025
- Tableau 1.4 - Consolidation des hypothèses de croissance du nombre des emplois de Marne-la-Vallée par secteur jusqu'en 2025
- Tableau 2.1 - Découpage de l'axe d'étude en 14 sections en fonction du réseau d'échanges
- Tableau 3.1 - Regroupement des sections de l'axe d'étude en 5 zones caractéristiques
- Tableau 3.2 - Croissance du trafic moyen journalier par section de la période entre 2003 et 2013
- Tableau 3.7 - Croissance de la différence du trafic moyen journalier entre les zones 2 et 4 de la période entre 2003 et 2013

Partie ii

- Tableau 1.1 - Récapitulatif des distances des points de recueil de données par rapport aux points d'insertion ou de déboîtement du trafic et estimation approximative des flux moyens entrants et sortants à partir du trafic moyen des voies de droite
- Tableau 2.1 - Débits moyens horaires agrégés et débit moyen par voie par sens et par section, jours ouvrés, données 2013
- Tableau 3.1 - Formes courantes de relation fondamentale pour les modèles macroscopiques de premier ordre
- Tableau 4.1 - Synthèse de valeurs de capacité estimées le long de l'axe d'étude, données 2013
- Tableau 4.2 - Synthèse de valeurs de vitesse libre estimées le long de l'axe d'étude, données 2013
- Tableau 4.3 - Synthèse de valeurs de vitesse critique estimées le long de l'axe d'étude, données 2013
- Tableau 4.4 - Synthèse de valeurs de concentration critique estimées le long de l'axe d'étude, données 2013
- Tableau 4.5 - Détermination des seuils de quatre niveaux de service
- Tableau 5.1 - Evolution des débits moyens horaires entre 2008 et 2013 à l'ouest et à l'est de la Francilienne, jours ouvrés, données agrégées 2008 et 2013
- Tableau 5.2 - Evolution des vitesses moyennes horaires entre 2008 et 2013 à l'ouest et à l'est de la Francilienne, jours ouvrés, données agrégées 2008 et 2013
- Tableau 5.3 - Synthèse des caractéristiques critiques moyens estimés le long de l'axe d'étude entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013
- Tableau 5.4 - Différence absolue de la répartition du temps passe par niveau de service de circulation entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013

Partie iii

- Tableau 1.1 - Diminution de la capacité des voies médianes et de droite à cause des flux d'entrecroisement, données 2013
- Tableau 1.2 - Synoptique des valeurs critiques par section, données 2013
- Tableau 2.1 - Exemple des caractéristiques d'une voie médiane sous-occupée par rapport à celles d'une voie de référence
- Tableau 2.2 - Exemple des grandes différences des vitesses moyennes de parcours entre Noisy-le-Grand et Val d'Europe, jours ouvrés, données 2013

Liste des figures

Partie i

Figure 1.1 - Desserte en transport en commun, suivant les différents secteurs de Marne-la-Vallée

Figure 2.1 - Convention du sens de circulation

Figure 3.1 - Evolution du trafic moyen journalier de la période entre 2003 et 2013 pour quatre sections caractéristiques des zones 1, 2, 3 et 5

Partie ii

Figure 1.1 - Dispositif général d'une section en insertion et en déboitement respectivement, où d la distance caractéristique des séquences d'affectation désignant la zone de conflit

Figure 2.1 - Fragmentation de la journée en cinq périodes d'observation

Figure 2.2 - Ratio moyen de toutes les sections entre le trafic d'une heure donnée et trafic horaire moyen de la journée, jours ouvrés, données 2013

Figure 2.3 - Ratio des débits horaires moyens agrégés des jours ouvrés par rapport à ceux des week-ends et des jours fériés, données 2013

Figure 2.4 - Répartition moyenne du trafic journalier des poids lourds de toutes les sections le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

Figure 2.5 - Répartition moyenne des débits horaires de toutes les sections par voie pendant la journée, jours ouvrés, données 2013

Figure 2.6 - Répartition moyenne des débits horaires des poids lourds (TMHA, PL) sur les voies différentes, jours ouvrés, données 2013

Figure 2.7 - Part moyenne des poids lourds par voie, jours ouvrés, données 2013

Figure 3.1 - Les relations $V=f(k)$, $Q=f(k)$ et $V=f(Q)$ représentant les courbes du diagramme fondamental

Figure 3.2 - Nuages des points Q-V de la voie rapide et de la voie lente d'une même section à partir des mesures horaires sur site de l'année 2013

Figure 3.3 - Le scénario du véhicule suiveur

Figure 3.4 - La relation $V=f(DIV)$ qui découle du modèle de véhicule suiveur de Van Aerde

Figure 3.5 - Les courbes du diagramme fondamental représentant les relations $V=f(Q)$, $Q=f(k)$ et $V=f(k)$ de l'expression macroscopique du modèle de véhicule suiveur de Van Aerde

Figure 4.1 - Cas typique de diagramme fondamental de trois voies, section 1, sens 2, données 2013

Figure 4.2 - Principe de détermination des quatre niveaux de service

Figure 4.3 - Répartition temporelle des NSC par voie par sens de circulation, section 2, tous les jours, données 2013

Figure 4.4 - Répartition temporelle des NSC par sens de circulation, section 2, tous les jours, données 2013

Partie iii

Figure 1.1 - Localisation des zones sensibles à la congestion en heure de pointe le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

Figure 1.2 - Variation du temps de parcours entre les sections 1 et 7 dans les deux sens de circulation, jours ouvrés, données 2013

Figure 1.3 - Regroupement des sections 1 à 7 en trois parties caractéristiques en fonction de la vitesse moyenne de parcours

Figure 1.4 - Différence des vitesses entre les trois groupes de sections (1-3, 4-5 et 6-7) le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

Liste des annexes

Annexe de la partie i

Annexe i.1. Contexte territorial

- Figure 1 - L'agglomération parisienne et les villes nouvelles franciliennes
- Figure 2 - Principe d'aménagement des zones nord et est, croquis schématique
- Figure 3 - Réseau routier principal, la vallée de la Marne et la région Nord-Est
- Figure 4 - Réseau express régional, ligne transversale Est-Ouest
- Figure 5 - Les 26 communes de Marne-la-Vallée répartis en quatre secteurs administratifs
- Figure 6 - Les infrastructures de transport de Marne-la-Vallée
- Figure 7 - Cluster multipolaire de Marne-la-Vallée
- Figure 8 - Equilibre emplois/actifs par commune de Marne-la-Vallée en 1990 et 1999
- Figure 9 - Répartition par secteur des flux internes, générés par les actifs stables de Marne-la-Vallée, représentant 41% des actifs totaux 1999
- Tableau 1 - Analyse des flux sortants selon les modes et la distance du trajet, la répartition des flux entrants se présente quasi-symétrique avec les flux sortants
- Tableau 2 - Analyse des flux sortants en entrants selon les modes pour le motif domicile-travail
- Figure 10 - Répartition des surfaces habitées et de la population selon la desserte en transport en commun
- Figure 11 - Lieu de résidence des actifs travaillant en ville nouvelle en 1982 et en 1999
- Tableau 3 - Evolution de la population et des emplois des villes nouvelles franciliennes entre 1968 et 1999 1999
- Figure 12 - Evolution de la population et du nombre d'emplois de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses de développement jusqu'en 2025
- Figure 13 - Evolution de la population des quatre secteurs de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses de développement jusqu'en 2025
- Figure 14 - Evolution du nombre d'emplois des quatre secteurs de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses de développement jusqu'en 2025
- Figure 15 - Evolution de la répartition de la population entre les quatre secteurs de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses de la répartition jusqu'en 2025
- Figure 16 - Evolution de la répartition du nombre d'emplois entre les quatre secteurs de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses de la répartition jusqu'en 2025
- Tableau 4 - Part de la population active par rapport à la population totale d'Ile-de-France
- Figure 17 - Evolution du ratio (nombre d'Emplois / Population active) des quatre secteurs de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses du ratio jusqu'en 2025
- Figure 18 - Plan de repérage des zones d'aménagement concerté (ZAC) de Marne-la-Vallée
- Figure 19 - Carte de Marne-la-Vallée édition EPAMARNE 2009
- Figure 20 - Carte de Marne-la-Vallée édition EPAMARNE 2013
- Figure 21 - Les quatre pôles tertiaires de la ville de Marne-la-Vallée et les zones d'activités en développement
- Figure 22 - Projets de développement pris en compte pour les hypothèses de croissance de Marne-la-Vallée à l'horizon 2025
- Tableau 5 - Projets de développement pris en compte à l'horizon 2025 pour les hypothèses de croissance de Marne-la-Vallée
- Figure 23 - Hiérarchisation du réseau routier de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée à l'horizon 2030

Annexe i.2. Autoroute A4 en Ile-de-France

- Figure 1 - SDRIF 1976 : Les relations entre les villes nouvelles et Paris par route et l'extension des grandes voies de communication routières dans le cas de Marne-la-Vallée
- Figure 2 - SDRIF 1994 : Schéma directeur routier à long terme
- Figure 3 - SDRIF projet 2008 : Les réseaux routiers à terme
- Figure 4 - SDRIF horizon 2030 : Les infrastructures de transport à l'horizon 2030
- Figure 5 - L'autoroute A4 en Ile-de-France, périmètre d'étude
- Figure 6 - Carte synoptique d'autoroute A4 en Ile-de-France
- Tableau 1 - Caractéristiques du réseau d'échanges, des stations de péage et des aires de service du périmètre d'étude de l'autoroute A4
- Figure 7 - Plan analytique de l'autoroute A4 en Ile-de-France avec le réseau d'échange

Annexe i.3. Evolution du trafic depuis les années 2000

- Figure 1(a) - Recensement du trafic journalier moyen MJA sur le réseau national, carte TMJA 2007

Figure 1(b) - Recensement du trafic journalier moyen MJA sur le réseau national, carte TMJA 2012

Figure 2 - Fragmentation de l'axe d'étude en 5 zones caractéristiques en fonction de leur volume de trafic (TMJA, VL et PL, deux sens) et de leur évolution, données 2013

Figure 3 - Volumes de trafic moyen journalier des années 20013, 2008 et 2003 par section

Figure 4 - Synoptique du trafic moyen journalier de la période entre 2003 et 2013

Figure 5 - Comparaison du trafic moyen journalier interne entre la Francilienne A104 et Val d'Europe avec la population active et le nombre d'emplois des secteurs iii et iv de Marne-la-Vallée de la période entre 2003 et 2013

Tableau 1 - Echantillon disponible de données historiques de trafic par section pour la période entre 2003 et 2013

Annexe de la partie ii

Annexe ii.1. Constitution de l'échantillon des données trafic

Figure 1 - Capteurs à deux boucles électromagnétiques de la section 3 de l'autoroute A4, dans le sens 2

Figure 2 - Capteurs à deux boucles électromagnétiques de la section 4 de l'autoroute A4, dans le sens 2, sur une zone de sortie à deux voies en affectation

Tableau 1 - Liste des boucles électromagnétiques de l'axe d'étude

Figure 3 - Plan analytique de localisation des points de recueil des données par rapport aux aires d'influence des bretelles d'entrée et de sortie

Tableau 2 - Caractéristiques calendaires généraux des années de mesure, 2013 et 2008

Tableau 3 - Qualification de l'échantillon des mesures de l'année 2013 et distinction des jours ouvrés et des jours fériés et week-ends

Tableau 4 - Qualification de l'échantillon des mesures de l'année 2008 et distinction des jours ouvrés et des jours fériés et week-ends

Annexe ii.2. Indicateurs macroscopiques du trafic

Figure 1 - Variation des débits moyens horaires agrégés par section le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

Figure 2 - Profil journalier de la fluctuation horaire des débits moyens horaires agrégés par sens de trois sections caractéristiques, jours ouvrés, données 2013

Figure 3 - Poids des différentes périodes d'observation dans les débits moyens journaliers agrégés par section, jours ouvrés, données 2013

Figure 4 - Ratios des débits horaires agrégés des différentes périodes d'observation par rapport aux débits moyens de la journée, jours ouvrés, données 2013

Figure 5 - Poids des différentes périodes d'observation dans les débits moyens journaliers agrégés par section, week-ends et les jours fériés, données 2013

Figure 6 - Ratios des débits horaires agrégés par période d'observation des jours ouvrés par rapport à ceux des week-ends et des jours fériés, données 2013

Figure 7 - Poids des différentes périodes d'observation dans les débits moyens journaliers agrégés des poids lourds par section, jours ouvrés, données 2013

Figure 8 - Variation de la part des poids lourds PL% dans les débits moyens horaires agrégés le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

Figure 9 - Différence des débits moyens horaires agrégés entre deux sections consécutives pour les différentes périodes d'observation, jours ouvrés, données 2013

Figure 10 - 'Couples' des débits moyens horaires agrégés en heure de pointe, entrants et sortants de Paris, jours ouvrés, données 2013

Figure 11 - Variation des débits moyens horaires par voie au cours des différentes périodes d'observation, jours ouvrés, données 2013

Figure 12 - Variation de la répartition des débits moyens horaires par voie au cours des différentes périodes d'observation, jours ouvrés, données 2013

Tableau 1 - Cartographie analytique des débits moyens horaires par voie, jours ouvrés, données 2013

Tableau 2 - Cartographie analytique des débits moyens horaires par voie, week-ends et jours fériés, données 2013

Tableau 3 - Cartographie analytique des débits moyens horaires des poids lourds par voie, jours ouvrés, données 2013

Tableau 4 - Cartographie analytique des débits moyens horaires des poids lourds par voie, week-ends et jours fériés, données 2013

Tableau 5 - Cartographie de la part des poids lourds (%) dans les débits moyens horaires par voie, jours ouvrés, données 2013

Tableau 6 - Cartographie de la part des poids lourds (%) dans les débits moyens horaires par voie, week-ends et jours fériés, données 2013

Tableau 7 - Cartographie analytique des vitesses moyennes horaires par voie, jours ouvrés, données 2013

Tableau 8 - Cartographie analytique de vitesses moyennes horaires par voie, week-ends et jours fériés, données 2013

Tableau 9 - Différence des vitesses moyennes horaires par voie entre deux sections consécutives selon le sens de circulation, jours ouvrés, données 2013

Tableau 10 - Différence de vitesses moyennes horaires par voie entre deux sections consécutives selon le sens de circulation, week-ends et jours fériés, données 2013

Annexe ii.3. Calibrage du diagramme fondamental

Figure 1 - Les courbes du diagramme fondamental représentant les relations $V=f(Q)$, $Q=f(k)$ et $V=f(k)$ du modèle macroscopique de Greenshields

Figure 2 - La relation $V=f(DIV)$ représentant le modèle de véhicule suiveur qui découle du modèle macroscopique de Greenshields

Figure 3 - Les courbes du diagramme fondamental représentant les relations $V=f(Q)$, $Q=f(k)$ et $V=f(k)$ de l'expression macroscopique du modèle de véhicule suiveur de Pipes

Figure 4 - La relation linéaire $V=f(DIV)$ qui découle du modèle simplifié de véhicule suiveur de Pipes

Figure 5 - Comparaison de l'ajustement de différents modèles de diagramme fondamental

Annexe ii.4. Caractéristiques critiques de l'écoulement du trafic

Figure 1 - Diagramme fondamental de voies de grande capacité, section 3 sens 1, données 2013

Figure 2 - Diagramme fondamental de voies perturbées présentant une capacité limitée, section 4, sens 2, données 2013

Figure 3 - Diagramme fondamental de voies affectées aux bretelles de sortie vers la Francilienne N104, section 4, sens 2, données 2013

Figure 4 - Forme de diagramme fondamental de voies à relativement faible trafic sans 'nuage' important en congestion, section 6, sens 2, données 2013

Figure 5 - Fluctuation de la capacité par voie pour les différentes sections de l'axe d'étude, données 2013

Figure 6 - Synoptique des capacités des différentes voies le long de l'axe d'étude, données 2013

Tableau 1 - Synoptique des seuils critiques de caractérisation de l'écoulement, données 2013

Tableau 2 - Synoptique de la répartition temporaire des NSC le long de l'axe d'étude, tous les jours, données 2013

Figure 7 - Répartition horaire des NSC de la section 1, sens 2, jours ouvrés, données 2013

Figure 8 - Répartition horaire des NSC de la section 1, sens 2, jours fériés et week-ends, données 2013

Figure 9 - Répartition horaire des NSC de la section 4, sens 2, jours ouvrés, données 2013

Tableau 3 - Cartographie de la part du niveau de service 4 indiquant l'apparition de la congestion, le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

Tableau 4 - Cartographie de la part du niveau de service 3 indiquant le fonctionnement à capacité, le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

Tableau 5 - Cartographie de la part du niveau de service 2 indiquant le fonctionnement en fluidité dense, le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

Tableau 6 - Cartographie de la part du niveau de service 1 indiquant le fonctionnement en fluidité, le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

Tableau 7 - Cartographie de la répartition horaire des NSC majoritaires, jours ouvrés, données 2013

Tableau 8 - Cartographie de la répartition horaire des NSC majoritaires,, week-ends et jours fériés, données 2013

Annexe ii.5. Dynamique des caractéristiques critiques entre 2008-2013

Figure 1 - Evolution du trafic et de la vitesse moyens horaires dans le sens 2 entre 2008 et 2013, sections 1, 3 et 6, données agrégées 2008 et 2013

Tableau 1 - Cartographie analytique des débits moyens horaires agrégés des années 2008 et 2013, jours ouvrés, données agrégées 2008 et 2013

Tableau 2 - Cartographie analytique des vitesses moyennes horaires agrégées des années 2008 et 2013, jours ouvrés, données agrégées 2008 et 2013

Tableau 3 - Cartographie de l'évolution des débits moyens horaires agrégés entre 2008 et 2013, jours ouvrés, données agrégées 2008 et 2013

Tableau 4 - Cartographie de l'évolution des vitesses moyennes horaires agrégées entre 2008 et 2013, jours ouvrés, données agrégées 2008 et 2013

Figure 2 - Comparaison du diagramme fondamental de la section 1 entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013

Figure 3 - Comparaison du diagramme fondamental de la section 2 entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013

Tableau 5 - Synoptique des caractéristiques critiques des sections d'étude et de leur évolution entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013

Tableau 6 - Comparaison de la répartition globale des niveaux de service par section par sens de circulation entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013

Annexe de la partie ii

Annexe iii.1. Synthèse de résultats

Figure 1 - Synoptique de la charge horaire moyenne des différentes sections le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

Figure 2 - Synoptique de la vitesse horaire moyenne des flux des différentes sections le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

Figure 3 - Variation du temps de parcours moyen total entre les sections 1 et 7 dans les deux sens le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

Tableau 1 - Temps de parcours moyen cumulé entre les sections 1 et 7 dans les deux sens le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

Tableau 2 - Différence des vitesses moyennes de parcours des trois parties caractéristiques entre les sections 1 et 7 dans les deux sens le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

Tableau 3 - Importance des aires d'influence des entrées/sorties, de la charge de chaque voie par rapport à sa capacité et de la part des poids lourds et impacts sur la dégradation de la fluidité et de la capacité, données 2013

Tableau 4 - Concentration critique par voie et impacts sur le temps passé au niveau de service 4 en congestion, données 2013

INTRODUCTION

L'autoroute A4 est une autoroute française qui relie Paris à Strasbourg et dessert également les agglomérations de Reims et Metz. Planifiée depuis les années 60, l'A4 en Ile-de-France dessert la banlieue est de Paris et constitue l'axe structurant de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée. Fréquentée par plus de 160 000 véhicules par jour, elle constitue aujourd'hui une artère principale du réseau routier est de la région assurant la liaison radiale entre le boulevard périphérique et la rocade de l'A86 et de la Francilienne.

Concédée à la SANEF depuis Noisy-le-Grand, l'autoroute A4 traverse d'une part les secteurs ouest densément urbanisés de Marne-la-Vallée et d'autre part des zones rurales à l'est de la ville nouvelle. La partie ouest de l'autoroute présente donc un défi de gestion pour le concessionnaire tenant compte des grands volumes de trafic et les phénomènes fréquents de congestion. Il s'agit d'un dysfonctionnement systémique qui révèle le besoin de comprendre et de décomposer le problème afin d'établir un plan complet d'évaluation de la performance de l'autoroute.

On détermine une méthodologie qui nous permet d'avoir à la fois une vue globale de la situation et une vue détaillée des éléments locaux de l'autoroute. D'une part, notre méthodologie vise à enrichir l'approche d'une étude de trafic avec une analyse critique du contexte territorial qui nous aidera à cadrer notre problématique. D'autre part, on propose une analyse de trafic détaillée, à l'échelle de la voie de la section routière, qui nous permettra de comprendre le comportement des flux dans le sens transversal et longitudinal de la section.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre d'une stratégie générale de gestion de trafic par le concessionnaire et constitue une étape exploratoire pour le diagnostic des sections perturbées en environnement urbain dense. On vise enfin à comprendre les facteurs qui pourraient faire l'objet d'études spécifiques en vue de l'atténuation de leur impact et de proposer certaines pistes de réflexion.

Partie I. CONSTAT DU FONCTIONNEMENT DE L'AUTOROUTE A4 EN ILE-DE-FRANCE

Introduction de la première partie

Dans cette première partie on vise à comprendre les problématiques autour du fonctionnement de l'autoroute A4 en Ile-de-France qui émergent de son environnement local et régional. Comme première étape de notre raisonnement, il convient de rappeler le contexte territorial dans lequel s'inscrit la planification de l'autoroute A4 depuis les années 70. L'analyse de l'historique de l'autoroute A4 sur un périmètre d'étude précis nous permettra, ensuite, d'établir un certain lien entre les particularités de son contexte territorial et les évolutions du trafic au cours de dix dernières années.

L'étude des tendances de développement urbain sur un large périmètre de compréhension autour l'autoroute nous semble indispensable, afin d'obtenir une vue d'ensemble des évolutions historiques au niveau de la planification mais surtout, au niveau de la réalisation des objectifs de planification. Cette première partie nous aidera donc à encadrer une problématique complexe et systémique qui concerne un grand périmètre du réseau routier est de la région et dont les effets directs contribuent à la dégradation du fonctionnement de l'autoroute A4.

1. CONTEXTE TERRITORIAL

1.1. LA VILLE NOUVELLE DE MARNE-LA-VALLEE

1.1.1. Eléments d'histoire de la planification des villes nouvelles

La création des villes nouvelles, à partir de la fin des années 1960 jusqu'à nos jours, présente une tentative d'articulation entre les politiques de planification des transports et de l'occupation des sols. Le concept des villes nouvelles vise à répondre non seulement aux besoins démographiques, mais également à des objectifs de qualité de vie, diminuer la fatigue due au transport entre l'habitat et le travail, créer le cadre d'une meilleure architecture urbaine et décongestionner la zone centrale de l'agglomération parisienne.

Portant un regard critique sur certains éléments d'histoire de la planification des villes nouvelles, on peut tirer des enseignements importants sur l'évolution des objectifs du programme initial. La logique territoriale de constituer des pôles stratégiques d'aménagement pour une structure urbaine de qualité et une meilleure gestion des flux évolue vers des ambitieux programmes de développement des activités tertiaires en vue de la création des nouveaux pôles économiques.

Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région de Paris de 1965 (SDAURP)

L'objectif du premier Schéma Directeur d'aménagement de 1965 [1] était de définir les orientations majeures en matière d'urbanisme et de programmes d'équipements, afin de prévoir l'évolution de la région parisienne pour une population de 14 millions d'habitants à l'horizon 2000. Le diagnostic de la situation de l'agglomération parisienne comme unité urbaine à l'époque se manifeste avec assez d'évidence : la forte demande de logements et la disparition des espaces libres au centre contrastent avec l'insuffisance des équipements et des emplois dans la banlieue. Ce déséquilibre entraîne la congestion du centre qui présentait par ailleurs un dynamisme anarchique et se rénove avec trop de lenteur.

Le diagnostic a conduit à une triple stratégie : l'amélioration du réseau de transports permettant la liaison des banlieues avec le centre, le développement des grands équipements dans les banlieues portant attention à la qualité urbaine de l'ensemble et le dépassement de l'agglomération des années 60. Une nouvelle approche d'urbanisme au niveau de la région de Paris a donc été adoptée mettant l'accent sur deux orientations : la notion du polycentrisme, c'est-à-dire la constitution des nouveaux bassins de vie afin d'orienter la croissance dans des secteurs stratégiques, et le développement des axes de transport permettant de canaliser l'extension de l'agglomération et d'assurer la liaison des centres urbains nouveaux.

Le SDAURP de 1965 a lancé donc les projets de villes nouvelles renforçant le desserrement de la région et mettant en valeur des pôles de développement de surface importante en dehors du tissu urbain existant, mais sans être trop éloignés du centre de Paris, situés entre 15 km et 50 km de la capitale. Suite à un découpage de la partie agglomérée de la région de Paris en six zones (le Nord et la vallée de l'Oise, le Sud-Ouest et l'Ouest, la vallée de la Seine en aval de Saint-Germain, l'Ouest proche de Paris, le Sud-Est et la vallée de la Seine en amont de Paris, et l'Est), cinq futures villes nouvelles franciliennes ont été retenues : Cergy-Pontoise, Evry, Saint-Quentin en Yvelines, Marne-la-Vallée et Sénart. Les deux dernières sont toujours en cours d'aménagement (*annexe i.1, fig. 1 et 2*).

En ce qui concerne les infrastructures, la conception d'un réseau routier maillé a été prévue afin de permettre l'utilisation dominante de l'automobile pour les échanges interurbains et d'assurer la diffusion de la circulation automobile dans l'ensemble des nouvelles zones d'urbanisation. Trois axes autoroutiers préférentiels se sont dessinés afin de supporter le développement urbain : les autoroutes du Sud et du Sud-Est (A5 et A6), l'autoroute de l'Est (A4) et à l'ouest, les autoroutes A15 et B12 (*annexe i.1, fig. 3*).

Les nouvelles zones d'urbanisation devraient offrir également des possibilités de transport en commun à l'intérieur de chaque zone ; par fer, le long de l'axe urbain principal et par autobus pour les autres dessertes internes, alors que les relations entre le reste de la région urbaine et Paris seraient assurées préférentiellement

par les transports en commun. Bien évidemment, à l'intérieur de Paris et dans la proche banlieue densément peuplée, la priorité est donnée aux transports collectifs.

Inscrit dans le Schéma Directeur, le réseau express régional (RER) a présenté une priorité de développement sur deux axes transversaux : est-ouest et nord-sud. Pour la ligne est-ouest (RERA) de Nanterre à Vincennes, en construction en 1965, des prolongements ont été prévus pour desservir les zones à urbaniser en priorité de Fontenay-sous-Bois et de Noisy-le-Grand à l'est et pour les zones en développement de Saint-Germain et de Maisons-Laffitte à l'ouest (*annexe i.1, fig. 4*). Deux autres lignes de réseau express ont été également prévues pour le développement de l'axe nord-sud, et plusieurs possibilités de liaison tangentielles permettant des correspondances entre les axes principaux de transport.

1.1.2. La création de Marne-la-Vallée

La ville nouvelle de Marne-la-Vallée présente un cas typique de tentative d'articulation entre la planification des transports et l'aménagement. Contrairement aux autres villes nouvelles, elle a été organisée autour de nombreux centres urbains sur un schéma linéaire suivant les deux axes parallèles de transports structurants : l'autoroute A4 et la ligne A du RER. La plus grande des villes-nouvelles, située à une trentaine de kilomètres à l'est de Paris, elle s'est développée le long de la vallée de la Marne sur trois départements (Seine-et-Marne, Seine-Saint-Denis et Val de Marne) regroupant 27 communes (*annexe i.1, fig.5 et 6*).

Moments clefs de la création

1970	Lancement du projet du Mont d'Est et du Val Maubuée
1976	Mise en service de l'autoroute A4 jusqu'à Coutevroult
1977	Ouverture de la branche de Vincennes à Noisy-le-Grand - Mont d'Est de la ligne A du RER
1980	Prolongement du RER jusqu'à Torcy
1986	Début de la construction de la Cité Descartes
1992	Prolongement du RER jusqu'à Marne-la-Vallée-Chessy et ouverture du premier parc de loisirs d'Euro Disney
1994	Mise en service de la gare TGV de Marne-la-Vallée/Chessy et de la gare RER
1995	Ouverture de la gare de Bussy-Saint-Georges sur le RER A
1997	Installation de l'École Nationale des Ponts et Chaussées à la Cité Descartes
2000	Ouverture du centre commercial de Val d'Europe
2002	Ouverture du deuxième parc de loisirs Disney
2009	Marne-la-Vallée figure parmi les pôles d'excellence de Grand Paris

Stratégie urbaine

Selon les orientations territoriales du SDAURP de 1965, la création de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée visait un rééquilibrage vers l'est parisien s'appuyant sur un développement urbain basé sur l'utilisation intensive des transports en commun. Cet objectif a conduit vers une structure urbaine particulière, peu homogène, polycentrique, linéaire et discontinue, qui s'est développé prioritairement autour des gares du RER. La ville nouvelle s'est ainsi progressivement urbanisée d'ouest et est selon son découpage en secteurs, ce qui a créé une structure variée et déséquilibrée en termes de densité urbaine et de croissance économique.

Les communes du secteur i, aux Portes de Paris, appartenant à la petite couronne constituent une partie de l'agglomération parisienne. La croissance économique du secteur a été favorisée par l'émergence d'un grand pôle tertiaire avec des grandes zones commerciales le long de l'A4. Le développement du secteur ii du Val Maubuée a été caractérisé par l'émergence de la Cité Descartes qui constitue un grand centre d'enseignement et de recherche. Contrairement aux secteurs i et ii à l'ouest de la ville nouvelle, le secteur iii de Val de Bussy ne présente pas des caractéristiques d'urbanisation dense et se trouve en plein développement avec plusieurs projets d'activités et de logement à l'étude. Le secteur iv du Val d'Europe a été caractérisé par le développement des activités touristiques et tertiaires et, notamment, l'émergence du parc de Disney (*annexe i.1, fig.7*).

Aujourd'hui, même si l'aménagement du secteur ouest est arrivé à terme, les secteurs est de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée qui ont encore un caractère plutôt rural, se trouvent en plein développement soutenus par une forte volonté politique. Le développement du Val d'Europe dans le cadre du Projet d'Intérêt National (PIN) prévoit la densification résidentielle qui s'accompagne notamment d'équipements. En outre, dans une logique de développement durable, des nouveaux projets d'éco-quartiers, de transport en commun en site propre et de tourisme durable dans les quatre secteurs, constituent des priorités de développement des établissements publics d'aménagement de Marne-la-Vallée.

Pratiques de mobilité

Le déséquilibre du développement urbain au sein de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée s'est également traduit par un déséquilibre éventuel des emplois et des actifs. Pendant les années 90, les communes des deux secteurs d'ouest semblent de constituer des pôles récepteurs de déplacements pour le motif domicile-travail, alors que les communes de l'est de la ville nouvelle, à l'exception des zones à proximité du parc de Disney, présentent des pôles émetteurs (*annexe i.1, fig.8*).

On observe donc une orientation ouest de la majorité des déplacements des actifs, favorisée par la position de Paris et de la petite couronne par rapport à Marne-la-Vallée et, notamment, par l'autoroute A4 et la ligne A du RER, les seuls axes structurant la mobilité de l'est parisien. Selon l'étude analytique d'INSEE de 1999 [6], seulement 40% des emplois ont été occupés par un actif résidant et travaillant en Marne-la-Vallée alors que 30% des emplois ont été occupés par les actifs de la grande couronne et 20% par les habitants de Paris. En revanche, près de 40% des actifs résidant en Marne-la-Vallée travaillaient dans la ville nouvelle, dont seulement 30%, c'est-à-dire 12% des actifs stables totaux de Marne-la Vallée, travaillaient dans le secteur de leur résidence (*annexe i.1, fig.9*).

Depuis la création de la ville nouvelle, une forte mobilité d'actifs s'est établie sur deux niveaux : au niveau départemental, entre la ville nouvelle et Paris, et au niveau local intercommunal à l'intérieur de la ville nouvelle. La répartition des flux des actifs reste peu variable jusqu'à nos jours ; selon l'enquête de 2005 d'EPA Marne [13], 44% des actifs habitant Marne-la-Vallée y travaillent, alors que 23% travaillent dans les autres communes de l'est parisien, 21% à Paris et 11% en Île-de-France.

Selon l'étude d'INSEE de 1999, l'analyse des pratiques de mobilités montre une préférence pour la voiture particulière représentant 52% des flux des actifs stables à l'interne de Marne-la-Vallée contre 19% des flux en transport en commun. Le nombre moyen de voitures par ménage augmente d'ouest en est, de 1.0 pour le secteur i à 1.25 pour le secteur iv, indiquant un grand pourcentage de ménages motorisés qui dépasse souvent la moyenne de la grande couronne [6]. Les disparités les plus fortes apparaissent sur le mode de déplacement pour le motif domicile travail entrant et sortant de la ville nouvelle. L'automobile est plus utilisée par les entrants (76%) à Marne-la-Vallée que par les sortants (56%), du fait de la congestion de l'axe autoroutier en direction de Paris mais également des contraintes de stationnement (*annexe i.1, tableaux 1 et 2*). Toutefois, il convient de souligner qu'une vraie concurrence ne peut pas toujours s'établir entre la voiture et les transports en commun compte tenu de l'urbanisation discontinuée de la ville nouvelle.

Les objectifs du SDAURP de 1965 pour une ville nouvelle basée sur la diminution du transport entre l'emploi et le travail ainsi que sur l'utilisation intensive des transports en commun sont évidemment loin d'être atteints. Un manque d'adéquation entre l'offre et la demande potentielle de déplacement par les transports en commun est évident. Selon l'analyse de 1999 [6], 7% de la population de Marne-la-Vallée, répartie sur 12% des surfaces urbanisées dédiées à l'habitat, ne bénéficiaient pas d'une desserte en transports en commun (*annexe i.1, fig.10*). Ces chiffres peuvent toutefois cacher une situation contrastée selon les différents secteurs de la ville nouvelle. Les communes dans les secteurs est ont une accessibilité très faible avec près de 20% de la population non desservie par les transports en commun favorisant l'utilisation systématique de la voiture particulière (*fig.1.1*).

Bien évidemment le faible niveau de densité et la discontinuité de la structure urbaine n'est pas en faveur de l'utilisation des transports en commun. Depuis les années 90, l'urbanisme volontaire a soutenu la mobilité automobile et a mis le poids sur le réseau routier et notamment sur l'axe structurant A4. Dans cette réflexion, il convient d'étudier dans ce chapitre le dynamisme socioéconomique de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée lors des dernières années et d'évaluer les dernières tendances en termes de croissance et de mobilité focalisant sur les impacts sur l'axe autoroutier.

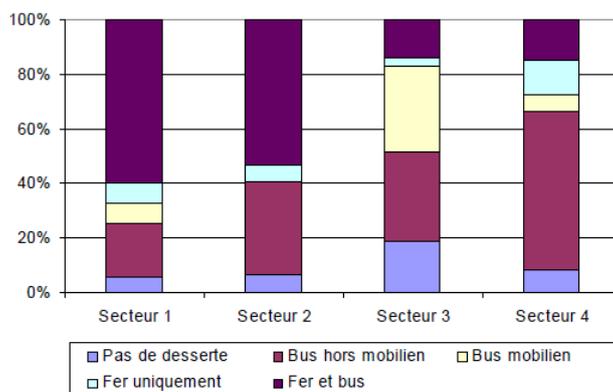


Figure 1.1 - Desserte en transport en commun, suivant les différents secteurs de Marne-la-Vallée (source : données INSEE-RGP 99, MOS 1999, IAURIF, DREIF, réalisation AW T. (2008) [6])

1.2. DYNAMIQUE SOCIO-ECONOMIQUE

1.2.1. Evolutions historiques

Dynamique de la première période de croissance

La réalisation des villes nouvelles n'a véritablement débuté qu'à partir des années 70, alors que les grands équipements de transports sont entrés en fonctionnement très progressivement jusqu'aux années 90. Durant les premières trois décennies, entre 1968 et 1999, la croissance démographique, à l'échelle de l'ensemble des villes nouvelles, a été spectaculaire. La population a plus que quadruplé et l'augmentation du nombre d'habitats des villes nouvelles a représenté 33% de la croissance de la population francilienne. La croissance annuelle moyenne de la population a été de l'ordre de 4% à 8%, alors que la croissance annuelle moyenne des emplois a présenté une variabilité plus forte de 5 à 12% selon les programmes d'activités des villes nouvelles (*annexe i.1, tableau 3*). Le rythme de la croissance démographique a été ainsi rapide mais assez différent d'une ville à l'autre et même au niveau de chaque ville nouvelle, il a été différent d'un secteur à l'autre [9].

Dans le cas de la nouvelle ville de Marne-la-Vallée, la plus peuplée en 1999, le taux d'accroissement relativement faible entre 1975 et 1999, présente une réalité assez contrastée. En effet, le secteur i à l'ouest, aux Portes de Paris, était déjà urbanisé avant 1975, le début des grandes opérations et n'a connu qu'un accroissement de population de 67 % entre 1975 et 1999. Le secteur iii de Val de Bussy, qui comprenait des communes demeurées à forte dominante pavillonnaire et qui n'avait pas fait l'objet de grands projets de développement, n'a pas également présenté une croissance démographique significative. Les deux autres secteurs, qui étaient très peu peuplés initialement, ont, par contre, connu une croissance spectaculaire, 473 % pour le secteur ii de Val Maubuée et 368 % pour le secteur iv de Val d'Europe [8].

Depuis 1968, le nombre des actifs des villes nouvelles a été multiplié par cinq en 1999 allant vers un bon équilibre habitat-travail : on comptait alors 93 emplois pour 100 actifs. Toutefois cet équilibre apparent masque une mobilité intensive : l'implantation des nouvelles activités en ville nouvelle a attiré des actifs arrivant de l'extérieur alors que les nouveaux résidents des villes nouvelles ont souvent gardé leur emploi en dehors des villes. Le nombre d'actifs résidant et travaillant en ville nouvelle a augmenté systématiquement mais, moins vite que le nombre d'emplois et, donc, ce sont les flux des actifs habitant à l'extérieur qui ont

effectivement progressé le plus vite (*annexe i.1, fig.11*). En conséquence, les aires de diffusion et de recrutement se sont étendues.

En général, depuis 1990, le rythme de développement des villes nouvelles s'est ralenti considérablement, mais reste toujours plus soutenu que celui observé dans la région parisienne ou la grande couronne. Trois villes nouvelles, Cergy-Pontoise, Evry et Saint-Quentin-en-Yvelines, sont arrivées à maturité et sont devenues autonomes. Un des signes de maturation des villes nouvelles est précisément la prise en charge de l'aménagement par les élus locaux et la volonté de ces derniers de limiter les surfaces de terrain à bâtir, pour répondre à des autres besoins de la population locale ; espaces naturels et culturels, loisirs, etc. Marne-la-Vallée et Sénart bénéficient toutefois toujours du cadre de l'Opération d'Intérêt National (OIN) et de l'appui des établissements publics d'aménagement.

De 1999 à 2007, la part des villes nouvelles dans la population francilienne a stagné, bien qu'elle ait légèrement augmenté au sein de la petite couronne. De façon très nette, la tendance au ralentissement de la construction de logements s'est accentuée. Toutefois, le secteur iv à l'est de Marne-la-Vallée ainsi que les communes les moins urbanisées de Sénart présentent deux exceptions notables de dynamique démographique et constituent toujours des pôles d'attraction des nouveaux investissements.

Tendances récentes de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée

S'appuyant sur les derniers indicateurs socioéconomiques publiés dans le cadre de la communication des activités de l'EPA Marne et de l'EPA France, on pourrait considérer que la nouvelle ville de Marne-la-Vallée est arrivée véritablement en maturité au cours des premières années de 2000, avec un décalage considérable par rapport aux autres villes nouvelles franciliennes. La période entre 1990 et 1999 a été marquée par une vague de croissance démographique aussi qu'une croissance importante du secteur tertiaire : la croissance totale de la population de la ville nouvelle a été de l'ordre de 130% alors que les emplois ont connu un accroissement de l'ordre de 30% au total (*annexe i.1, fig.12*).

Bien que, les secteurs de l'est et, notamment le secteur iv, aient présenté individuellement une croissance de population spectaculaire, ils ont contribué beaucoup moins à la croissance globale de la ville nouvelle par rapport aux secteurs ouest, qui ont été déjà assez développés pendant les années 90 et ont accueilli une nouvelle vague démographique. En revanche, la croissance du nombre des emplois du secteur iv ainsi que sa contribution à la croissance globale du nombre des emplois de la ville de Marne-la-Vallée ont été prépondérantes grâce au développement du pôle touristique international de Disney et des parcs d'activités connexes (*tableaux 1.1 et 1.2*).

La période entre 1990 et 1999 a constitué une période particulière, considérant les grandes opérations immobilières mis en œuvre et le fort développement du secteur tertiaire, qui ne présente pas une tendance de croissance durable. Cette période, par contre, a signalé, d'une part, l'apparition d'une structure urbaine dense et mature à l'ouest, et d'autre part, le décalage du potentiel de développement vers les secteurs est de la ville nouvelle compte tenu des réserves foncières importantes (*annexe i.1, fig.13 et 14*).

Les évolutions socioéconomiques de la période entre 1999 et 2004 valident cette tendance différenciée entre les secteurs ouest et est de Marne-la-Vallée. Ces derniers portent une contribution principale à la croissance de la ville, représentant 73% de l'augmentation de la population et des emplois de la ville. Depuis 2004, la répartition des pôles d'activité et, par conséquent, des emplois sur les quatre secteurs semble assez homogène. On observe, par contre, une claire stratégie volontariste de rééquilibre et de renforcement de l'attractivité du secteur iv et de sa part dans la population de la ville avec le lancement de nombreux projets des zones d'aménagement concentré (ZAC) notamment au secteur est de la ville (*annexe i.1, fig.15, 16*).

Suivant une hypothèse simplificatrice de 50% de population active ayant un emploi par rapport à la population globale, ce qui n'est pas loin de la réalité en Ile-de-France (*annexe i.1, tableau 4*), on peut observer des tendances contrastées du ratio emplois-actifs lors des dernières années à l'intérieur de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée. Au début des années 90 et contrairement aux autres villes nouvelles, les activités tertiaires

proposaient déjà davantage d'emplois en Marne-la-Vallée que les actifs habitant la ville, constituant un pôle d'attraction de déplacements pour le motif domicile-travail. Toutefois, suite à la vague de croissance démographique de la période entre 1990 et 1999 à l'ouest, les actifs de la ville ont dépassé les emplois indiquant la création d'un nouveau pôle émetteur de déplacements avec des flux sortants significativement supérieurs aux flux entrants. Seule exception, le secteur iv de Val d'Europe, où le développement intense des activités depuis 1990 offrait près deux fois plus d'emplois que les actifs et, compte tenu également de la faible densité des espaces de logement, a donc constitué un pôle important d'attraction de déplacements domicile-travail (*annexe i.1, fig.17*).

Période	Marne-la-Vallée		Secteur i			Secteur ii			Secteur iii			Secteur iv		
	Croissance totale	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne
2009-2013	6.7%	1.6%	4.8%	26.7%	1.2%	4.4%	19.5%	1.1%	10.5%	38.2%	2.5%	11.3%	15.6%	2.7%
2004-2009	13.0%	2.5%	7.0%	21.0%	1.4%	2.9%	7.3%	0.6%	27.1%	45.0%	4.9%	49.9%	26.7%	8.4%
1999-2004	7.7%	1.5%	3.1%	16.0%	0.6%	2.4%	10.7%	0.5%	15.0%	39.0%	2.8%	55.2%	34.4%	9.2%
1990-1999	130.5%	9.7%	114.7%	38.2%	8.9%	111.3%	32.1%	8.7%	182.8%	23.0%	12.2%	357.5%	6.7%	18.4%

Tableau 1.1- Consolidation de l'analyse de l'évolution historique de la population de Marne-la-Vallée par secteur depuis les années 90 (sources : communication rapports d'activité EPAMARNE/EPAFRANCE [10-19], données INSEE)

Période	Marne-la-Vallée		Secteur i			Secteur ii			Secteur iii			Secteur iv		
	Croissance totale	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne
2009-2013	4.3%	1.0%	-1.5%	-9.8%	-0.4%	0.2%	1.8%	0.1%	4.7%	24.6%	1.2%	19.9%	83.4%	4.6%
2004-2005	10.4%	2.0%	12.4%	33.2%	2.4%	5.6%	17.8%	1.1%	10.6%	22.5%	2.0%	16.2%	26.5%	3.0%
1999-2004	20.6%	3.8%	2.4%	3.8%	0.5%	13.4%	23.0%	2.6%	30.8%	30.3%	5.5%	75.9%	42.8%	12.0%
1990-1999	31.1%	3.1%	4.2%	5.6%	0.5%	20.9%	25.8%	2.1%	36.7%	23.0%	3.5%	1323.4%	45.6%	34.3%

Tableau 1.2 - Consolidation de l'analyse de l'évolution historique du nombre des emplois de Marne-la-Vallée par secteur depuis les années 90 (sources : communication rapports d'activité EPAMARNE/EPAFRANCE [10-19], données INSEE)

En conclusion, portant un regard critique sur les évolutions macroscopiques des indicateurs socio-économiques depuis les années 90, on observe des tendances remarquablement différenciées par secteur et par période. Suite à une croissance démographique et économique spectaculaire, depuis les années 2000 on observe une stagnation de la population aussi que des emplois pour les secteurs de l'ouest, i et ii. Par contre, pour les secteurs est, iii et iv, la croissance accélérée continue jusqu'au milieu des années 2000. Depuis 2000 et jusqu'à nos jours, le secteur iii montre un grand dynamisme démographique contribuant significativement à la croissance de la ville, alors que le secteur iv apporte la contribution la plus importante à la croissance des emplois. Il s'agit, essentiellement, d'une stratégie volontariste de développement urbain qui, lors des dernières années, focalise sur l'émergence de nouvelles zones d'aménagement concerté (ZAC) et de projets d'activités touristiques et de loisirs (*annexe i.1, fig.18*).

1.2.2. Hypothèses de croissance

Selon les éléments de communication de l'EPA Marne, on observe deux tendances prépondérantes ; la valorisation prioritaire du potentiel de développement des secteurs iii et iv, et l'extension des zones d'activités vers le sud de la ville nouvelle (*annexe i.1, fig.19 et 20*). Lors des dernières années on observe une forte volonté

politique de densification des secteurs est de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée qui se traduit par 56 zones d'aménagement concerté existantes ou déjà en projet en 2012. S'appuyant sur le lancement des nouveaux projets de parcs de logement à l'horizon 2025, l'EPA Marne prévoit une croissance annuelle importante de la population des secteurs iii et iv, de l'ordre de 4% par an, qui correspond à celle du début des années 2000. Toutefois, une revitalisation du secteur i est aussi prévue avec des hypothèses de croissance démographique de l'ordre de 2% par an, qui restent assez optimistes par rapport aux dernières tendances (*tableau 1.3*).

D'autre part, concernant le secteur tertiaire, selon les nouveaux projets d'activités prévus dans tous les secteurs de la ville, l'EPA Marne prévoit une forte augmentation des emplois qui vont bientôt dépasser la population active. Les secteurs ii et iv, présentant un excédent significatif d'emplois par rapport à leur population, constitueront des importants pôles d'attraction de déplacements pour le motif domicile-travail (*tableau 1.4*).

On observe également une tendance de développement des activités tertiaires, des zones logistiques ou de parcs de loisirs, au sud de la ville nouvelle le long de l'autoroute A4. Ces projets, comme le pôle d'activités de Val de Bussy et les nouveaux parcs touristiques en développement de Disney, réclament un accès direct sur l'autoroute au lieu d'être desservis par le réseau routier secondaire de la ville nouvelle ou par les transports collectifs (*annexe i.1, fig.21, 22 et tableau 5*). On observe ainsi une tendance à la segmentation de l'axe autoroutier de l'A4 avec un système dense de points d'échange avec le réseau routier secondaire, en vue de l'implantation de nouveaux projets dans les réserves foncières sud de la ville (*annexe i.1, fig.23*).

Période	Marne-la-Vallée		Secteur i			Secteur ii			Secteur iii			Secteur iv		
	Croissance totale	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne
2012-2020	22.1%	2.5%	15.1%	24.8%	1.8%	11.3%	15.2%	1.3%	39.1%	43.2%	4.2%	39.4%	16.9%	4.2%
2020-2025	4.8%	0.9%	0.9%	6.3%	0.2%	2.1%	11.7%	0.4%	8.2%	48.0%	1.6%	15.0%	34.0%	2.8%

Tableau 1.3 - Consolidation des hypothèses de croissance de la population de Marne-la-Vallée par secteur jusqu'en 2025 (sources : projections EPAMARNE/EPAFRANCE)

Période	Marne-la-Vallée		Secteur i			Secteur ii			Secteur iii			Secteur iv		
	Croissance totale	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne	Croissance totale	Contribution à la croissance de la ville	Croissance annuelle moyenne
2012-2020	30.8%	3.4%	23.1%	20.4%	2.6%	19.2%	19.5%	2.2%	43.6%	30.4%	4.6%	46.1%	29.7%	4.9%
2020-2025	4.9%	1.0%	0.2%	0.9%	0.0%	3.7%	21.8%	0.7%	6.8%	32.5%	1.3%	9.9%	44.7%	1.9%

Tableau 1.4 - Consolidation des hypothèses de croissance du nombre des emplois de Marne-la-Vallée par secteur jusqu'en 2025 (sources : projections EPAMARNE/EPAFRANCE)

2. AUTOROUTE A4 EN ILE-DE-FRANCE

2.1. CONTEXTE HISTORIQUE

L'autoroute A4 est une des principales artères du réseau autoroutier français, reliant Paris à Strasbourg en desservant également Reims et Metz. En Ile-de-France, l'autoroute A4 dessert la banlieue est de Paris et constitue l'un des deux axes parallèles structurant la ville nouvelle de Marne-la-Vallée avec la ligne A du RER. La section principale en Ile-de-France entre la porte de Bercy et Coutevroult est entrée en service en 1976 alors que les différents diffuseurs sont mis en service progressivement, jusqu'aux années 2000, en fonction de l'urbanisation du territoire.

Portant un regard critique sur l'évolution des priorités des SDRIF depuis les années 60, en ce qui concerne la planification des transports on perçoit que, dans le cadre du projet des villes nouvelles, les plans initiaux de développement des infrastructures routières desservant Marne-la-Vallée n'ont pas été aboutis. Malgré les différents projets prévus en vue d'un réseau routier réellement maillé, l'autoroute A4 constitue actuellement le seul axe routier radial desservant l'agglomération est alors qu'elle partage également des tronçons communs avec la rocade A86 et la Francilienne dans un contexte de volumes de trafic particulièrement défavorable.

Schéma directeur de la région Île-de-France de 1976 (SDRIF)

Dix ans après le lancement du projet des villes nouvelles et dans la suite du SDAURP de 1965, le SDRIF de 1976 [2] a présenté le bilan de la période de 1965 à 1975 et des nouvelles orientations à propos de l'organisation urbaine et la planification de transports. L'organisation urbaine polycentrique constituait toujours l'approche principale de l'aménagement régional alors que des schémas plus précis sur l'organisation des transports et, notamment, la liaison des pôles urbains nouveaux ont été proposés. Le SDRIF de 1976 a été par ailleurs le premier Schéma Directeur qui a mis l'accent sur les infrastructures de transport en rocade, pratiquement inexistantes à l'époque. Dans le cas de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée, les infrastructures routières prévues à constituer le support de l'aménagement régional assurant la liaison entre Paris et la ville étaient les deux axes autoroutiers, l'A4 au sud-est et l'A3 au nord-est de Paris (*annexe i.2, fig.1*). L'axe de l'A4 était déjà en cours de construction alors que des variantes de tracés pour l'extension de l'A3 vers Marne-la-Vallée étaient en phase d'étude.

Schéma directeur de la région Île-de-France de 1994 (SDRIF)

Le SDRIF de 1994 [3] a également traité en priorité le renforcement des rocades et des liaisons tangentielles de la région qui pourraient jouer un rôle essentiel de décongestion des voies rapides ainsi que du réseau complémentaire de boulevards urbains. Concernant l'axe routier de l'A4, le bouclage et l'élargissement de deux rocades A86 et Francilienne ont présenté des priorités du Schéma Directeur. Ces rocades, associées aux grandes radiales, permettraient la création d'un réseau régional réellement maillé et assureraient de façon performante les échanges entre les pôles périphériques en développement (*annexe i.2, fig.2*). L'extension de l'A3 vers Marne-la-Vallée, en vue de la liaison avec la Voie primaire Nord de la ville nouvelle, se trouvait encore en phase d'étude de tracé.

Projet de SDRIF de 2008

Bien que la priorité ait été donnée aux projets collectifs, l'organisation et le fonctionnement cohérent du réseau routier francilien restaient toujours des enjeux majeurs de l'aménagement régional. Le projet de SDRIF de 2008 [4] a proposé une recherche plus globale d'alternatives à l'usage de la voiture et du camion et a mis l'accent sur l'exploitation optimale du réseau routier régional visant à assurer la complémentarité, d'une part, avec les réseaux routiers départementaux et, d'autre part, avec les autres modes. Le tracé de liaison des autoroutes A104 et RN104 ainsi que l'extension de l'A3, qui avaient constitué des objets d'étude importants, inscrits dans les anciens documents du SDRIF, ne se présentent plus parmi les priorités du projet de SDRIF de 2008. En revanche, l'élargissement et l'aménagement qualitatif du tronçon commun de l'A4 et de l'A104 présentent des projets importants à considérer à long terme (*annexe i.2, fig.3*).

Le renforcement du réseau intermédiaire, comprenant les principales routes départementales, a présenté un objectif important du projet spatial régional de 2008. Le réseau intermédiaire assurerait les déplacements internes ainsi que les liaisons inter-bassins des territoires ruraux mais également, privilégierait le réseau d'autobus et les modes doux. Dans le cadre de cette réflexion, la liaison de l'A4, à la hauteur de Bailly Romain-Villiers, avec la RN36 est présentée comme une opération à entreprendre à terme.

SDRIF Horizon 2030

Le nouveau SDRIF de 2013 à l'horizon 2030 [5] focalise sur le développement prioritaire du réseau des transports en commun intégrant les principes du projet de Grand Paris. Dans le périmètre de Marne-la-Vallée, le projet de l'A3 ainsi que le projet de rectification du tracé pour le bouclage de la Francilienne sont abandonnés. Seul le projet du barreau de liaison de l'A4 avec la RN 36 est à l'étude en vue du renforcement du réseau secondaire comme prévu dans le projet de SDRIF de 2008 (*annexe i.2, fig.4*).

On observe donc que les projets de nouveaux tracés qui permettraient d'intégrer l'autoroute A4 dans un réseau maillé et de diffuser le trafic vers des axes routiers parallèles ou d'assurer les échanges de façon performante avec les rocades ont été abandonnés. D'autre part, l'absence d'inter-modalité entre la ligne A du RER au nord et l'autoroute A4 au sud de Marne-la-Vallée crée un contexte défavorable qui met le poids des nouvelles opérations d'urbanisation des réserves foncières sud de la ville nouvelle sur le trafic de l'autoroute. L'A4 représente donc aujourd'hui le seul axe radial autoroutier de la région est qui donne, néanmoins, accès directement aux réseaux routiers locaux de Marne-la-Vallée à l'échelle du quartier.

2.2. PERIMETRE D'ETUDE

Le périmètre de notre étude concerne la section de l'autoroute A4 en Ile-de-France d'environ 52 km, depuis le diffuseur '8' de Noisy-le-Grand-Ouest (PR 12.700) jusqu'au diffuseur '19' de Montreuil-aux-Lions (PR 64.797) à la limite est de la région (*annexe i.2, fig.5*). L'A4 s'intègre dans un environnement hétérogène traversant des zones de forte densité urbaine entre les rocades A86 et la Francilienne, des zones en plein développement dans la partie sud de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée et ensuite des zones rurales à l'est de la région. La section d'étude a, donc, été choisie de telle façon à ce qu'elle nous permette d'observer le fonctionnement de l'autoroute dans un contexte territorial variable avec des forts contrastes en termes de volume de trafic et de performance.

L'itinéraire d'étude comprend 12 diffuseurs vers le réseau secondaire et local et 3 échangeurs, avec la Francilienne N104 et A104 et l'autoroute A140. On trouve également deux aires de service à la hauteur du secteur iii de Marne-la-Vallée, et trois gares de péage en système ouvert (l'utilisateur franchissant le péage acquitte un montant forfaitaire) hors ville, à la barrière en pleine voie de Coutevroult, au diffuseur '18' de St-Jean-les-deux-jumeaux et au diffuseur '19' de Montreuil-aux-Lions (*annexe i.2, fig. 6 et tableau 1*).

Convention de sens

Pendant notre analyse, on suit toujours la convention suivante concernant la distinction de deux sens de circulation ; on considère le sens 1 sortant de Paris en direction ouest-est et le sens 2 entrant dans Paris en direction est-ouest (*fig. 2.1*).



Figure 2.1 - Convention du sens de circulation

Découpage de l'axe d'étude

Le découpage de l'itinéraire d'étude en sections homogènes permettra d'analyser le trafic à l'échelle locale et d'observer donc les variations du volume de trafic et de la qualité de fonctionnement le long du périmètre

d'étude. On divise donc l'itinéraire en 14 sections en fonction du système d'échanges ; chaque section est délimitée par deux diffuseurs consécutifs (*tableau 2.1*).

Il convient également de souligner que les sections présentent des limites de vitesse variables en fonction de leur localisation dans la région mais également un nombre variable de voies ce qui rend en outre le découpage de l'axe d'étude indispensable. A proximité de la petite couronne, on observe une structure de base de trois voies par sens de circulation qui se complète ponctuellement avec une quatrième, voire une cinquième voie, affectée aux bretelles d'entrée ou de sortie. A l'est de l'échange avec l'autoroute A140, l'autoroute A4 continue toutefois dans un environnement rural avec deux voies par sens (*annexe i.2, fig.7*).

Section	Echangeurs - Diffuseurs	PR (km)	L (km)	Nb de voies sens 2	Nb de voies sens 1	Limite de vitesse (km/h)
1	[8] Noisy le Grand Ouest - [9] Noisy le Grand Est	12.700	1.138	3	4	110
2	[9] Noisy le Grand Est - [10] Champs sur Marne	13.838	1.482	4	4	110
3	[10] Champs sur Marne - [X] N104 la Francilienne	15.320	2.722	3	3	110
4	[X] N104 la Francilienne - [10.1] Val Maubuée / Croissy	18.042	1.738	4	4	110
5	[10.1] Val Maubuée / Croissy - [X] A104 Collégien	19.780	1.277	5	4	110
6	[X] A104 Collégien - [12] Ferrières-en-Brie	21.057	3.398	3	3	110
7	[12] Ferrières-en-Brie - [12.1] Val d'Europe	24.455	5.145	3	3	130
8	[12.1] Val d'Europe - [13] Serris	29.600	1.216	3	3	130
9	[13] Serris - [14] Bailly-Romainvilliers	30.816	2.148	3	4	130
10	[14] Bailly-Romainvilliers - [15] Coutevroult	32.964	2.993	3	3	130
11	[15] Coutevroult - [16] Crécy	35.957	2.483	3	3	130
12	[16] Crécy - [X] A140 Meaux	38.440	2.273	3	3	130
13	[X] A140 Meaux - [18] St Jean-les-Deux-Jumeaux	40.713	13.481	2	2	130
14	[18] St Jean-les-Deux-Jumeaux - [19] Montreuil-aux-Lions	54.194	10.131	2	2	130

Tableau 2.1 - Découpage de l'axe d'étude en 14 sections en fonction du réseau d'échanges

3. EVOLUTION HISTORIQUE DU TRAFIC DEPUIS LES ANNES 2000

3.1. INDICATEURS MACROSCOPIQUES DU TRAFIC

Eléments de contexte

Depuis les années 2000, l'autoroute A4 figure parmi les autoroutes les plus chargées et dynamiques de la région francilienne avec un trafic journalier comparable avec celui du boulevard périphérique et de la rocade A86 (*annexe i.3, fig.1*). En observant les volumes de trafic mais également leur évolution lors des dernières années, on pourrait donc regrouper les sections de l'axe d'étude en cinq grandes zones caractéristiques (*annexe i.3, fig.2*).

Dans cette réflexion, on distingue une première zone urbaine d'étude, depuis Noisy-le-Grand-Ouest jusqu'à la Francilienne, qui présente un très fort trafic journalier, de l'ordre de 160 000 véh/j selon les données de 2013. Une deuxième zone d'étude regroupe les sections traversant les secteurs est de Marne-la-Vallée qui, depuis les années 2000, présentent une augmentation importante de trafic, notamment, à proximité de la Francilienne. Ensuite, la section comprenant le péage de Coutevroult constitue une troisième zone d'étude assez particulière par rapport aux autres zones étant donnée la stagnation du trafic depuis plusieurs années. Enfin, on distingue deux zones caractéristiques à l'est de Marne-la-Vallée qui présentent une référence de trafic interurbain de transit (*tableau 3.1*).

Zone	Sections	Echangeurs - Diffuseurs	PR (km)	L (km)
1	de 1 à 5	[8] Noisy le Grand Ouest - [X] A104 Collégien	12.700	8.357
2	de 6 à 9	[X] A104 Collégien - [14] Bailly-Romainvilliers	21.057	11.907
3	10	[14] Bailly-Romainvilliers - [15] Coutevroult	32.964	2.993
4	de 11 à 12	[15] Coutevroult - [X] A140 Meaux	35.957	4.756
5	de 13 à 14	[X] A140 Meaux - [19] Montreuil-aux-Lions	40.713	23.612

Tableau 3.1 - Regroupement des sections de l'axe d'étude en 5 zones caractéristiques

Historique de la période 2003-2013

En analysant les trafics moyens journaliers au cours de dix dernières années le long de l'axe d'étude, on observe des tendances contrastées entre les différentes sections. Pendant la période entre 2003 et 2007 on observe des tendances plutôt positives sur l'ensemble des sections de l'axe, alors que depuis 2007 les tendances dynamiques ne se maintiennent que dans les zones à proximités des secteurs est en développement de Marne-la Vallée (*annexe i.3, fig.3*).

Dans la première zone, les sections de 1 à 3, à l'ouest de la Francilienne N104, présentent en pratique une stagnation depuis 2003, alors que les sections 4 et 5, du tronçon commun de l'A4 avec la Francilienne, indiquent une faible augmentation du trafic de l'ordre de 1% en moyenne annuelle (*tableau 3.2*). En effet, on considère que cette première zone de l'autoroute a déjà approché ses limites de capacité avec un débit d'environ 160 000 véh/j selon les données 2013 et n'arrive pas à satisfaire une demande supplémentaire. En outre, le tronçon commun de l'A4 avec la rocade A86, à l'ouest de notre périmètre d'étude, forme un goulot d'étranglement important dont les effets se dissipent vers les sections de la première zone d'étude contraignant davantage les deux sens de circulation.

D'autre part, la deuxième zone d'étude traversant la ville nouvelle présente une augmentation spectaculaire de trafic de l'ordre de 17 à 19% au total depuis 2003, notamment à proximité de la Francilienne. Les sections 6 et 7 entre Collégien et Val d'Europe présentent une tendance très dynamique, avec une augmentation du trafic de 2% en moyenne annuelle qui se traduit par un surplus de 17 000 véh/j entre 2003 et 2013, indiquant la forte relation de l'autoroute A4 avec le récent développement urbain de la ville nouvelle.

Toutefois, le trafic de la section 10 à la hauteur du péage de Coutevroult, à l'est du secteur iv de la ville, reste pratiquement inchangé ; suite à une période de faible croissance entre 2003 et 2006, depuis 2007, il présente

une diminution de l'ordre de 0.5% en moyenne annuelle. On observe que le trafic de la section du péage, près de 35 000 véh/j selon les données 2013, est de 34 à 40% plus faible par rapport à celui des sections voisines 11 et 9 respectivement. Cet écart s'explique par une discontinuité des flux sur la section ; d'une part les trajets à l'ouest du péage concernent principalement de trajets entre Marne-la-Vallée et Paris, ou même internes dans Marne-la-Vallée, et d'autre part, les trajets à l'est du péage concernent un flux important sur l'axe nord-sud (liaison Meaux-Melun, libre de péage). Il convient d'ajouter que les itinéraires alternatifs d'évitement du péage favorisent également la discontinuité des flux sur l'A4 et ont un effet important sur la diminution ponctuelle du trafic.

Enfin, la zone 5 de référence du trafic interurbain de transit, qui représente près de 21 000 véh/j selon les données 2013, présente une diminution du trafic depuis 2006 de plus de 1% en moyenne annuelle. Le trafic de transit sur l'autoroute A4 en Ile-de-France semble impacté lors des dernières années non seulement par la crise économique et la baisse du trafic des poids lourds mais également, par la concurrence avec les autres modes de transport interurbain et notamment l'ouverture de la ligne à grande vitesse de Paris-Est vers Strasbourg en 2007 (annexe i.3, fig.4).

Zone	Section	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2003-13	Moy annuelle
1	s1	-0.7%	-1.2%	2.1%	1.9%	-0.6%	-2.1%	-2.3%	-6.4%	18.8%	-1.7%	6.2%	0.6%
	s2	-0.1%	-1.1%	1.4%	0.7%	-1.8%	0.4%	-0.7%				-1.3%	-0.2%
	s3	0.2%	-1.2%	3.2%	4.4%	-0.3%	-2.7%	0.3%	3.7%	-1.6%	-2.3%	3.5%	0.3%
	s4	-1.7%	0.8%	5.7%	2.3%	0.4%	-2.3%	0.2%	8.7%	-0.2%	-1.7%	12.4%	1.2%
	s5	1.3%	0.4%	3.1%	2.9%	-0.3%	-0.7%	0.0%				6.9%	1.0%
2	s6	4.2%	0.3%	4.0%	1.8%	0.8%	1.2%	1.4%	3.1%	-0.7%	1.4%	18.8%	1.7%
	s7	7.8%	-1.0%	0.2%	1.2%	1.6%	1.8%	0.9%	3.5%	-0.8%	1.3%	17.4%	1.6%
	s9	6.0%	1.1%	2.4%	2.8%	1.5%	-2.0%	0.4%			1.3%	-2.0%	-0.2%
3	s10	1.7%	1.6%	2.8%	2.8%	-1.0%	-0.1%	-0.4%	1.2%	-2.4%	0.9%	7.3%	0.7%
4	s11	2.4%	2.1%	1.7%	1.9%	-0.8%	-2.4%	0.6%	5.1%	-2.3%	-1.9%	6.2%	0.6%
	s12	2.2%	1.3%	1.1%	2.9%	-9.4%	9.8%	0.5%			0.4%	6.7%	0.7%
5	s13	1.4%	0.7%	2.3%	0.6%	-3.3%	-0.3%	0.0%	2.7%	-4.8%	-0.2%	-1.1%	-0.1%
	s14	1.3%	-0.4%	1.8%	0.4%	-4.2%	-1.1%	-0.3%	2.4%	-2.5%	0.7%	-2.1%	-0.2%
	Axe s1-s14	1.4%	-0.1%	2.7%	2.2%	-0.6%	-0.6%	-0.1%	2.6%	2.0%	-0.6%	6.6%	0.7%

Tableau 3.2 - Croissance du trafic moyen journalier (TMJA, VL et PL, deux sens) par section de la période entre 2003 et 2013
En rouge, les variations qui semblent incohérentes et devraient être considérées sous réserve

Toutefois, il convient de souligner que n'ayant pas la possibilité de vérifier la qualification les données historiques du trafic, collectées au cours des dix dernières années, certaines variation aberrantes pourraient être dues à des échantillons annuels non représentatifs. En outre, le manque de certaines données, dû principalement aux pannes du système de mesure sur site, ne nous permet pas d'avoir toujours des séries continues et de vérifier les tendances qui peuvent paraître excessives (annexe i.3, tableau 1).

3.2. PROBLEMATIQUE LIEE AU TRAFIC LOCAL

Considérant la différence du trafic entre deux sections consécutives dans le sens depuis l'est vers Paris, on observe une augmentation régulière du flux de trafic le long de l'A4 en approchant Paris. Il s'agit en effet d'une accumulation de nouveaux flux entrants le long des sections traversant Marne-la-Vallée. Seuls exceptions où on observe une décharge importante indiquant l'apparition d'un trafic local interne, la section du péage de Coutevroult où le trafic diminue ponctuellement, et la première zone avec les sorties de Val Maubuée et de Noisy-le-Grand-Est (sections 2 et 4) dans les secteurs ouest de Marne-la-Vallée.

La tendance dynamique du trafic des sections 6 et 7, entre la Francilienne et Val d'Europe et avant les grandes sorties des secteurs ouest, se trouve en évidente contradiction avec l'évolution négative du trafic hors Marne-la-Vallée, à l'est de la ville nouvelle. La comparaison donc du trafic qui franchit le péage de Coutevroult, de la zone 3, avec celui à l'arrivée de la Francilienne nous permettrait de tirer des enseignements importants sur l'augmentation du trafic interne qui découle du développement des secteurs est, iii et iv, de la ville nouvelle lors des dernières années.

On observe que depuis 2003, la différence entre le trafic des sections 6 et 10, ce qui représente l'augmentation absolue du trafic entre tous les flux entrants et tous les flux sortant entre les deux sections, présente une augmentation quatre fois plus importante que l'augmentation globale du trafic sur l'axe d'étude (tableau 3.3). Ce trafic interne, libre de péage, présente une tendance très dynamique avec une croissance annuelle qui varie jusqu'à 6% au cours de dix dernières années, indiquant l'apparition d'un fort besoin de déplacement le long de l'autoroute, toutefois, au niveau local. La tendance dynamique du trafic interne des secteurs est, iii et iv, sur l'autoroute A4 vérifie bien une tendance également dynamique au niveau économique avec le développement de nouvelles zones de logement ainsi que d'activités (annexe i.3, fig.5).

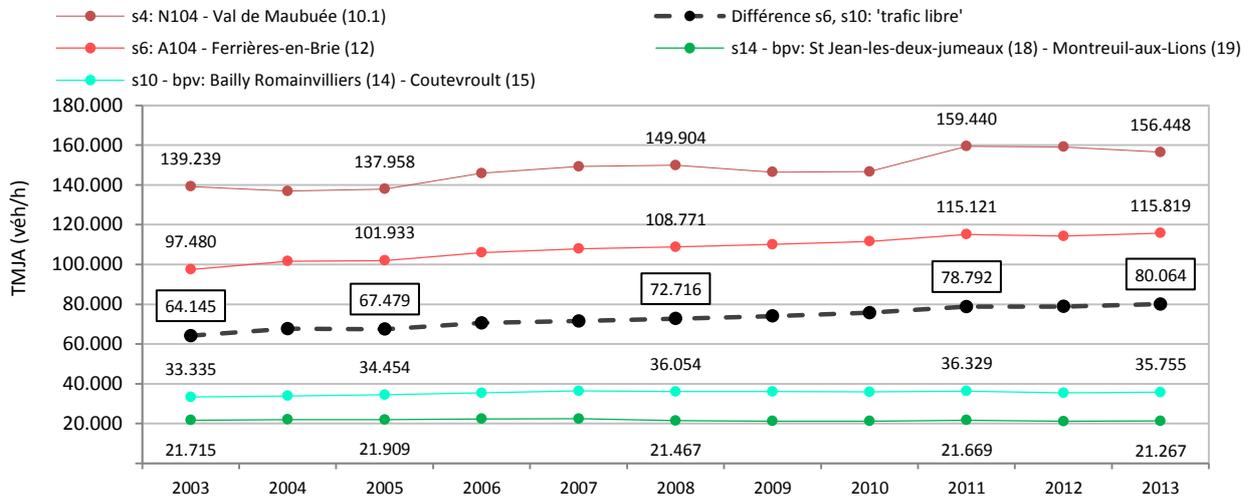


Figure 3.1 - Evolution du trafic moyen journalier (VL et PL, TMJA deux sens) de la période entre 2003 et 2013 pour quatre sections caractéristiques des zones 1, 2, 3 et 5

Section	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2003-13	Moyenne annuelle
s6-s10	5.6%	-0.3%	4.6%	1.3%	1.7%	1.8%	2.3%	4.0%	0.0%	1.6%	24.8%	2.2%

Tableau 3.5 - Croissance de la différence du trafic moyen journalier (VL et PL, TMJA deux sens) entre les zones 2 et 4 de la période entre 2003 et 2013

On observe, enfin, que la section 6, suivant l'évolution significative de son trafic depuis 2003 et avec un débit moyen journalier de plus de 115 000 véh/j, a tendance à approcher les volumes de trafic des sections 4 et 5 de la première zone (fig.3.1). Cette augmentation du trafic à l'est de la Francilienne aggrave le fonctionnement du tronçon commun de l'A4 avec la Francilienne, qui présente déjà les caractéristiques d'un goulot d'étranglement suite à la jonction des flux importants de deux autoroutes. En outre, les sections 6 à 9 de l'A4 traversant la ville nouvelle de Marne-la-Vallée semblent constituer une autoroute de dégagement, contournant les nouvelles zones en plein développement, pénalisant le fonctionnement longue distance d'une autoroute interurbaine.

Conclusion de la première partie

A la fin de cette partie on constate que les problématiques autour le fonctionnement de l'autoroute A4 s'intègrent dans un contexte très dynamique qui montre la complexité d'articulation entre le développement urbain et la planification des transports. L'A4 constitue le seul axe radial autoroutier de l'est de la région d'Ile-de-France qui a, par ailleurs, assumé le poids de l'émergence des pôles urbains nouveaux de la ville de Marne-la-Vallée.

Lors des dernières années, l'importante augmentation des échanges locaux le long de l'autoroute crée un contexte défavorable pour les trajets interurbains de longue distance et indique l'apparition de nouveaux besoins de déplacement internes à la ville nouvelle de Marne-la-Vallée par l'A4. On observe donc l'amplification des mouvements transversaux le long de l'axe d'étude qui paraissent avoir un effet direct à la dégradation des conditions de circulation sur l'autoroute.

Dans la suite, les enjeux liés au trafic local méritent par conséquent d'être étudiés à un niveau microscopique à l'échelle de la section afin de comprendre et d'évaluer leurs effets directs et indirects sur les caractéristiques du trafic tels que le débit et la vitesse. D'autres facteurs, comme la présence de poids lourds ou certaines caractéristiques géométriques comme le nombre de voies des sections, doivent également être pris en compte dans notre analyse afin de nous permettre d'arriver à des conclusions objectives vis-à-vis des facteurs ayant un impact sur la qualité du fonctionnement de l'autoroute.

Partie II. ANALYSE DE L'ÉCOULEMENT DU TRAFIC ET EVALUATION DES FACTEURS D'IMPACT

Introduction de la deuxième partie

Dans cette deuxième partie de notre analyse on utilisera des mesures de trafic recueillies sur site afin d'étudier les indicateurs caractérisant le fonctionnement de l'autoroute A4 à l'échelle de la section routière. D'une part, on vise à examiner le volume et la nature du trafic que l'autoroute supporte ainsi que les vitesses d'écoulement des différentes sections de l'axe d'étude au cours de la journée. D'autre part, on vise à estimer les caractéristiques critiques des différentes sections afin de comprendre leur fonctionnement aux limites de capacité et donc le passage par le régime fluide à celui congestionné.

L'objectif de notre analyse consiste à identifier et à traduire les particularités des différentes voies de circulation et ainsi à comprendre leur interaction ce qui constitue en outre le comportement macroscopique de l'ensemble de la section. Le calibrage du diagramme fondamental de chaque voie présente donc un élément important de notre analyse qui nous permettra d'évaluer et de comparer les performances des différentes voies. L'approche par niveau de service de circulation complétera notre étude et nous offrira une image synoptique caractérisant le fonctionnement macroscopique des sections d'étude comme perçu par l'utilisateur.

1. CONSTITUTION DE L'ECHANTILLON DE DONNES DE TRAFIC

1.1. CONFIGURATION FONCTIONNELLE ET SPATIALE DU SYSTEME DE MESURE

1.1.1. Contexte général

L'axe d'étude est instrumenté avec des capteurs à boucles électromagnétiques qui permettent d'obtenir des éléments sur les caractéristiques et la dynamique des flux de véhicules. Il s'agit des capteurs intrusifs, c'est-à-dire posés sur la chaussée, utilisés pour le recueil de statistiques de façon temporaire.

Les capteurs du réseau SANEF concerné sont constitués de deux boucles inductives, composées de spires de fil de cuivre isolées et noyées dans le revêtement de la chaussée sur chaque voie de l'axe routier (*annexe ii.1, fig.1*). La présence de la masse métallique d'un véhicule modifie le champ électromagnétique produit par la boucle. Ces perturbations du champ électromagnétique sont transformées en un signal électrique 'tout ou rien', directement lié à la présence du véhicule [22].

Lorsqu'une voie de circulation est équipée d'une seule boucle, on mesure le débit et le taux d'occupation, alors qu'à l'aide de deux boucles inductives par voie, il est possible de déduire la vitesse du véhicule ainsi que sa longueur et d'estimer donc le débit des poids lourds.

Sensibilité des mesures

Malgré la simplicité de la méthode et la fiabilité relative des données, les capteurs à boucles électromagnétiques ont tendance à avoir des erreurs importantes lors des conditions de saturation ou de congestion où les véhicules peuvent circuler à basse vitesse, très proches les uns des autres. Des erreurs de comptage peuvent également survenir dans le cas où les boucles électromagnétiques sont posées sur des zones où les conducteurs sont susceptibles de changer de voie (*annexe ii.1, fig.2*). Par ailleurs, les bandes d'arrêt d'urgence (BAU), qui ne sont pas normalement équipées de capteurs, peuvent accueillir des flux importants de véhicules à proximité des bretelles de sortie ou d'entrée qui effectivement ne sont pas détectés.

Le choix des points adaptés en vue de l'implantation des capteurs de recueil de données présente donc un sujet complexe tenant compte de la sensibilité des mesures et de l'investissement important pour l'implantation des équipements. La stratégie de choix des points de mesure dépend finalement des priorités et des différents objectifs de l'exploitant du réseau tels que l'estimation de la demande et de la dynamique des flux, l'estimation des échanges et le suivi du fonctionnement des bretelles d'accès, la détection des perturbations, l'information des usagers, etc.

1.1.2. Disposition des points de recueil de données

Etant donné la sensibilité des mesures et la composition complexe de l'axe d'étude, il convient de préciser, dans un premier temps, la localisation des points de recueil de données. L'axe d'étude consiste en 14 sections considérablement hétérogènes en termes de trafic mais également de géométrie. L'emplacement des capteurs dans la section d'étude constitue donc un important élément d'interprétation des mesures de trafic qui doit être pris en compte afin d'éviter une généralisation abusive de mesures ponctuels.

On considère en général deux types de sections : les *sections courantes* où on considère le trafic filant et les manœuvres de changement de voie comme négligeables, et les *sections en insertion* ou *en déboîtement* de trafic en aval et en amont des bretelles d'entrée et de sortie respectivement [23]. Ces dernières créent des zones de conflit où les usagers effectuent les manœuvres nécessaires afin d'intégrer les voies de gauche ou médianes suite à leur entrée ou, afin de quitter les voies de gauche ou médianes pour emprunter la voie de droite de sortie (*fig. 1.1*).

On considère donc une distance critique (d) qui désigne la zone sous l'influence des manœuvres de changement de voie. Cette distance, estimée en fonction du nombre de voies de la chaussée, de l'importance des flux entrants ou sortants et de la vitesse pratiquée, constitue ainsi le fondement de l'implantation des panneaux de signalisation de direction. Selon les indications de différents ouvrages méthodologiques [20], [21],

[23], on considère une distance critique entre 450 m et 500 m par rapport aux points d'insertion ou de déboîtement du trafic qu'on devra prendre en compte afin d'évaluer les mesures de trafic obtenues sur site.

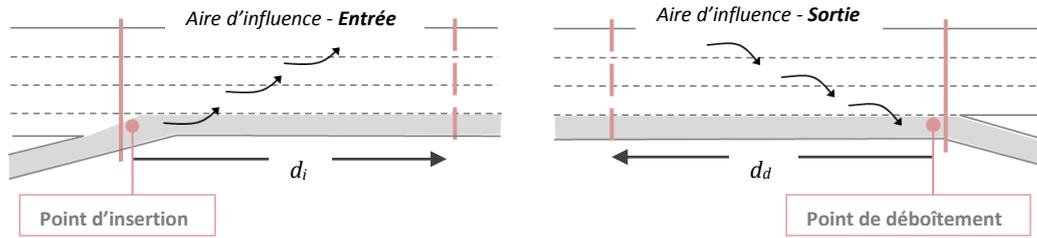


Figure 2.1 - Dispositif général d'une section en insertion et en déboîtement respectivement, où d la distance caractéristique des séquences d'affectation désignant la zone de conflit

Dans le cas où l'aire d'influence d'une bretelle d'entrée se superpose à celle d'une bretelle de sortie consécutive, une *section d'entrecroisement* peut se créer avec des fortes perturbations à cause des nombreux mouvements latéraux. On considère donc une longueur critique d'entrecroisement de 1 000 m, qui désigne en outre la distance minimale entre deux points d'échanges consécutifs, telle que préconisée selon les différents ouvrages méthodologiques [20].

On observe donc que les points de recueil des données de trafic de notre périmètre d'étude se trouvent souvent sur les aires d'influence des bretelles d'entrée et de sortie, ce qui ne nous permet pas de tirer des résultats représentatifs de la section courante (*annexe ii.1, tableau 1 et fig.3*). Toutefois, les données recueillies sur des zones à fortes perturbations nous permettent de faire certaines observations sur les caractéristiques ponctuelles du trafic et d'évaluer donc l'impact des zones de conflit sur le fonctionnement de la section.

En observant les sept premières sections de notre axe d'étude, on perçoit que l'emplacement des points de mesure nous permet d'obtenir des données satisfaisantes caractérisant le trafic en amont et en aval des diffuseurs 8 de Noisy-le-Grand Ouest, 10 de Champs-sur-Marne et 12 de Ferrières-en-Brie. Les sections 4 et 5 du tronçon commun de l'A4 avec la Francilienne, nous permettent également d'obtenir des données représentatives des sensibles zones d'entrecroisement entre les échangeurs avec la N104 et l'A104 (*tableau 1.1*). Les données recueillies à proximité des points d'échange nous font donc présumer de caractéristiques particulières de circulation en fonction de la distance par rapport aux points d'insertion ou de déboîtement mais également, de 'l'importance' des flux entrants ou sortants par rapport au trafic filant.

Section		1	2	3	4	5	6	7
Sens 2 (vers Paris)	d_i par le point d'insertion		-55	1656	378	340	117	3807
	ratio du flux moy. entrant <i>estimé</i>		0.14		0.20	/	0.34	
	d_d par le point de déboîtement	234	471	156	128	494	1863	140
	ratio du flux moy. sortant <i>estimé</i>	0.32		0.30	0.37	/		0.30
L_e d'entrecroisement ($d_i + d_d$)			416	1812	506	834	1980	3947
Sens 1 (vers l'est)	d_i par le point d'insertion	245	482	96	263	355	2224	83
	ratio du flux moy. entrant <i>estimé</i>	0.10		0.33	0.21	/		0.28
	d_d par le point de déboîtement	-144	1465	432	214	177		3577
	ratio du flux sortant moy. <i>estimé</i>		0.21			/	0.38	
L_e d'entrecroisement ($d_i + d_d$)		338	1561	695	569	569	2401	3660

Tableau 6.1 - Récapitulatif des distances (en m) des points de recueil de données par rapport aux points d'insertion ou de déboîtement du trafic et estimation approximative des flux moyens entrants et sortants à partir du trafic moyen des voies de droite

1.2. CARACTERISTIQUES DE L'ECHANTILLON

Il convient de rappeler que notre échantillon de données de trafic ne couvre pas l'intégralité de l'axe d'étude pour des raisons différentes. Les sections 8, 10 et 12 ne sont pas équipées de boucles électromagnétiques et on ne dispose pas des mesures de débit et de vitesse sur site. En outre, la boucle de la section 5 se trouve hors service depuis 2011, ce qui diminue le nombre de sections offrant de mesures de trafic à dix.

Période de référence

L'année 2013 représentant l'année la plus récente dont on dispose de l'intégralité des mois de mesures constitue la période principale d'étude. A partir de la base de données SANEF recueillies sur site, on dispose des données moyennes horaires de débit (de véhicules légers et de poids lourds) et de vitesse (pour la somme des débits) par voie de circulation par section.

La qualification de l'échantillon de notre axe d'étude est satisfaisante avec près de 70% de données disponibles en moyenne : la disponibilité des données s'élève à 87% pour les sections dont le système de mesure a fonctionné pendant plus de 10 mois dans l'année et se limite jusqu'à 44% pour certaines sections les plus problématiques. Afin d'avoir une analyse fine et objective, l'échantillon a été également qualifié en données des jours ouvrés (*JO*) et données des jours fériés et des week-ends (*JFW*) tout en veillant à ce que la bonne répartition entre les jours ouvrés et les jours fériés et les week-ends soit respectée (*annexe ii.1, tableau 2 et 3*).

Eléments d'historique

Afin d'obtenir une idée des tendances récentes des caractéristiques du trafic, un échantillon de données de l'année 2008 a été également étudié. Néanmoins, s'agissant des données historiques, on ne dispose que des données agrégées de débit (de véhicules légers et de poids lourds) et de vitesse pour toutes les voies de circulation par sens par section. En outre, l'échantillon ne concerne que sept sur dix sections contrairement à l'échantillon de l'année 2013, offrant toutefois une qualification satisfaisante de l'ordre de 80% en moyenne (*annexe ii.1, tableau 4*).

2. INDICATEURS MACROSCOPIQUES DU TRAFIC

2.1. FLUCTUATION DES DEBITS HORAIRES

2.1.1. Dynamique des flux par section

Approche méthodologique

Vu la complexité de notre périmètre d'étude et du volume des indicateurs de trafic à considérer, il convient, dans un premier temps, de préciser notre approche d'analyse. L'analyse de la fluctuation du trafic concerne deux axes principaux : tout d'abord, l'axe spatial où on observe une forte variabilité de volumes de trafic entre les différentes sections le long de l'autoroute et ensuite, bien évidemment, l'axe temporel où on observe la fluctuation du trafic le long de la semaine mais également le long de la journée. Dans la suite, on complètera notre analyse avec un deuxième axe spatial transversal afin d'observer les variations du trafic entre les différentes voies à l'intérieur de la section (*fig. 2.1*).

Le premier axe d'analyse nous permettra d'observer les différences du débit le long de l'autoroute et de s'interroger donc sur l'importance des flux de trafic entrant et sortant de notre périmètre d'étude (*tableau 2.1*). Par ailleurs, l'ordre de grandeur des volumes de trafic détermine les incidents de congestion ainsi que l'importance des impacts de différents facteurs sur la circulation, ce qui rend certaines sections plus sensibles que d'autres moins chargées (*annexe ii.2, fig.1*). Le deuxième axe spatial nous aidera également à raffiner l'analyse des mouvements transversaux à l'intérieur de la section en observant les effets des conflits entre les flux des différentes voies.

Enfin, l'axe temporel d'analyse nous mènera à certaines observations sur l'importance du trafic des jours ouvrés par rapport à celui des jours fériés et des week-ends, ainsi que de l'heure de pointe. Ces observations pourraient nous aider à évaluer la régularité des flux et donc les motifs des déplacements (*annexe ii.2, fig.2*). Parallèlement, on tient compte de la composition du trafic le long de la journée afin d'apprécier également l'importance de la présence des poids lourds dans les flux (*tableau 2.2*).

Sections		Zone 1				Zone 2			Zone 4	Zone 5	
		1	2	3	4	6	7	9	11	13	14
Sens 2	TMHA moy (véh/h)	3191	2932	3365	3320	2474	2115	1194	1221	543	431
	Δ TMHA moy entre sections consécutives dans le sens 2	9%	-13%	1%	34%	17%	77%	-2%	125%	26%	
	TMHA moy / voie (véh/h)	1064	733	1122	664	825	705	398	407	271	144
Sens 1	TMHA moy (véh/h)	3351	2881	3512	3496	2478	2124	1253	1202	526	436
	Δ TMHA moy entre sections consécutives dans le sens 1		-14%	22%	0%	-29%	-14%	-41%	-4%	-56%	-17%
	TMHA moy / voie (véh/h)	838	720	1171	874	826	708	313	401	263	145

Tableau 2.1 - Débits moyens horaires agrégés (TMHA, VL et PL) et débit moyen par voie par sens et par section, jours ouvrés, données 2013

Sections		Zone 1				Zone 2			Zone 4	Zone 5	
		1	2	3	4	6	7	9	11	13	14
Sens 2	PL (TMHA) % moy	6%	10%	6%	11%	6%	5%	7%	10%	11%	14%
Sens 1	PL (TMHA) % moy	6%	9%	6%	9%	6%	6%	6%	9%	30%	13%

Tableau 2.2 - Part moyenne des poids lourds (PL en %) dans les débits moyens horaires agrégés par sens et par section, jours ouvrés, données 2013

Importance de l'heure de pointe des jours ouvrés

Afin de distinguer et caractériser les flux de trafic le long de la journée, on partage la journée en cinq périodes d'observation : les heures de pointe du matin (HPM) entre 06 :00 et 10 :00, les heures de pointe du soir (HPS) entre 16 :00 et 20 :00 et trois périodes d'heures creuses pendant le matin, le midi et la nuit (fig. 2.2).

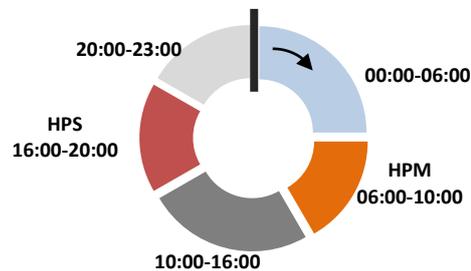


Figure 2.1 - Fragmentation de la journée en cinq périodes d'observation

On observe que dans le sens 2 vers Paris, les quatre heures de pointe du matin ainsi que du soir, représentant près de 25% du volume de trafic journalier, paraissent avoir la même importance pour toutes les sections d'étude. On pourrait ainsi considérer que 50% du trafic journalier concerne un tiers de la journée, c'est-à-dire les huit heures au total de pointe. Le sens 1 depuis Paris, présente toutefois une image plus variable avec des flux en heures de pointe du soir, de l'ordre de 24 à 33% du trafic journalier, significativement plus importants que ceux en heures de pointe du matin (annexe ii.2, fig.3). La différence de l'intensité des différentes heures de deux sens paraît plus claire en tenant compte également du ratio entre le trafic d'une heure donnée et trafic horaire moyen de la journée (fig.2.2).

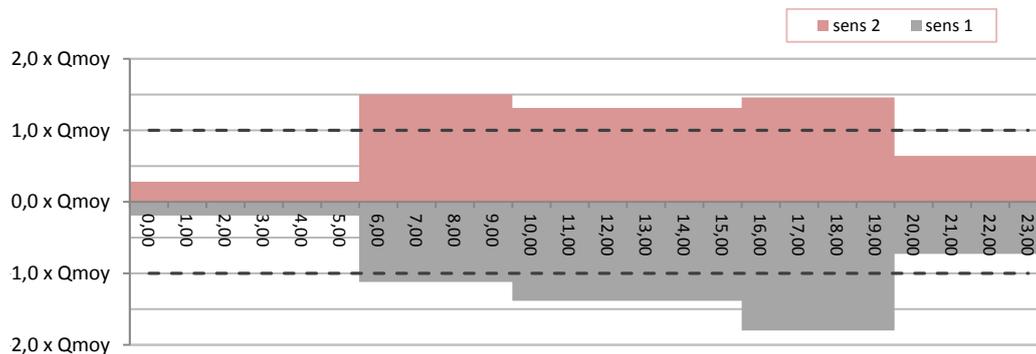


Figure 2.2 - Ratio moyen de toutes les sections entre le trafic d'une heure donnée et trafic horaire moyen de la journée, jours ouvrés, données 2013

Le sens 2, notamment à l'ouest de la Francilienne, présente une forte charge pendant toute la journée entre 10 :00 et 20 :00 sans une véritable heure creuse entre les heures de pointe du matin et celle du soir. Le sens 1 présente, par contre, un profil plus clair avec un trafic qui s'accroît le long de la journée et approche son maximum en heure de pointe du soir (annexe ii.2, fig.4).

Importance du trafic des week-ends et des jours fériés

On observe en général une baisse du trafic de l'ordre de 10% pendant les jours fériés et les week-ends par rapport au trafic des jours ouvrés. Les différentes sections de notre axe d'étude présentent toutefois une forte variabilité: à proximité de Paris le trafic des jours ouvrés est considérablement plus important, alors que les sections à proximité du pôle touristique de Val d'Europe ou les sections de trafic de transit interurbain présentent un trafic plus important en jours fériés et week-ends (fig.2.3).

Considérant également la répartition horaire du trafic des jours fériés et des week-ends, on observe un affaiblissement significatif du trafic de matin qui se contraste avec une grande hausse pendant l'après-midi et

la soirée (*annexe ii.2, fig.5*). Même si donc les volumes de trafic des jours ouvrés ne paraissent pas spectaculairement supérieurs à ceux des jours fériés et des week-ends, la répartition pendant la journée est très différente ce qui nécessite en outre, la distinction des données trafic en deux catégories (*annexe ii.2, fig.6*).

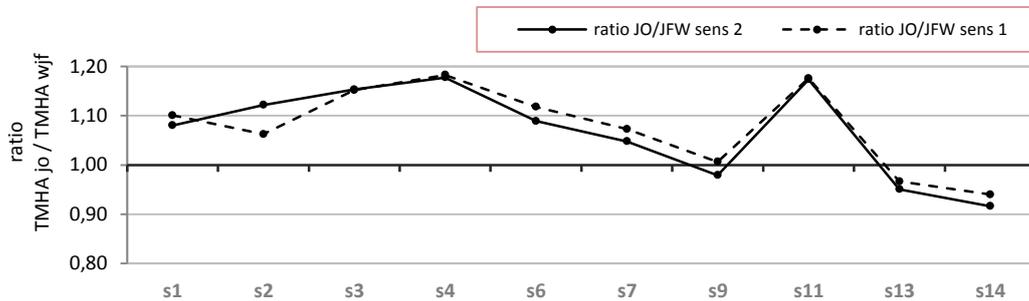


Figure 3.3 - Ratio des débits horaires moyens agrégés (TMHA, VL et PL) des jours ouvrés par rapport à ceux des week-ends et des jours fériés, données 2013

Présence de poids lourds

On observe tout d'abord une grande fluctuation des débits des poids lourds entre les différentes sections de notre axe d'étude qui s'accroissent notamment à proximité des échanges avec les autoroutes A104 et A140. Les sections du tronçon commun de l'A4 avec la Francilienne supportent les débits les plus importants des PL, de l'ordre de 16 000 véh/j, représentant près de 10% de leur trafic total journalier. Les sections de trafic de transit supportent également des débits relativement importants représentant entre 10% et 30% de leur trafic total journalier (*annexe ii.2, fig.7*).

Toutefois, près de 40% du trafic des PL concerne les heures creuses entre 10 :00 et 16 :00 ce qui indique un faible effet de poids lourds dans les flux en heure de pointe (*fig.2.4*). En outre, pour les sections 1 à 9, de deux premières zones traversant Marne-la-Vallée, on observe des parts de 8% et 4% des PL en heure de pointe du matin et du soir respectivement ce qui ne représente pas un facteur dramatique de dégradation des conditions de circulation en heure de pointe (*annexe ii.2, fig.8*).

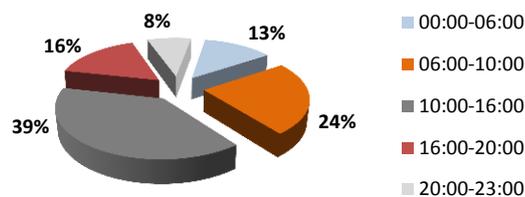


Figure 2.4 - Répartition moyenne du trafic journalier des poids lourds (TMJA, PL) de toutes les sections le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

Déplacements en heure de pointe

Considérant les flux importants d'entrée en HPM dans le sens 2 et de sortie en HPS dans le sens contraire, Paris représente évidemment le principal pôle d'attraction de déplacements depuis l'est de la région en heure de pointe. Toutefois, considérant la différence des débits entre les sections 2 et 3, Champs-sur-Marne au niveau du diffuseur 10 présente également un pôle important d'attraction de déplacements depuis l'est le matin et d'émission le soir. Le contraste important entre les débits des sections 9 et 11 indique en outre l'existence d'un autre pôle d'attraction de déplacements plutôt depuis l'ouest au niveau du diffuseur 14 de Bailly-Romainvilliers (*annexe ii.2, fig.9*). La Francilienne ainsi que l'autoroute A140 dirigent également des flux importants vers Paris en HPM.

Les flux estimés en HPM peuvent paraître plus faibles que ceux de l'HPS du fait que cette première est souvent plus courte et effectivement intense et que le créneau considéré entre 06 :00 et 10 :00 pourrait être assez

étendu. Il convient en outre de souligner que vu la longueur de l'axe d'étude les créneaux des heures de pointe peuvent présenter une certaine variabilité le long de l'axe alors qu'elles disparaissent pratiquement pour les sections rurales à l'est de l'axe (annexe ii.2, fig.10).

2.1.2. Dynamique des charges par voie

L'augmentation du trafic le long de la journée induit une augmentation inévitable des flux transversaux dans les sections liés aux manœuvres de changement de voie. En effet, en faible concentration de trafic, les usagers montrent une préférence pour la voie de droite alors que dès que les débits augmentent, les véhicules se déplacent vers la voie de gauche et se répartissent enfin presque équitablement entre les différentes voies de la chaussée. Seule exception les voies de droite affectées aux entrées ou aux sorties qui ne concernent que les flux entrants ou sortants (fig.2.5).

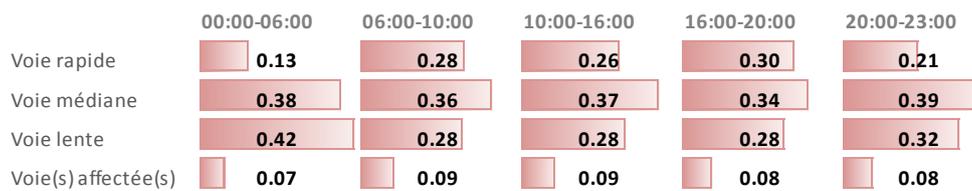


Figure 2.5 - Répartition moyenne des débits horaires (TMHA, VL et PL) de toutes les sections par voie pendant la journée, jours ouvrés, données 2013

On observe toutefois plusieurs cas où les voies médianes n'arrivent pas à absorber équitablement l'augmentation du débit et restent donc systématiquement sous-chargées le long de la journée. Ce comportement concerne notamment les sections à quatre, voire cinq voies, comme la 2 et la 4, qui présentent des flux importants d'entrée ou de sortie de l'axe de l'autoroute et donc, d'importants flux internes d'entrecroisement (annexe ii.2, fig.11).

On vérifie ainsi que la présence d'une quatrième ou d'une cinquième voie ne signifie pas une meilleure répartition ou un soulagement du trafic, vu que ces dernières ne sont utilisées que par les véhicules qui se trouvent en phase d'insertion ou de déboitement. En outre, l'augmentation des entrecroisements entre plusieurs voies pénalisent la bonne utilisation des voies médianes ainsi que celles de droite, comme par exemple dans le cas de la section 4, où on observe que la confusion entre le trafic filant vers Paris et le trafic sortant vers la Francilienne N104 ne permet pas à la voie lente de l'axe principal de fonctionner efficacement (annexe ii.2, fig.12). Ces incidents à l'intérieur de la section demandent donc une analyse plus fine qui ne peut s'effectuer qu'en examinant la cartographie analytique des caractéristiques du trafic par voie.

En outre, on observe que même si la majorité des poids lourds circulent sur les voies de droite, une partie considérable représentant 22% du flux total des poids lourds circule sur les voies de gauche. Ce phénomène peut s'expliquer d'un part, par le type des poids lourds rencontrés sur notre axe d'étude qui concerne la classe 3 (véhicules à deux essieux) en proportion beaucoup plus forte que sur des sections interurbaines, et d'autre part, par les conflits des flux d'entrecroisement qui peuvent perturber le comportement de poids lourds (fig.2.6 et 2.7).

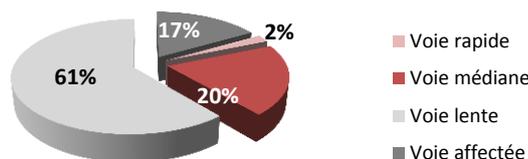


Figure 2.6 - Répartition moyenne des débits horaires des poids lourds (TMHA, PL) sur les voies différentes, jours ouvrés, données 2013

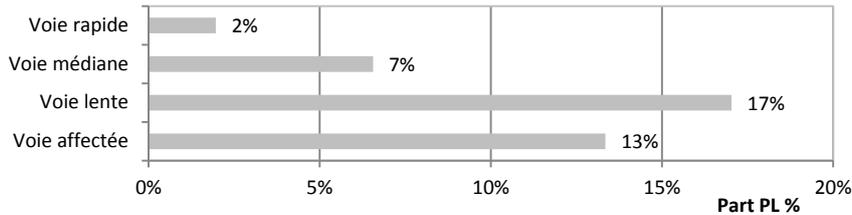


Figure 2.7 - Part moyenne des poids lourds par voie, jours ouvrés, données 2013

2.2. CARTOGRAPHIE ANALYTIQUE DE L'AXE D'ETUDE

Cartographie des débits par voie

Le comportement hétérogène des voies le long des différentes sections de notre axe d'étude révèle l'importance d'une cartographie analytique par voie. On observe que, en général, la charge de chaque voie évolue le long de la journée de façon assez différente pour chaque section en fonction de l'importance des flux entrants et sortants de la section mais également, du comportement des sections en amont et en aval. Même s'il s'agit de phénomènes à l'échelle locale, ils créent des dysfonctionnements qui peuvent se dissiper dans les voies voisines ou même dans les sections en amont.

On observe que les voies rapides supportent les débits les plus importants en heure de pointe, qui s'élèvent jusqu'à 2 100véh/h. En revanche, les voies médianes et notamment de droite, supportent des débits significativement plus faibles à cause des entrecroisements probables mais également à cause de la présence des poids lourds. Ces derniers apparaissent principalement sur les voies de droite tout en évitant les voies affectées aux entrées ou sorties. Toutefois, sur certaines sections, comme dans le cas de la section 2, on perçoit une forte présence de poids lourds sur la voie médiane ce qui peut indiquer d'un part la congestion de la voie droite et d'autre part, l'importance du flux d'entrecroisement qui perturbent le comportement des poids lourds (*annexe ii.2, tableaux de cartographie 1 à 6*).

Cartographie des vitesses par voie

La cartographie analytique des vitesses nous permet de tirer des enseignements importants sur le moment d'apparition des heures de pointe et donc des incidents de dégradation des conditions de circulation. En effet on n'observe une diminution considérable des vitesses en heure de pointe que dans les sections 1 à 7, dans la partie ouest de notre axe d'étude à proximité de Paris, ce qui signifie en outre l'apparition probable des phases de congestion (*annexe ii.2, tableaux de cartographie 7-8*).

A l'ouest de la Francilienne, la diminution de la vitesse en heure de pointe paraît dramatique, pour toutes les voies, y compris la voie rapide. Les voies affectées aux bretelles présentent une baisse de vitesse encore plus importante compte tenu de la difficulté de sortir de l'autoroute et d'entrer dans le réseau routier secondaire. Les incidents de congestions sur les voies de gauche semblent plutôt ponctuels alors que les voies médianes et notamment les voies de droite, présentent des vitesses basses pour des périodes assez étendues à la fin des heures de pointe indiquant la dissipation importante des incidents.

En fonction de la différence des vitesses entre des sections consécutives selon le sens de circulation, on peut également observer l'apparition des zones de ralentissement. Dans le sens 2 vers Paris par exemple, la vitesse diminue considérablement depuis de la section 7, depuis Val d'Europe, alors que la section 4 du tronçon commun de l'A4 avec la Francilienne présente comme attendu en heure de pointe la zone de ralentissement la plus importante de l'axe d'étude. Dans le sens 1, en sortant de Paris, la vitesse présente une augmentation considérable que depuis la section 9, depuis Serris, indiquant que le trafic n'est plus affecté par les incidents de congestion à proximité de Paris (*annexe ii.2, tableaux de cartographie 9-10*).

3. CALIBRAGE DU DIAGRAMME FONDAMENTAL

3.1. L'ÉTAT DES CONNAISSANCES

L'approche macroscopique, modèles macroscopiques de premier ordre

Les modèles macroscopiques du trafic sont issus d'une analogie hydrodynamique de l'écoulement des véhicules. Ils proposent une vision continue de l'écoulement visant à caractériser le comportement global du flot. Les principales variables prises en compte sont le débit (Q), la concentration (k) et la vitesse moyenne (V).

En fonction du niveau de détail dans l'analyse de l'écoulement, on distingue les modèles de première ordre et ceux d'ordre supérieur. Les modèles de premier ordre considèrent le trafic dans un état d'équilibre à chaque instant sans tenir compte des phases transitoires offrant donc une simplicité d'utilisation et permettant une résolution analytique pour des cas simples. En revanche, les modèles macroscopiques d'ordre supérieur s'appuient sur des équations dynamiques exprimant l'accélération du flux des véhicules [25].

Dans notre cas d'étude, on s'intéresse notamment aux modèles macroscopiques de premier ordre, généralement appelés 'modèles LWR' du nom des chercheurs qui les ont développés (Lighthill, Whitham et Richards, 1956). Le trafic est supposé homogène et stationnaire, c'est-à-dire que les caractéristiques Q , V et k du trafic varient peu autour de leurs moyennes respectives.

Par analogie hydrodynamique, la relation fondamentale d'équilibre indique que la vitesse d'un flot des véhicules dans l'espace est définie par la relation :

$$V(x, t) = \frac{Q(x, t)}{k(x, t)} \quad (1)$$

La loi de conservation du nombre de véhicules sur une section de longueur infinitésimale et pendant un laps de temps, établit la deuxième relation de base :

$$\frac{\partial Q(x, t)}{\partial x} + \frac{\partial k(x, t)}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

Enfin, les modèles macroscopiques de premier ordre s'appuient sur une relation empirique qui constitue l'hypothèse du diagramme fondamental. Cette hypothèse fondamentale suggère que la vitesse est une fonction monotone décroissante de la concentration représentée par la relation :

$$V(x, t) = f(k(x, t)) \quad (3)$$

Le diagramme fondamental

En s'appuyant sur la relation précédente (3) liant les caractéristiques principales du trafic, le diagramme fondamental offre une représentation synoptique de l'écoulement du trafic sur une section permettant une meilleure compréhension du fonctionnement de l'infrastructure. Il nous offre des éléments importants sur le comportement du flux et donc sur la qualité du fonctionnement de la section pour des différentes conditions de demande.

Le diagramme fondamental répond donc à certaines observations expérimentales et distingue deux régimes d'écoulement du trafic, fluide et saturé. Lorsque la concentration du trafic sur la section considérée est faible, la vitesse du flot est élevée compte tenu de la possibilité des véhicules d'accélérer. En revanche, à forte concentration, à cause des interactions entre les véhicules, la vitesse du flot diminue. Dans le cas extrême où la section est congestionnée et la concentration est donc maximale, la vitesse et le débit sont nuls (*fig. 3.1*).

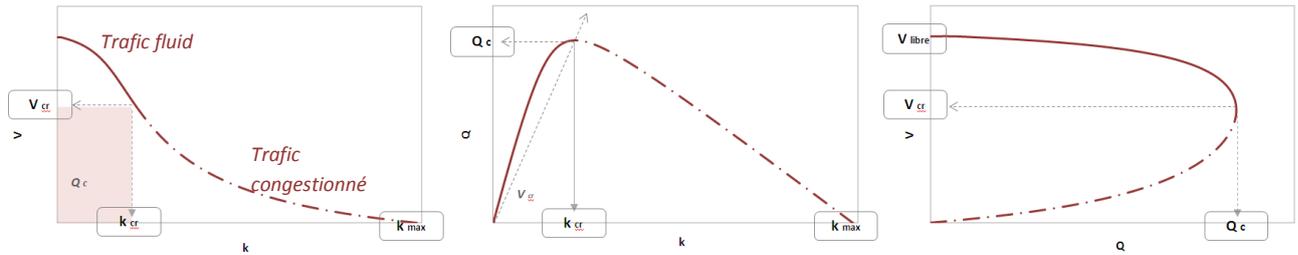


Figure 3.1 - Les relations $V=f(k)$, $Q=f(k)$ et $V=f(Q)$ représentant les courbes du diagramme fondamental

Par ailleurs, à partir de deux conditions limites, le diagramme fondamental met en évidence certains points critiques, tels que le débit maximum (Q_c) représentant la capacité de l'infrastructure et, la vitesse (V_{cr}) et la concentration critique (k_{cr}) correspondante. La première condition limite indique que le débit maximum apparaît à la vitesse critique lorsque la dérivée du débit par rapport à la vitesse est égale à zéro. Selon la deuxième condition limite, la vitesse du flot à la concentration maximale est égale à zéro. Les deux conditions limites s'expriment donc par les relations :

$$\frac{\partial Q}{\partial V} \Big|_{V=V_{cr}} = 0 \quad (4) \quad \text{et} \quad V(k_{max}) = 0 \quad (5)$$

En pratique, le diagramme est élaboré à partir des données expérimentales directement recueillies sur le site qui peuvent effectivement présenter une assez forte dispersion et des grandes discontinuités. La relation fondamentale tente alors de livrer une représentation simplifiée de la réalité s'appuyant sur la régression statistique des données de mesure. Un nombre suffisant des données de mesure qualifiées est également indispensable (fig. 3.2).

Le nuage des points et, par conséquent la forme du diagramme, peut être très variable et sensible à plusieurs facteurs comme la qualité de l'échantillon de mesures, la période d'agrégation des données, la composition et les caractéristiques du trafic, les conditions météorologiques, la géométrie et les particularités de l'infrastructure, les mesures d'exploitation etc. Le diagramme fondamental caractérise donc l'écoulement du trafic d'une section donnée dans une certaine période d'observations et sous des conditions spécifiques.

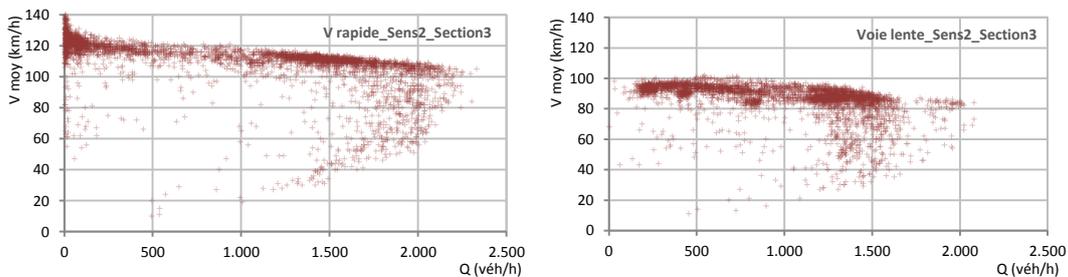


Figure 3.2 - Nuages des points Q-V de la voie rapide et de la voie lente d'une même section à partir des mesures horaires sur site de l'année 2013

Plusieurs formes sont proposées dans la littérature pour le calibrage du diagramme fondamental, exprimant la fonction fondamentale entre la vitesse et la concentration (tableau 3.1). La suffisance d'un modèle de diagramme fondamental dépend d'une part de sa souplesse à la régression statistique et d'autre part, de l'échantillon des observations qui peut présenter une forme de diagramme spécifique.

Linéaire de Greenshields	$V(k) = a k + b$	Puissance généralisée	$V(k) = a + b k^c$
Logarithmique de Greenberg	$V(k) = a \ln(k) + b$	Exponentielle généralisée	$V(k) = a \exp b k^c$
Exponentiel de Underwood	$V(k) = a \exp(b k)$		

Tableau 3.1 - Formes courantes de relation fondamentale pour les modèles macroscopiques de premier ordre

L'approche microscopique, le 'modèle de véhicule suiveur'

L'approche microscopique du trafic vise à décrire et à expliquer les comportements individuels des usagers sur l'infrastructure routière ainsi que leurs interactions. Les véhicules sont considérés individuellement et les variables principales caractérisent la vitesse du véhicule (V) et la distance inter-véhiculaire (DIV) entre le véhicule et celui qui le précède sur la même voie.

La principale loi décrivant les interactions entre les véhicules, sans toutefois prendre en compte le comportement de changement de voie ou d'autres manœuvres, est la loi de poursuite. Les modèles conçus selon ce principe sont appelés 'modèles de véhicule suiveur' [25], [28].

Selon le 'modèle de véhicule suiveur', on considère que le conducteur du véhicule qui suit ajuste sa vitesse en fonction du comportement du véhicule qui précède afin de maintenir une distance de sécurité et de maîtriser le freinage. Si le véhicule suiveur ne perçoit pas le véhicule qui le précède du fait d'une grande distance inter-véhiculaire, le conducteur peut effectivement circuler à sa vitesse maximale désirée, dite libre (V_l).

Certaines hypothèses sont formulées pour simplifier la formulation mathématique du modèle. Généralement, la pression par les véhicules suiveurs n'est pas prise en compte et l'influence des véhicules qui précèdent est souvent limitée au seul véhicule immédiatement devant (fig. 3.3).

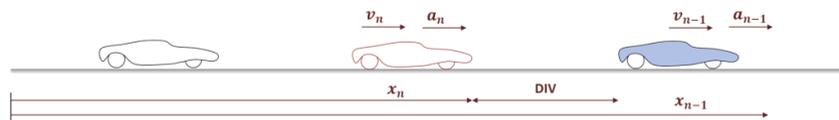


Figure 3.3 - Le scénario du véhicule suiveur

Les variables explicatives de l'accélération (α) du conducteur 'suiveur' sont donc sa vitesse relative ($\Delta V_{n,n-1}$), sa distance par rapport au véhicule précédent (DIV) et sa vitesse absolue (V) juste avant la réaction. La réaction face aux conditions de son environnement s'effectue avec un décalage temporel (T) qui présente le temps de réaction. La forme générale du modèle peut ainsi s'exprimer par la relation :

$$\alpha(t + T) = f(\Delta V_{n,n-1}, V(t), DIV(t)) \quad (6)$$

Passage du microscopique au macroscopique

Sous l'hypothèse d'un trafic homogène et stationnaire, les modèles macroscopiques et microscopiques peuvent être liés en s'appuyant sur les relations entre les variables respectives. Le débit moyen est l'inverse du temps inter-véhiculaire moyen (TIV), pour un flot stationnaire. La concentration moyenne et la distance inter-véhiculaire moyenne (DIV) sont également inverses l'une de l'autre, pour un courant de circulation stationnaire. Les liens s'expriment donc par les relations :

$$Q = \frac{1}{TIV} \quad (7) \quad \text{et} \quad k = \frac{1}{DIV} \quad (8)$$

3.2. LE MODELE DE VAN AERDE

3.2.1. Structure du modèle

Le modèle de Van Aerde (1995) repose sur les relations liant les modèles macroscopiques et microscopiques. Il constitue une fusion du modèle macroscopique de premier ordre de Greenshields (1935) avec le modèle simplifié de véhicule suiveur de Pipes (1953). Il est un modèle à régime unique et son calibrage peut s'effectuer à partir des données expérimentales macroscopiques recueillies sur le site [29].

Transformation du modèle macroscopique de Greenshields en modèle de véhicule suiveur

Selon l'approche de Greenshields [33] à faible concentration, pratiquement nulle, le flot des véhicules circule à vitesse maximale désirée alors que la vitesse du flot diminue de façon linéaire dès que la concentration du trafic augmente. Le modèle propose donc une relation linéaire décroissante entre la vitesse et la concentration du trafic selon la relation suivante:

$$V(k) = \frac{V_l}{k_{max}} (k_{max} - k) \quad \text{ou} \quad k(V) = \frac{k_{max}}{V_l} (V_l - V) \quad (9)$$

En s'appuyant sur la relation fondamentale d'équilibre (1), le modèle propose également une relation parabolique symétrique entre le débit et la vitesse du trafic :

$$Q(V) = V \times k(V) = \frac{k_{max}}{V_l} (V_l V - V^2) \quad (10)$$

Il s'agit d'un modèle à *deux paramètres*, la vitesse maximale, dite libre (V_l) et la concentration maximale (k_{max}), à partir desquelles on peut calculer tous les autres paramètres critiques de l'écoulement suivant les conditions limites (4) et (5). Le diagramme fondamental indique donc les deux caractéristiques principales du modèle. A capacité, le flot des véhicules circule à vitesse critique (V_{cr}) qui est la moitié de la vitesse maximale. Par ailleurs, la concentration maximale en congestion est deux fois plus élevée que celle à capacité (k_{cr}) (*annexe ii.3, fig.1*).

Considérant le trafic homogène et stationnaire, le modèle de Greenshields peut se transformer en modèle microscopique de véhicule suiveur suivant les relations entre les variables macroscopiques et microscopiques (8). La distance inter-véhiculaire s'exprime donc par la relation (*fig. 3.5*) :

$$DIV(V) = \frac{1}{k(V)} = \frac{V_l/k_{max}}{V_l - V} = \frac{c}{V_l - V} \quad (11)$$

Il convient de souligner que le modèle suggère un comportement peu agressif en régime de fluidité qui est toujours affecté par les interactions entre les véhicules même à très faible concentration de trafic (*annexe ii.3, fig.2*).

Le modèle simplifié de véhicule suiveur de Pipes

Il s'agit d'un modèle microscopique dite 'à distance de sécurité' qui vise à décrire la dynamique du véhicule suiveur en relation avec son prédécesseur de sorte à respecter une certaine distance de sécurité [33]. Il suggère, en régime de saturation, une relation linéaire entre la vitesse du véhicule suiveur et la distance inter-véhiculaire avec son prédécesseur. Considérant le facteur de sensibilité (c_s) qui caractérise le *comportement du conducteur*, le modèle suggère que ce dernier maintient une distance de sécurité en fonction de sa vitesse selon la formule suivante :

$$DIV(V) = DIV_{min} + c_s V \quad (12)$$

A faible concentration de trafic, c'est-à-dire à grande distance inter-véhiculaire en régime de fluidité, le véhicule peut effectivement circuler à sa vitesse maximale désirée. Le modèle de Pipes se résume donc pour les deux régimes de circulation par la fonction discontinue suivante :

$$V(DIV) = \min \left(\frac{DIV - DIV_{min}}{c}, V_l \right) \quad (13)$$

Le caractère principal du modèle de véhicule suiveur de Pipes est que la vitesse critique à capacité coïncide avec la vitesse libre, considérant qu'en fluidité le conducteur peut circuler à vitesse maximale sans empêchement (*annexe ii.3, fig.4*).

Il s'agit d'un modèle à *trois paramètres* qui sont la vitesse libre (V_l), la concentration maximale (k_{max}) et le facteur de sensibilité du conducteur (c_s). Considérant le trafic homogène et stationnaire, le modèle macroscopique qui en découle est respectivement un modèle à deux régimes distingués (*annexe ii.3, fig.3*) qui se résume par la fonction discontinue suivante :

$$V(k) = \begin{cases} V_l, & \text{si } k < k_{cr} \\ \frac{1}{k} \frac{DIV_{min}}{c_s}, & \text{si } k > k_{cr} \end{cases} \quad (14)$$

Fusion des deux approches

Le modèle de Van Aerde combine les deux approches précédentes, c'est-à-dire le modèle microscopique de Pipes et celui qui découle du modèle de Greenshields, en un modèle à régime unique selon la formule suivante :

$$DIV(V) = c_1 + c_3V + \frac{c_2}{V_l - V} \quad (15)$$

Considérant le trafic homogène et stationnaire, la relation fondamentale qui découle du modèle de véhicule suiveur de Van Aerde s'exprime par la formule suivante :

$$k(V) = \frac{1}{c_1 + \frac{c_2}{V_l - V} + c_3V} \quad (16)$$

Le calibrage du modèle demande l'estimation de trois paramètres (c_1 , c_2 et c_3) qui se calculent à partir des conditions limites à capacité et à concentration maximale. Elles présentent ainsi des fonctions des quatre paramètres principaux; la vitesse libre, la capacité, la vitesse critique et la concentration maximale selon les relations suivantes :

$$c_1 = \frac{V_l}{k_{max}V_{cr}^2} (2V_{cr} - V_l) \quad (17), \quad c_3 = \frac{1}{Q_c} - \frac{V_l}{k_{max}V_{cr}^2} \quad (18) \quad \text{et} \quad c_2 = \frac{V_l}{k_{max}V_{cr}^2} (V_l - V_{cr})^2 \quad (19)$$

Les deux premiers paramètres du modèle (c_1 et c_3) donnent une augmentation linéaire de la vitesse en fonction de la distance inter-véhiculaire. Le troisième paramètre (c_2) introduit la courbure dans le modèle permettant une transition lisse de la fluidité vers le régime en congestion et contraint la vitesse afin qu'elle n'excède pas la vitesse libre (fig. 3.4).

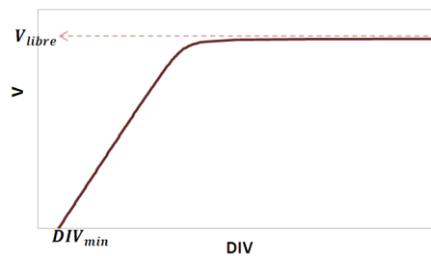


Figure 3.4 - La relation $V=f(DIV)$ qui découle du modèle de véhicule suiveur de Van Aerde

La forme fonctionnelle du diagramme fondamental est à quatre degrés de liberté, ce qui permet à la vitesse critique à capacité de varier et d'être différente de la vitesse libre, comme dans le cas du modèle de Pipes, ou de la moitié de la vitesse libre, comme dans le cas de Greenshields (fig. 3.5).

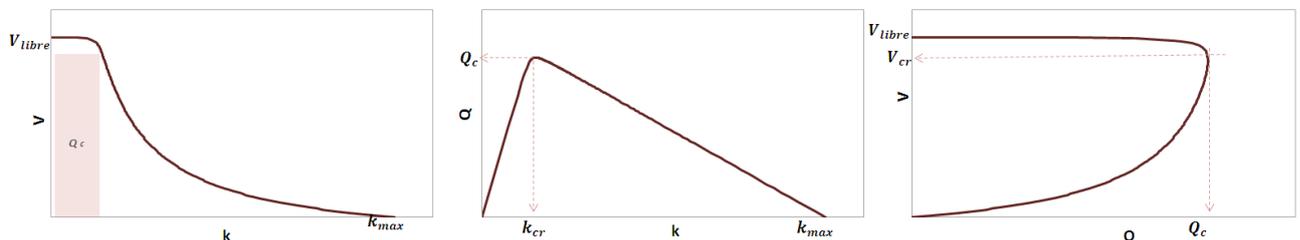


Figure 3.5 - Les courbes du diagramme fondamental représentant les relations $V=f(Q)$, $Q=f(k)$ et $V=f(k)$ de l'expression macroscopique du modèle de véhicule suiveur de Van Aerde

3.2.2. Calibrage et applications

La forme fonctionnelle du diagramme fondamental du modèle peut être calibrée avec l'outil *SPD_CAL* proposé par les auteurs du modèle. La technique d'estimation des paramètres proposée est la méthode des moindres carrés totaux [30]. Prenant en compte que le débit, la vitesse et la concentration sont des variables interdépendantes, il n'est pas très clair quelle variable peut être considérée comme indépendante et donc

constituer la base d'une régression mathématique. La méthode des moindres carrés totaux vise ainsi à minimiser l'erreur orthogonale des données observées par rapport aux données estimées considérant les erreurs sur toutes les variables, dépendantes ou indépendantes.

Le problème d'optimisation se résume donc par la fonction de minimisation de l'erreur orthogonale, la fonction subjective qui constitue la relation fondamentale du modèle et les contraintes qui découlent de la forme du diagramme fondamental :

$$\text{Min } E = \sum_i \left\{ \left(\frac{V_i - \hat{V}_i}{\hat{V}} \right)^2 + \left(\frac{Q_i - \hat{Q}_i}{\hat{Q}} \right)^2 + \left(\frac{k_i - \hat{k}_i}{\hat{k}} \right)^2 \right\} \quad (20)$$

$$\text{Fonction objective } \hat{k}_i = \frac{1}{c_1 + \frac{c_2}{V_i - \hat{V}_i} + c_3 \hat{V}_i} \quad \forall i \quad (21)$$

$$\text{Contraintes } \hat{Q}_i = \hat{V}_i \times \hat{k}_i, \quad \hat{Q}_i, \hat{V}_i, \hat{k}_i \geq 0, \quad \hat{V}_i \leq V_i \quad \forall i \quad (22)$$

où : Q_i, V_i et k_i les données observées, \hat{Q}, \hat{V} et \hat{k} les variables observées et \bar{Q}, \bar{V} et \bar{k} les moyennes respectives de l'échantillon qui réduisent l'impact des unités de mesure sur la somme des erreurs.

Application et comparaison de l'ajustement

Le modèle de Van Aerde offre une forme de diagramme fondamental très souple avec une grande capacité d'ajustement aux données expérimentales de différents types de sites [31]. Par ailleurs il est un modèle à *régime unique* ce qui permet une grande simplicité de calibrage. L'application du modèle aux données expérimentales de l'autoroute A4 montre une très bonne représentation de l'écoulement du trafic en fluidité et en congestion et fournit des points critiques cohérents tenant compte des particularités des voies différentes.

Le modèle linéaire de Greenshields paraît incohérent avec les données expérimentales des voies de type autoroutier. En régime de fluidité ces voies permettent un fonctionnement à grande vitesse qui se maintient même en cas de fluidité dense approchant la capacité de l'infrastructure. Le modèle de diagramme fondamentale de Greenshields indique une forte dégradation de la vitesse et se révèle donc insuffisant pour décrire le fonctionnement des autoroutes à capacité (*annexe ii.3, fig. 5a*).

En revanche, le modèle de Pipes présente un diagramme fondamental rigide en régime de fluidité considérant que le trafic est absolument insensible à l'augmentation de la concentration. Cette approche ne semble cohérente que pour les voies de gauche, dites rapides, dont le trafic est constitué principalement des véhicules légers. Sur les voies médianes ou de droite, où le trafic est plus hétérogène, la baisse de la vitesse libre paraît toutefois importante, même en régime de fluidité (*annexe ii.3, fig. 5b*).

Le modèle de Van Aerde surmonte donc les défauts principaux des précédents modèles et présente une forme de diagramme fondamental très souple pour toutes les trois expressions du diagramme, $V=f(k)$, $Q=f(k)$ et $V=f(Q)$. Il s'avère très sensible à capturer les caractéristiques du trafic notamment à capacité, ce qui est très important pour l'évaluation du fonctionnement de l'infrastructure (*annexe ii.3, fig. 5c*).

Le modèle de Van Aerde présente également des avantages significatifs par rapport au modèle « exponentielle généralisée », couramment utilisé pour le calibrage du diagramme fondamental des voies de type autoroutier. Ce dernier a tendance à surestimer le débit maximum et ainsi à sous-estimer la vitesse critique car sa forme de diagramme fondamental n'est pas assez flexible pour représenter la variation probable brutale de la vitesse à capacité (*annexe ii.3, fig. 5d*).

4. CARACTERISTIQUES CRITIQUES DE L'ÉCOULEMENT DU TRAFIC

4.1. APPLICATION DU MODELE DE DIAGRAMME FONDAMENTAL DE VAN AERDE

La courbe du diagramme fondamental calibrée présente un ajustement très satisfaisant aux données expérimentales des différentes sections de l'axe d'étude. Les différentes voies de notre échantillon présentent des formes de courbe significativement différentes en fonction de leurs propres caractéristiques, comme la vitesse libre, mais également, de leur interaction avec les voies voisines. Le diagramme fondamental nous permet donc de comparer la performance des différentes voies et ainsi de détecter les origines probables des dysfonctionnements.

Les voies de gauche constituent les voies avec les plus grandes capacités compte tenu du fait qu'il s'agit des flux de trafic rapides qui ne se composent pratiquement que des véhicules légers. Les voies médianes présentent un fonctionnement assez similaire avec celui des voies rapides mais à des vitesses légèrement plus faibles. Toutefois les voies médianes présentent une capacité réduite par rapport à celle de la voie de gauche en raison des flux fréquents des manœuvres de changement de voie. Il convient de souligner que les deux voies de gauche permettent en général une fluidité rapide, même lors du fonctionnement optimal à capacité, ce qui peut entraîner par ailleurs une baisse violente de la vitesse en phase de saturation. D'autre part, les voies de droite présentent une capacité limitée et une fluidité à faible vitesse qui se dégrade significativement même à faible concentration du trafic, essentiellement à cause de la présence des poids lourds (*fig.4.1*).

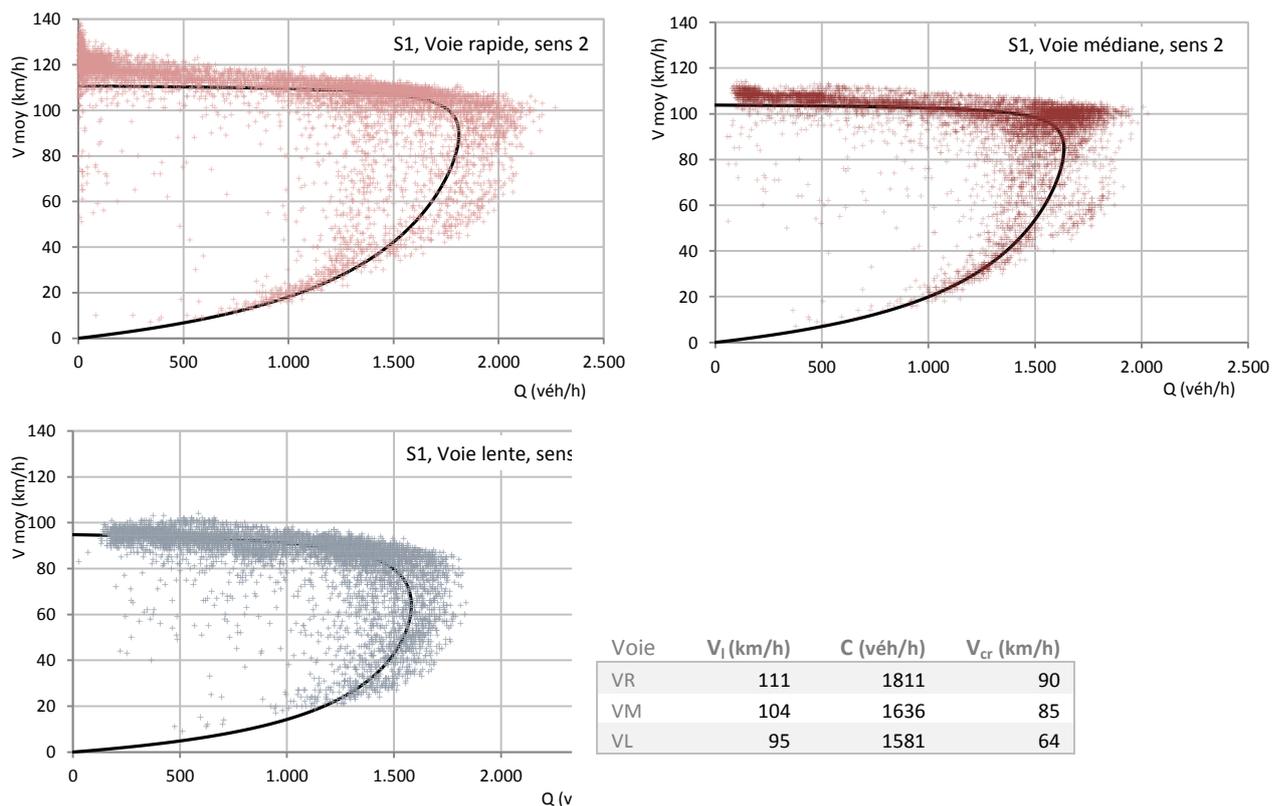


Figure 4.1 - Cas typique de diagramme fondamental de trois voies, section 1, sens 2, données 2013

Néanmoins, certaines sections de l'axe d'étude présentent des caractéristiques de fonctionnement assez particulières qui s'expriment sur la forme de leur diagramme fondamental. La section 3 constitue ainsi un cas exemplaire de bonne utilisation des trois voies, ce qui se traduit par une capacité supérieure à 2 000 véh/h par voie, bien supérieure aux voies des sections à proximité (*annexe ii.4, fig.1*). En revanche, la section 4 appartenant au tronçon commun de l'A4 avec la Francilienne, constitue un cas caractéristique de restriction de capacité à cause des fortes perturbations entraînées par les flux d'entrecroisement (*annexe ii.4, fig.2*). En

outre, les deux voies affectées à la sortie vers la Francilienne N104 présentent un fonctionnement plus lent et perturbé ainsi que des phases importantes de congestion à vitesse pratiquement nulle (*annexe ii.4, fig.3*).

Toutefois, il convient de rappeler qu'au cas où la demande ne paraît pas suffisante, comme dans le cas des sections à l'est de la Francilienne, on risque de sous-estimer le seuil de capacité (*annexe ii.4, fig.4*). Pour le calibrage d'un diagramme fondamental représentatif, il faut que la section présente aussi des mesures en congestion.

Fluctuation de la capacité et des seuils critiques de vitesse par voie

Compte tenu de l'hétérogénéité de l'axe d'étude, on observe une variabilité des caractéristiques critiques par voie et par section, qui s'accroît dans le cas des voies de droite (*annexe ii.4, fig.5*). Ces dernières sont les plus affectées par les dysfonctionnements entraînés par la circulation des poids lourds et des flux d'insertion ou de déboîtement, ce qui peut avoir comme conséquence une forte diminution de capacité et des vitesses. En outre, les voies affectées aux bretelles d'entrée ou de sortie présentant les caractéristiques les plus perturbées, partagent souvent les caractéristiques du réseau secondaire voire local, vu la complexité d'échange (*tableau 4.1*).

La variabilité de la capacité le long de l'axe d'étude entraîne également la création des goulots d'étranglement dans certaines sections où la capacité du total des voies affectées au trafic filant diminue à cause de l'importance des flux d'insertion ou de déboîtement (*annexe ii.4, fig.5*).

Voie	Nb d'estimations	C moy (véh/h)	Ecart/moy	Min C (véh/h)	Max C (véh/h)	C Référence (véh/h)
Rapide	12	1892	8%	1471	2100	2100
Médiane	12	1654	11%	1087	2053	1900
Lente	12	1500	14%	971	2100	1700
Affectée	6	1362	13%	1100	1663	1500

Tableau 4.1 - Synthèse de valeurs de capacité (C) estimées le long de l'axe d'étude, données 2013

Compte tenu des caractéristiques autoroutières de l'axe d'étude et de la qualité de l'infrastructure on observe des vitesses libres importantes avec une faible variation (*tableau 4.2*). Toutefois, la fluctuation de la vitesse critique signifie une subjectivité de la congestion entre les différentes voies ; sur la voie de gauche, qui paraît plus sensible en raison des hautes vitesses, le point de saturation arrive brutalement suite à une diminution de l'ordre de 20% de la vitesse libre, alors que la voie de droite approche la saturation plus doucement supportant une diminution de la vitesse libre de l'ordre de 30% (*tableau 4.3*).

On observe par ailleurs que la concentration critique est bien évidemment assez similaire entre les différentes voies représentant une distance inter-véhiculaire critique entre 40 et 43m suivant la vitesse. Une faible concentration critique signifierait une utilisation problématique de la voie à cause des flux de changement de voies, ce qui peut être assez souvent le cas des voies médianes (*tableau 4.4*).

La diminution de la vitesse libre au point de saturation ainsi que la concentration critique présentent donc des indicateurs lisibles et objectifs du comportement des flux. Ils nous permettent en effet de caractériser d'une part la dégradation et la sensibilité de la fluidité et d'autre part l'efficacité et la sécurité du fonctionnement à la limite de la capacité de l'infrastructure.

Voie	Nb d'estimations	V _l moy (véh/h)	Ecart/moy	Min V _l (véh/h)	Max V _l (véh/h)	V _l Référence (véh/h)
Rapide	12	115	3%	111	122	115
Médiane	12	105	4%	93	115	110
Lente	12	99	4%	91	106	100
Affectée	6	88	13%	73	106	90

Tableau 4.2 - Synthèse de valeurs de vitesse libre (V_l) estimées le long de l'axe d'étude, données 2013

Voie	Nb d'estimations	V _{cr} moy (véh/h)	Δ (V _{cr} -V _l)	Ecart/moy	Min V _{cr} (véh/h)	Max V _{cr} (véh/h)	V _{cr} Référence (véh/h)	Δ (V _{cr} -V _l) référence
Rapide	12	93	-19%	5%	85	103	90	-22%
Médiane	12	85	-19%	8%	51	97	80	-27%
Lente	12	68	-31%	14%	54	89	70	-30%
Affectée	6	62	-30%	19%	40	85	60	-33%

Tableau 4.3 - Synthèse de valeurs de vitesse critique (V_{cr}) estimées le long de l'axe d'étude, données 2013

Voie	Nb d'estimations	K _{cr} moy (véh/km)	Ecart/moy	Min K _{cr} (véh/km)	Max K _{cr} (véh/km)	K _{cr} Référence (véh/km)
Rapide	12	20	9%	16	25	23
Médiane	12	19	8%	15	25	24
Lente	12	23	21%	12	34	24
Affectée	6	23	26%	13	34	25

Tableau 4.4 - Synthèse de valeurs de concentration critique (K_{cr}) estimées le long de l'axe d'étude, données 2013

4.2. APPROCHE PAR NIVEAU DE SERVICE DE CIRCULATION

Le niveau de service de circulation constitue un concept qui nous permet de qualifier les conditions d'écoulement du trafic en s'appuyant sur des valeurs limites de vitesse et de débit. On considère un effet que ces deux paramètres sont intimement corrélés à d'autres paramètres plus subjectifs comme le confort de l'utilisateur, la sécurité, la liberté d'accélération ou de manœuvre, etc.

En pratique, on définit les quatre niveaux principaux de service en s'appuyant sur la courbe du diagramme fondamental liant le débit à la vitesse du flux. Deux seuils de débit correspondant à trois seuils de vitesse, V₁ à 75% de la capacité et V₂ à 90% de la capacité en régime de fluidité (V₁ et V₂ > V_{cr}) et V₃ à 90% de la capacité en régime de saturation (V₃ < V_{cr}), séparent le diagramme fondamental en quatre zones représentant chacune un niveau de service [26]. Dans le cadre de notre analyse, on distingue également un cinquième niveau de service (appelé ici '1 bis') qui caractérise les flux de faible vitesse inférieure à la V_{cr} mais qui correspondent également à une faible concentration inférieure à la K_{cr}, ce qui ne suggère pas une phase de congestion (tableau 4.5 et fig. 4.2).

NSC	Caractéristiques	Seuils
1	Fluidité libre	$Q > 0.75 Q_c$ et $V > V_{cr}$
1 bis	Fluidité lente	$Q < 0.75 Q_c$, $V < V_{cr}$ et $k < k_{cr}$
2	Fluidité dense	$0.75 Q_c < Q < 0.90 Q_c$ et $V > V_{cr}$
3	Fonctionnement à capacité et saturation	$Q > Q_c$
4	Congestion	$Q < 0.90 Q_c$, $V < V_c$ et $k > k_{cr}$

Tableau 4.5 - Détermination des seuils de quatre niveaux de service

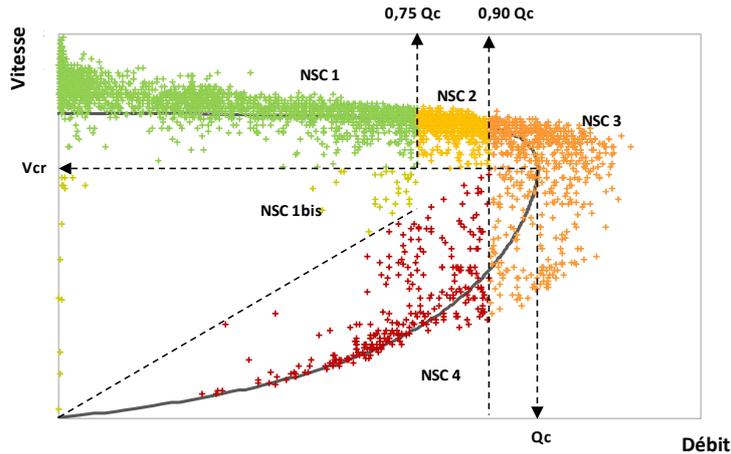


Figure 4.2 - Principe de détermination des quatre niveaux de service

On observe bien évidemment que les seuils caractérisant les niveaux de service de circulation sur l'ensemble des voies étudiées ne sont pas constants mais par contre, ils varient fortement en fonction de la forme du diagramme fondamental de chaque section (*annexe ii.4, tableau 1*). L'approche par niveau de service constitue en effet une approche relative à la perception de la qualité du niveau de service par l'utilisateur. La comparaison des niveaux de service entre les différentes voies et sections doit ainsi s'effectuer avec prudence considérant qu'il n'y a pas une base commune de seuils de référence et donc, un niveau de service donné peut se caractériser par des différentes caractéristiques de trafic suivant la voie étudiée.

Répartition horaire du temps passé par NSC

La répartition temporelle des niveaux de service de circulation s'applique à l'ensemble des mesures de trafic d'une voie ; pour chaque période d'observation d'une heure, on détermine le NSC correspondant par la zone du diagramme fondamental dans laquelle se trouve le point $(V(i), Q(i))$ du nuage selon les critères précédents. Ainsi, on détermine le pourcentage de la répartition temporelle des niveaux de service en estimant la part des points appartenant à une zone donnée par rapport à l'ensemble des points du nuage.

Tenant compte des particularités de chaque voie en termes de fonctionnement, on observe des variations importantes de niveau de service entre les voies (*annexe ii.4, tableau 2*). Les voies de gauche, avec une vitesse critique de 80 à 90 km/h semblent plus sensibles à la congestion avec une part considérable du trafic au niveau 4, alors que les voies de droite avec une vitesse critique plus faible semblent pouvoir fonctionner pendant plus longtemps à capacité au niveau 3 (*fig.4.3*).

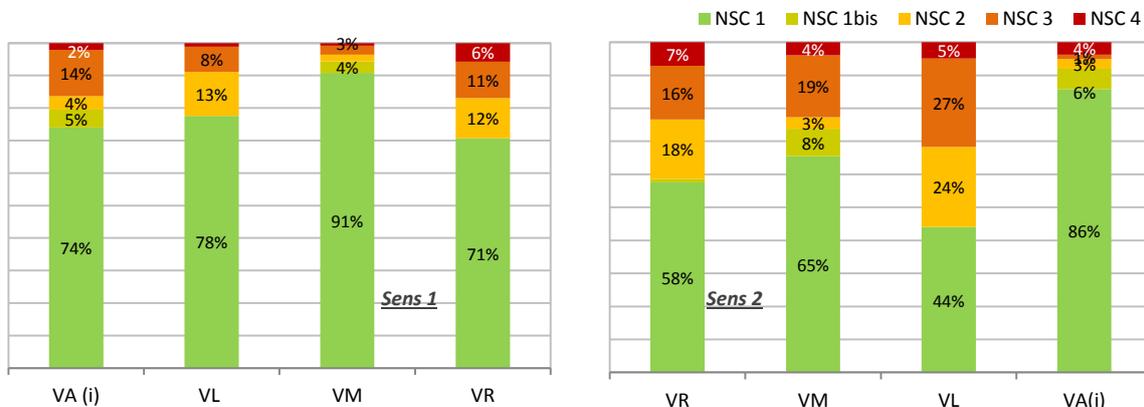


Figure 4.3 - Répartition temporelle des NSC par voie par sens de circulation, section 2, tous les jours, données 2013

Avec l'agrégation des données des différentes voies d'une section, la répartition des niveaux de service par section peut nous donner également une image plus macroscopique caractérisant le fonctionnement global de la section (fig.4.4).

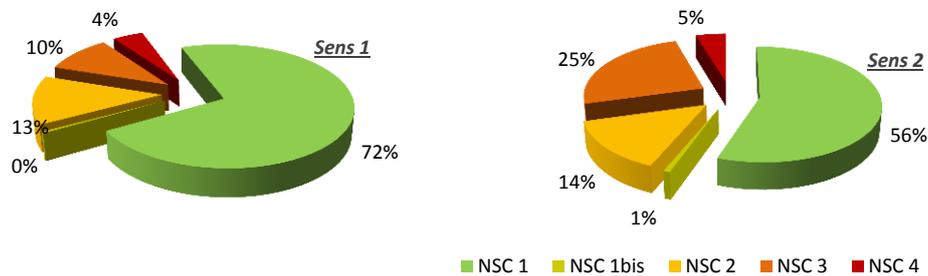


Figure 4.4 - Répartition temporelle des NSC par sens de circulation, section 2, tous les jours, données 2013

En outre, il est intéressant d'examiner la répartition des niveaux de service par tranche horaire afin d'apprécier les conditions récurrentes le long de la journée. Tenant compte de la variation des heures de pointe le long de la semaine, la qualification de l'échantillon en jours ouvrés et jours fériés et week-ends semble également nécessaire. Il s'agit donc du rapport entre le nombre des observations horaires d'une tranche donnée pour tous les jours retenus dans l'échantillon ayant un niveau de service donné et le nombre totale des observations horaires pour tous les jours retenus.

Pendant les jours ouvrés, on observe donc la forte présence du niveau de service 4 indiquant la congestion, pendant l'heure de pointe et notamment du matin. En revanche, pendant les jours fériés et les week-ends, le niveau 4 apparaît comme attendu au cours des heures de pointe du soir. Les voies de gauche semblent plus congestionnées en heure de pointe que les voies de droite, alors qu'en heure creuse, elles présentent une fluidité plus importante que les voies de droite, qui fonctionnent souvent à capacité ou en dense fluidité (annexe ii.4, fig.7-9).

En observant la cartographie analytique de la part de chaque niveau de service par tranche horaire le long de la journée, il convient de souligner que les sections à l'ouest de la Francilienne dans le sens vers Paris, semblent fonctionner principalement à capacité ou en dense fluidité pendant toute la journée, depuis 6 :00 jusqu'à 20 :00, alors qu'on n'observe une véritable fluidité que pendant la nuit. Les sections à l'est de la Francilienne ne présentent pas de tranches horaires au niveau 4, mais fonctionnent à capacité en heure de pointe et en dense fluidité pendant plusieurs heures au cours de la journée (annexe ii.4, tableau 3-8).

Il convient de rappeler finalement que notre analyse s'appuie sur des mesures moyennes horaires de trafic, ce qui entraîne une homogénéisation et une sous-estimation des vitesses minimales par rapport aux comptages de 6 minutes. Considérant que les incidents de dysfonctionnement ou de congestion apparaissent en vagues qui ne durent pas souvent plus d'une heure mais concernent des intervalles plus courtes, le trafic moyen horaire réparti au niveau de service 4 peut être sous-estimée. Dans le cas donc où on observe un niveau 4 majoritaire, celui indique l'apparition des incidents graves qui peuvent persister au cours d'intervalles supérieures à une heure.

5. DYNAMIQUE DES CARACTERISTIQUES CRITIQUES

5.1. EVOLUTION DES INDICATEURS MACROSCOPIQUES ENTRE 2008 ET 2013

L'analyse des données de trafic de 2008 nous permettra de tirer certains enseignements intéressants sur l'évolution des indicateurs entre 2008 et 2013 et donc, des conditions d'écoulement des sections d'étude. Il convient de rappeler que notre analyse, qui porte sur six sections d'étude, concerne des données de trafic agrégées par sens de circulation. Les résultats caractérisent donc les tendances du fonctionnement de chaque section au niveau macroscopique sans tenir compte les particularités de chaque voie.

On observe en général une évolution des débits de trafic entre 2008 et 2013 très variable qui ne poursuit pas une tendance particulière pour l'ensemble des sections de l'axe d'étude. En revanche, les vitesses observées montrent une claire tendance à la baisse lors de cinq dernières années indiquant une dégradation considérable de la fluidité de certaines sections (*annexe ii.5, fig.1*).

Evolution des débits et des vitesses horaires des jours ouvrés

La diminution des débits avec la diminution des vitesses indiquent une forte dégradation des conditions de circulation à l'ouest de la Francilienne, notamment dans le sens vers Paris. Le débit entrant dans Paris a diminué depuis 2008 d'environ 480 véh/h en heure de pointe du matin avec une diminution parallèle de la vitesse de 6 km/h. On observe que l'infrastructure n'arrive pas à satisfaire la demande croissante, notamment en heure de pointe, ce qui entraîne un écoulement saturé avec une baisse considérable des débits et des vitesses (*annexe ii.5, tableaux 1 à 4*).

D'autre part, les sections à l'est de la Francilienne, qui étaient encore loin d'approcher leurs limites de capacité, ont connu une augmentation de leurs débits d'environ 1.2% en moyenne annuelle. Ces sections ont pu absorber depuis 2008 une augmentation du trafic près de 115 véh/h en moyenne sans dégradation apparente de la fluidité. Il convient de souligner toutefois que le trafic de ces sections vers Paris en heure de pointe du matin demeure pratiquement inchangé vu de la saturation des sections en aval, à l'ouest de la Francilienne, qui perturbe l'entrée dans Paris.

Sections	Sens	ΔQ moy		ΔQ HPM		ΔQ HPS	
		%	véh/h	%	véh/h	%	véh/h
1,2,3 à l'ouest de la Francilienne	2	-6%	-204	-10%	-477	-6%	-276
	1	-4%	-125	-6%	-259	-1%	-36
6,7,11 à l'est de la Francilienne	2	6%	112	2%	57	5%	132
	1	6%	115	7%	136	6%	199

Tableau 5.1 - Evolution des débits moyens horaires (Δ TMHA, VL et PL) entre 2008 et 2013 à l'ouest et à l'est de la Francilienne, jours ouvrés, données agrégées 2008 et 2013

Sections	Sens	ΔV moy		ΔV HPM		ΔV HPS	
		%	km/h	%	km/h	véh/h	km/h
1,2,3 à l'ouest de la Francilienne	2	-4%	-4	-7%	-5	-3%	-2
	1	0%	0	-1%	-1	6%	4
6,7,11 à l'est de la Francilienne	2	1%	1	1%	1	0%	0
	1	0%	0	0%	0	0%	0

Tableau 5.2 - Evolution des vitesses moyennes horaires (Δ VMHA) entre 2008 et 2013 à l'ouest et à l'est de la Francilienne, jours ouvrés, données agrégées 2008 et 2013

5.2. EVOLUTION DU DIAGRAMME FONDAMENTAL

L'évolution des indicateurs du trafic suivant l'augmentation de la demande et l'influence d'autres facteurs tels que le comportement des usagers, les aménagements qualitatifs ou la qualité d'intégration de l'autoroute A4 dans le réseau secondaire, a entraîné des changements de fonctionnement sur certaines sections de l'axe d'étude. Ces changements de fonctionnement se traduisent par une modification relative du diagramme fondamental et donc des caractéristiques critiques des sections.

La tendance à la baisse des vitesses depuis 2008 a eu un impact important sur la forme du diagramme fondamental notamment des sections qui ont approché leurs limites de capacité. On observe en effet une diminution de la vitesse critique, ce qui indique une dégradation de la fluidité et un fonctionnement optimal à capacité à plus faible vitesse. Il s'agit d'une tendance à l'augmentation de la concentration du trafic en vue de l'optimisation de la capacité à une plus faible vitesse compte tenu de l'augmentation de la demande (*annexe ii.5, fig.2 et 3*).

On observe donc une augmentation de la concentration critique dans les sections à l'ouest de la Francilienne de 11% en moyenne sans toutefois une évolution considérable de la capacité ; les sections deviennent plus denses et moins 'fluides' (*tableau 5.3*). Les caractéristiques critiques des sections à l'est de la Francilienne demeurent pratiquement inchangées indiquant que les sections ont pu absorber l'augmentation de la croissance des cinq dernières années sans modification de leur fonctionnement (*annexe ii.5, tableau 5*).

Sections	Année	V_i moy (véh/h)	$\Delta\%$	C moy (véh/h)	$\Delta\%$	V_{cr} moy (véh/h)	$\Delta\%$	K_{cr} moy (véh/h)	$\Delta\%$
1,2,3 à l'ouest de la Francilienne	2008	103		5503		84		66	
	2013	102	— -1%	5426	— -1%	75	▼ -11%	74	▲ 11%
6,7 à l'est de la Francilienne	2008	107		4810		84		58	
	2013	106	— -1%	4924	— 2%	87	▲ 4%	57	— -3%

Tableau 5.3 - Synthèse des caractéristiques critiques moyens estimés le long de l'axe d'étude entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013

Evolution des niveaux de service

L'évolution de la répartition du temps passé par niveau de service nous montre l'évolution de la qualité relative du fonctionnement des sections comme perçue par l'utilisateur. Les sections à l'ouest de la Francilienne montrent une augmentation de la part du temps passé au niveau 1 de service ; la baisse des seuils critiques de vitesse a mené à la réduction du temps passé en saturation et donc à l'augmentation du temps passé en fluidité. Dans le cas des sections à l'est de la Francilienne où les seuils critiques demeurent inchangés, on observe une diminution du temps passé en fluidité et par conséquent une augmentation légère du temps passé en saturation (*annexe ii.5, tableau 6*).

Il convient de rappeler que la performance des niveaux de service dépende des seuils caractéristiques suivant la forme du diagramme fondamental. Dans le cas des sections 1 à 3, même si on observe une augmentation du temps passé en fluidité en 2013, cette fluidité n'a plus la même qualité, elle est en effet près de 10% en moyenne plus lente ainsi que 10% en moyenne plus dense que celle en 2008 (*tableau 5.4*). Toutefois, l'infrastructure arrive à satisfaire une demande plus élevée en régime relativement fluide sans donner à l'utilisateur l'impression d'un fonctionnement saturé. On observe donc que le fonctionnement à grande vitesse, typique d'une voie rapide à caractéristiques autoroutières, s'évolue vers un fonctionnement à grande concentration caractéristique des voies denses en milieu urbain.

	Δ NSC 1	Δ NSC 1bis	Δ NSC 2	Δ NSC 3	Δ NSC 4
1,2,3 à l'ouest de la Francilienne	 4%	 0%	 -3%	 -1%	 0%
6,7 à l'est de la Francilienne	 -3%	 1%	 1%	 1%	 0%

Tableau 5.4 - Différence absolue de la répartition du temps passe par niveau de service de circulation entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013

Conclusion de la deuxième partie

L'autoroute A4 constitue un axe très hétérogène qui se compose de sections avec des fortes variations en termes de volume et de nature de trafic. Les différentes voies de la chaussée présentent en outre des caractéristiques très variables le long de l'axe d'étude caractérisant le comportement et donc la qualité du fonctionnement des différentes sections. On observe donc un système complexe et dynamique où les dysfonctionnements apparaissent à l'échelle de la section et se dissipent très rapidement dans les voies à proximité et dans les sections en amont et en aval.

Les sections de l'autoroute à l'ouest de la Francilienne ont déjà approché leurs limites de capacité et ne peuvent pas supporter l'augmentation de la demande sans dégradation importante de leur fonctionnement. Elles présentent un fonctionnement de plus en plus dense et lent avec des phases considérables de congestion en heure de pointe qui se dissipent vers les sections à l'est de la Francilienne. Ces dernières même si elles semblent ne pas avoir encore approché leurs limites de capacité, elles présentent des difficultés importantes en heure de pointe notamment dans le sens vers Paris.

La présence de poids lourds dans les flux ainsi que la courte distance entre les diffuseurs qui favorisent les mouvements transversaux constituent des facteurs aggravants de la qualité des conditions de circulation et augmentent le risque de perturbations. La répartition problématique du trafic sur les différentes voies de la chaussée, la faible occupation de certaines voies ou la grande différence des vitesses des différentes voies présentent des effets fréquents qui pénalisent la capacité et la fluidité de l'autoroute. Dans la dernière partie de notre étude, on s'intéresse à comprendre et évaluer ces effets et à proposer des pistes de réflexion en vue de leur atténuation.

Partie III. DIAGNOSTIC ET PISTES DE REFLEXION

Introduction de la troisième partie

Cette dernière partie consiste à synthétiser notre analyse et à établir un diagnostic du fonctionnement de l'autoroute. Tout d'abord, on vise à donner une vue synoptique des zones sensibles à la congestion afin de présenter le comportement macroscopique de l'axe d'étude en termes de vitesse et de temps de parcours. Ensuite, on met l'accent sur certains dysfonctionnements ponctuels qui nous permettront de lier le comportement macroscopique de l'axe avec les problématiques au niveau de la voie de la section.

L'objectif est de conclure sur certains éléments clés qui nous mèneront à une réflexion sur des mesures de gestion du trafic qui pourraient contribuer à l'amélioration de la performance de l'axe d'étude. La bonne répartition du trafic sur les voies, l'organisation des flux des poids lourds ainsi que des flux d'insertion et l'atténuation des grands différentiels des vitesses constituent des importantes cibles qui pourraient avoir des effets bénéfiques sur la qualité de la fluidité et l'apaisement des phénomènes de congestion.

1. SYNTHÈSE DE RESULTATS

1.1. PROFIL JOURNALIER

Le trafic en heure de pointe paraît relativement important pour toutes les sections depuis Paris jusqu'à Crécy (sections 1 à 11), à l'est de Marne-la-Vallée, indiquant la forte influence des déplacements réguliers pour le motif domicile travail. Toutefois, on n'observe des débits supérieurs à 4 000 véh/h en heure de pointe que sur les sections 1 à 7, entre Noisy-le-Grand et Val d'Europe. Ces dernières sont particulièrement touchées par la baisse des vitesses et sont susceptibles de présenter des phases importantes de congestion.

Les sections à l'ouest de la Francilienne A104, présentent un profil journalier assez similaire avec des débits importants dans le deux sens qui dépassent les 5 000 véh/h en heure de pointe. On observe, en particulier, la plus forte baisse des vitesses le matin dans le sens 2 vers Paris et le soir dans le sens 1 (*annexe iii.1, fig.1 et 2*). Les sections 1 à 5 semblent fortement congestionnées dans le sens 2 entre 8 :00-9 :00. Dans le sens 1, les sections 1 à 3, à l'ouest de la N104 sont les plus touchées par la congestion entre 18 :00-19 :00, alors que les sections 4 et 5 du tronçon commun semblent plus fluides.

D'une part, on observe donc que l'entrée dans la petite couronne s'aggrave depuis la section 5, suite à la jonction des flux de l'A4 et de la Francilienne A104 ce qui entraîne des incidents de congestion qui se dissipent à l'est vers les sections 6 et 7, jusqu'à Val d'Europe. D'autre part, la sortie de la petite couronne vers l'est semble perturbée notamment jusqu'à l'échangeur avec la Francilienne N104 et n'a pas des effets sur les sections à l'est (*fig. 1.1*).

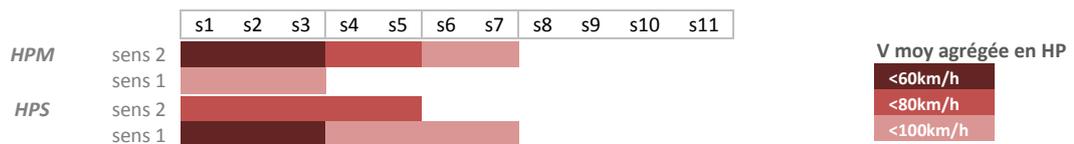


Figure 1.1 - Localisation des zones sensibles à la congestion en heure de pointe le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

La variation du temps de parcours entre les sections 1 et 7 (itinéraire d'environ 18 km) le long de la journée révèle en outre l'apparition et l'intensité des incidents réguliers de congestion (*annexe iii.1, fig.3*). La difficulté d'entrée dans la petite couronne entraîne une augmentation du temps de parcours (estimé d'environ 10 min entre les sections 1 et 7 en heure creuse) près de 24 % en moyenne le matin et près de 18% le soir (*annexe iii.1, tableau 1*). En revanche, le temps de parcours dans le sens de sortie présente une augmentation de 31% le soir du principalement aux forts ralentissements entre Noisy-le-Grand et la N104, entre les sections 1 et 3 (*fig.1.2*).

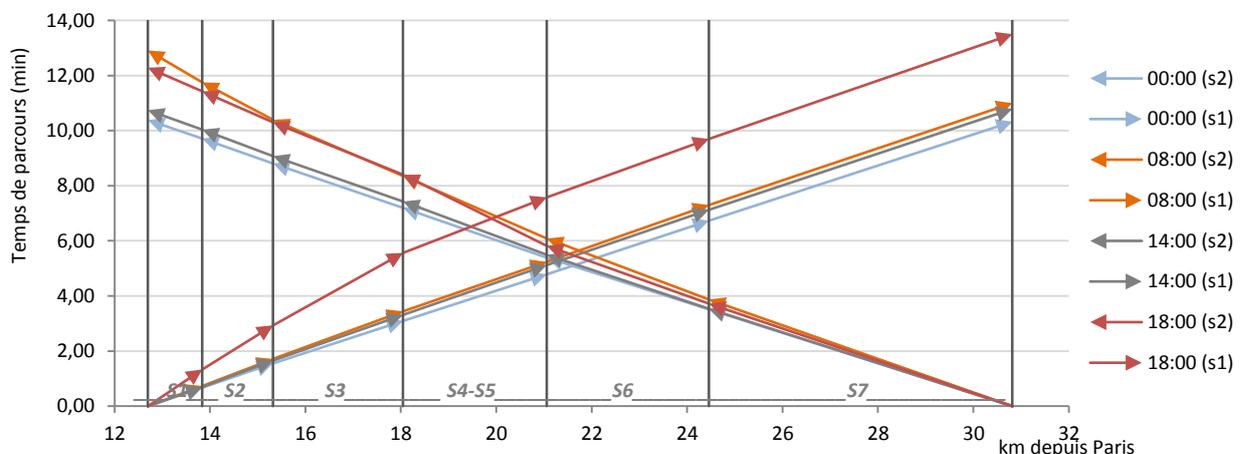


Figure 1.2 - Variation du temps de parcours entre les sections 1 et 7 dans les deux sens de circulation, jours ouvrés, données 2013

Différence des vitesses

En observant le comportement macroscopique de l'axe d'étude entre Noisy-le-Grand et Val d'Europe, on pourrait synthétiser les sections en trois groupes en fonction des vitesses moyennes de parcours ; une première groupe entre Noisy-le-Grand et la Francilienne N104 (sections 1 à 3), une deuxième groupe avec les sections du tronçon commun (sections 4 et 5), et une troisième groupe à l'est de la Francilienne jusqu'à Val d'Europe (sections 6 et 7) (fig.1.3). Ces trois groupes de sections nous aident à observer l'évolution de la vitesse de l'itinéraire entre Marne-la-Vallée et Paris et donc l'apparition de zones de ralentissement au cours de journée.

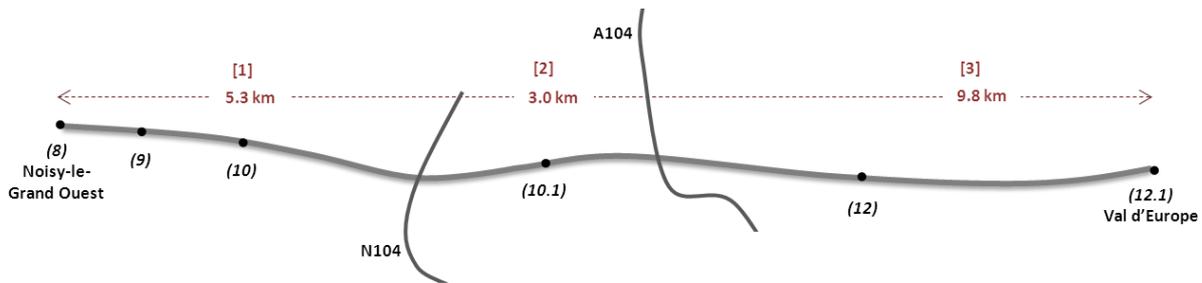


Figure 1.3 - Regroupement des sections 1 à 7 en trois parties caractéristiques en fonction de la vitesse moyenne de parcours

Dans le sens 2, on observe en heure de pointe du matin une dégradation progressive de la vitesse principalement due à l'accumulation des flux d'insertion dans l'autoroute en approchant Paris. En heure de pointe du soir, on observe une dégradation de la vitesse jusqu'au tronçon commun de l'A4 avec la Francilienne qui présente les caractéristiques d'un goulot d'étranglement (annexe iii.1, tableau 2). Dans le sens 1, en heure de pointe du soir on observe également l'apparition d'un goulot d'étranglement à la hauteur du tronçon commun qui empêche les flux de sortie vers l'est (fig. 1.4).

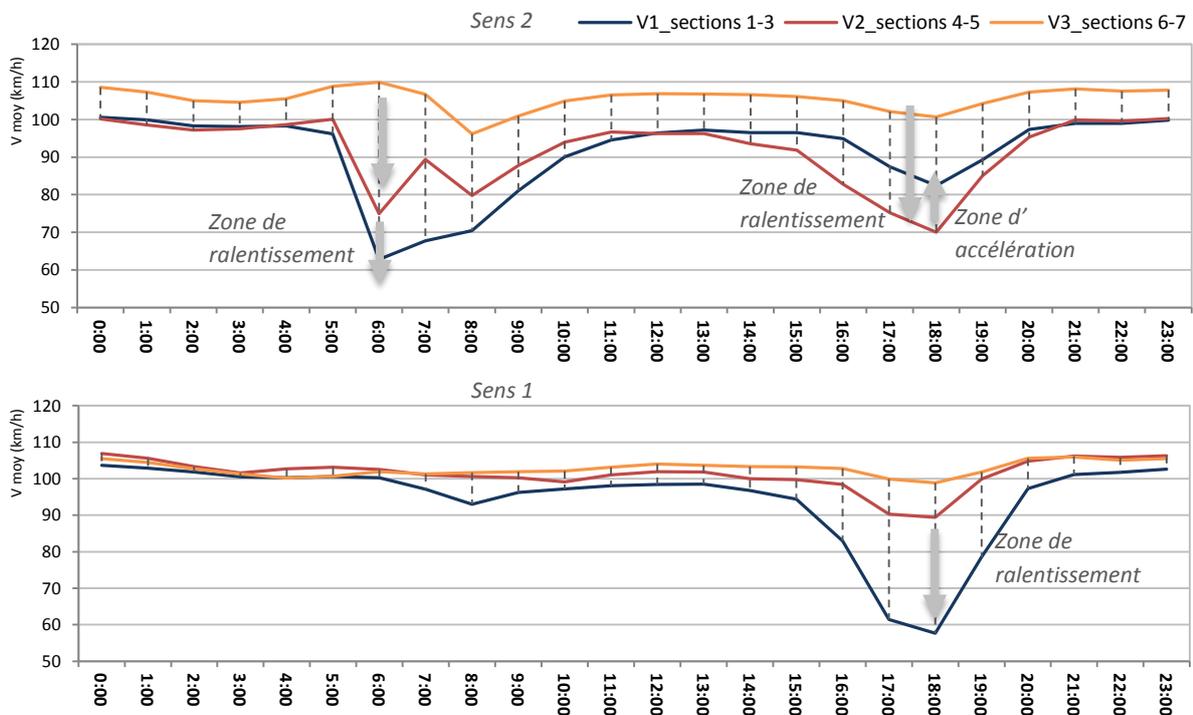


Figure 1.4 - Différence des vitesses entre les trois groupes de sections (1-3, 4-5 et 6-7) le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

1.2. UTILISATION DES VOIES

En analysant la charge du trafic par voie le long de l'axe d'étude, on observe que les sections à plus de trois voies à proximité des points d'échange présentent une répartition problématique du flux sur les différentes voies. Les manœuvres fréquentes de changement de voie entraînent une sous-utilisation des voies médianes et une diminution, par conséquent, de leur capacité (*tableau 1.1*). Il convient de souligner que ces problématiques ponctuelles s'accroissent lorsqu'il s'agit de sections qui supportent des grands volumes de trafic et fonctionnent pendant plusieurs heures à capacité, comme les sections à l'ouest de la Francilienne.

	Capacité moyenne (véh/h)	Diminution %
Voie médiane ordinaire	1764	
Voie médiane impactée par les entrecroisements	1325	-25%
Voie de droite (lente) ordinaire	1681	
Voie de droite (lente) impactée par les entrecroisements	1223	-27%

Tableau 1.1 - Diminution de la capacité des voies médianes et de droite à cause des flux d'entrecroisement, *données 2013*

Présence des poids lourds

Les zones à forts entrecroisements perturbent également le comportement des poids lourds qui peuvent circuler sur la voie médiane contraignant sa capacité. En effet, la présence des poids lourds sur les voies de gauche constitue un élément indiquant l'importance des manœuvres de changement de voies sur la zone. On observe en outre que la présence des poids lourds a un impact sur la dégradation de la fluidité, c'est-à-dire que la voie fonctionne plus longtemps à des vitesses plus basses et que la vitesse critique est plus faible que celle d'autres voies (*annexe iii.1, tableau 3*).

Concentration critique et congestion

On observe que les voies qui sont bien utilisées, c'est-à-dire que le trafic est réparti équitablement sur les différentes voies de la section, peuvent fonctionner à forte concentration, de l'ordre de 25 véh/km, en approchant leur capacité. Par conséquent, ces voies peuvent fonctionner à capacité et préserver des débits élevés pendant plus longtemps et donc présenter une faible part de temps passé au niveau de service 4 de congestion (*annexe iii.1, tableau 4*).

Les sections donc où on observe une concentration critique élevée qui s'accompagne également d'une vitesse critique relativement faible semblent plus fluides peuvent fonctionner pendant plus longtemps aux niveaux de service 2 et 3. En revanche, les sections où on observe des vitesses critiques élevées ainsi que des faibles concentrations par voie à cause des flux importants d'entrecroisement, comme dans le cas du tronçon commun entre l'A4 et la Francilienne, présentent des baisses violentes de vitesse et un fonctionnement facilement congestionné comme perçu par l'utilisateur (*tableau 1.2*).

Sens	PL%	Qc moy/voie (véh/h)	Vcr moy/voie (km/h)	Kcr moy/voie (véh/km)	$\Delta (V_I - V_{cr})$ %	NSC 3 %	NSC 4 %
<i>Section 1</i>							
2	5%	1676	78	21	-24%	29%	8%
1	6%	1610	63	25	-36%	12%	3%
<i>Section 2</i>							
2	10%	1556	73	21	-20%	25%	5%
1	9%	1640	64	26	-36%	10%	4%
<i>Section 3</i>							
2	5%	1793	80	22	-23%	29%	4%
1	6%	2084	78	27	-29%	15%	2%
<i>Section 4</i>							
2	10%	1206	84	14	-16%	18%	7%
1	9%	1648	82	20	-24%	8%	1%
<i>Section 6</i>							
2	6%	1711	81	21	-26%	5%	1%
1	6%	1835	83	22	-23%	6%	0%
<i>Section 7</i>							
2	5%	1574	80	20	-29%	4%	1%
1	5%	1620	94	17	-15%	6%	0%

Tableau 1.2 - Synthèse des valeurs critiques par section, *données 2013*

2. PISTES DE REFLEXION

Régulation des vitesses

La régulation de vitesses consiste à donner aux conducteurs des consignes variables de vitesse à respecter sur une section du réseau ce qui permettrait d'homogénéiser les vitesses des flux de chacune des voies de circulation. Vu qu'un différentiel de vitesse entre les voies de la section peut être un facteur aggravant du risque de congestion, considérant les interactions qui vont apparaître entre véhicules, la mesure de régulation des vitesses vise à diminuer les flux transversaux dans la section. Cette mesure, mis en place lorsque le trafic monte en charge et approche de la saturation, permettrait donc une meilleure utilisation des différentes voies et donc une augmentation de la capacité de l'infrastructure en préservant plus longtemps à des niveaux élevés le débit et favorisant un fonctionnement dense et homogène.

Dans notre cas d'étude, on observe que les voies de gauche de l'autoroute permettent des vitesses élevées de l'ordre de 110 à 90 km/h même en approchant la capacité, ce qui entraîne une confusion des flux en vue des manœuvres de changement de voie et par conséquent une baisse brutale de la vitesse en approchant la capacité. La mesure de régulation des vitesses paraît donc cohérente avec les problématiques des sections à l'ouest de la Francilienne (sections 1 à 5) où on observe plusieurs cas de sous-occupation des voies et des flux considérables d'entrecroisement.

	Exemple de voie médiane sous-occupée	Voie médiane de référence	Δ %
Vitesse critique (km/h)	90	70	-22%
Concentration critique (véh/km)	15	25	67%
Capacité (véh/h)	1352	1750	29%

Tableau 2.1 - Exemple des caractéristiques d'une voie médiane sous-occupée par rapport à celles d'une voie de référence

En outre, tenant compte de la diminution des vitesses le long de l'itinéraire entre Val d'Europe et Noisy-le-Grand en approchant Paris ainsi que la dégradation brutale à la hauteur de la Francilienne, la régulation des vitesses à l'est de la Francilienne (sections 6 et 7) dans le sens 2 vers Paris paraît également intéressante. Elle pourrait en effet atténuer les zones de ralentissement et assurer une diminution souple des vitesses ce qui contribuerait à retarder voire éviter l'apparition des phénomènes de congestion et améliorer le temps de parcours de l'itinéraire d'entrée dans Paris.

	V à l'ouest du tronçon commun A4/Francilienne			V du tronçon commun A4/Francilienne		V à l'est du tronçon commun A4/Francilienne
			Δ %		Δ %	
Sens 2	6:00	63	-16%	75	-32%	110
	7:00	68	-24%	89	-16%	107
	17:00	87	16%	75	-26%	102
	18:00	82	18%	70	-30%	101

Tableau 2.2 - Exemple des grandes différences des vitesses moyennes de parcours entre Noisy-le-Grand et Val d'Europe, jours ouvrés, données 2013

Dans notre cas d'étude il s'agit donc d'un double objectif ; la mesure de régulation des vitesses pourrait contribuer d'une part à l'augmentation de l'occupation de certaines voies et donc à l'amélioration de la capacité des sections et d'autre part à homogénéiser les vitesses le long de l'axe d'étude et atténuer les effets des goulots d'étranglement qui apparaissent.

Cette mesure pourrait être également accompagnée par une mesure connexe concernant le trafic des poids lourds en vue de l'atténuation de leurs effets sur le trafic. Dans certaines sections, notamment dans celles à plus de trois voies, on observe l'apparition des poids lourds sur la voie médiane ce qui entraîne la diminution de

la vitesse de cette dernière et l'accentuation des flux d'entrecroisement. L'interdiction de dépasser pour les poids lourds et l'organisation de leur flux sur une seule file sur la voie de droit, pourrait donc avoir des effets bénéfiques sur la fluidité de l'écoulement du trafic ainsi que sur l'amélioration de la capacité des voies de gauche.

Régulation d'accès

La régulation des accès par feux présente également une mesure qui pourrait contribuer à l'amélioration des conditions du trafic notamment à l'ouest de la Francilienne. Elle consiste en effet à maintenir de bonnes conditions de trafic sur l'axe principal par filtrage du débit entrant en utilisant des zones de rétention temporaire sur le réseau secondaire. Cette mesure de régulation pourrait améliorer la fluidité des flux entre Noisy-le-Grand et la Francilienne, notamment dans le sens 1 de sortie, où on observe des flux de débits d'insertion importants dans l'autoroute qui favorise la apparition des zones à caractéristiques de goulots d'étranglement.

Conclusion de la troisième partie

On observe que les problématiques de dysfonctionnement de l'autoroute A4 découlent principalement de la difficulté d'intégration de l'axe dans le réseau secondaire. L'hétérogénéité du trafic entre les différentes voies ainsi que les différentes sections le long de l'axe d'étude indique l'importance de l'environnement urbain de l'autoroute qui favorise le trafic local et les échanges fréquentes. La stratégie de gestion du trafic devra donc mener à un 'fonctionnement urbain', dense, efficace et sécurisé qui pourrait accompagner le développement urbain de la zone. La multiplication des points d'échange entre l'autoroute et le réseau secondaire contraignent les caractéristiques autoroutiers, tels que les grandes vitesses ou la liberté des manœuvres et demande une gestion de trafic comparable à celle des voies rapides périphériques et des réseaux routiers urbains à forte densité.

Points d'étude à développer

Il serait intéressant d'analyser le profil journalier de certaines sections sensibles à l'échelle de mesures de 6 minutes afin de préciser les intervalles où on devrait mettre en œuvre une régulation dynamique du trafic. On pourrait également observer l'apparition des courtes phases de congestion le long de l'axe d'étude qui peuvent être sous-estimées à l'échelle des données horaires. En outre, il serait intéressant de suivre une approche basée sur l'étude des ondes cinématiques et d'observer la création et la vitesse des ondes de choc.

CONCLUSION

Ce travail consiste à effectuer un diagnostic global du fonctionnement de l'autoroute A4 en Ile-de-France considérant à la fois le contexte territorial et historique de sa planification et les caractéristiques actuelles de l'écoulement du trafic. Notre étude s'inscrit dans une réflexion générale sur la stratégie de gestion du trafic et vise à offrir au concessionnaire du réseau une meilleure compréhension des enjeux à l'échelle territoriale ainsi que locale, au niveau de la section routière.

L'évolution des objectifs et de la demande de déplacement depuis la planification de l'autoroute A4 a mené à une problématique complexe qui s'exprime au niveau quotidien sur les conditions de circulation du trafic. On observe que l'A4 constitue aujourd'hui à la fois le seul axe radial du réseau est de la région, assurant la liaison entre Paris et les rocade de l'A86 et la Francilienne, et une 'autoroute périphérique' desservant les pôles urbains de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée. En même temps, l'A4 constitue une autoroute interurbaine qui doit assurer les trajets de longue distance entre Paris et les régions est de la France.

On observe enfin que ces différents rôles de l'autoroute se contredisent sur plusieurs points. Le trafic local régulier surcharge le réseau en heure de pointe et crée des flux importants d'entrecroisement pénalisant le trafic interurbain de transit. D'autre part la circulation des poids lourds assurant des trajets de longue distance perturbe la capacité et la fluidité des sections et limite la liberté des manœuvres des flux locaux. Le fonctionnement donc d'une autoroute interurbaine dans un environnement dense urbain à forte demande de déplacement se révèle complexe et nécessite une bonne planification et gestion du trafic.

BIBLIOGRAPHIE

Partie i

Documents SDRIF

1. DRIEA IDF, *Le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région de paris de 1965 (SDRAUP)*, mis en ligne par Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Ile-de-France, consulté le 01 juillet 2014 (<http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/le-schema-directeur-d-amenagement-r280.html>)
2. DRIEA IDF, *Le Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile-de-France de 1976*, mis en ligne par Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Ile-de-France, consulté le 01 juillet 2014 (<http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/le-schema-directeur-d-amenagement-r279.html>)
3. DRIEA IDF, *Le Schéma Directeur de la Région d'Ile-de-France de 1994 (SDRIF)*, mis en ligne par Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Ile-de-France, consulté le 01 juillet 2014 (<http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/sdrif-1994-r11.html>)
4. DRIEA IDF, *Schéma Directeur de la Région d'Ile-de-France, Projet adopté par délibération du conseil régional le 25, septembre 2008*, mis en ligne par la Commission particulière du débat public, Réseau de transport public du Grand Paris, consulté le 01 juillet 2014 (http://www.debatpublic-reseau-grandparis.org/site/SDRIF_COM/FILEADMIN/UNLOUD_FILE/DOC_ACCUEIL/SDRIF.PDF)
5. DRIEA IDF, *Le Schéma Directeur de la Région d'Ile-de-France horizon 2030 (SDRIF)*, mis en ligne par Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Ile-de-France, consulté le 01 juillet 2014 (<http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/sdrif-horizon-2030-r1999.html>)

Thèses et études

6. AW T. (2010), *La ville nouvelle de Marne-la-Vallée et son insertion dans la dynamique francilienne, Evaluation des enjeux du renforcement de la structure polycentrique sur les systèmes de déplacements*, Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées & Université Paris-Est, Ecole doctorale Ville, Transports et Territoires, Laboratoire Ville Mobilité Transport
7. BREVET N. (2008), *Mobilités et processus d'ancrage en ville nouvelle : Marne-la-Vallée, un bassin de vie ? Etude des mobilités résidentielles et des mobilités quotidiennes*, Thèse de doctorat, Université Paris-Est & Institute d'urbanisme de Paris, Centre de recherche sur l'Espace, les Transports, l'Environnement et les Institutions Locales
8. IMBERT C., BRUNE A. et ROZENHOLC C. (2011), *Les villes nouvelles franciliennes : un exemple de périphéries urbaines en cours de maturation*, Espace populations sociétés [En ligne], mis en ligne le 31 décembre 2013, consulté le 08 juillet 2014 (<http://eps.revues.org/4728>)
9. INSEE, *Les villes nouvelles - Atlas statistique 1968-1999*, min en ligne par l'Institut national de la statistique et des études économiques, consulté le 08 juillet 2014 (<http://www.insee.fr/fr/regions/idf/default.asp?page=publications/dossiers/dossiers.htm>)

Publications EPA Marne/EPA France

10. *Marne-la-Vallée un territoire à investir, Rapport d'activités 2012* EPAMARNE/EPAFRANCE, mis en ligne par les Etablissements publics d'aménagement de Marne-la-Vallée, consulté le 03 mars 2014 (<http://etablissements.epa-marnelavallee.fr/EPAMARNE-EPAFRANCE/Docutheque>)
11. *40 ans de projets pour un avenir durable, Rapport d'activités 2011* EPAMARNE/EPAFRANCE, mis en ligne par les Etablissements publics d'aménagement de Marne-la-Vallée, consulté le 03 mars 2014 (<http://etablissements.epa-marnelavallee.fr/EPAMARNE-EPAFRANCE/Docutheque>)
12. *Marne-la-Vallée vivre demain, dès aujourd'hui, Rapport d'activités 2010* EPAMARNE/EPAFRANCE, mis en ligne par les Etablissements publics d'aménagement de Marne-la-Vallée, consulté le 03 mars 2014 (<http://etablissements.epa-marnelavallee.fr/EPAMARNE-EPAFRANCE/Docutheque>)
13. *Marne-la-Vallée la vitalité verte, Rapport d'activité 2009* EPAMARNE/EPAFRANCE, mis en ligne par les Etablissements publics d'aménagement de Marne-la-Vallée, consulté le 03 mars 2014 (<http://etablissements.epa-marnelavallee.fr/EPAMARNE-EPAFRANCE/Docutheque>)
14. *Rapport d'activité 2008* EPAMARNE/EPAFRANCE, Etablissements publics d'aménagement de Marne-la-Vallée, Centre de documentation, Noisiel, consulté le 26 mars 2014

15. *Rapport d'activité 2007 EPAMARNE/EPAFRANCE*, Etablissements publics d'aménagement de Marne-la-Vallée, Centre de documentation, Noisiel, consulté le 26 mars 2014
16. *Rapport d'activité 2006 EPAMARNE-EPAFRANCE*, Etablissements publics d'aménagement de Marne-la-Vallée, Centre de documentation, Noisiel, consulté le 26 mars 2014
17. *Rapport d'activité 2005 EPAMARNE-EPAFRANCE*, Etablissements publics d'aménagement de Marne-la-Vallée, Centre de documentation, Noisiel, consulté le 26 mars 2014
18. *Rapport d'activité 2004 EPAMARNE-EPAFRANCE*, Etablissements publics d'aménagement de Marne-la-Vallée, Centre de documentation, Noisiel, consulté le 26 mars 2014
19. *Marne la Vallée en chiffres 1999 EPAMARNE-EPAFRANCE*, Etablissements publics d'aménagement de Marne-la-Vallée, Centre de documentation, Noisiel, consulté le 26 mars 2014

Partie ii

Guides et manuels

20. CERTU (2009), *Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines ICTAVRU*, Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, mars 2009
21. CERTU (2003), *Conception des accès sur Voies Rapides Urbaines de Type A (VRU A)*, Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, mars 2003
22. SETRA (2012), *Panorama des systèmes de recueil de données de trafic routier*, Rapport d'études, Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements, novembre 2012
23. Transportation Research Board, *Highway Capacity Manual (HCM, 2000)*, TRB, National Research Council, Washington DC
24. BUISSON C. et LESORT J.B. (2010), *Comprendre le trafic routier, Méthodes et calculs*, Direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer, Editions du CERTU 2010
25. COHEN S. (1993), *Ingénierie du trafic routier, Eléments de théorie du trafic et applications*, Presses de l'ENPC, Edition 1993
26. LANCELIN C., ZHANG M. (2007), *Guide Méthodologique, Niveaux de service de circulation des voies rapides urbaines de type A*, Direction régionale de l'Équipement Ile de France, Edition 2.2 du 2 août 2007

Thèses et mémoires

27. COSTESEQUE G. (2011), *Analyse et modélisation du trafic routier: Passage du microscopique au macroscopique*, Mémoire de master MEGA, IFSTTAR, ENPC, I Prix abertis
28. PRINCETON J. F. (2011), *Pratiques innovantes d'exploitation des réseaux routiers en lien avec la mobilité durable, Une nouvelle approche d'évaluation*, Thèse de doctorat, IFSTTAR & Université Paris-Est, Ecole doctorale Ville, Transports et Territoires

Publications internationales

29. RAKHA H (2009), *Validation of Van Aerde's simplified steady-state car-following and traffic stream model*, Transportation letters: The international Journal of Transportation Research volume 1 Issue 3: pp.227-244
30. RAKHA H. and ARAFEH M. (2009), *Calibrating Steady-State Traffic Stream and Car-following Models using Loop Detector Data*, Transportation Science, DOI: 10.1287/trsc.1090.0297
31. RAKHA H. and CROWTHER B. (2002), *Comparison of Greenshields, Pipes, and Van Aerde Car-following and Traffic Stream Models*, Transportation Research Record , No. 1802, pp. 248-262
32. VAN AERDE M. and RAKHA H. (1995), *Multivariate Calibration of Single-Regime Speed-Flow-Density Relationships*, Vehicle Navigation and Information Conference (VNIS), IEEE, Piscataway NJ, USA 95CH35776, pp.334-341
33. Transportation Research Circular, Number E-C149, *75 Years of The Fundamental Diagram for Traffic Flow Theory*, Greenshields Symposium, July 8-10, 2008, Woods Hole, Massachusetts, Transportation Research Board of the National Academies, June 2011

Partie iii

Guides et manuels

34. SETRA (2013), *Projets de gestion du trafic, Recueil des fiches mesures, Mise en oeuvre de l'exploitation de la gestion du trafic*, Guide technique, Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements, juin 2013

ANNEXES

Annexe i.1. Contexte territorial



Figure 1 - L'agglomération parisienne et les villes nouvelles franciliennes (source : INSEE - Recensement de la population 2011)

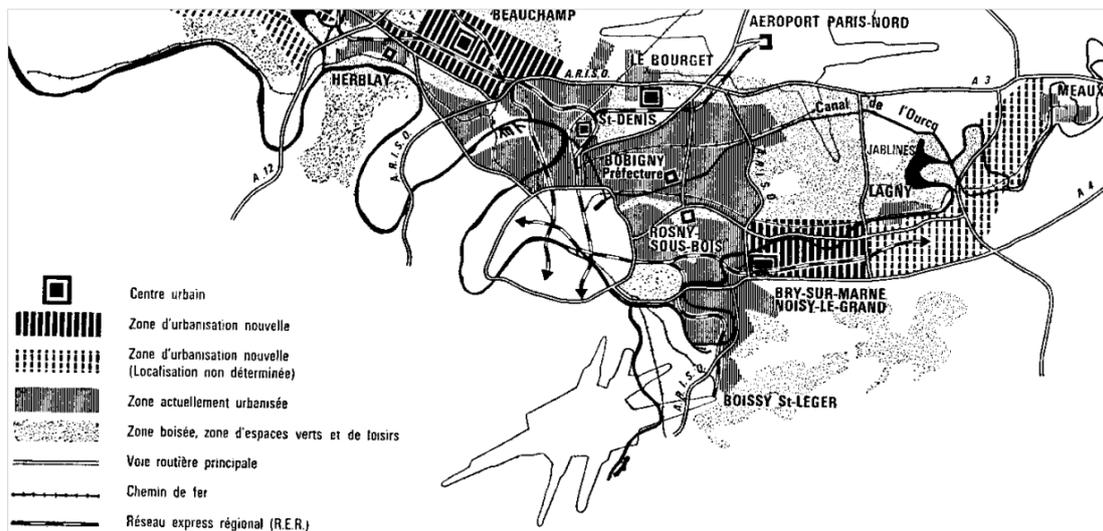


Figure 4 - Principe d'aménagement des zones nord et est, croquis schématique (source : SDAURP 1965 [1])

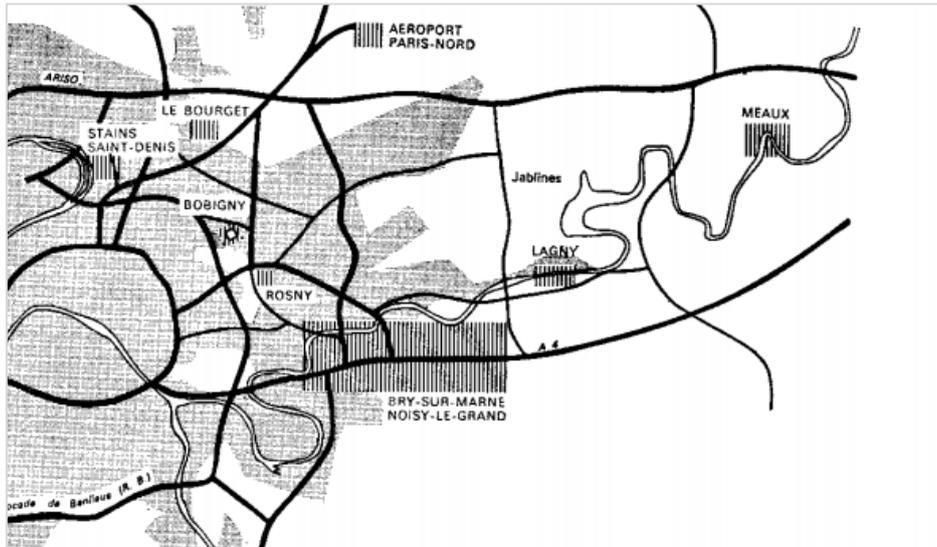


Figure 5 - Réseau routier principal, la vallée de la Marne et la région Nord-Est (source : SDAURP 1965 [1])

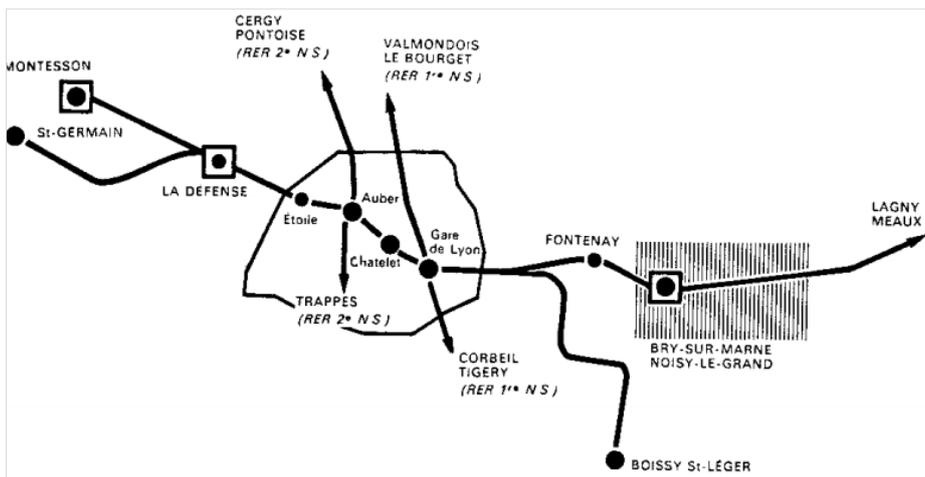


Figure 6 - Réseau express régional, ligne transversale Est-Ouest (source : SDAURP 1965 [1])

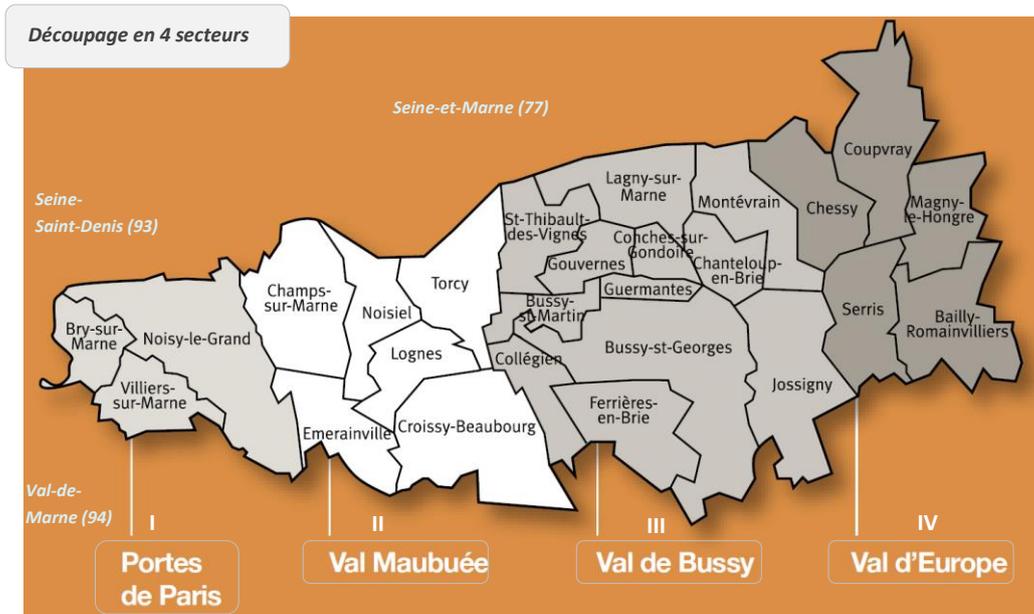


Figure 7 - Les 26 communes de Marne-la-Vallée réparties en quatre secteurs administratifs (source : Rapport d'activités 2010 EPAMARNE/EPAFRANCE [12])

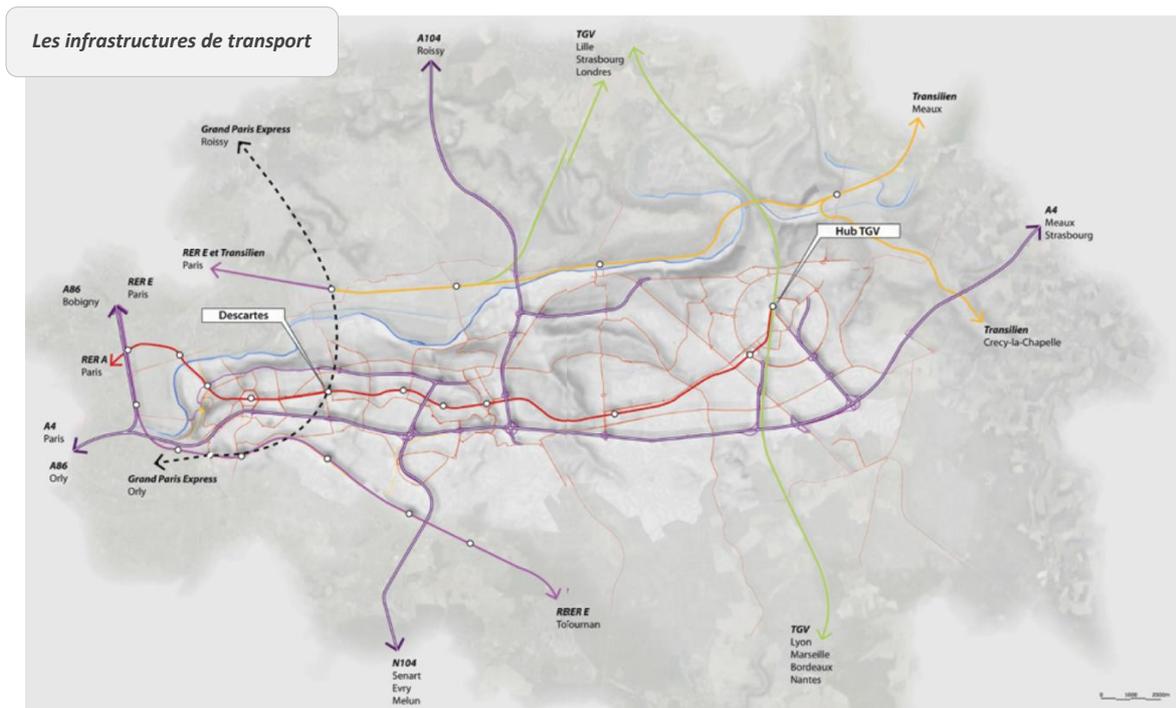


Figure 8 - Les infrastructures de transport de Marne-la-Vallée (source : Rapport d'activités 2010 EPAMARNE/EPAFRANCE [12])

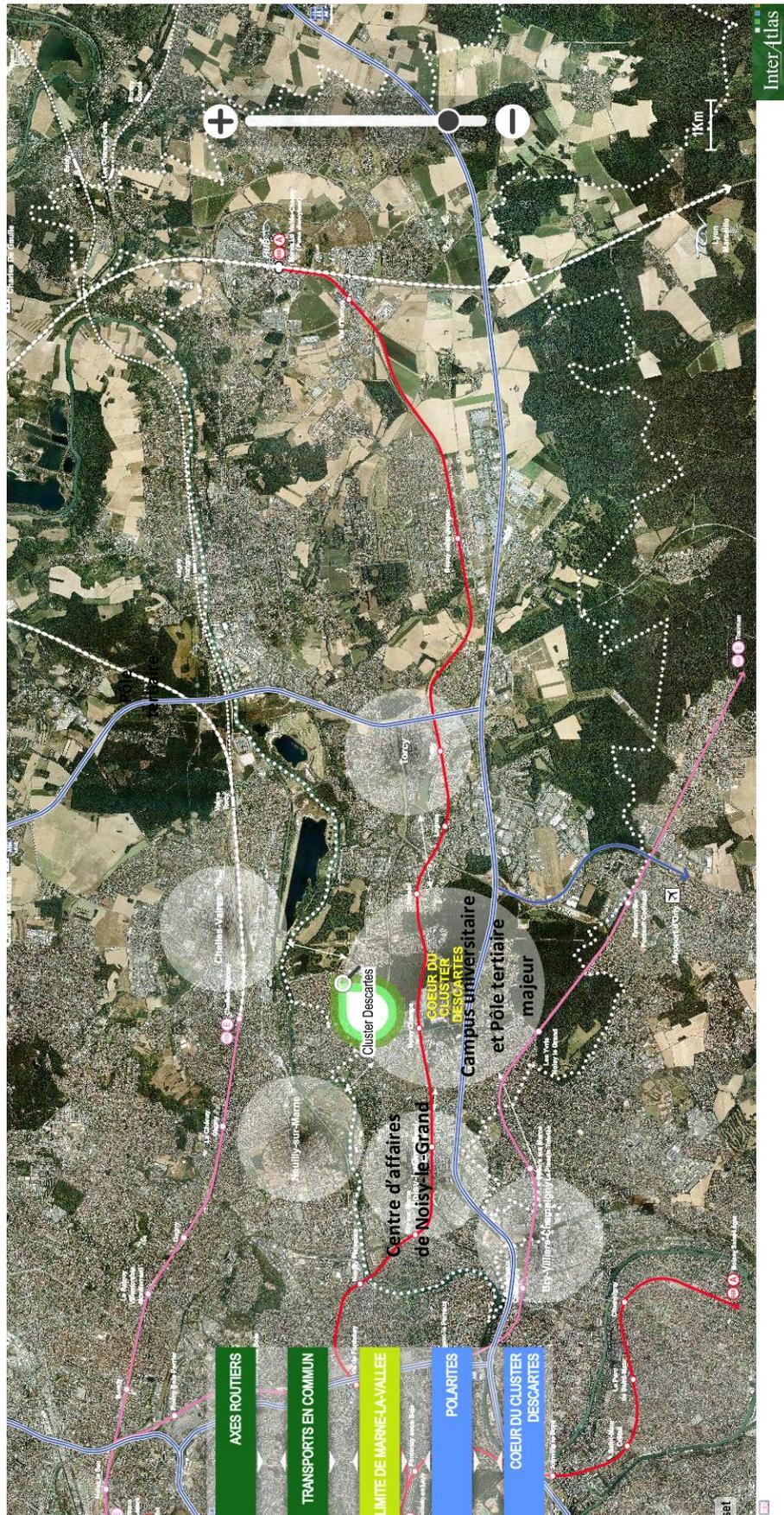


Figure 9 - Cluster multipolaire de Marne-la-Vallée (source : Carte interactive de Marne-la-Vallée EPAMARNE/EPAFRANCE, <http://marne.artefacto.fr/>)

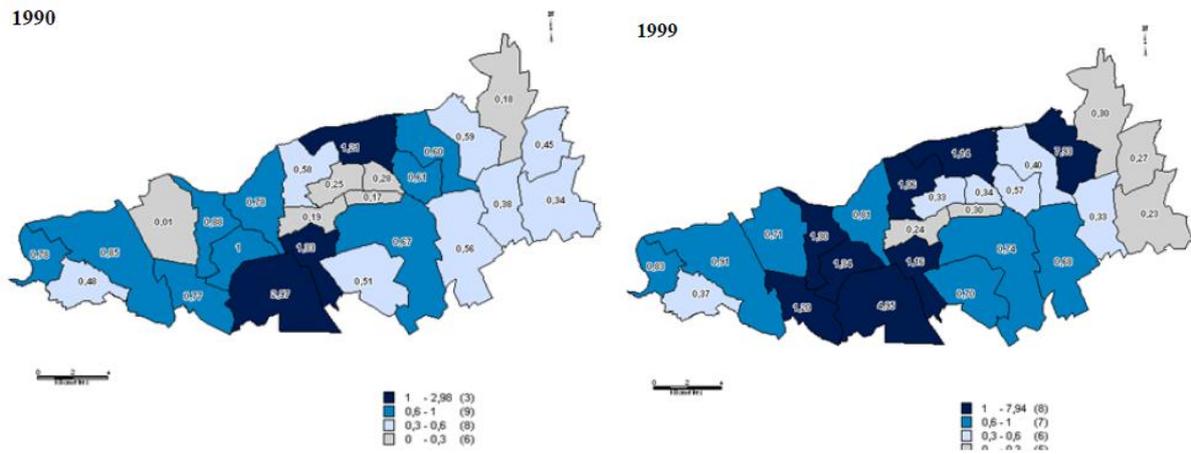


Figure 10 - Equilibre emplois/actifs par commune de Marne-la-Vallée en 1990 et 1999 (source : données INSEE-RGP 99, réalisation AW T. (2008) [6])

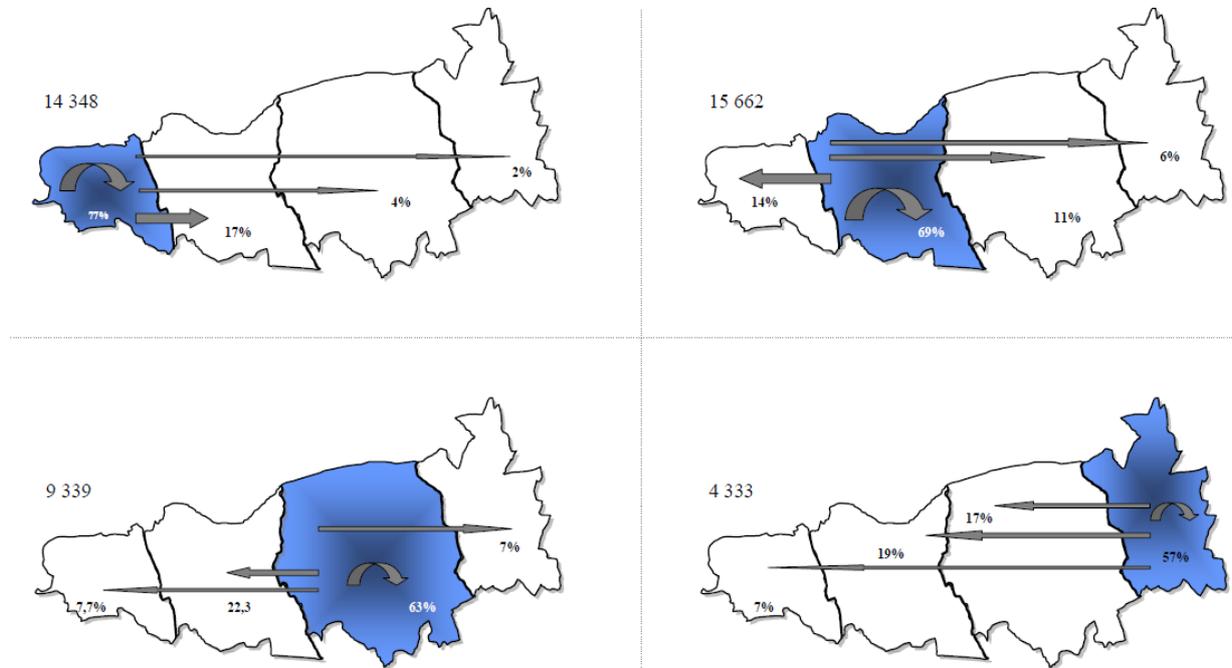


Figure 11 - Répartition par secteur des flux internes, générés par les actifs stables de Marne-la-Vallée, représentant 41% des actifs totaux 1999 (source : données INSEE- RGP 99, réalisation AW T. (2008) [6])

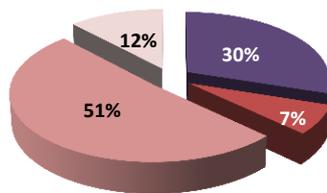
Flux sortants de Marne-la-Vallée	Voiture particulière	Transport en commun
Distance entre 1 et 5 km (représentant 21% des flux sortants)	83%	14%
Distance au-delà de 10 km (représentant 26% des flux sortants)	56%	43%

Tableau 1 - Analyse des flux sortants selon les modes et la distance du trajet, la répartition des flux entrants se présente quasi-symétrique avec les flux sortants (source : données INSEE- RGP 99, analyse AW T. (2008) [6])

Déplacements domicile-travail en voiture particulière	
Flux entrants à Marne-la-Vallée	76%
Flux sortants de Marne-la-Vallée	56%

Tableau 2 - Analyse des flux sortants en entrants selon les modes pour le motif domicile-travail (source : données INSEE- RGP 99, analyse AW T. (2008) [6])

Surfaces habitées selon la desserte en TC



Population selon la desserte en TC

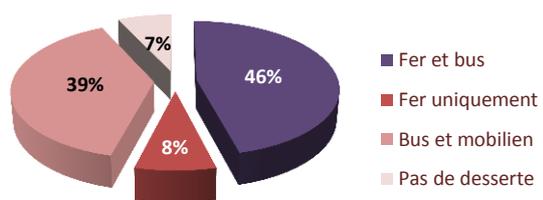


Figure 12 - Répartition des surfaces habitées et de la population selon la desserte en transport en commun (source : données INSEE- RGP 99, MOS 1999, IAURIF, DREIF, réalisation AW T. (2008) [6])

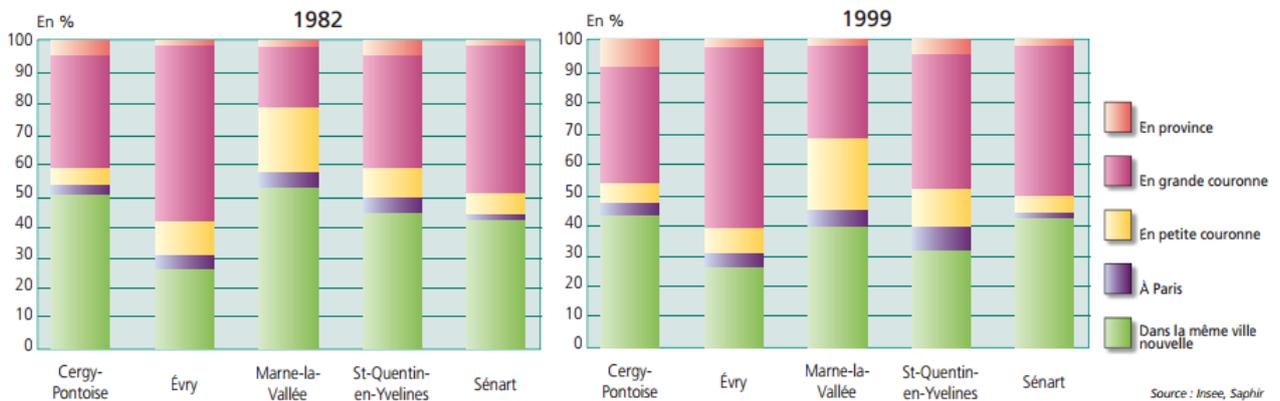


Figure 13 - Lieu de résidence des actifs travaillant en ville nouvelle en 1982 et en 1999 (source : Atlas statique des villes nouvelles, INSEE [9])

	Population		Part de la population régionale en %		Contribution à la croissance de la région en %	Taux de croissance annuel moyen 1968-1999 en %		
	1968	1999	1968	1999	1968-1999	Total	solde naturel	solde migratoire
Cergy-Pontoise	41 576	178 656	0.4	1.6	8.0	4.8	1.8	3.0
Evry	8 258	79 726	0.1	0.7	4.2	7.6	2.8	4.8
Marne-la-Vallée	86 353	246 607	0.9	2.3	9.4	3.4	1.2	2.2
Saint-Quentin-en-Yvelines	24 866	142 737	0.3	1.3	6.9	5.8	2.5	3.3
Sénart	17 195	93 069	0.2	0.8	4.5	5.6	1.4	4.2
Villes nouvelles d'Ile-de-France	178 248	740 795	1.9	6.8	33.0	4.7	1.7	3.0
Ile-de-France	9 248 631	10 952 011	100.0	100.0	100.0	0.5	0.8	-0.3

	Emplois		Part de l'emploi régionale en %		Contribution à la croissance de la région en %	Taux de croissance annuel moyen 1968-1999 en %		
	1968	1999	1968	1999	1968-1999	Total		
Cergy-Pontoise	15 812	83 562	0.4	1.7	9.2	5.5		
Evry	1 508	52 587	0.0	1.0	6.9	12.1		
Marne-la-Vallée	22 112	107 044	0.5	2.1	11.5	5.2		
Saint-Quentin-en-Yvelines	7 152	81 632	0.2	1.6	10.1	8.2		
Sénart	6 916	28 348	0.2	0.6	2.9	4.7		
Villes nouvelles d'Ile-de-France	53 500	353 173	1.2	7.0	40.7	6.3		
Ile-de-France	4 306 252	5 041 995	100.0	100.0	100.0	0.5		

Tableau 3 - Evolution de la population et des emplois des villes nouvelles franciliennes entre 1968 et 1999 (source : Atlas statique des villes nouvelles, INSEE [9])

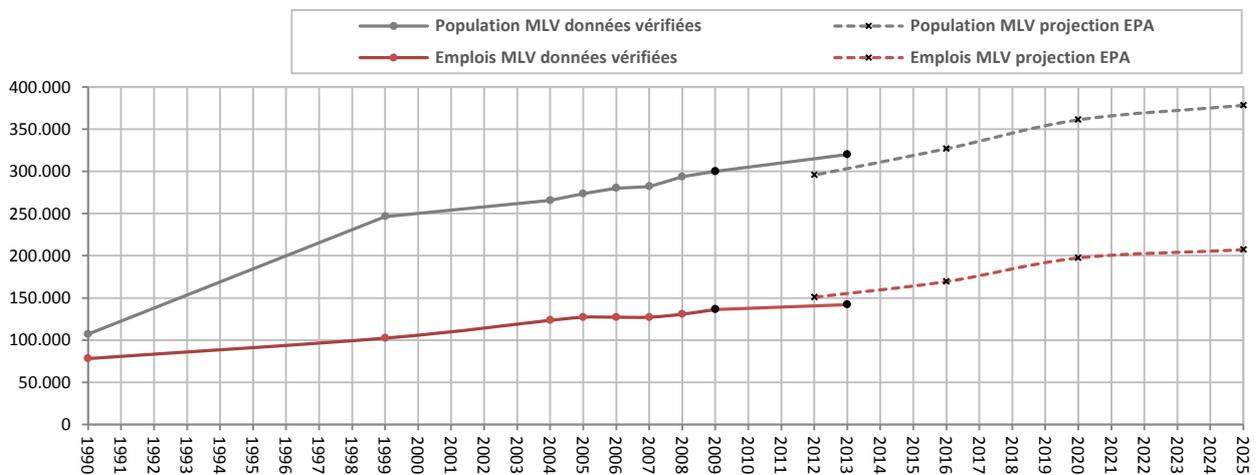


Figure 14 - Evolution de la population et du nombre d'emplois de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses de développement jusqu'en 2025 (sources : données INSEE, rapports d'activité EPAMARNE/EPAFRANCE [10-19], des points noirs pour les données non vérifiées par l'INSEE)

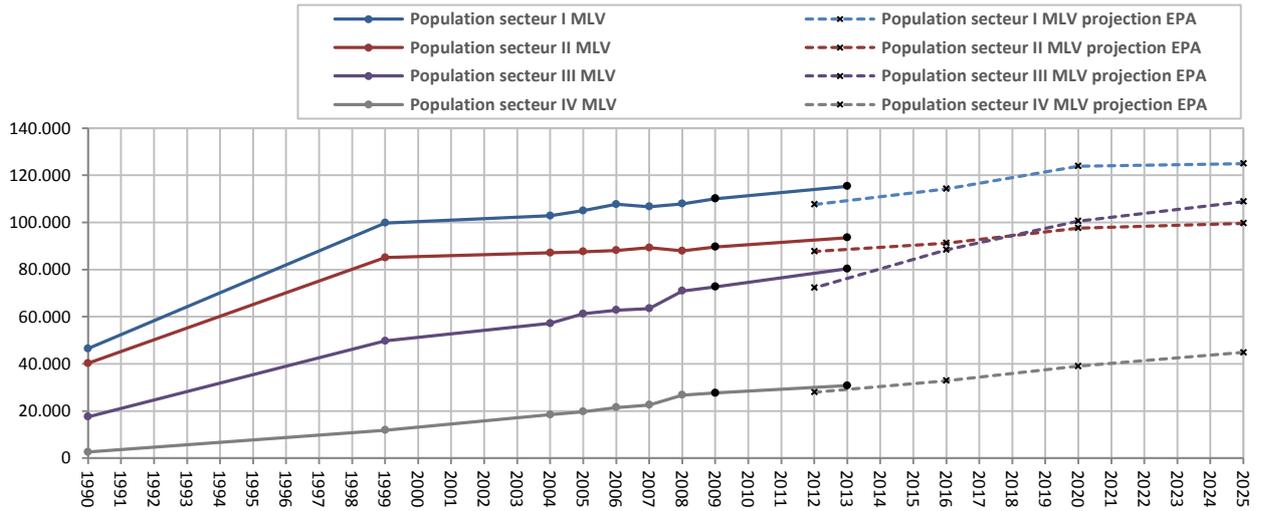


Figure 15 - Evolution de la population des quatre secteurs de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses de développement jusqu'en 2025 (sources : données INSEE, rapports d'activité EPAMARNE/EPAFRANCE [10-19], des points noirs pour les données non vérifiées par l'INSEE)

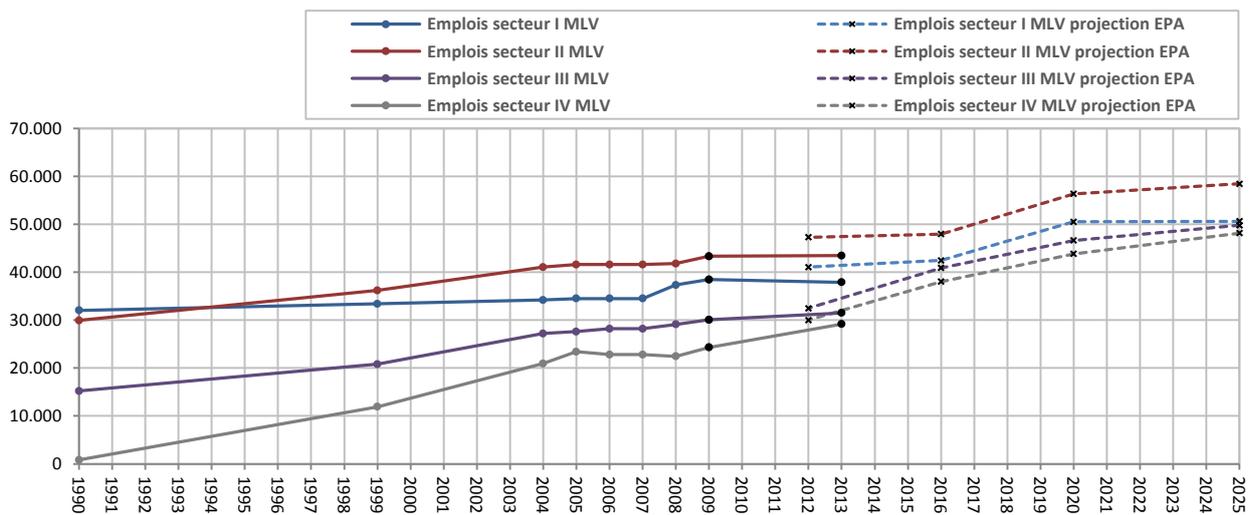


Figure 16 - Evolution du nombre d'emplois des quatre secteurs de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses de développement jusqu'en 2025 (sources : données INSEE, rapports d'activité EPAMARNE/EPAFRANCE [10-19], des points noirs pour les données non vérifiées par l'INSEE)

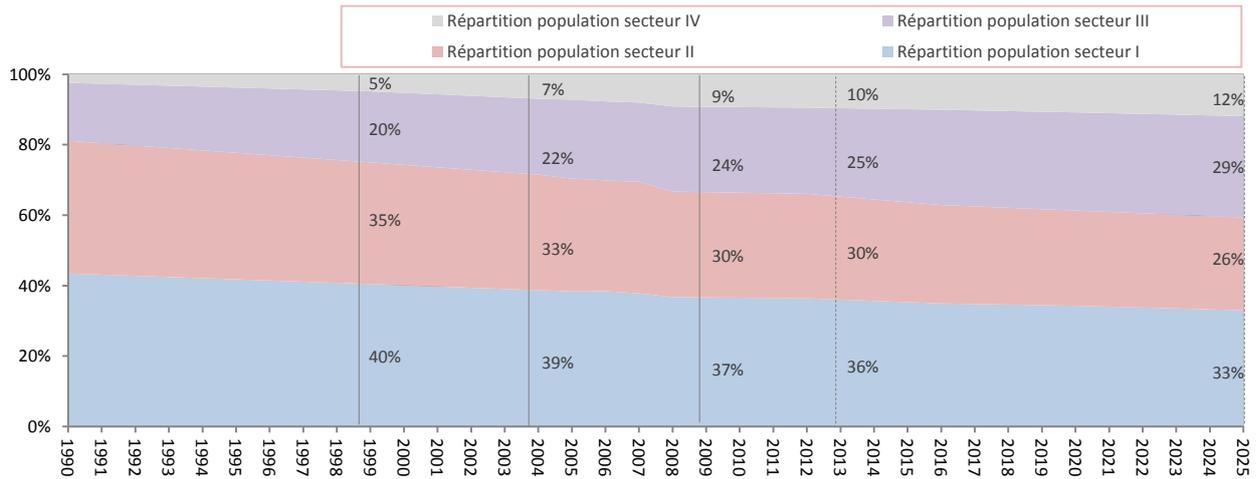


Figure 17 - Evolution de la répartition de la population entre les quatre secteurs de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses de la répartition jusqu'en 2025 (sources : données INSEE, rapports d'activité EPAMARNE/EPAFRANCE [10-19])

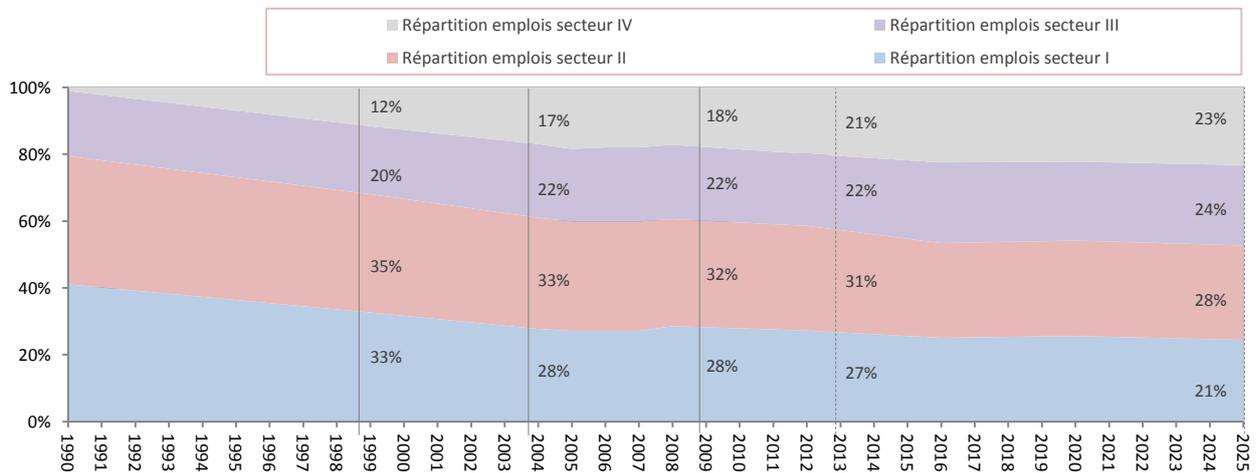


Figure 18 - Evolution de la répartition du nombre d'emplois entre les quatre secteurs de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses de la répartition jusqu'en 2025 (sources : données INSEE, rapports d'activité EPAMARNE/EPAFRANCE [10-19])

	2006	2011
Population	11 532 400	11 852 900
Population de 15 à 64 ans	7 856 600	7 989 800
Population active de 15 à 64 ans	5 868 800	6 042 800
Ratio A/P	0.509	0.510

Tableau 4 - Part de la population active par rapport à la population totale d'Ile-de-France (source : INSEE, recensements de la population 2006 et 2011, http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=20&ref_id=21461)

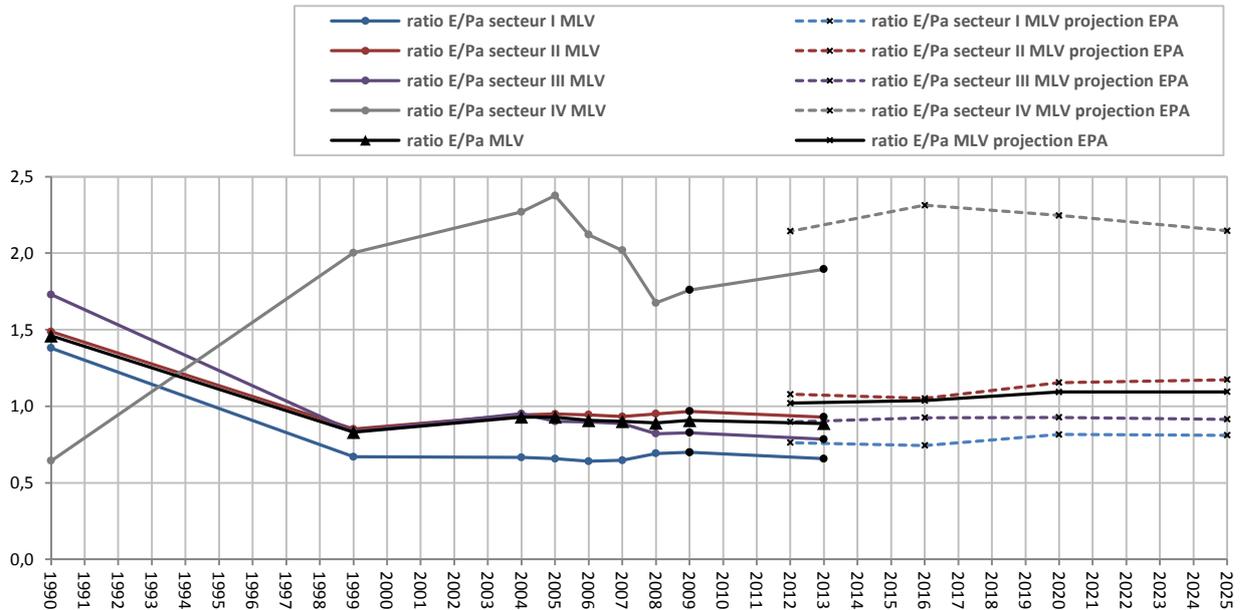


Figure 19 - Evolution du ratio (nombre d'Emplois / Population active) des quatre secteurs de Marne-la-Vallée depuis 1990 et hypothèses du ratio jusqu'en 2025, avec l'hypothèse de 50% de population active par rapport à la population totale (sources : données INSEE, rapports d'activité EPAMARNE/EPAFRANCE [10-19], des points noirs pour les données non vérifiées par l'INSEE)

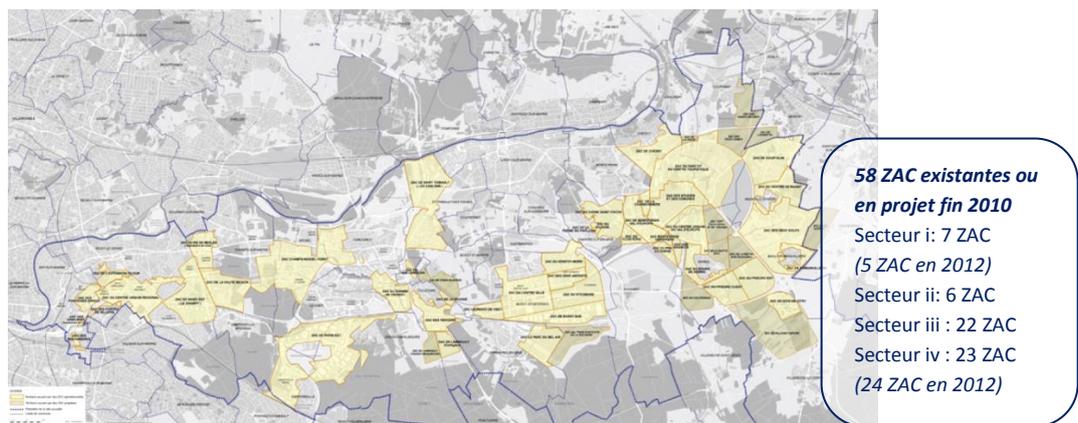


Figure 20 - Plan de repérage des zones d'aménagement concerté (ZAC) de Marne-la-Vallée (sources : communication rapport d'activité EPAMARNE 2010 [12])

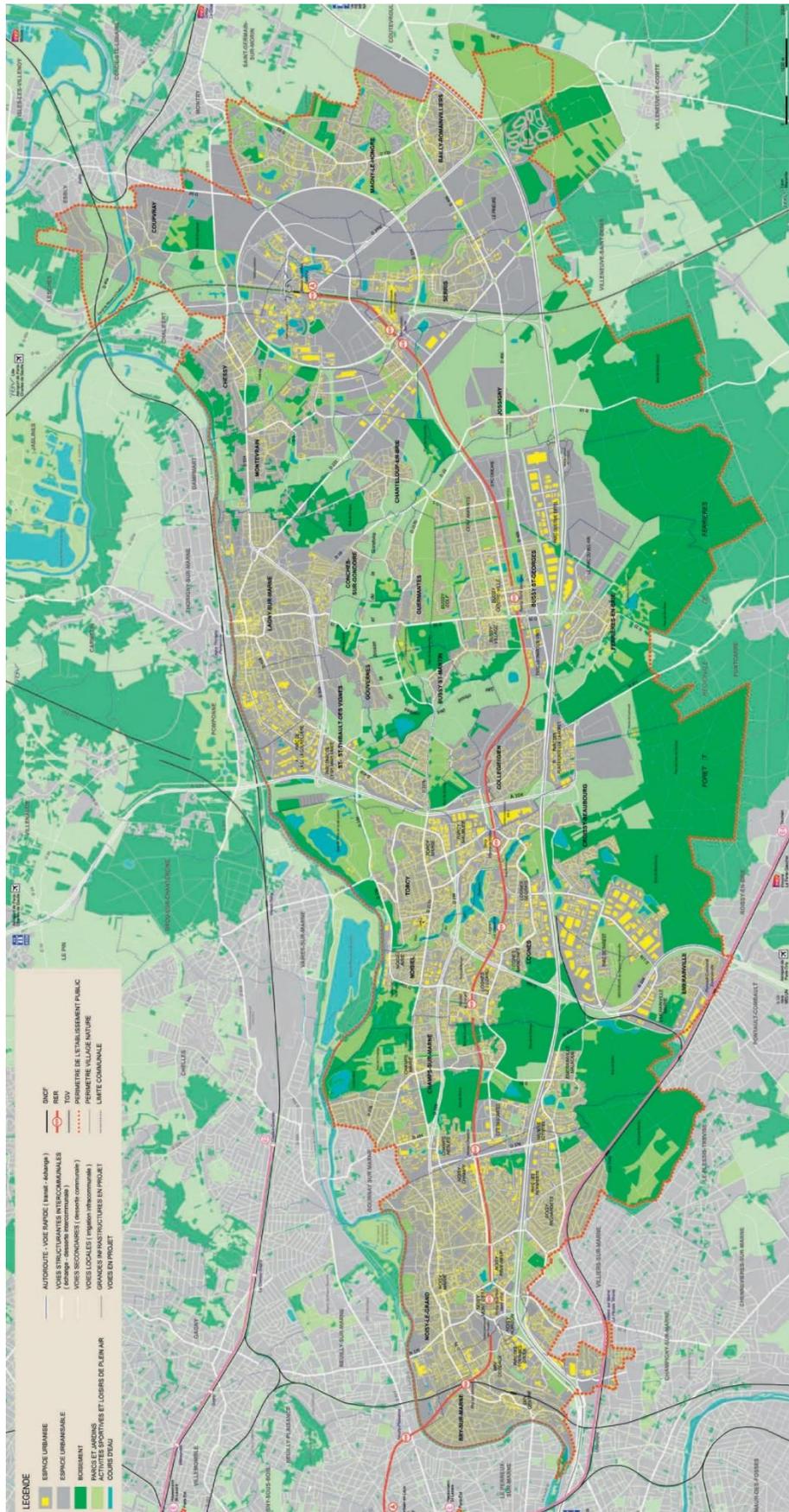


Figure 21 - Carte de Marne-la-Vallée édition EPAMARNE 2009 (source : Communication rapport d'activités 2009 EPAMARNE/EPAFRANCE [11])

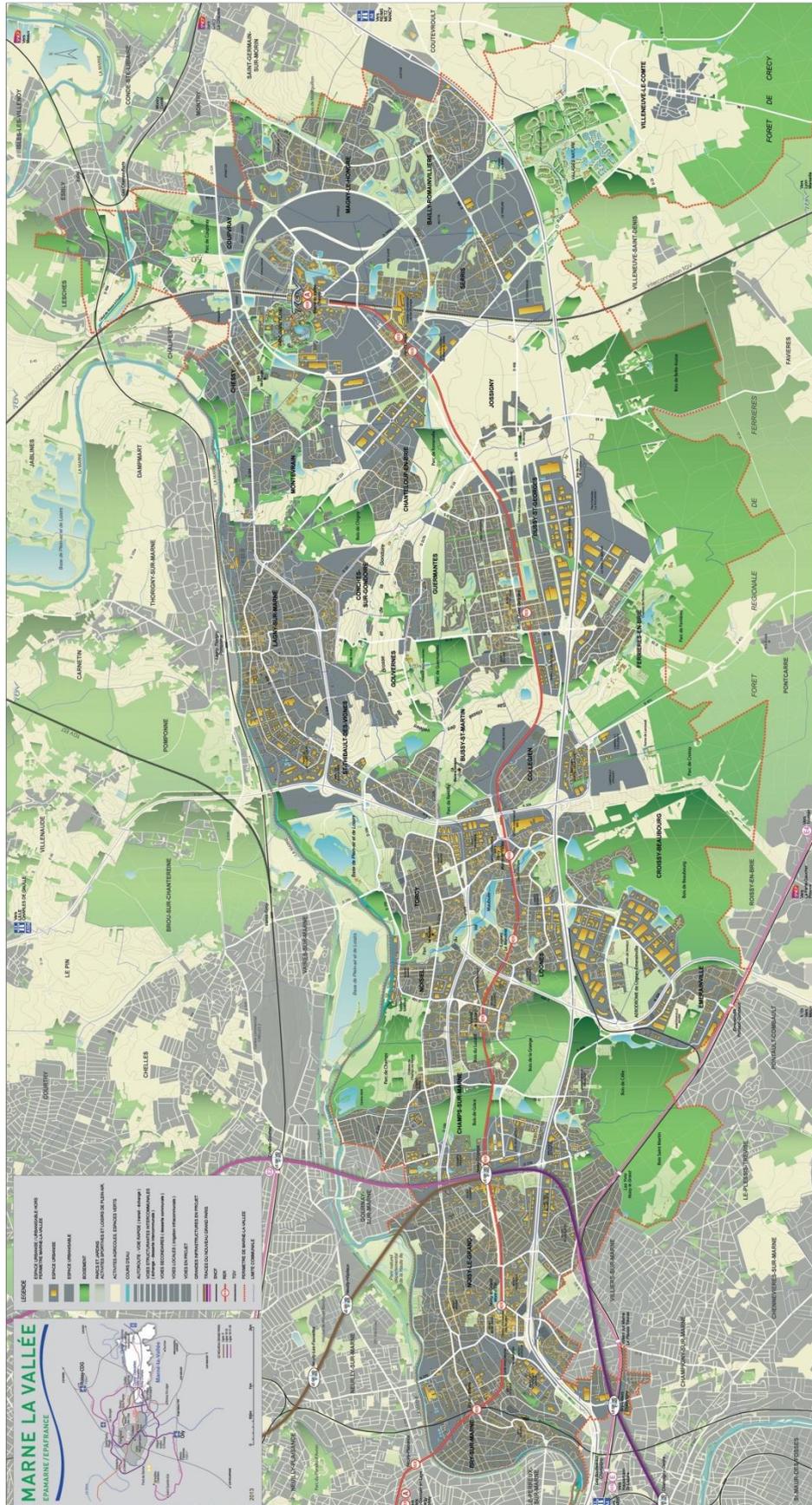


Figure 22 - Carte de Marne-la-Vallée édition EPAMARNE 2013 (source : <http://etablissements.epa-marnelavallee.fr/EPAMARNE-EPAFRANCE/Docutheque>)

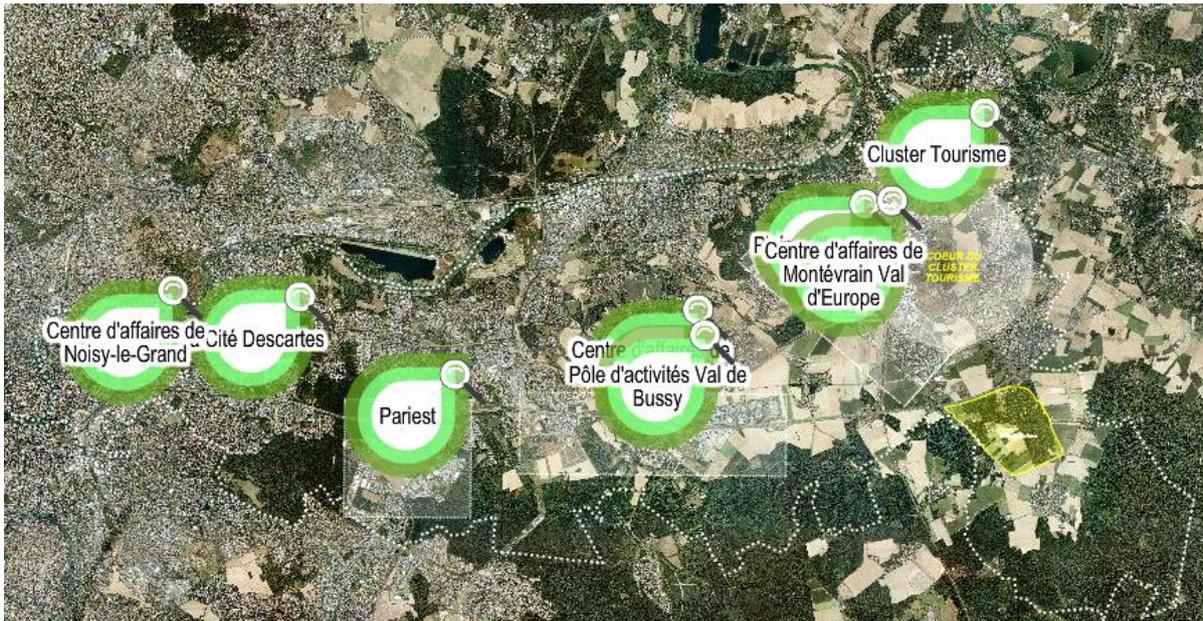


Figure 23 - Les quatre pôles tertiaires de la ville de Marne-la-Vallée et les zones d'activités en développement (source : Carte interactive de Marne-la-Vallée, <http://marne.artefacto.fr/>)

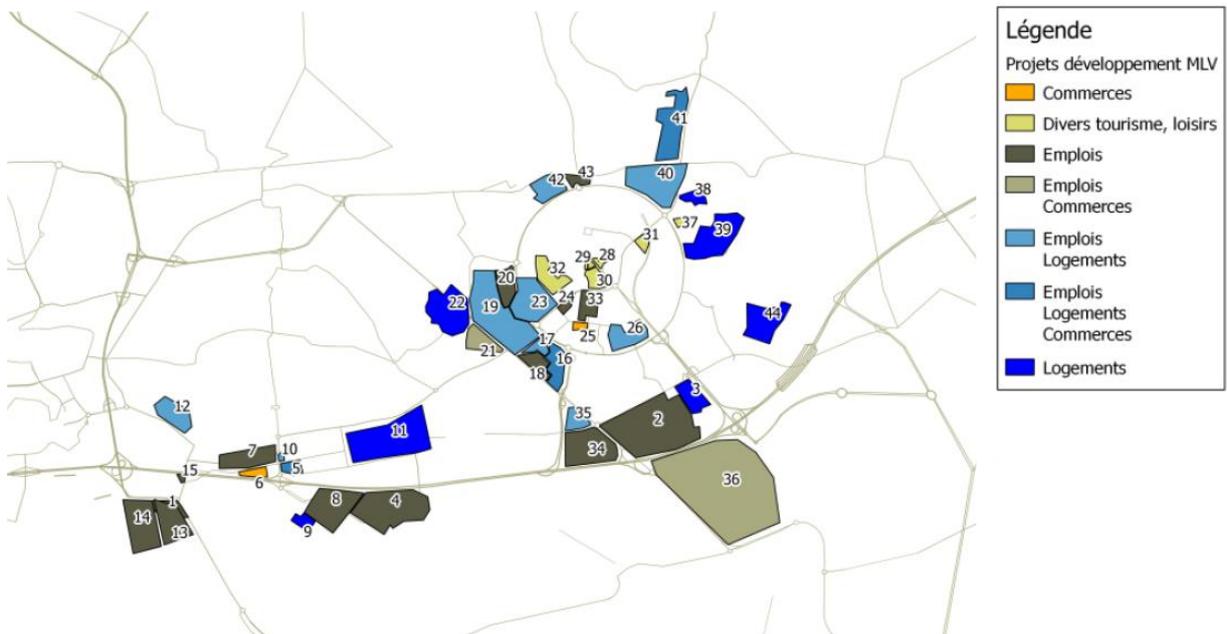


Figure 24 - Projets de développement pris en compte pour les hypothèses de croissance de Marne-la-Vallée à l'horizon 2025 (sources : réalisation bureau d'étude CDVIA, projections EPAMARNE/EPAFRANCE)

	Projet	Commune	Type	Nb d'emplois	Nb de logements
1	ZAC Lamirault	Croissy Beaubourg	Emplois	2850	
2	PIE du PRIEURE	Bailly	Emplois	2300	
3	HAMEAU BAILLY	Serris	Logements		550
4	ZAC de la Rucherie	Bussy Saint Georges	Emplois-Activités logistiques	1700	
5	Bussy Centre Ville	Bussy Saint Georges	Emplois-Bureaux-Logements-Commerces	1000	300
6	ZAC Leonard de Vinci - LDV5	Bussy Saint Georges	Commerces		
7	ZAC Leonard de Vinci CPL	Ferrieres en Brie	Emplois-Activités Bureaux	600	
8	Parc d'activités du Bel Air	Bussy Saint Georges	Emplois-Activités logistiques	1500	
9	ZAC du Bel Air	Ferrieres en Brie	Logements		300
10	Bussy Centre Ville	Bussy Saint Georges	Emplois-Logements	500	850
11	Sycomore	Bussy Saint Georges	Logements		4500
12	Zac de la Croix Blanche	Bussy Saint Georges	Emplois-Logements	600	600
13	Zac Lamirault Collegien	Collegien	Emplois-Activités logistiques	1400	
14	Zac Lamirault	Croissy Beaubourg	Emplois	1200	
15	ZAE Porte de la Foret	Collegien	Emplois	100	
16	ZAC des Gassets	Serris	Emplois-Logements-Commerces	1500	120
17	ZAC Montevrain Université	Montevrain	Emplois-Logements	1700	200
18	Zac du Pre de Chene	Montevrain	Emplois	1300	
19	ZAC Montevrain Val d'Europe	Montevrain	Emplois-Logements	2400	1000
20	Zac de la Charbonniere	Montevrain	Emplois-Activités logistiques	250	
21	ZAC Clos Rose Montevrain 2022	Montevrain	Emplois-Commerces	400	
22	ZAC du Chene St Fiacre	Chanteloup	Logements		600
23	ZAC Studios et Congres	Chessy	Emplois-Bureaux-Logements	1800	500
24	Quartier du Campus	Serris	Emplois	5900	
25	Centre Commerciale du Val d'Europe	Serris	Commerces		
26	ZAC du Pre claye	Serris	Emplois-Logements	1400	150
27	Nouvelle Gare routiere	Chessy	Tourisme-Loisirs		
28	Disney Village Extension	Chessy	Tourisme-Loisirs		
29	ZAC S&C Triangle de Bellesmes	Chessy	Tourisme-Loisirs		
30	ZAC S&C Triangle de Bellesmes Centre Conventions	Chessy	Tourisme-Loisirs-Centre de conventions		
31	ZAC Erable Hotel New-Wave	Magny le Hongre	Tourisme-Loisirs		
32	P.C.T. Extension 2ieme Parc	Chessy	Tourisme-Loisirs		
33	ZAC CUVE Quartier du Parc	Serris	Emplois	1300	
34	ZAC Couternois	Serris	Emplois-Activités logistiques	2000	
35	ZAC Couternois	Serris	Emplois-Logements-Activités logistiques	300	30
36	Villages Nature	Villeneuve le comte	Emplois-Commerces	2050	
37	ZAC Coutarlin Hotel	Magny le Hongre	Tourisme-Loisirs		
38	ZAC Coutarlin	Magny le Hongre	Logements		250
39	ZAC Courtalin	Magny le Hongre	Logements		250
40	ZAC des 3 Ormes	Coupvray	Emplois-Logements	680	1200
41	ZAC de Coupvray	Coupvray	Emplois-Logements-Commerces	70	400
42	ZAC de Chessy	Chessy	Emplois-Logements	400	150
43	ZAC de la Dhuis Coupvray 2022 Emplois 250 Activite	Coupvray	Emplois	250	
44	ZAC des 2 Golfs	Magny le Hongre	Logements		300
				37450	12250

Tableau 7 - Projets de développement pris en compte à l'horizon 2025 pour les hypothèses de croissance de Marne-la-Vallée (sources : bureau d'étude CDVIA, données EPAMARNE EPAFRANCE)

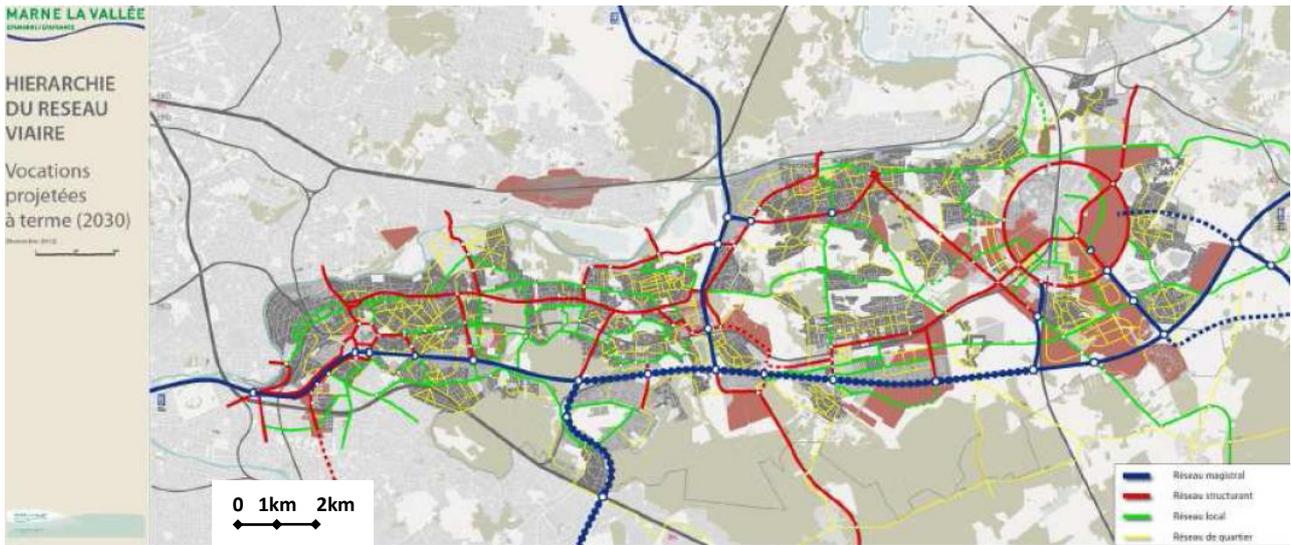


Figure 25 - Hiérarchisation du réseau routier de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée à l'horizon 2030 (sources : communication carte EPAMARNE/EPAFRANCE)

Annexe i.2. Autoroute A4 en Ile-de-France

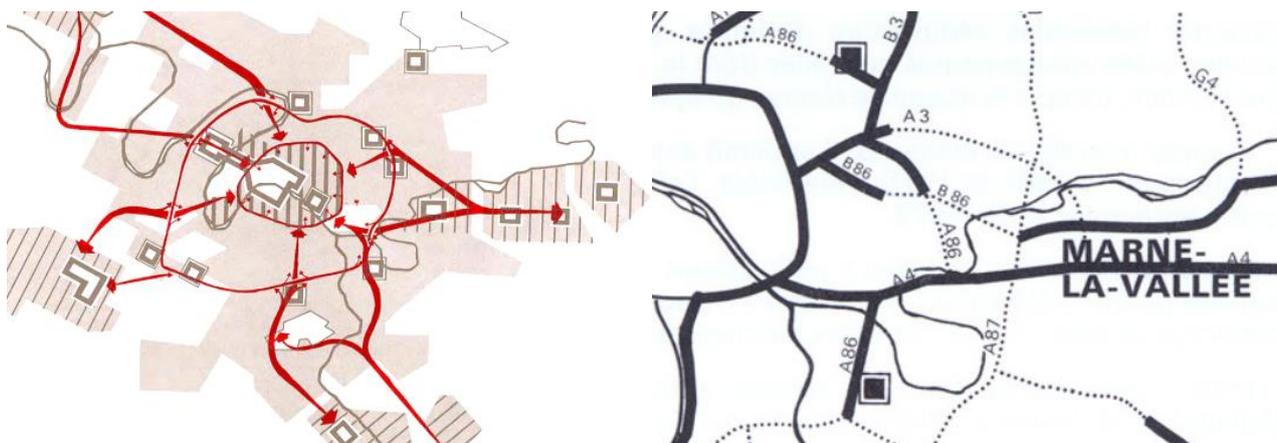


Figure 1 - SDRIF 1976 : Les relations entre les villes nouvelles et Paris par route (à gauche) et l'extension des grandes voies de communication routiers dans le cas de Marne-la-Vallée (à droite) (source : SDRIF 1976 [2])

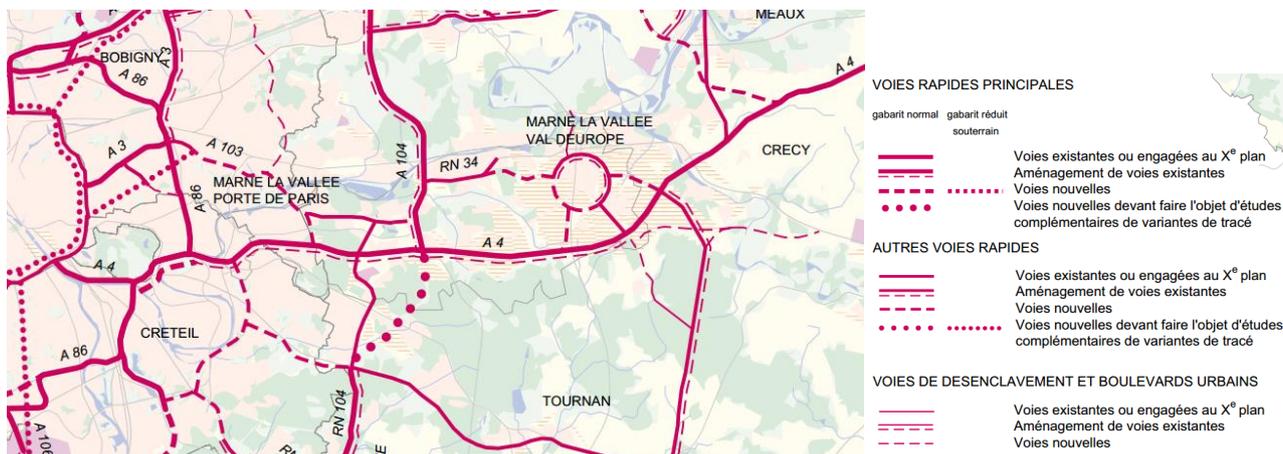


Figure 2 - SDRIF 1994 : Schéma directeur routier à long terme (source : SDRIF 1994 [3])



Figure 3 - SDRIF projet 2008 : Les réseaux routiers à terme (source : SDRIF 2008 projet [4])

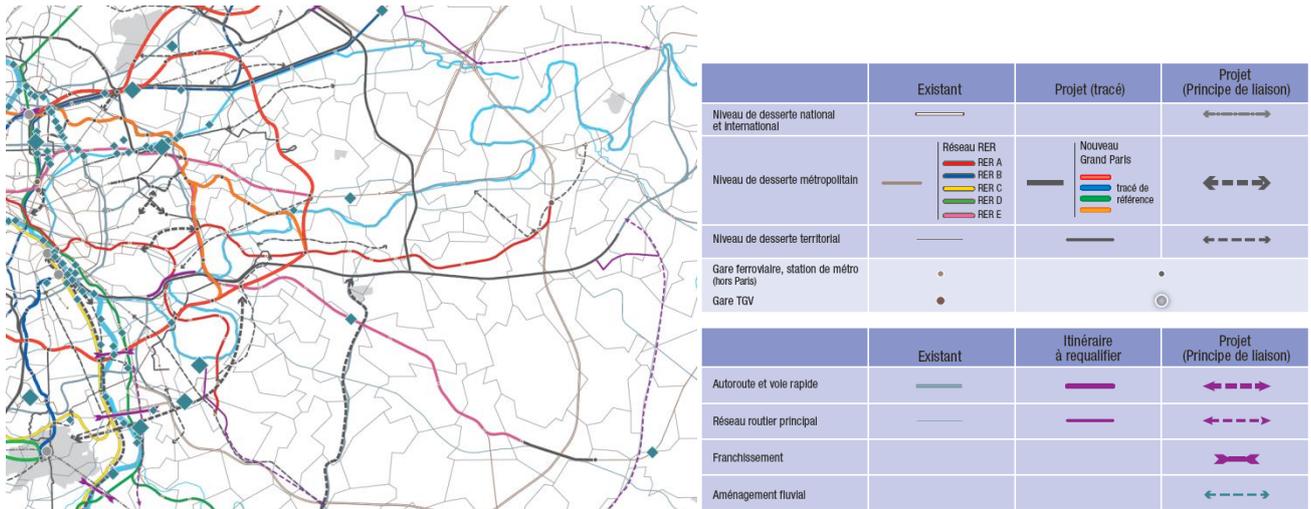


Figure 4 - SDRIF horizon 2030 : Les infrastructures de transport à l’horizon 2030 (source : SDRIF 2013 [5])

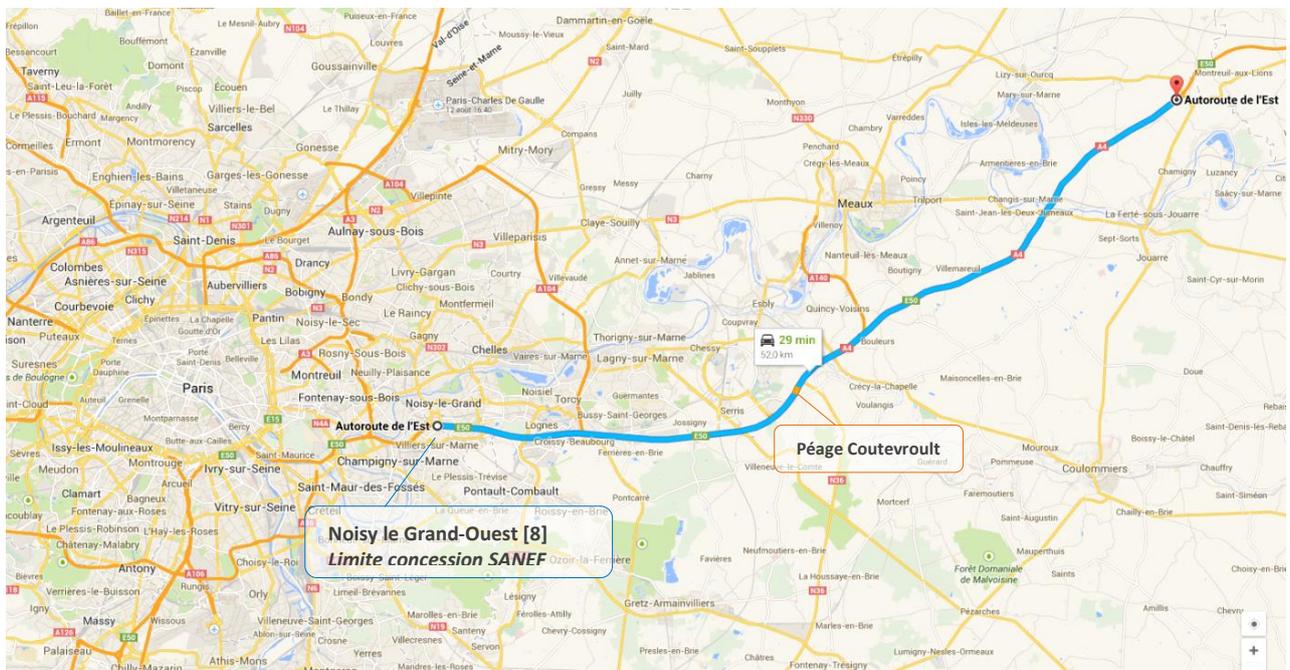


Figure 5 - L’autoroute A4 en Ile-de-France, périmètre d’étude (source : google maps, image satellite)



Figure 6 - Carte synoptique d'autoroute A4 en Ile-de-France (source : Cartes SANEF, Pôle Concessions)

Diffuseur	Réseau secondaire	Nom	PR depuis Paris (km)
[8]	RD30	Noisy le Grand-Ouest	12.700
[9]	RD194	Noisy le Grand-Est	13.838
[10]	RD370	Champs-sur-Marne	15.320
[x] échangeur	N104-RD499	N104 La francilienne	18.042
[10.1]	RD10P	Val Maubuée / Croissy	19.780
[x] échangeur	A104-RD471	A104 / Collégien	21.057
[12]	RD35	Ferrières-en-Brie	24.455
		<i>Aire de service Ferrières (sens 1)</i>	26.795
		<i>Aire de service Bussy-Saint-Georges (sens 2)</i>	27.795
[12.1]	RD345	Val d'Europe	29.600
[13]	RD231	Serris	30.816
[14]	RD344P	Bailly-Romainvilliers	32.964
		<i>Péage Coutevroult</i>	35.066
[15]	RN36	RN36 / Coutevroult	35.957
[16]	RD934	Crécy	38.440
[x] échangeur	A140	A140 / Meaux	40.713
[18]	RD603	St Jean-les-deux-Jumeaux	54.194
		<i>Péage Montreuil-aux-Lions</i>	64.325
[19]	RD401	Montreuil-aux-Lions	64.797

Tableau 8 - Caractéristiques du réseau d'échanges, des stations de péage et des aires de service du périmètre d'étude de l'autoroute A4

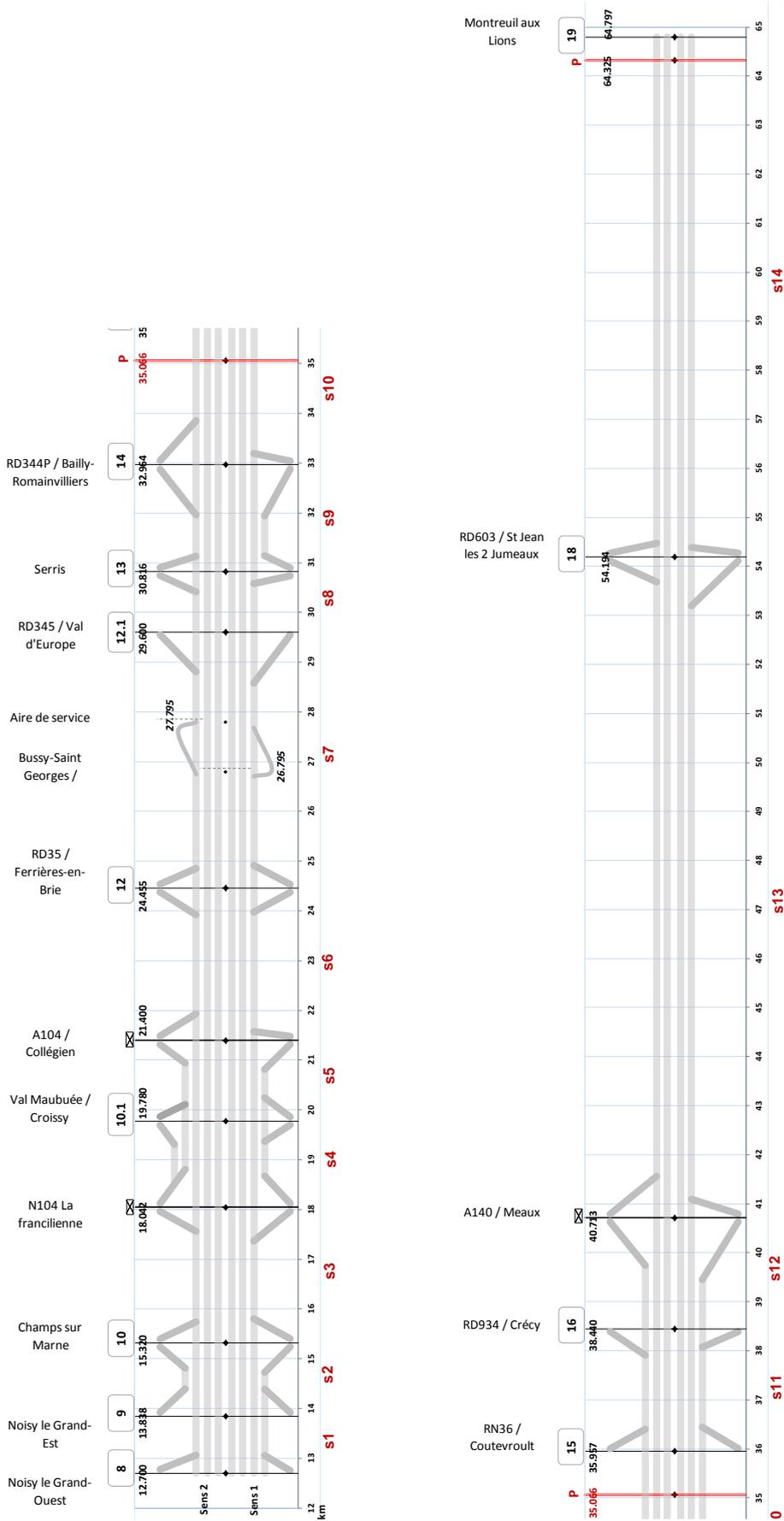


Figure 7 - Plan analytique de l'autoroute A4 en Ile-de-France avec le réseau d'échange

Annexe i.3. Evolution du trafic depuis les années 2000

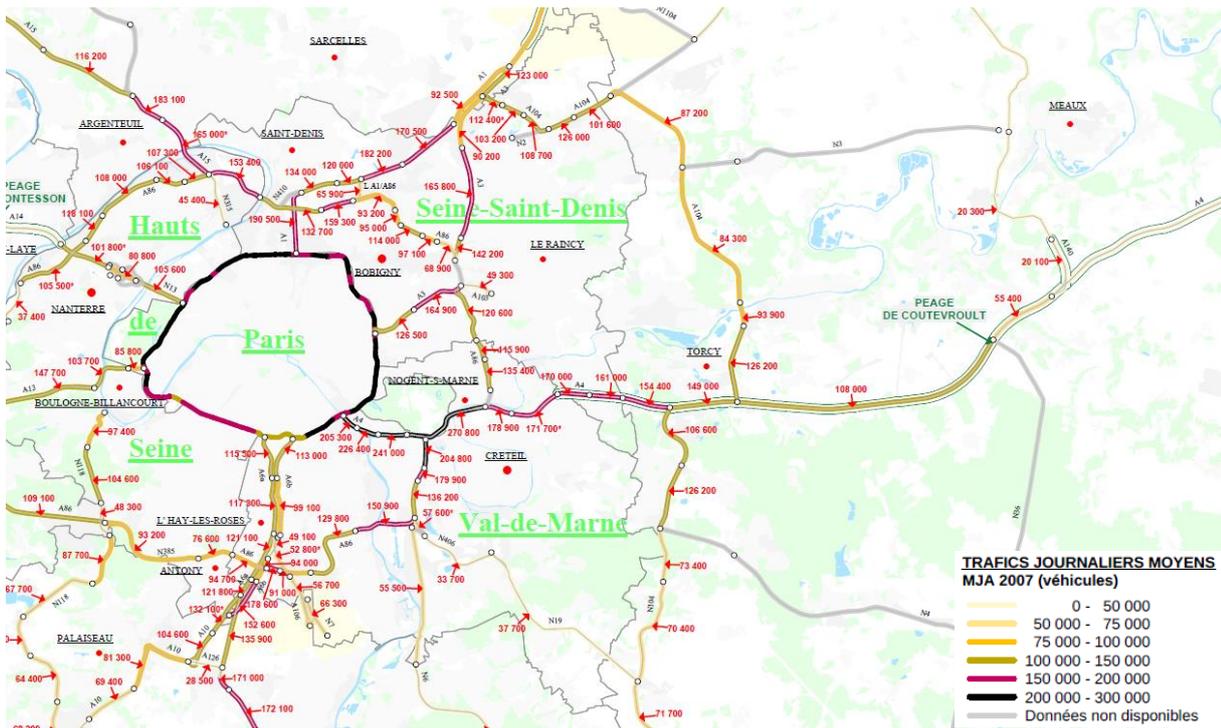


Figure 26(a) - Recensement du trafic journalier moyen MJA sur le réseau national, carte TMJA 2007

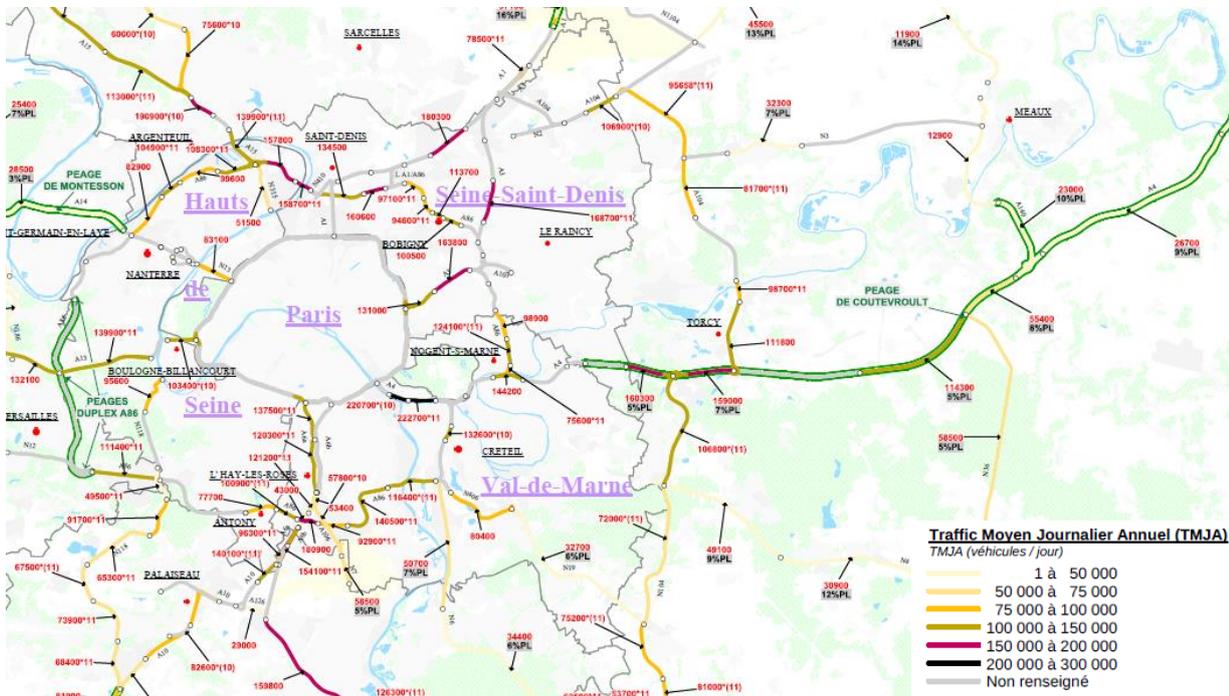


Figure 1(b) - Recensement du trafic journalier moyen MJA sur le réseau national, carte TMJA 2012 (source : Direction des routes Ile-de-France, Le réseau en chiffres <http://www.enroute.ile-de-france.equipement.gouv.fr/recensement-du-traffic-journalier-a159.html>)

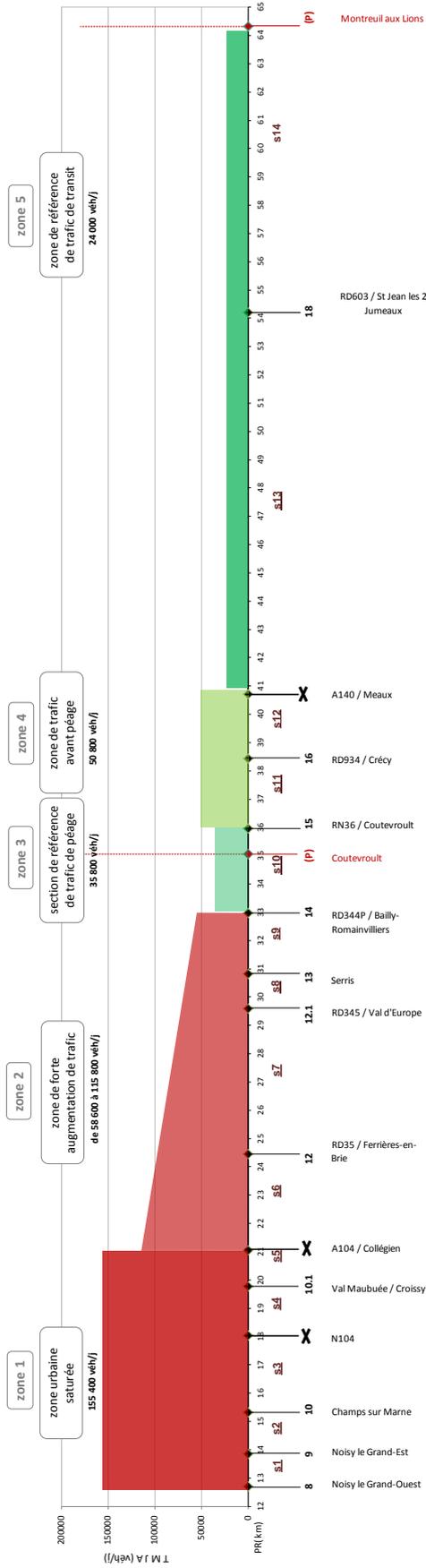


Figure 27 - Fragmentation de l'axe d'étude en 5 zones caractéristiques en fonction de leur volume de trafic (TMJA, VL et PL, deux sens) et de leur évolution, données 2013

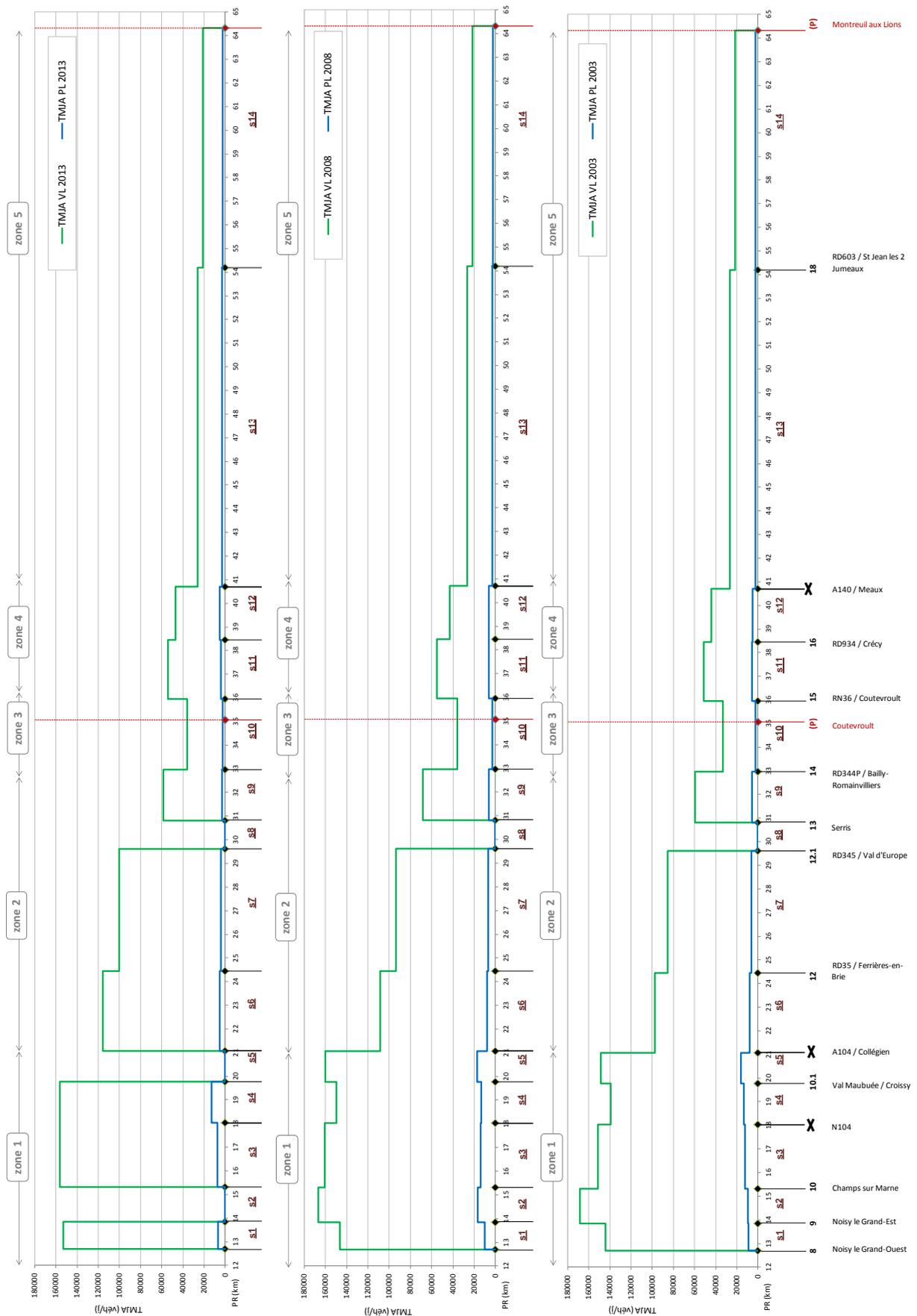


Figure 28 - Volumes de trafic moyen journalier (TMJA, deux sens) des années 2013, 2008 et 2003 par section

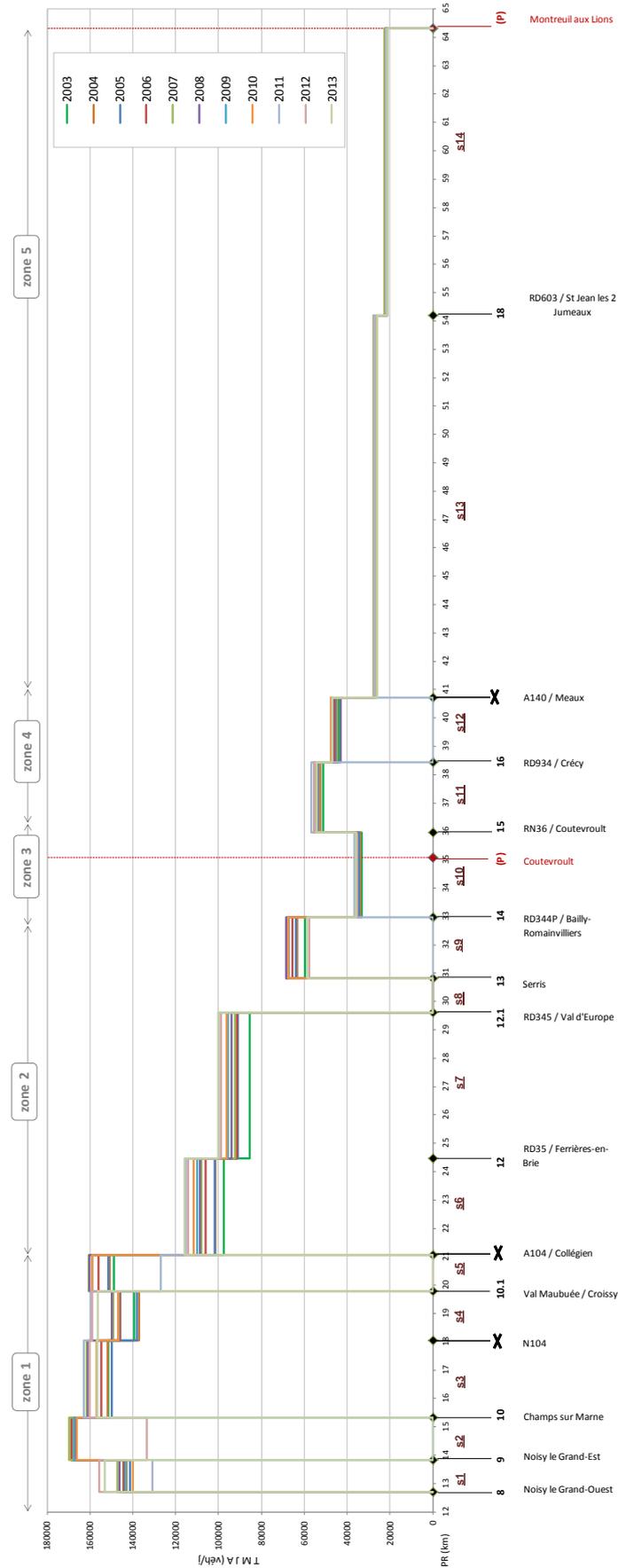


Figure 29 - Synoptique du trafic moyen journalier (TMJA, VL et PL, deux sens) de la période entre 2003 et 2013

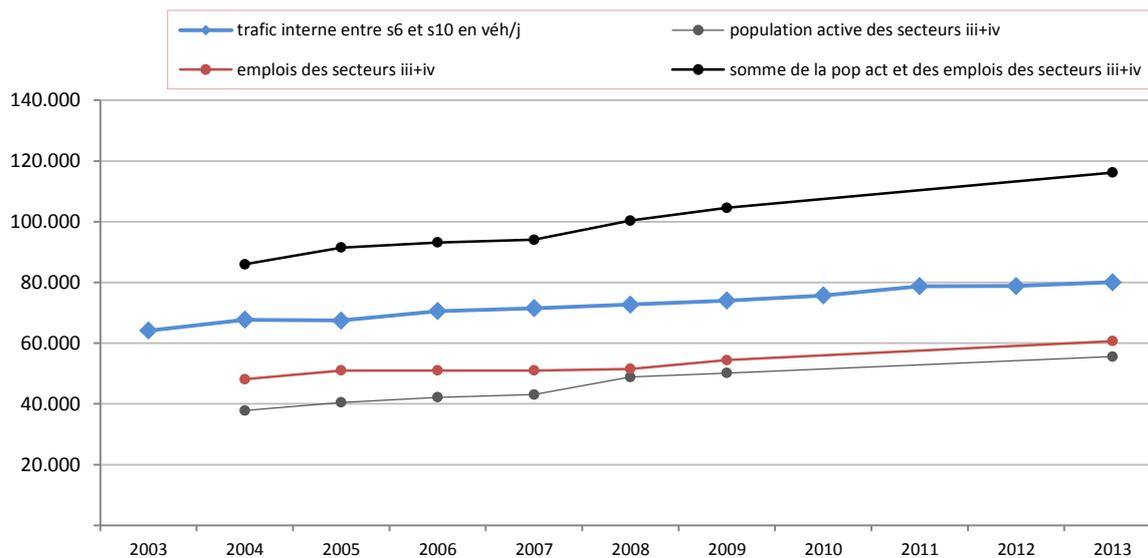


Figure 5 - Comparaison du trafic moyen journalier (TMJA, VL et PL, deux sens) interne entre la Francilienne A104 et Val d'Europe avec la population active et le nombre d'emplois des secteurs iii et iv de Marne-la-Vallée de la période entre 2003 et 2013 (sources : données socio-économiques EPAMARNE/EPAFRANCE [10-19], données trafic SANEF)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
TMJA VL et PL deux sens (véh/h)											
s1	144 136	143 086	141 394	144 403	147 198	146 323	143 184	139 910	130 956	155 624	153 051
s2	168 401	168 282	166 434	168 695	169 819	166 826	167 441	166 239	-	-	-
s3	151 342	151 707	149 922	154 673	161 422	161 010	156 683	157 078	162 906	160 253	156 612
s4	139 239	136 922	137 958	145 869	149 239	149 904	146 477	146 724	159 440	159 108	156 448
s5	148 788	150 735	151 402	156 151	160 686	160 130	158 960	159 030	-	-	-
s6	97 480	101 623	101 933	106 005	107 923	108 771	110 093	111 628	115 121	114 272	115 819
s7	85 396	92 024	91 094	91 278	92 334	93 824	95 504	96 335	99 701	98 935	100 221
s9	59 755	63 322	64 045	65 608	67 471	68 480	67 092	67 389	-	57 827	58 570
s10	33 335	33 914	34 454	35 423	36 401	36 054	36 034	35 901	36 329	35 445	35 755
s11	51 166	52 372	53 466	54 379	55 391	54 928	53 613	53 942	56 711	55 387	54 317
s12	44 080	45 060	45 647	46 169	47 511	43 058	47 257	47 501	-	46 841	47 052
s13	26 339	26 721	26 901	27 531	27 701	26 801	26 724	26 720	27 444	26 116	26 062
s14	21 715	21 987	21 909	22 313	22 404	21 467	21 233	21 168	21 669	21 125	21 267
TMJA PL deux sens (véh/j)											
s1	8 764	8 628	8 620	9 057	9 630	9 942	15 762	9 362	4 269	6 800	6 795
s2	9 619	9 500	9 431	9 839	10 185	16 917	9 912	8 988	-	-	-
s3	12 055	11 743	12 096	13 168	13 897	14 161	13 210	13 275	10 869	8 061	7 481
s4	13 347	13 235	12 951	13 183	13 478	13 608	13 371	13 539	12 088	11 897	12 920
s5	16 235	15 740	15 697	16 007	16 766	17 089	15 306	15 632	-	-	-
s6	7 787	7 621	7 587	7 783	8 004	8 151	7 621	7 768	7 259	5 442	5 407
s7	6 006	6 180	6 493	6 683	6 864	6 961	6 748	6 927	5 674	4 400	4 311
s9	5 674	5 889	6 096	6 153	6 306	6 233	6 180	6 209	-	3 571	3 193
s10	2 463	2 492	2 534	2 715	2 954	2 999	2 632	2 649	2 672	2 578	2 562
s11	5 507	5 654	5 980	6 099	6 258	6 335	6 306	6 403	6 470	4 440	4 216
s12	5 272	5 300	5 380	5 790	6 145	6 121	8 077	8 034	-	5 178	5 291
s13	2 439	2 380	2 424	2 556	2 701	2 746	2 355	2 467	2 465	2 953	2 947
s14	2 215	2 165	2 202	2 339	2 481	2 476	2 092	2 200	2 184	2 140	2 155
Part PL % deux sens											
s1	6%	6%	6%	6%	7%	7%	11%	7%	3%	4%	4%
s2	6%	6%	6%	6%	6%	10%	6%	5%	-	-	-
s3	8%	8%	8%	9%	9%	9%	8%	8%	7%	5%	5%
s4	10%	10%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	8%	7%	8%
s5	11%	10%	10%	10%	10%	11%	10%	10%	-	-	-
s6	8%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	6%	5%	5%
s7	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	6%	4%	4%
s9	9%	9%	10%	9%	9%	9%	9%	9%	-	6%	5%
s10	7%	7%	7%	8%	8%	8%	7%	7%	7%	7%	7%
s11	11%	11%	11%	11%	11%	12%	12%	12%	11%	8%	8%
s12	12%	12%	12%	13%	13%	14%	17%	17%	-	11%	11%
s13	9%	9%	9%	9%	10%	10%	9%	9%	9%	11%	11%
s14	10%	10%	10%	10%	11%	12%	10%	10%	10%	10%	10%

Tableau 1 - Echantillon disponible de données historiques de trafic par section pour la période entre 2003 et 2013
 (*) Sous lignées, les données qui présentent des grandes variations et devraient être considérées sous-réserve

Annexe ii.1. Constitution de l'échantillon des données trafic

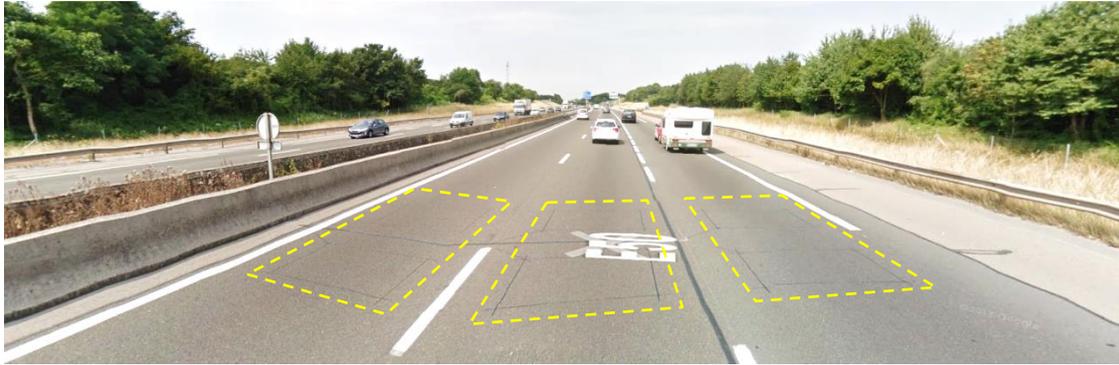


Figure 1 - Capteurs à deux boucles électromagnétiques de la section 3 de l'autoroute A4, dans le sens 2 (source : google maps, street view)



Figure 2 - Capteurs à deux boucles électromagnétiques de la section 4 de l'autoroute A4, dans le sens 2, sur une zone de sortie à deux voies en affectation (source : google maps, street view)

Section	Code de la boucle	PR depuis Paris (km)
1	A0040_13RDT001/2	13.300
2	A0040_15RDT001/2	14.870
3	A0040_16RDT001/1 et A0040_16RDT001/2	15.900
4	A0040_19RDT001/2	18.935
5	A0040_21RDT001/1 et A0040_21RDT001/2	20.600
6	A0040_24RDT001/1	23.800
7	A0040_25RDT001/2	25.000
9	A0040_31RDT001/1	31.300
11	A0040_37RDT001/2	37.675
13	A0040_50RDT001/2	50.250
14	A0040_54RDT001/1	54.320

Tableau 1 - Liste des boucles électromagnétiques de l'axe d'étude

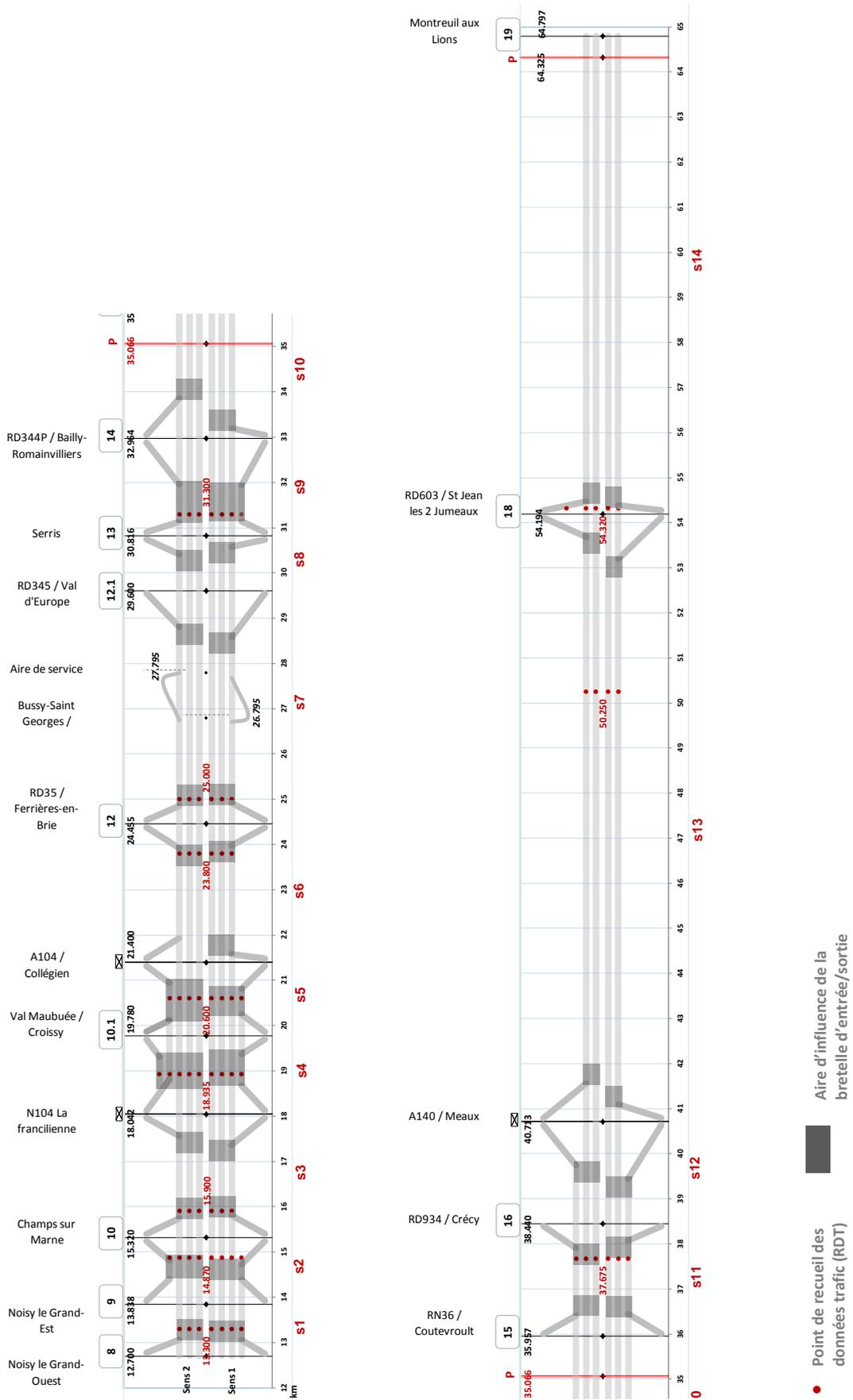


Figure 3 - Plan analytique de localisation des points de recueil des données par rapport aux aires d'influence des bretelles d'entrée et de sortie

	Année 2013 ; [mardi 01/01/2013; mardi 31/12/2013]			Année 2008 ; [mardi 01/01/2008; mercredi 31/12/2008]		
	Σ jours	Σ heures	Répartition	Σ jours	Σ heures	Répartition
Tous les jours	365	8760		366	8784	
JO	251	6024	0.69	253	6072	0.69
JW	104	2496		104		
JF	11	264		10		
JWF	114	2736	0.31	113	2712	0.31

Tableau 2 - Caractéristiques calendaires généraux des années de mesure, 2013 et 2008

Section	Sens	Σ mesures horaires	% qualification	Σ mesures horaires JO	Σ mesures horaires JWF	Vérification répartition JO/JWF
1	2	7508	86%	5105	2403	0.68
1	1	7548	86%	5152	2396	0.68
2	2	4045	46%	2733	1312	0.68
2	1	4183	48%	2871	1312	0.69
3	2	3860	44%	2598	1262	0.67
3	1	4016	46%	2711	1305	0.68
4	2	7037	80%	4778	2259	0.68
4	2_bretelle S	4541	52%	3101	1440	0.68
4	1	7001	80%	4764	2237	0.68
6	2	7035	80%	4768	2267	0.68
6	1	7005	80%	4736	2269	0.68
7	2	6934	79%	4674	2260	0.67
7	1	6954	79%	4685	2269	0.67
9	2	4880	56%	3293	1587	0.67
9	1	5095	58%	3430	1665	0.67
9	1_bretelle E	5416	62%	3696	1720	0.68
11	2	4903	56%	3282	1621	0.67
11	1	4465	51%	3007	1458	0.67
13	2	7643	87%	5231	2412	0.68
13	1	7553	86%	5185	2368	0.69
14	2	7663	87%	5262	2401	0.69
14	2_bretelle S	4643	53%	3716	927	0.80
14	1	7257	83%	5010	2247	0.69
14	1_bretelle E	2014	23%	1514	500	0.75

Tableau 3 - Qualification de l'échantillon des mesures de l'année 2013 et distinction des jours ouvrés (JO) et des jours fériés et week-ends (JFW)

Section	Sens	Σ mesures horaires	% qualification	Σ mesures horaires JO	Σ mesures horaires JWF	Vérification répartition JO/JWF
1	2	7286	83%	5226	2060	0.72
1	1	8328	95%	5932	2396	0.71
2	2	7261	83%	5153	2108	0.71
2	1	7312	83%	5197	2115	0.71
3	2	8312	95%	5977	2335	0.72
3	1	8293	94%	5957	2336	0.72
6	2	8444	96%	6044	2400	0.72
6	1	5897	67%	3497	2400	0.59
7	2	8335	95%	5983	2352	0.72
7	1	8335	95%	5983	2352	0.72
9	2	6633	76%	4737	1896	0.71
9	1	6790	77%	4870	1920	0.72
11	2	4387	50%	3139	1248	0.72
11	1	4390	50%	3142	1248	0.72

Tableau 4 - Qualification de l'échantillon des mesures de l'année 2008 et distinction des jours ouvrés (JO) et des jours fériés et week-ends (JFW)

Annexe ii.2. Indicateurs macroscopiques du trafic

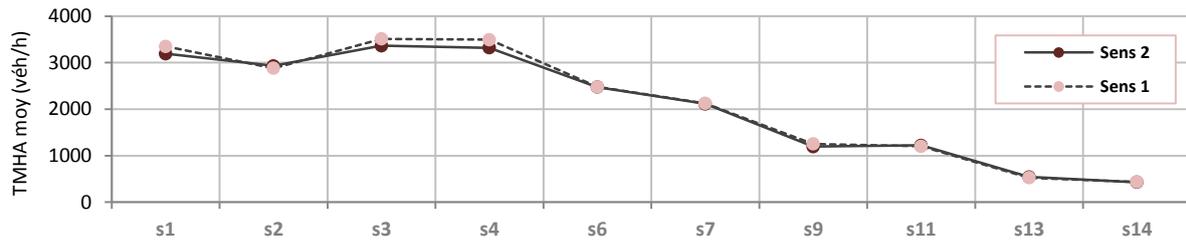


Figure 1 - Variation des débits moyens horaires agrégés (TMHA, VL et PL) par section le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

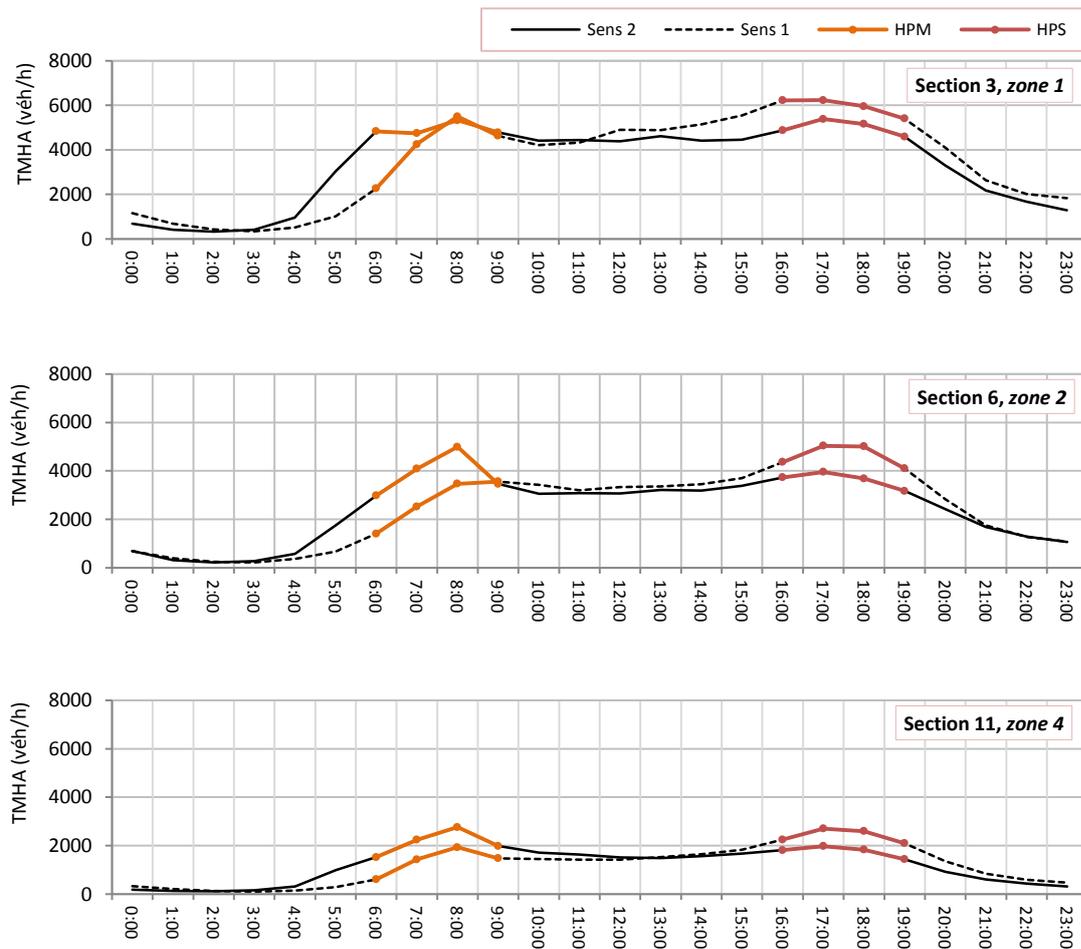


Figure 2 - Profil journalier de la fluctuation horaire des débits moyens horaires agrégés (TMHA, VL et PL) par sens de trois sections caractéristiques, jours ouvrés, données 2013



Figure 3 - Poids des différentes périodes d'observation dans les débits moyens journaliers agrégés (TMJA, VL et PL) par section, jours ouvrés, données 2013

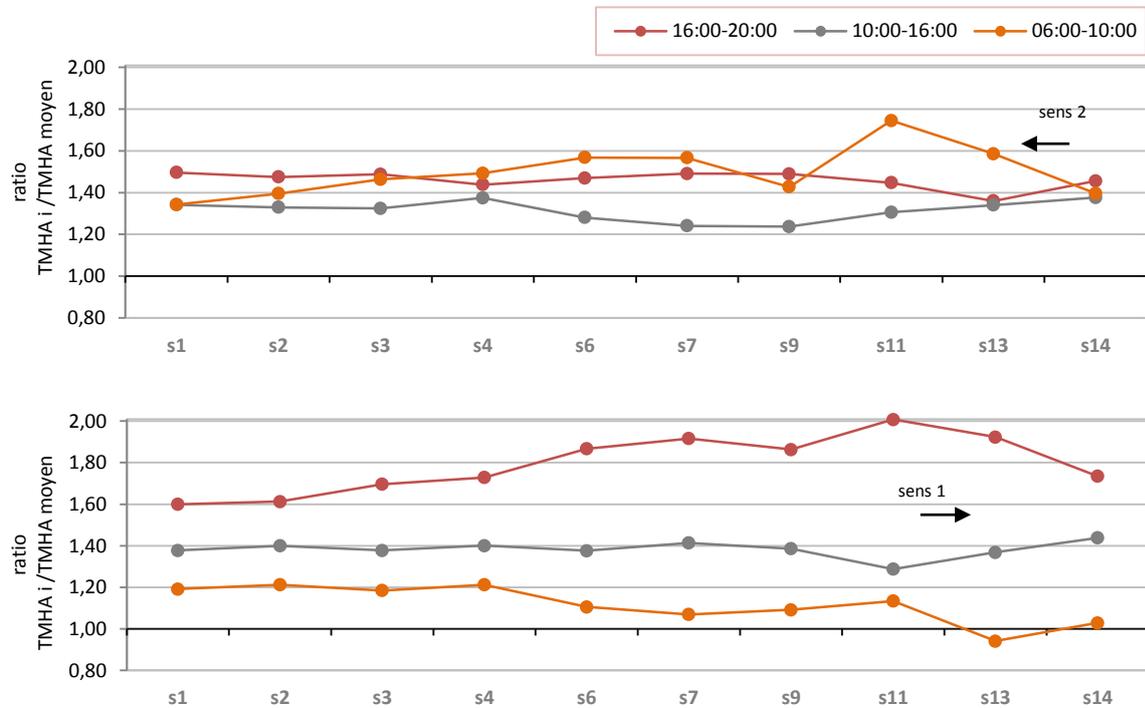


Figure 4 - Ratios des débits horaires agrégés (TMHA, VL et PL) des différentes périodes d'observation par rapport aux débits moyens de la journée, jours ouvrés, données 2013



Figure 5 - Poids des différentes périodes d'observation dans les débits moyens journaliers agrégés (TMJA, VL et PL) par section, week-ends et les jours fériés, données 2013

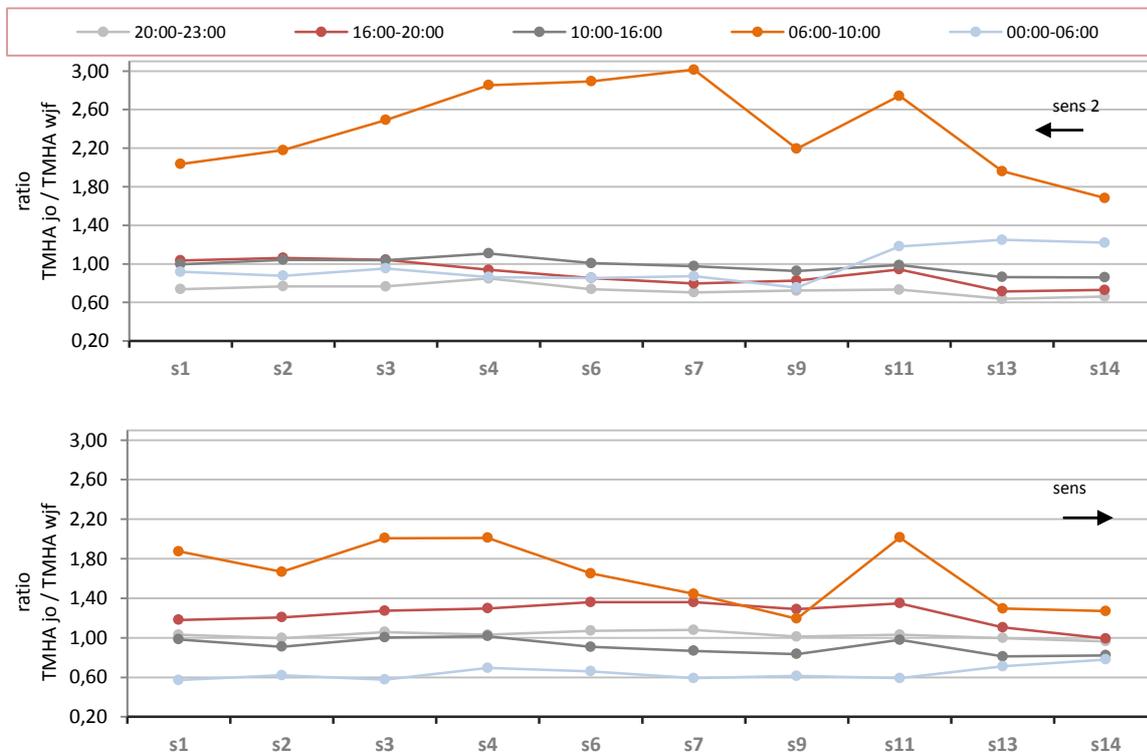


Figure 6 - Ratios des débits horaires agrégés (TMHA, VL et PL) par période d'observation des jours ouvrés par rapport à ceux des week-ends et des jours fériés, données 2013

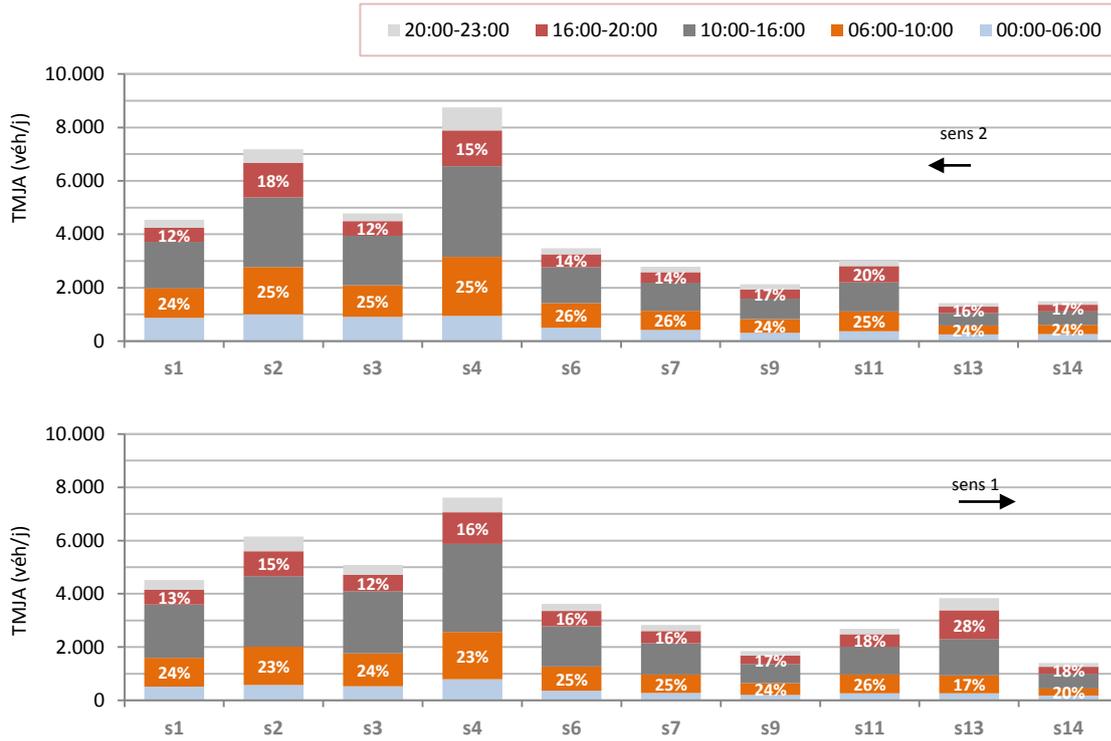


Figure 7 - Poids des différentes périodes d'observation dans les débits moyens journaliers agrégés des poids lourds (TMJA, PL) par section, *jours ouvrés, données 2013*

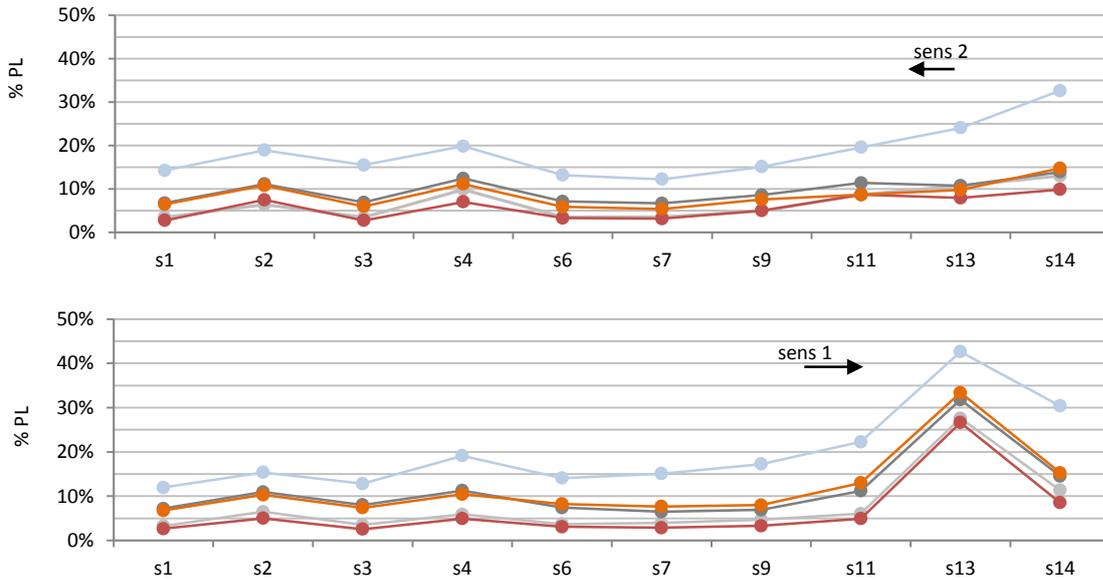


Figure 8 - Variation de la part des poids lourds PL% dans les débits moyens horaires agrégés le long de la journée, *jours ouvrés, données 2013*

sens 2 ←	s1	s2	s3	s4	s6	s7	s9	s11	s13	s14	Δ TMHA total	
	TMHA	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	TMHA		
00:00-06:00	1023	145	-96	184	150	74	229	24	142	41	132	892
06:00-10:00	4285	193	-832	-29	1073	567	1609	-426	1269	259	601	3683
10:00-16:00	4281	383	-559	-105	1394	543	1147	-117	867	135	592	3688
16:00-20:00	4775	451	-683	234	1137	482	1375	11	1029	111	627	4148
20:00-23:00	2134	118	-99	-49	545	179	479	393	259	39	269	1864

sens 1 →	s1	s2	s3	s4	s6	s7	s9	s11	s13	s14	Δ TMHA total	
	TMHA	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	TMHA		
00:00-06:00	728	-106	72	0	-262	-118	-109	-6	-92	-9	98	-630
06:00-10:00	3993	-501	669	76	-1498	-469	-903	-5	-868	-46	449	-3544
10:00-16:00	4616	-583	805	58	-1486	-408	-1266	-189	-828	-92	627	-3989
16:00-20:00	5360	-714	1312	86	-1418	-556	-1735	77	-1401	-254	757	-4603
20:00-23:00	2734	-573	490	-345	-567	-310	-525	-87	-407	-85	324	-2410

Figure 9 - Différence des débits moyens horaires agrégés (TMHA, VL et PL) entre deux sections consécutives pour les différentes périodes d'observation, jours ouvrés, données 2013

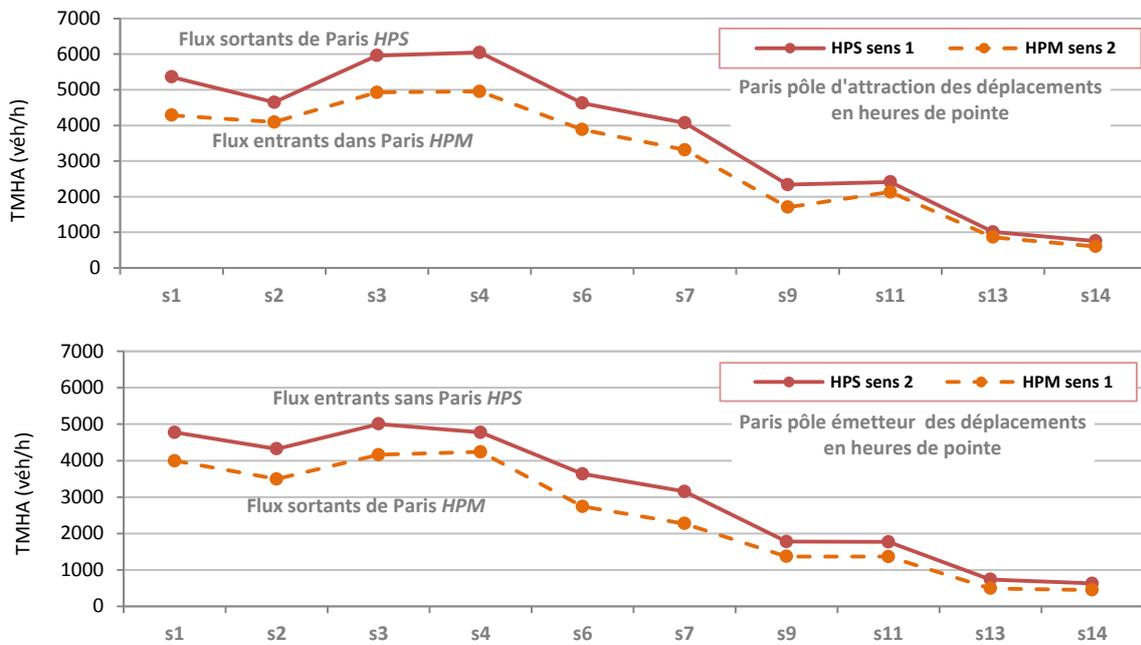


Figure 10 - 'Couples' des débits moyens horaires agrégés (TMHA, VL et PL) en heure de pointe, entrants et sortants de Paris, jours ouvrés, données 2013

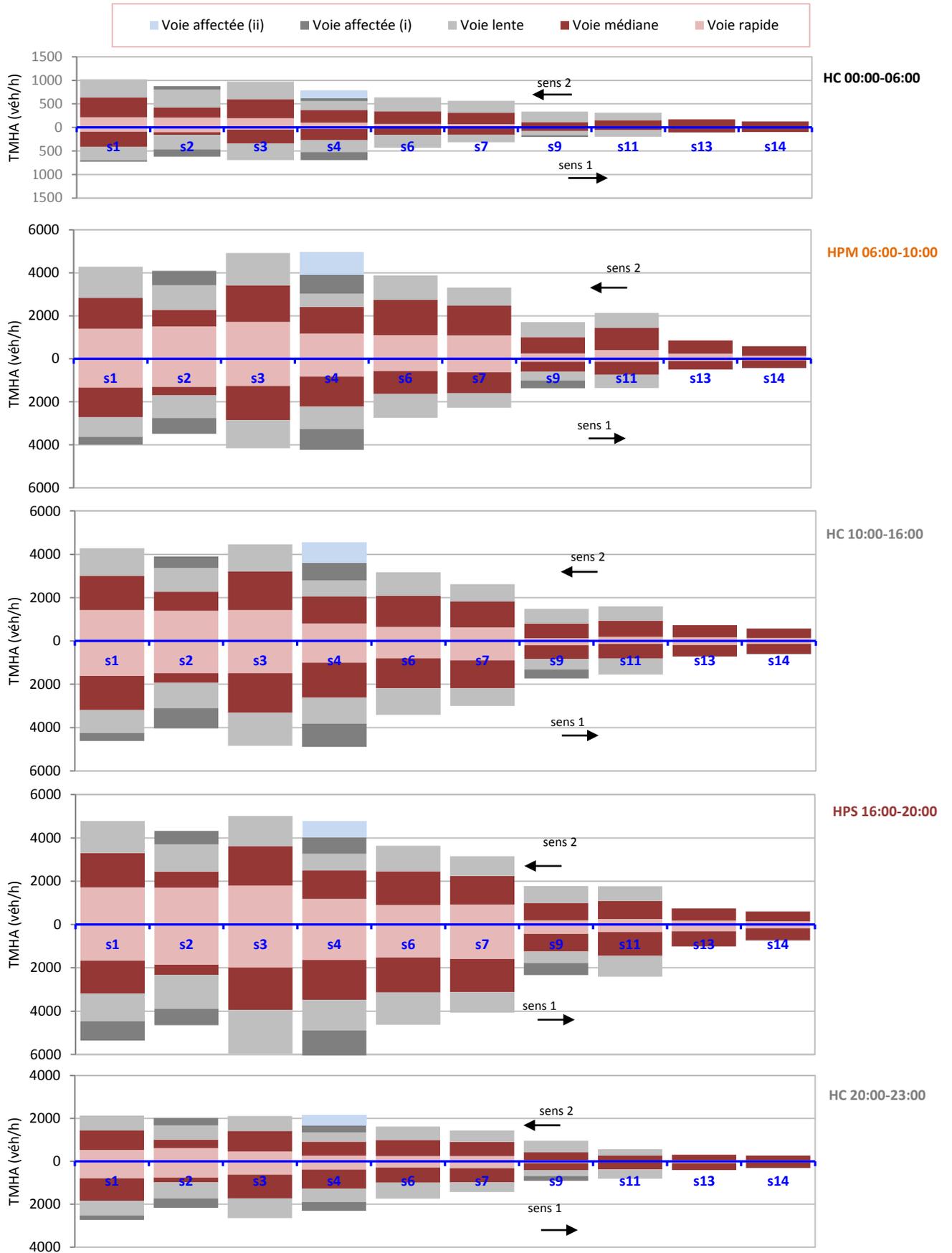


Figure 11 - Variation des débits moyens horaires (TMHA, VL et PL) par voie au cours des différentes périodes d'observation, jours ouvrés, données 2013

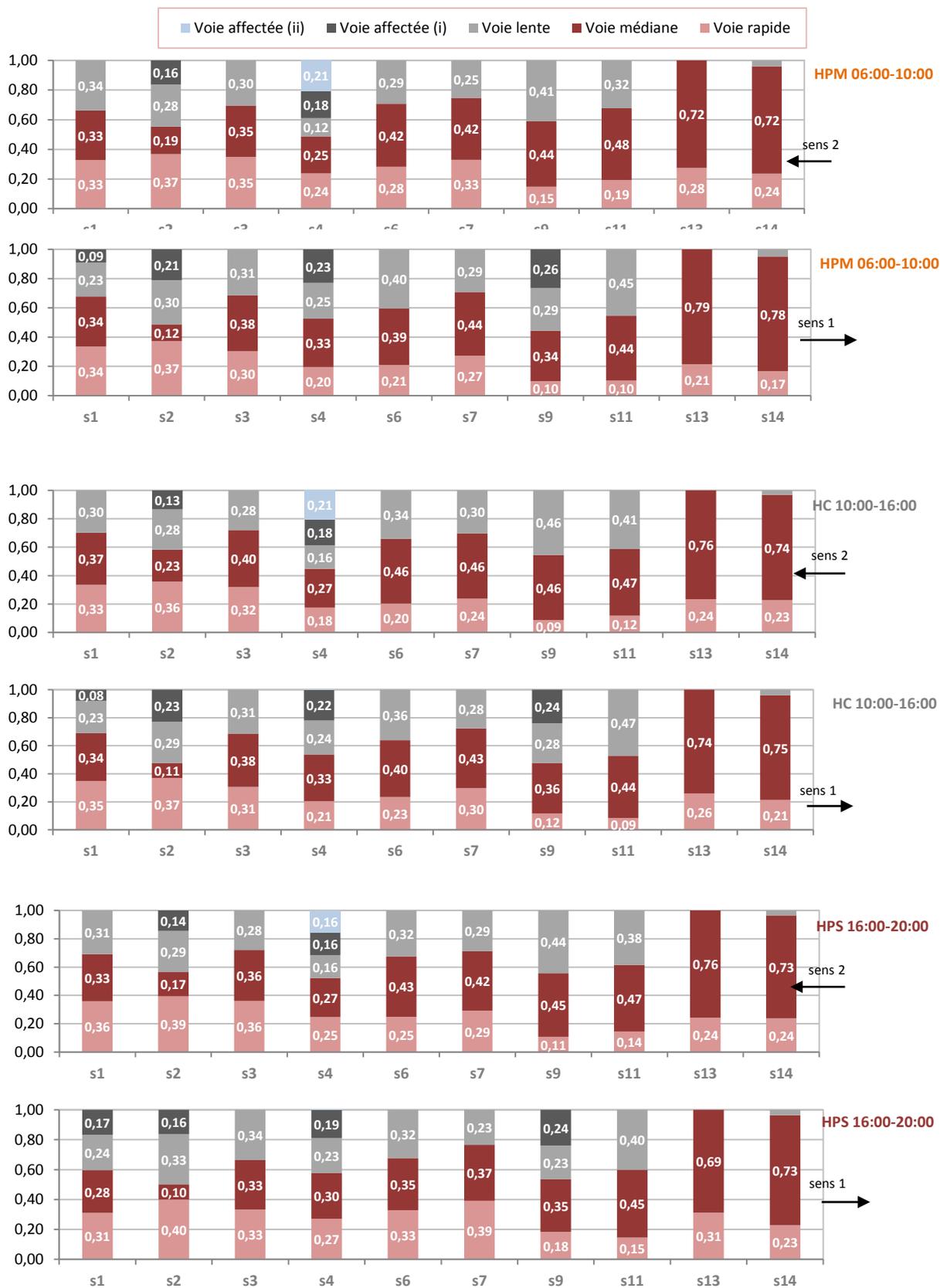


Figure 12 - Variation de la répartition des débits moyens horaires (TMHA, VL et PL) par voie au cours des différentes périodes d'observation, jours ouvrés, données 2013

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Projet de fin d'Etudes

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
S_1																								
VL	341	229	202	245	445	836	1463	1459	1517	1359	1254	1274	1331	1282	1264	1263	1386	1577	1591	1343	954	724	577	480
VM	396	194	136	174	443	1203	1670	1323	1341	1392	1520	1580	1586	1613	1566	1554	1600	1618	1596	1526	1296	953	789	642
s2 VR	98	25	11	17	102	1043	1776	1240	1282	1315	1408	1633	1428	1462	1402	1433	1651	1821	1775	1614	1055	510	332	224
s1 VR	237	92	40	23	36	121	523	1358	1875	1613	1400	1409	1550	1626	1762	1940	1989	1587	1446	1651	1399	800	510	470
VM	574	346	214	153	215	433	920	1419	1626	1496	1452	1483	1563	1598	1641	1705	1725	1485	1385	1508	1394	1077	863	830
VL	394	283	204	178	234	377	621	937	1130	1010	952	994	1054	1071	1120	1181	1322	1310	1273	1203	958	688	567	520
VA(i)	68	38	21	17	20	48	135	324	559	429	283	296	359	412	400	447	693	1026	1103	733	403	204	142	111
S_2																								
VA(i)	100	43	25	26	64	183	608	717	788	557	517	508	541	520	521	532	572	687	670	566	503	355	278	217
VL	396	258	209	229	416	775	1266	1087	1176	1083	1069	1103	1143	1105	1095	1091	1193	1347	1323	1167	910	682	567	497
VM	208	162	112	104	203	493	741	707	778	850	906	937	940	883	822	777	791	796	719	648	540	401	329	306
s2 VR	209	30	13	15	86	914	1778	1420	1463	1350	1371	1446	1367	1406	1383	1403	1592	1831	1783	1606	1079	565	448	385
s1 VR	315	79	28	16	27	135	527	1260	1845	1575	1295	1272	1433	1487	1644	1829	2051	1839	1753	1793	1325	744	522	462
VM	106	66	47	32	32	64	166	347	570	526	419	434	446	461	408	442	477	492	467	468	334	230	180	150
VL	430	309	230	191	266	433	727	1062	1285	1141	1083	1096	1160	1187	1241	1324	1535	1637	1610	1413	1050	756	606	556
VA(i)	240	147	98	78	120	245	491	714	881	855	889	916	913	969	945	906	909	776	688	675	584	463	359	326
S_3																								
VL	338	234	203	242	430	806	1285	1428	1782	1505	1242	1203	1219	1327	1246	1242	1339	1502	1466	1258	941	719	616	515
VM	308	163	116	159	439	1231	1694	1666	1751	1693	1731	1794	1777	1827	1780	1787	1862	1896	1793	1697	1396	1017	795	612
s2 VR	47	16	9	14	87	1005	1854	1654	1797	1586	1441	1449	1389	1459	1392	1437	1679	1989	1905	1642	971	449	260	167
s1 VR	126	39	15	8	18	80	398	1258	1890	1496	1237	1241	1439	1497	1644	1853	2131	2059	1962	1805	1251	588	349	302
VM	533	294	164	119	189	443	1023	1658	1946	1743	1661	1712	1874	1869	1916	1984	2077	2028	1924	1824	1557	1135	908	840
VL	503	358	254	222	307	491	843	1338	1662	1391	1321	1376	1592	1524	1583	1711	2019	2148	2077	1779	1303	915	760	696
S_4																								
VA(ii)	214	125	94	90	156	301	773	1095	1222	1016	913	939	959	947	954	964	838	729	673	754	683	504	396	321
VA(i)	106	50	30	25	50	135	645	1076	1018	849	760	735	786	830	878	949	874	746	665	754	607	356	251	179
VL	189	115	91	115	222	404	570	597	655	633	674	715	746	770	774	790	783	812	792	703	572	439	367	296
s2 VR	259	113	74	94	254	825	1109	1262	1344	1238	1227	1248	1232	1273	1247	1257	1339	1396	1306	1205	979	686	533	423
s1 VR	47	9	4	6	32	514	1006	1193	1447	1061	817	782	737	800	795	869	1140	1351	1237	995	583	242	139	96
VM	82	30	13	8	17	61	315	795	1181	1035	923	864	973	960	1066	1247	1635	1789	1735	1407	818	354	208	176
VL	402	227	129	97	173	379	935	1428	1640	1578	1556	1543	1619	1605	1649	1732	1906	1933	1841	1674	1305	894	689	624
VA(i)	147	111	96	116	184	368	711	955	1168	1045	1023	1027	1079	1081	1116	1149	1220	1261	1177	933	642	418	302	242
S_6																								
VL	331	191	147	180	329	603	862	1165	1431	1082	1022	1032	1074	1129	1106	1119	1203	1276	1204	1023	826	656	563	476
VM	309	116	73	88	226	800	1343	1747	1983	1521	1402	1423	1408	1456	1450	1518	1622	1664	1548	1386	1110	795	596	488
s2 VR	65	9	4	5	23	344	776	1178	1575	858	635	631	590	629	634	744	905	1015	934	763	487	238	133	106
s1 VR	42	14	6	4	6	22	158	472	788	868	846	714	719	728	822	978	1362	1737	1736	1258	662	264	139	104
VM	270	145	85	63	86	206	591	1008	1275	1379	1422	1334	1328	1338	1392	1474	1621	1733	1653	1431	1088	726	526	448
VL	366	241	165	153	272	446	653	1049	1404	1315	1154	1146	1286	1297	1239	1247	1378	1565	1619	1411	1088	766	609	533
S_7																								
VL	301	165	126	159	277	483	633	857	1038	813	753	775	790	816	800	832	891	971	936	832	691	557	457	416
VM	288	107	67	80	194	723	1185	1474	1613	1266	1186	1202	1162	1189	1197	1282	1358	1393	1326	1210	988	716	528	447
s2 VR	67	8	4	4	17	328	748	1203	1597	825	619	614	567	599	609	752	922	1043	949	781	492	236	123	106
s1 VR	47	16	6	4	5	19	166	501	850	960	941	812	808	812	919	1067	1461	1815	1785	1318	712	292	153	114
VM	266	143	84	64	78	181	553	931	1190	1279	1310	1229	1237	1244	1293	1368	1518	1650	1580	1349	1034	692	504	433
VL	231	167	118	105	124	225	435	624	764	829	842	791	813	823	839	869	941	1044	995	822	631	456	371	318
S_9																								
VL	353	149	104	122	215	415	555	702	838	702	670	666	651	661	668	718	764	816	817	750	676	542	461	463
VM	151	66	38	44	76	212	457	759	975	816	756	698	632	629	642	698	787	851	831	729	568	382	280	236
s2 VR	20	4	3	2	4	48	126	269	414	202	154	135	113	111	119	140	175	212	210	169	114	54	34	32
s1 VR	14	6	4	3	3	6	31	119	178	214	248	189	159	171	200	243	338	479	518	379	191	80	40	27
VM	128	72	47	38	45	91	228	456	574	630	684	614	573	591	625	684	784	877	872	753	540	351	236	196
VL	133	95	70	58	67	115	231	359	430	577	627	513	460	442	447	464	503	557	556	492	394	286	218	182
VA(i)	72	40	22	19	26	57	150	291	432	573	568	416	362	358	374	408	502	619	616	495	361	231	158	120
S_11																								
VL	116	85	76	112	198	394	534	692	806	715	678	666	639	638	655	674	705	738	691	585	437	324	251	190
VM	64	43	36	44	106	464	757	1095	1320	958	812	767	706	692	728	781	854	928	865	677	404	247	171	111
s2 VR	5	4	3	3	8	123	235	456	638	312	219	195	166	156	181	213	258	311	276	179	74	32	17	9
s1 VR	5	3	5	2	4	24	152	241	140	117	112	103	122	148	189	293	418	404	293	123	44	20	11	
VM	97	52	32	23	32	82	225	647	896	651	633	618	616	671	739	836	1049	1232	1159	931	583	333	213	156
VL	227	151	88	81	105	202	358	631	795	690	695	693	709	729	754	801	910	1050	1035	875	652	463	358	307
S_13																								
VL	108	77	77	96	151	369	489	643	713	650	603	571	522	526	545	570	587	590	563	500	380	292	218	153
s2 VR	10	5	5	6	17	112	164	260	293	231	204	183	147	150	162	182	192	196	179	145	86	54	33	17
s1 VR	1																							

Annexe de la partie ii

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
S_1																								
VL	608	489	391	314	350	411	499	566	742	934	1098	1277	1293	1222	1302	1394	1437	1472	1436	1353	1085	859	720	655
VM	882	629	421	309	367	513	664	751	1046	1333	1514	1711	1692	1639	1681	1676	1648	1599	1500	1444	1370	1272	1119	1010
s2 VR	433	214	103	53	66	132	213	278	549	841	1052	1440	1437	1313	1434	1601	1704	1743	1610	1492	1243	956	709	577
s1 VR	661	412	233	115	85	96	162	300	595	1239	1556	1755	1756	1535	1658	1664	1583	1593	1613	1506	1150	745	561	575
VM	1000	768	567	388	331	359	489	686	962	1388	1573	1679	1677	1587	1647	1634	1593	1586	1568	1497	1308	1076	927	928
VL	595	483	387	280	242	261	356	468	619	834	979	1093	1132	1029	1077	1080	1055	1059	1062	1002	835	660	565	554
VA(i)	131	89	60	35	26	28	48	83	120	174	261	335	402	332	343	361	354	357	370	352	276	181	139	129
S_2																								
VA(i)	237	131	85	60	65	80	111	127	195	308	435	539	524	455	420	448	437	466	467	427	367	317	280	242
VL	634	504	397	339	362	428	519	588	746	905	1034	1146	1145	1098	1139	1189	1237	1283	1282	1234	1060	874	740	685
VM	358	268	179	132	178	266	344	394	528	720	819	797	827	765	759	747	740	698	646	604	562	493	452	434
s2 VR	594	302	146	52	63	150	277	314	577	855	1094	1415	1383	1280	1392	1596	1701	1767	1723	1576	1396	1072	827	692
s1 VR	573	467	288	85	60	70	161	309	571	1221	1515	1731	1748	1507	1603	1604	1538	1482	1456	1353	1046	675	507	576
VM	165	129	94	76	58	59	80	114	197	296	468	496	549	417	392	374	450	367	394	353	309	237	222	195
VL	621	505	402	313	290	324	439	594	782	1085	1272	1362	1375	1237	1303	1309	1281	1254	1211	1124	954	738	624	611
VA(i)	384	293	221	179	196	194	264	408	712	1150	1214	1166	1083	979	963	932	855	842	790	654	631	492	454	407
S_3																								
VM	613	524	418	325	363	428	500	576	748	905	1054	1217	1247	1195	1239	1321	1358	1401	1374	1324	1054	847	746	674
VL	781	584	380	269	320	455	601	701	1017	1325	1587	1838	1841	1799	1840	1882	1853	1780	1624	1537	1447	1283	1106	959
s2 VR	260	159	76	40	47	92	155	212	458	703	926	1286	1329	1221	1338	1573	1721	1871	1774	1604	1171	780	547	420
s1 VR	414	253	134	64	44	51	86	172	399	932	1339	1566	1570	1342	1529	1575	1470	1487	1476	1346	931	507	360	353
VM	984	750	522	339	282	310	455	672	993	1467	1735	1863	1877	1751	1866	1869	1806	1785	1743	1640	1410	1082	922	885
VL	800	657	521	384	344	362	487	634	849	1141	1375	1552	1570	1431	1551	1573	1528	1521	1509	1403	1158	894	774	738
S_4																								
VA(ii)	377	262	178	132	125	160	202	286	462	560	669	827	886	799	838	903	958	998	1068	964	684	466	381	362
VA(i)	260	167	98	67	61	85	117	182	298	401	505	614	715	653	691	768	863	945	1005	890	582	347	262	231
VL	374	283	203	152	167	205	244	285	393	496	631	757	788	747	810	865	913	948	915	812	641	530	441	401
VM	581	360	218	156	185	271	362	429	645	857	1060	1262	1248	1163	1217	1289	1321	1293	1166	1121	1025	873	736	679
s2 VR	189	71	32	15	17	37	64	93	217	347	481	692	698	600	675	843	1024	1122	1068	937	642	399	275	241
s1 VR	236	139	70	35	27	34	55	107	279	782	1032	1135	1077	907	1039	1098	1044	988	982	878	573	302	206	201
VM	730	541	365	238	211	240	339	514	837	1388	1587	1650	1617	1509	1615	1627	1593	1561	1546	1452	1170	863	701	683
VL	545	453	349	259	237	279	363	503	727	1086	1209	1274	1262	1191	1282	1320	1296	1265	1241	1153	914	689	565	528
VA(i)	256	203	149	117	126	154	175	249	398	628	819	924	911	848	957	1029	1015	966	887	780	583	408	303	261
S_6																								
VL	607	442	320	249	274	344	396	478	655	841	999	1113	1102	1041	1097	1161	1224	1307	1322	1160	936	754	647	631
VM	698	383	226	148	166	252	318	428	697	985	1244	1475	1454	1344	1460	1595	1707	1753	1697	1579	1337	1041	841	798
s2 VR	231	73	31	12	13	26	40	66	170	291	429	627	645	549	656	878	1178	1417	1466	1224	791	435	282	275
s1 VR	141	73	32	15	12	14	30	72	229	838	1099	1102	957	805	959	1041	983	881	855	719	444	222	139	126
VM	529	363	230	146	124	145	248	412	745	1416	1602	1583	1487	1399	1514	1542	1484	1394	1326	1212	956	698	545	498
VL	594	467	334	237	214	253	351	483	715	1098	1203	1253	1292	1204	1239	1273	1237	1195	1174	1142	948	735	610	568
S_7																								
VL	537	367	258	194	211	279	309	377	490	600	715	808	829	775	809	880	956	1053	1113	1000	816	644	557	545
VM	647	339	198	128	142	215	275	381	605	849	1080	1280	1264	1168	1272	1403	1524	1595	1573	1452	1231	965	785	737
s2 VR	246	66	27	10	9	20	31	57	152	273	422	632	650	538	673	926	1256	1501	1542	1296	847	455	293	287
s1 VR	161	84	34	16	12	14	35	88	290	990	1263	1254	1092	927	1096	1174	1120	1003	955	792	495	256	157	140
VM	510	357	225	146	124	143	250	410	731	1322	1482	1447	1363	1285	1382	1408	1351	1274	1219	1114	898	662	515	472
VL	361	295	221	163	144	175	267	381	579	948	1018	963	892	858	933	942	884	814	754	684	562	444	360	331
S_9																								
VM	575	318	238	176	191	240	282	360	483	597	692	755	737	703	742	806	866	953	992	919	843	689	630	653
VL	306	168	110	79	80	104	148	213	352	530	685	789	704	626	701	802	881	936	938	857	714	524	410	366
s2 VR	63	17	8	4	4	7	9	17	39	75	117	155	134	101	128	186	250	330	370	302	209	115	82	78
s1 VR	41	25	10	6	5	6	9	24	85	280	386	369	286	204	235	254	250	246	257	217	128	68	44	39
VM	245	176	106	77	76	83	116	211	402	705	825	830	746	644	691	710	704	700	704	634	485	343	266	235
VL	208	166	120	87	76	89	140	230	382	739	734	596	517	465	484	482	471	456	455	433	369	289	225	201
VA(i)	130	97	60	41	36	40	92	142	310	719	718	536	448	415	439	457	451	433	432	406	329	240	171	140
S_11																								
VL	237	183	149	129	137	186	250	334	481	648	740	790	751	691	744	779	807	813	787	670	518	414	332	277
VM	137	100	73	65	63	99	141	205	345	531	676	792	705	601	711	788	873	912	889	721	496	368	270	190
s2 VR	10	7	5	5	4	7	11	19	47	94	137	179	146	108	149	190	245	288	297	195	103	66	39	20
s1 VR	18	9	4	4	4	3	5	12	37	64	126	161	125	87	115	130	155	181	212	159	81	31	17	14
VM	205	136	86	60	57	60	89	164	307	436	642	772	688	577	669	704	769	817	846	726	500	300	210	188
VL	381	294	219	161	143	170	215	323	475	581	726	819	820	747	783	793	825	840	842	778	620	465	379	362
S_13																								
VL	165	126	108	94	112	155	200	272	416	601	686	737	630	582	644	709	763	780	763	669	532	445	335	233
s2 VR	17	10	9	6	10</																			

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Projet de fin d'Etudes

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
S_1																								
VL	49	56	61	85	164	356	284	161	155	247	277	271	251	233	215	184	143	102	79	83	85	71	57	50
VM	4	2	2	4	14	75	69	41	53	67	60	54	53	44	41	39	36	32	24	21	15	8	6	4
s2 VR	0	0	0	0	0	2	5	10	8	5	4	3	2	2	2	3	3	3	3	2	1	1	1	0
s1 VR	0	0	0	0	0	0	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	10	11	5	2	1	1	1
VM	7	5	5	5	10	22	42	54	53	63	73	73	64	62	66	57	44	35	34	26	21	17	13	10
VL	57	52	56	61	82	132	188	182	180	215	264	274	249	226	219	182	125	78	69	72	74	75	67	59
VA(i)	3	3	3	3	4	10	18	22	24	31	33	31	27	23	25	22	18	16	14	8	7	5	3	3
S_2																								
VA(i)	19	10	7	8	17	48	121	112	106	93	76	74	88	88	90	96	103	101	91	66	49	34	32	25
VL	48	53	55	75	147	340	292	178	172	242	273	268	249	230	217	187	154	116	94	96	92	67	47	49
VM	21	16	14	13	26	78	122	109	106	100	91	101	115	109	120	115	138	143	108	79	47	29	22	19
s2 VR	0	0	0	0	1	3	4	6	4	5	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1
s1 VR	3	0	0	0	0	5	8	2	2	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	2	1	2	4	3
VM	11	7	6	4	6	14	32	58	76	69	62	67	69	71	64	61	70	57	45	48	52	35	23	19
VL	53	50	54	57	88	137	210	219	215	252	305	311	288	263	257	225	162	101	87	91	88	79	62	53
VA(i)	15	6	8	8	12	29	57	72	85	81	83	99	84	111	110	101	83	66	57	48	43	40	31	25
S_3																								
VL	49	56	60	84	167	358	290	176	173	261	290	288	261	244	233	198	154	109	85	83	82	68	55	50
VM	3	3	3	5	19	96	93	44	54	76	69	60	53	49	48	42	36	32	24	21	15	9	7	5
s2 VR	0	0	0	0	0	3	5	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2	1	1	1	0
s1 VR	0	0	0	0	0	1	3	4	3	5	6	6	6	5	6	6	5	5	6	4	2	2	1	1
VM	4	2	2	2	4	12	28	42	44	51	60	58	50	50	56	50	43	31	28	21	15	11	8	6
VL	64	56	62	68	94	161	237	256	256	300	363	376	332	312	319	273	191	103	83	88	91	88	80	69
S_4																								
VA(ii)	55	47	41	45	78	150	261	284	255	310	321	308	277	253	276	275	214	166	155	182	174	125	87	65
VA(i)	16	9	3	5	13	21	33	55	75	74	52	62	63	44	42	57	47	32	31	37	35	17	13	17
VL	48	35	30	39	87	186	185	174	180	216	226	223	213	205	192	166	127	91	76	84	93	83	69	60
VM	2	1	1	2	6	24	23	17	26	31	28	23	22	20	23	22	28	28	20	15	10	4	3	2
s2 VR	0	0	0	0	0	1	5	2	3	2	1	1	1	1	2	2	2	2	3	1	1	0	0	0
s1 VR	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	0	0	0
VM	3	2	2	2	3	7	15	19	20	31	34	28	26	24	27	26	23	18	16	13	10	6	5	3
VL	41	40	42	49	60	93	153	149	147	197	229	227	206	186	194	178	139	89	75	69	60	52	45	39
VA(i)	46	51	53	69	90	144	252	236	219	327	363	345	321	288	305	299	258	189	154	139	109	87	69	58
S_6																								
VL	33	37	42	65	105	173	185	174	179	216	232	216	180	167	167	149	130	95	75	74	65	49	42	35
VM	4	2	3	4	9	29	37	33	36	47	52	45	36	35	35	33	34	28	23	19	14	9	8	6
s2 VR	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
s1 VR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
VM	2	1	1	1	2	6	15	22	24	36	34	25	22	22	22	24	22	18	19	15	11	7	5	3
VL	44	41	41	50	64	110	180	195	190	240	256	250	227	210	212	213	181	125	98	91	79	67	47	38
S_7																								
VL	32	32	38	58	81	152	165	150	148	183	195	179	155	146	143	129	116	86	72	69	59	48	42	39
VM	2	1	1	2	4	13	15	14	18	21	25	18	16	15	14	15	16	14	12	10	7	4	3	2
s2 VR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
s1 VR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
VM	2	1	1	1	2	4	12	17	19	30	27	21	18	19	19	20	19	14	14	11	9	5	4	2
VL	34	36	35	40	48	79	139	150	142	182	194	186	172	162	161	159	140	98	84	80	70	59	42	33
S_9																								
VL	28	25	25	42	62	115	118	115	119	141	145	135	119	110	107	103	100	84	74	71	60	47	40	33
VM	2	1	1	1	1	3	4	6	6	7	9	8	7	6	6	6	7	7	6	6	5	3	2	2
s2 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s1 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VM	1	1	1	1	2	2	5	6	7	10	10	7	6	6	6	6	5	5	4	3	2	2	1	0
VL	24	27	27	28	32	48	77	79	70	90	103	102	97	89	85	83	73	57	50	49	45	41	31	24
VA(i)	2	2	1	3	4	9	14	21	22	35	29	21	17	19	17	17	17	16	16	11	8	7	3	2
S_11																								
VL	28	27	32	49	73	136	141	150	162	178	177	171	157	145	155	159	157	144	126	101	67	48	36	32
VM	1	1	2	2	3	10	12	14	15	15	15	13	11	10	11	12	12	12	9	7	4	2	1	1
s2 VR	0	0	0	0	0	5	10	13	18	10	10	9	8	7	9	11	13	14	13	8	4	1	1	0
s1 VR	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VM	1	1	3	2	3	7	12	12	12	12	10	10	8	9	8	9	9	9	7	6	3	3	2	1
VL	30	36	34	33	44	75	131	171	177	184	184	177	165	154	153	149	143	120	97	85	65	53	41	30
S_13																								
VL	21	21	26	41	53	84	82	80	84	86	82	78	73	69	67	67	59	52	50	42	35	30	24	24
s2 VR	0	0	0	0	1	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0
s1 VR	6	3	2	1	2	4	18	40	43	45	61	61	52	51	58	66	73	82	85	75	44	25	13	8
VL	48	41	34	33	40	58	103	135	136	140	161	169	168	166	173	185	203	202	188	168	130	99	74	58
S_14																								
VA(i)	1	1	1	1	1	2	3	5	5	5	5	4	3	3	3	3	2	3	2	1	1	1	1	1
VL	22	21	26	35	55	89	83	82	80	86	87	84	79	74	71	69	68	60	54	53	43	37	32	24
s2 VR	0	0	0	0	1	2	2	1	2	2	3	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	0	0	0
s1 VR	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	3	3	3	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0
VL	23	27	25	27	29	38	62	66	61	65	82	86	85	82	79	81	77	62	52	50	44	39	34	25
VA(ii)	1	1	1	2	1	2	3	3	4	5	6	6	6	5	5	5	4	4	3	2	1	1	1	1

Tableau 3 - Cartographie analytique des débits moyens horaires des poids lourds par voie (TMHA), jours ouvrés, données 2013

Annexe de la partie ii

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
S_1																								
VL	22	25	24	27	33	42	41	39	45	46	42	38	35	31	27	27	23	23	19	22	19	17	18	18
VM	4	2	2	2	3	5	6	7	8	13	12	12	11	10	9	9	9	11	10	11	8	4	4	4
VR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	5	6	2	1	1	0
s2 VR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1
VM	7	4	3	3	3	4	5	8	13	18	13	11	10	12	14	12	10	10	11	13	13	9	8	6
VL	28	24	24	22	23	28	27	30	41	47	39	33	27	27	29	24	18	19	19	18	19	19	19	21
VA(i)	1	1	1	1	1	1	3	4	5	5	6	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1
S_2																								
VA(i)	38	31	21	18	20	25	35	37	53	58	62	82	76	67	77	91	108	124	131	116	92	69	53	51
VL	27	24	24	27	34	48	44	43	48	49	47	41	42	36	33	30	32	28	26	28	26	24	25	26
VM	63	51	29	22	25	35	41	45	56	66	79	91	90	67	88	119	121	118	96	98	88	81	81	76
s2 VR	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	3	1	0	0
s1 VR	1	1	0	0	0	0	2	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
VM	33	26	16	13	12	11	14	20	27	44	62	72	58	48	46	46	39	34	38	33	33	29	34	34
VL	29	24	25	23	24	28	29	37	51	56	43	31	30	31	34	30	24	23	23	25	26	25	25	24
VA(i)	38	20	11	11	10	12	18	26	54	88	92	71	55	49	39	31	26	24	28	20	21	18	33	22
S_3																								
VL	22	24	24	27	35	44	44	40	45	49	43	40	35	32	28	27	24	22	20	21	17	15	19	18
VM	3	3	3	2	4	7	8	10	10	13	13	12	13	12	10	11	11	13	12	12	7	5	5	4
s2 VR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0
s1 VR	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1
VM	5	3	2	1	1	2	3	5	9	16	12	9	8	10	11	10	8	9	10	11	10	7	5	4
VL	34	27	27	25	28	38	37	45	52	57	54	47	39	38	50	44	28	27	24	27	25	23	23	24
S_4																								
VA(ii)	26	21	17	15	19	25	28	32	35	37	38	38	35	33	31	29	28	27	25	25	24	20	28	20
VA(i)	21	11	4	8	12	15	7	18	33	34	15	47	43	16	13	38	22	6	12	23	19	7	11	25
VL	49	34	22	19	23	29	35	43	55	76	82	95	87	85	75	77	68	55	44	43	47	51	50	49
VM	2	1	1	1	1	3	3	4	4	7	9	7	7	6	5	6	7	9	10	10	6	3	2	2
s2 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	5	4	1	0	0	0
s1 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
VM	3	1	1	1	1	2	2	4	7	13	9	7	7	8	10	10	7	7	8	8	7	5	4	3
VL	20	17	18	19	19	22	23	26	36	46	34	29	24	26	28	27	22	21	22	21	21	19	18	16
VA(i)	25	21	22	26	29	31	33	33	34	36	34	38	38	36	34	35	30	30	27	27	25	20	21	18
S_6																								
VL	16	16	18	19	21	29	30	31	35	40	41	36	31	27	25	25	26	26	24	26	25	14	13	16
VM	5	3	2	2	3	5	7	8	10	14	18	17	14	13	12	12	14	17	17	17	13	6	5	5
s2 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
s1 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
VM	2	2	1	1	1	1	2	3	6	15	11	7	7	8	9	9	7	7	8	8	7	5	4	2
VL	23	20	19	20	18	24	27	32	46	65	47	36	31	32	31	32	27	24	24	25	24	21	23	18
S_7																								
VL	16	15	17	17	18	26	27	31	35	41	44	39	33	30	27	26	28	28	26	28	26	15	14	17
VM	2	1	1	1	1	2	2	3	3	5	6	6	5	5	5	7	10	10	11	7	3	2	3	3
s2 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
s1 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
VM	2	1	1	1	1	1	1	3	6	15	11	7	6	7	7	8	6	6	6	6	6	4	3	2
VL	20	20	18	17	16	19	23	27	40	60	41	29	26	28	29	28	24	22	23	24	22	19	19	15
S_9																								
VL	18	13	13	12	16	27	31	35	36	43	46	44	39	34	32	33	36	37	36	37	33	21	17	18
VM	3	1	0	0	0	1	1	2	2	3	3	3	4	2	3	3	4	5	6	6	5	2	1	2
s2 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
s1 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VM	1	0	1	1	1	1	1	2	3	5	4	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1
VL	15	15	14	13	10	12	14	19	27	32	25	18	17	19	20	19	15	14	16	16	17	15	15	12
VA(i)	2	1	1	1	1	3	3	4	8	30	20	10	7	7	7	7	8	7	8	7	6	5	3	1
S_11																								
VL	12	11	11	12	16	27	29	31	34	38	38	39	35	32	28	28	28	28	24	22	16	13	11	13
VM	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1
s2 VR	1	0	0	0	0	0	1	1	2	5	7	10	9	6	9	11	13	15	16	10	6	3	2	1
s1 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VM	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2	1	1	1
VL	18	17	15	15	18	24	30	31	37	33	30	28	26	28	28	27	23	22	24	25	23	20	18	13
S_13																								
VL	9	10	11	11	12	16	16	19	22	24	22	24	22	19	18	17	17	17	16	14	11	9	8	10
s2 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
s1 VR	11	6	2	1	2	3	4	11	25	51	71	84	59	40	52	54	58	58	68	50	32	18	11	9
VL	54	43	31	27	28	30	37	53	83	102	125	141	131	122	133	144	145	146	142	124	103	80	62	52
S_14																								
VA(ii)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
VL	11	11	12	12	11	17	16	19	24	25	24	26	24	20	18	18	19	18	16	14	12	9	8	11
s2 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
s1 VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
VL	16	16	15	16	17	15	14	16	26	24	18	16	14	16	18	19	13	14	15	15	17	14	14	13
VA(ii)	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Tableau 4 - Cartographie analytique des débits moyens horaires des poids lourds par voie (TMHA), week-ends et jours fériés, données 2013

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Projet de fin d'Etudes

		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
S_1		VL	15%	25%	30%	35%	37%	43%	19%	11%	10%	18%	22%	21%	19%	18%	17%	15%	10%	6%	5%	6%	9%	10%	10%	10%
		VM	1%	1%	2%	2%	3%	6%	4%	3%	4%	5%	4%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
s2		VR	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1		VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
		VM	1%	1%	2%	4%	4%	5%	5%	4%	3%	4%	5%	5%	4%	4%	4%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	1%
		VL	15%	18%	27%	34%	35%	35%	30%	19%	16%	21%	28%	28%	24%	21%	20%	15%	9%	6%	5%	6%	8%	11%	12%	11%
		VA(i)	4%	8%	14%	19%	21%	20%	13%	7%	4%	7%	11%	11%	7%	6%	6%	5%	3%	2%	1%	1%	2%	2%	2%	3%
S_2		VA(i)	19%	24%	27%	30%	27%	26%	20%	16%	13%	17%	15%	15%	16%	17%	17%	18%	18%	15%	14%	12%	10%	9%	11%	12%
		VL	12%	20%	27%	33%	35%	44%	23%	16%	15%	22%	26%	24%	22%	21%	20%	17%	13%	9%	7%	8%	10%	10%	8%	10%
		VM	10%	10%	12%	13%	13%	16%	16%	15%	14%	12%	10%	11%	12%	12%	15%	15%	17%	18%	15%	12%	9%	7%	7%	6%
s2		VR	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1		VR	1%	0%	0%	0%	1%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
		VM	10%	11%	12%	14%	18%	21%	19%	17%	13%	13%	15%	15%	15%	15%	16%	14%	15%	12%	10%	10%	16%	15%	13%	13%
		VL	12%	16%	23%	30%	33%	32%	29%	21%	17%	22%	28%	28%	25%	22%	21%	17%	11%	6%	5%	6%	8%	11%	10%	9%
		VA(i)	6%	4%	8%	10%	10%	12%	12%	10%	10%	9%	9%	11%	9%	11%	12%	11%	9%	9%	8%	7%	7%	9%	9%	8%
S_3		VL	14%	24%	30%	34%	39%	44%	23%	12%	10%	17%	23%	24%	21%	18%	19%	16%	11%	7%	6%	7%	9%	9%	9%	10%
		VM	1%	2%	3%	3%	4%	8%	5%	3%	3%	5%	4%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
s2		VR	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1		VR	0%	0%	0%	2%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		VM	1%	1%	1%	2%	2%	3%	3%	3%	2%	3%	4%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
		VL	13%	16%	25%	31%	31%	33%	28%	19%	15%	22%	27%	27%	21%	21%	20%	16%	9%	5%	4%	5%	7%	10%	10%	10%
S_4		VA(ii)	25%	38%	43%	50%	50%	50%	34%	26%	21%	30%	35%	33%	29%	27%	29%	29%	26%	23%	23%	24%	26%	25%	22%	20%
		VA(i)	15%	17%	11%	20%	25%	16%	5%	5%	7%	9%	7%	8%	8%	5%	5%	6%	5%	4%	5%	5%	6%	5%	5%	9%
		VM	26%	30%	32%	34%	39%	46%	32%	29%	27%	34%	34%	31%	29%	27%	25%	21%	16%	11%	10%	12%	16%	19%	19%	20%
s2		VL	1%	1%	1%	2%	2%	3%	2%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%
s1		VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		VM	1%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
		VL	13%	17%	26%	33%	26%	22%	19%	14%	13%	17%	20%	20%	17%	16%	16%	14%	10%	6%	5%	6%	6%	8%	9%	9%
		VA(i)	31%	46%	55%	59%	49%	39%	35%	25%	19%	31%	35%	34%	30%	27%	27%	26%	21%	15%	13%	15%	17%	21%	23%	24%
S_6		VL	10%	19%	29%	36%	32%	29%	21%	15%	12%	20%	23%	21%	17%	15%	15%	13%	11%	7%	6%	7%	8%	7%	8%	7%
		VM	1%	2%	3%	5%	4%	4%	3%	2%	2%	3%	4%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
s2		VR	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1		VR	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		VM	1%	1%	1%	2%	3%	3%	3%	2%	2%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
		VL	12%	17%	25%	32%	24%	25%	27%	19%	14%	18%	22%	22%	18%	16%	17%	17%	13%	8%	6%	6%	7%	9%	8%	7%
S_7		VL	11%	20%	30%	36%	29%	31%	26%	17%	14%	22%	26%	23%	20%	18%	18%	15%	13%	9%	8%	8%	9%	9%	9%	9%
		VM	1%	1%	2%	3%	2%	2%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
s2		VR	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1		VR	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		VM	1%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
		VL	15%	22%	30%	38%	39%	35%	32%	24%	19%	22%	23%	24%	21%	20%	19%	18%	15%	9%	8%	10%	11%	13%	11%	10%
S_9		VL	8%	17%	24%	34%	29%	28%	21%	16%	14%	20%	22%	20%	18%	17%	16%	14%	13%	10%	9%	9%	9%	9%	9%	7%
		VM	1%	1%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
s2		VR	0%	0%	6%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1		VR	0%	0%	3%	3%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		VM	1%	1%	2%	2%	4%	2%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
		VL	18%	28%	38%	47%	48%	41%	34%	22%	16%	16%	16%	20%	21%	20%	19%	18%	15%	10%	9%	10%	11%	14%	14%	13%
		VA(i)	2%	5%	5%	15%	17%	16%	9%	7%	5%	6%	5%	5%	5%	5%	5%	4%	3%	3%	3%	2%	2%	3%	2%	2%
S_11		VL	24%	32%	41%	44%	37%	34%	26%	22%	20%	25%	26%	26%	25%	23%	24%	24%	22%	20%	18%	17%	15%	15%	14%	17%
		VM	2%	3%	5%	4%	3%	2%	2%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	1%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
s2		VR	6%	3%	2%	5%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	4%	4%	5%	5%	5%	5%	5%	4%	5%	4%	5%	4%	4%	5%
s1		VR	0%	1%	28%	6%	2%	8%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		VM	1%	2%	9%	10%	9%	3%	3%	2%	1%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
		VL	13%	24%	38%	41%	42%	37%	37%	27%	22%	27%	27%	26%	23%	21%	20%	19%	16%	11%	9%	10%	10%	11%	11%	10%
S_13		VL	20%	27%	33%	42%	35%	23%	17%	13%	11%	13%	14%	14%	15%	14%	13%	12%	11%	10%	9%	10%	11%	12%	14%	16%
		VM	1%	3%	5%	6%	4%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
s2		VR	31%	36%	34%	32%	35%	33%	36%	33%	34%	36%	36%	33%	31%	30%	30%	28%	25%	25%	25%	25%	25%	26%	26%	27%
s1		VR	31%	41%	49%	56%	55%	46%	42%	33%	30%	31%	31%	32%	33%	33%	32%	31%	30%	28%	26%	26%	27%	28%	30%	29%
S_14		VA(i)	21%	22%	46%	29%	26%	36%	27%	22%	15%	20%	23%	21%	21%	18%	16%	14%	11%	12%	9%	7%	9%	10%	16%	20%
		VL	25%	34%	43%	49%	49%	35%	25%	19%	17%	17%	18%	19%	19%	18%	16%	15%	14%	13%	12%	13%	14%	15%	17%	19%
s2		VR	2%	2%	4%	5%	6%	3%	2%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
s1		VR	3%	4%	4%	7%	6%	4%	3%	1%	2%	3%	2%	2%	3%	3%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	2%	1%
		VM	18%	31%	39%	48%	42%	32%	26%	17%	15%	16%	18%	18%	19%	19%	17%	16%	14%	11%	9%	9%	11%	13%	16%	16%
		VA(ii)	28%	28%	31%	54%	38%	35%	24%	13%	15%	20%	22%	23%	25%	22%	21%	17%	13%	11%	10%	9%	9%	14%	11%	15%

Tableau 5 - Cartographie de la part des poids lourds (%) dans les débits moyens horaires par voie (TMJA), jours ouvrés, données 2013

Annexe de la partie ii

		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
S_1																									
	VL	4%	5%	6%	9%	9%	10%	8%	7%	6%	5%	4%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	1%	2%	2%	2%	3%	3%
	VM	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
s2	VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1	VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	VM	1%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
	VL	5%	5%	6%	8%	9%	11%	8%	6%	7%	6%	4%	3%	2%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	4%
	VA(i)	1%	1%	2%	3%	2%	4%	6%	4%	4%	3%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
S_2																									
	VA(i)	16%	24%	25%	30%	30%	31%	32%	29%	27%	19%	14%	15%	14%	15%	18%	20%	25%	27%	28%	27%	25%	22%	19%	21%
	VL	4%	5%	6%	8%	9%	11%	8%	7%	6%	5%	5%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	4%
	VM	18%	19%	16%	17%	14%	13%	12%	11%	11%	9%	10%	11%	11%	9%	12%	16%	16%	17%	15%	16%	16%	16%	18%	18%
s2	VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1	VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	VM	20%	20%	17%	16%	20%	19%	18%	17%	14%	15%	13%	15%	11%	12%	12%	12%	9%	9%	10%	9%	11%	12%	15%	17%
	VL	5%	5%	6%	7%	8%	9%	7%	6%	6%	5%	3%	2%	2%	2%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	4%	4%
	VA(i)	10%	7%	5%	6%	6%	6%	7%	6%	8%	8%	8%	6%	5%	5%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	4%	7%	5%
S_3																									
	VL	4%	5%	6%	8%	10%	10%	9%	7%	6%	5%	4%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	1%	2%	2%	2%	2%	3%
	VM	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
s2	VR	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1	VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	VM	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
	VL	4%	4%	5%	7%	8%	11%	8%	7%	6%	5%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	3%
S_4																									
	VA(i)	7%	8%	10%	12%	15%	16%	14%	11%	8%	7%	6%	5%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	4%	7%	5%
	VA(i)	8%	7%	4%	11%	19%	17%	6%	10%	11%	9%	3%	8%	6%	2%	2%	5%	3%	1%	1%	3%	3%	2%	4%	11%
	VL	13%	12%	11%	13%	14%	14%	14%	15%	14%	15%	13%	13%	11%	11%	9%	9%	7%	6%	5%	5%	7%	10%	11%	12%
s2	VR	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
s1	VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	VM	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	0%
	VL	4%	4%	5%	7%	8%	8%	6%	5%	5%	4%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	3%
	VA(i)	10%	10%	15%	22%	23%	20%	19%	13%	8%	6%	4%	4%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	4%	5%	7%	7%
S_6																									
	VL	3%	4%	5%	7%	8%	8%	7%	6%	5%	5%	4%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	2%	2%	3%
	VM	1%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
s2	VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1	VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	VM	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	0%
	VL	4%	4%	6%	8%	9%	9%	8%	7%	6%	6%	4%	3%	2%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	4%	3%
S_7																									
	VL	3%	4%	7%	9%	9%	9%	9%	8%	7%	7%	6%	5%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	2%	2%	3%
	VM	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
s2	VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1	VR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	VM	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	0%
	VL	6%	7%	8%	10%	11%	11%	9%	7%	7%	6%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	5%	5%
S_9																									
	VL	3%	4%	5%	7%	9%	11%	11%	10%	7%	7%	7%	6%	5%	5%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	3%	3%	3%
	VM	1%	0%	0%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	0%	1%
s2	VR	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1	VR	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	VM	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%
	VL	7%	9%	12%	14%	13%	13%	10%	8%	7%	4%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	4%	5%	5%	7%	6%
	VA(i)	1%	1%	1%	2%	3%	8%	4%	3%	3%	4%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	1%
S_11																									
	VL	5%	6%	7%	9%	12%	14%	12%	9%	7%	6%	5%	5%	5%	5%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	5%
	VM	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s2	VR	5%	4%	4%	4%	5%	6%	5%	5%	5%	5%	6%	6%	6%	6%	6%	5%	5%	5%	5%	5%	6%	5%	5%	3%
s1	VR	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	VM	0%	0%	1%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
	VL	5%	6%	7%	10%	12%	14%	14%	10%	8%	6%	4%	3%	3%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	5%	4%
S_13																									
	VL	6%	8%	11%	11%	10%	10%	8%	7%	5%	4%	3%	3%	4%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	4%
	VM	0%	1%	1%	1%	2%	2%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s2	VR	28%	29%	26%	24%	26%	31%	29%	35%	35%	38%	33%	31%	30%	28%	29%	27%	27%	25%	28%	26%	28%	25%	25%	25%
s1	VR	22%	24%	28%	32%	34%	29%	26%	23%	22%	19%	18%	18%	19%	20%	20%	21%	20%	20%	20%	20%	21%	22%	22%	21%
	VM	0%	0%	1%	1%	3%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
	VL	5%	6%	7%	10%	12%	14%	14%	10%	8%	6%	4%	3%	3%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	5%	4%
S_14																									
	VA(i)	2%	6%	8%	4%	16%	26%	16%	17%	10%	8%	6%	6%	4%	5%	2%	3%	3%	1%	1%	2%	2%	4%	3%	5%
	VL	9%	12%	15%	17%	14%	15%	11%	9%	7%	5%	4%	4%	5%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	2%	3%	6%
s2	VR	1%	1%	2%	2%	2%	3%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
s1	VR	0%	1%	2%	3%	2%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%
	VM	8%	11%	17%	21%	23%	15%	10%	8%	8%	5%	3%	2%	2%	3%	3%	3%	2%	2%	3%	3%	4%	4%	6%	7%
	VA(ii)	5%	9%	5%	16%	15%	13%	18%	2%	4%	4%	3%	2%	2%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	2%	1%	14%	9%

Tableau 6 - Cartographie de la part des poids lourds (%) dans les débits moyens horaires par voie (TMJA), week-ends et jours fériés, données 2013

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Projet de fin d'Etudes

		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
S_1		VL	95	95	95	94	91	86	60	52	53	67	80	83	86	87	86	87	85	76	74	81	88	89	91	93
		VM	106	107	108	108	107	97	65	58	61	76	89	93	97	98	97	97	94	84	81	90	98	102	103	104
s2		VR	118	122	122	123	120	105	66	58	64	81	97	102	106	107	106	105	102	89	85	97	108	113	114	116
	s1	VR	115	117	117	117	118	119	114	107	100	103	107	108	108	108	106	102	87	57	49	77	103	112	113	114
		VM	104	105	105	105	106	106	103	97	93	96	98	99	99	99	98	95	83	57	49	76	95	101	102	102
		VL	94	95	94	93	92	91	90	88	86	88	89	89	90	90	89	88	79	57	51	74	88	92	92	93
		VA(i)	93	93	92	90	88	87	89	89	88	89	89	90	91	91	90	90	82	62	58	77	90	92	92	93
S_2		VA(i)	80	82	79	80	80	74	46	48	52	62	67	72	74	75	75	74	73	68	63	67	75	78	78	79
		VL	92	94	93	92	90	86	59	59	64	73	79	84	86	86	86	86	85	80	74	79	86	89	90	89
		VM	104	106	103	104	104	97	63	64	69	81	88	94	97	98	97	97	95	88	81	87	97	101	101	103
s2		VR	117	120	123	123	119	109	69	69	76	88	98	104	108	109	108	108	105	97	89	96	109	113	112	116
	s1	VR	121	122	123	123	125	124	120	111	103	106	109	110	111	111	108	105	91	64	62	87	109	116	119	119
		VM	109	110	109	106	108	109	106	100	94	97	99	100	100	100	98	96	84	59	58	81	100	104	106	107
		VL	97	97	97	96	95	94	92	90	86	87	89	89	90	90	89	87	78	56	55	75	90	93	94	96
		VA(i)	84	84	84	82	83	84	81	77	73	74	76	77	77	77	76	74	65	46	45	63	77	80	82	82
S_3		VL	94	94	93	92	89	84	58	70	71	76	82	85	86	87	86	87	86	81	78	82	88	91	91	92
		VM	109	110	110	110	108	99	65	81	82	89	96	100	101	101	101	101	99	92	87	93	102	105	105	106
s2		VR	121	124	124	122	119	107	67	89	90	97	105	109	110	110	110	109	107	98	93	100	111	115	116	117
	s1	VR	133	135	136	135	135	134	127	118	110	116	118	120	120	119	116	111	99	80	76	95	118	127	128	130
		VM	105	107	107	107	107	105	100	94	89	94	95	96	96	96	93	90	80	63	59	76	94	100	101	102
		VL	103	104	104	103	102	100	97	91	87	92	93	94	93	94	92	89	78	59	55	73	92	97	99	100
S_4		VA(ii)	91	90	89	88	88	87	81	78	70	77	82	85	84	84	81	78	64	58	56	73	82	89	90	91
		VA(i)	103	103	102	102	104	103	93	91	82	89	95	99	98	97	93	89	73	66	63	82	94	103	102	103
		VL	98	97	97	96	94	91	66	86	77	84	89	91	91	92	90	89	83	74	69	82	92	96	97	98
s2		VM	106	108	108	108	107	103	69	92	81	91	98	101	101	101	99	98	92	81	75	89	101	105	105	105
	s1	VR	118	120	121	123	120	114	74	101	88	99	109	111	112	112	110	109	102	90	82	97	111	116	116	116
		VR	125	126	126	127	126	125	121	116	113	114	113	115	116	115	113	112	108	98	97	110	118	122	122	122
		VM	112	112	112	112	113	112	110	105	104	104	104	106	106	106	104	103	101	91	90	101	107	110	110	110
		VL	103	103	102	102	102	102	100	97	97	96	95	98	98	98	96	96	95	88	86	96	100	102	102	102
		VA(i)	96	94	93	93	93	94	91	90	90	89	88	90	90	90	89	89	89	83	83	91	94	95	95	95
S_6		VL	102	102	100	100	99	96	96	93	83	88	93	94	95	95	94	94	93	90	89	93	97	99	99	100
		VM	113	116	116	118	115	111	109	105	94	101	107	108	109	109	109	108	106	102	100	105	109	111	111	112
s2		VR	122	127	127	131	125	121	120	113	100	108	114	115	116	115	114	114	111	107	105	111	116	118	119	120
	s1	VR	129	131	130	132	130	127	124	120	119	118	118	120	122	121	120	119	116	111	110	116	124	128	127	128
		VM	110	111	110	111	110	109	106	103	102	102	102	103	104	104	103	103	101	97	96	100	105	108	108	109
		VL	98	99	97	96	96	94	92	89	89	89	90	91	92	91	91	91	90	87	85	89	93	96	96	97
S_7		VL	99	100	98	97	97	94	94	93	85	88	91	93	94	94	94	93	92	90	90	92	95	97	98	98
		VM	116	119	119	119	118	115	114	110	99	105	110	112	112	112	110	108	105	104	108	112	114	115	115	115
s2		VR	129	135	134	135	132	128	127	122	109	117	122	125	125	125	124	123	121	118	117	121	124	127	128	127
	s1	VR	127	128	127	127	126	125	123	120	119	118	118	120	121	121	120	119	116	112	111	115	122	125	125	126
		VM	109	109	109	109	109	108	105	103	102	101	102	103	104	104	103	102	101	97	97	100	105	107	107	108
		VL	100	100	99	97	96	96	94	92	92	91	92	93	94	94	93	93	92	91	91	92	95	97	98	99
S_9		VL	104	106	106	106	105	105	107	107	107	105	104	105	106	107	106	106	105	105	104	105	105	106	106	104
		VM	122	125	125	127	125	125	126	124	123	124	123	124	125	125	124	124	123	123	122	123	123	124	123	122
s2		VR	136	142	138	136	138	139	139	137	136	136	135	135	136	136	136	134	135	134	134	136	136	136	135	135
	s1	VR	135	136	129	130	132	133	130	129	129	128	127	129	131	130	130	130	130	129	130	133	135	134	133	133
		VM	119	119	117	115	117	119	118	116	116	114	114	116	118	118	118	118	118	117	117	119	120	119	119	119
		VL	108	104	101	98	98	100	101	102	103	101	100	102	104	104	104	105	106	106	107	108	109	107	107	108
		VA(i)	105	104	105	100	99	97	97	96	94	92	94	97	101	101	100	101	102	102	102	103	103	102	103	104
S_11		VL	96	94	90	88	90	90	91	92	92	91	92	93	94	95	94	93	93	93	94	96	99	100	99	98
		VM	113	112	111	110	110	109	108	107	109	109	111	112	112	111	111	110	109	111	113	115	115	115	113	113
s2		VR	136	138	135	133	132	133	132	129	129	130	132	132	134	135	135	134	133	133	134	136	138	139	137	137
	s1	VR	133	134	116	122	119	128	128	126	126	125	126	126	128	127	127	127	127	126	127	129	131	131	131	133
		VM	126	126	115	122	118	125	123	121	121	120	121	122	123	123	122	122	121	121	121	123	125	125	125	127
		VL	110	108	97	102	98	103	102	102	103	101	102	103	105	104	104	104	104	104	105	106	108	108	109	111
S_13		VL	111	107	104	102	104	111	113	115	116	114	115	116	116	116	116	116	117	117	118	117	118	116	114	113
	s2	VR	127	126	124	123	124	128	128	129	129	127	127	128	129	129	129	128	129	129	130	130	131	131	129	128
	s1	VR	137	138	135	133	133	134	134	136	138	137	137	137												

Annexe de la partie ii

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
S_1																								
VL	91	93	93	95	95	95	95	96	96	94	91	90	91	92	90	87	84	76	66	64	77	87	90	91
VM	101	103	103	106	107	107	106	107	106	104	101	99	100	102	100	96	92	82	69	67	84	97	100	101
s2 VR	113	115	116	119	119	119	119	119	118	115	111	107	109	111	108	103	99	86	71	68	88	106	110	111
s1 VR	112	113	115	117	117	118	118	116	114	109	103	101	102	107	107	106	107	106	105	105	109	112	112	111
VM	101	102	103	105	105	105	105	104	104	101	96	94	95	99	99	98	99	98	96	97	99	101	100	100
VL	93	94	95	96	96	95	95	95	96	94	91	89	90	93	92	92	92	91	90	90	92	93	92	92
VA(i)	93	94	94	94	94	92	92	91	93	94	91	91	92	93	93	92	92	92	91	91	92	93	92	92
S_2																								
VA(i)	77	79	81	81	81	82	82	82	81	79	77	76	76	77	75	73	69	63	55	53	64	73	76	77
VL	87	89	91	91	91	91	92	93	92	91	90	88	89	89	87	85	81	76	69	67	77	85	87	88
VM	100	103	105	105	106	106	107	107	106	103	101	99	99	100	98	95	89	82	72	69	83	94	99	100
s2 VR	113	116	119	121	122	121	122	122	120	115	112	109	110	111	109	105	98	89	77	71	89	105	110	112
s1 VR	117	119	122	124	123	124	124	122	117	107	98	98	99	106	105	103	106	108	109	111	114	117	117	117
VM	106	107	110	111	111	111	111	110	107	99	90	90	92	98	97	95	98	99	100	101	104	106	106	106
VL	95	96	98	98	98	98	99	98	97	91	83	84	84	90	88	88	90	91	92	93	94	95	95	95
VA(i)	81	83	84	85	85	85	86	85	82	77	70	70	70	75	74	73	75	76	77	78	80	81	81	82
S_3																								
VL	92	93	93	95	94	94	93	94	95	94	92	90	91	92	90	88	86	81	73	72	83	90	90	91
VM	105	107	107	109	109	109	108	108	108	107	105	102	103	104	102	100	97	90	80	78	94	103	104	104
s2 VR	116	119	119	123	120	121	119	120	119	117	114	110	112	114	111	108	104	96	84	82	101	112	113	114
s1 VR	128	131	131	135	134	135	134	131	128	122	118	115	116	119	117	118	118	117	117	118	123	127	128	128
VM	101	103	103	106	105	105	104	103	99	96	94	95	97	95	95	95	96	95	94	94	98	101	101	102
VL	99	102	102	105	104	103	103	102	101	98	95	93	93	95	94	94	94	93	92	92	96	99	99	99
S_4																								
VA(ii)	92	93	93	93	93	93	91	93	94	92	91	90	91	93	92	90	88	85	77	78	88	93	93	92
VA(i)	102	103	101	102	102	103	101	103	105	103	101	100	101	103	101	100	96	92	79	81	96	102	101	102
VL	97	99	99	99	99	100	99	100	101	99	97	97	97	98	96	94	87	76	59	66	85	94	96	97
VM	104	107	106	107	108	108	107	108	107	105	104	104	104	105	103	101	93	79	59	67	90	101	103	104
s2 VR	115	119	118	119	118	120	119	119	119	115	114	114	113	115	114	112	101	85	62	71	98	111	113	114
s1 VR	122	124	126	127	126	128	125	122	121	114	113	114	115	116	114	114	114	115	115	117	119	122	121	121
VM	109	111	112	112	112	113	112	111	110	106	105	105	107	107	106	105	105	106	105	106	108	109	109	109
VL	103	104	104	105	104	105	104	104	103	100	99	100	101	102	99	99	99	99	99	100	102	102	101	102
VA(i)	97	98	97	97	97	99	98	98	99	96	96	96	97	97	95	94	94	95	94	95	97	97	96	97
S_6																								
VL	99	102	102	103	103	103	102	102	102	100	98	98	98	99	98	97	95	90	84	88	95	98	99	99
VM	109	113	113	115	116	116	115	116	114	112	111	110	111	112	110	109	106	99	93	97	104	108	110	109
s2 VR	118	122	124	127	126	127	125	124	123	120	118	117	117	118	116	114	110	103	97	101	110	115	117	116
s1 VR	127	130	131	133	132	133	129	126	126	117	117	117	120	121	119	118	119	119	120	122	124	127	126	127
VM	108	109	110	111	110	110	110	109	108	103	102	102	104	105	104	103	104	103	103	104	106	108	107	108
VL	97	99	100	100	100	99	100	99	99	95	94	93	95	95	94	93	94	93	93	93	95	97	97	97
S_7																								
VL	97	102	102	104	104	104	104	105	104	102	101	99	99	100	99	97	94	89	84	87	93	97	98	97
VM	112	117	117	119	119	120	120	120	120	118	116	115	115	116	114	111	106	100	94	99	106	112	113	113
s2 VR	125	131	130	132	133	133	132	132	129	128	127	126	128	125	123	118	111	104	109	118	124	125	124	124
s1 VR	125	126	127	128	128	128	127	123	123	116	116	116	120	121	119	118	118	119	120	120	122	124	124	124
VM	108	109	109	110	109	109	110	108	108	102	101	102	104	105	103	103	102	103	103	104	106	107	107	107
VL	100	101	101	102	101	101	102	101	100	95	95	95	97	97	96	95	95	96	96	96	98	99	99	99
S_9																								
VL	103	110	110	112	112	113	114	114	114	112	111	111	111	112	111	109	107	104	101	102	103	105	104	102
VM	119	124	124	125	126	128	126	126	127	126	126	126	126	126	126	125	123	121	118	118	119	122	121	120
s2 VR	132	136	135	139	140	141	140	137	138	136	137	137	137	138	137	136	135	133	130	131	132	135	135	133
s1 VR	133	133	134	136	133	135	133	129	130	126	126	128	131	131	130	130	130	130	131	131	132	132	131	132
VM	119	119	118	118	118	118	119	118	117	113	113	116	119	118	118	118	118	118	118	118	119	119	118	118
VL	110	110	108	109	108	108	110	109	106	102	103	106	109	110	109	109	110	110	109	109	110	110	108	109
VA(i)	104	106	105	105	103	100	98	97	95	94	95	98	102	103	102	102	103	103	102	102	102	102	102	103
S_11																								
VL	100	100	97	96	97	97	99	101	102	103	102	102	103	103	102	102	101	99	99	101	103	103	103	102
VM	112	113	110	110	111	112	112	113	114	115	114	115	116	116	115	115	114	112	112	113	115	116	115	115
s2 VR	138	140	137	140	139	136	136	135	138	137	137	139	141	140	140	139	138	137	137	138	139	140	139	139
s1 VR	133	136	134	129	128	130	131	127	128	128	128	130	130	132	130	129	129	128	128	129	131	131	131	133
VM	127	127	126	127	122	125	127	124	124	124	124	125	125	126	125	125	124	124	123	124	125	126	126	127
VL	113	113	112	110	108	109	111	110	110	110	110	111	112	112	111	111	111	109	109	109	110	112	112	113
S_13																								
VL	116	114	112	113	114	115	117	119	121	121	122	123	123	123	123	123	122	121	120	121	121	120	119	118
s2 VR	128	127	126	125	126	128	129	131	131	130	131	132	133	133	133	133	132	130	130	130	131	130	130	129
s1 VR	138	138	139	138	138	138	136	138	139	141	142	142	144	143	142	143	143	142	143	142	143	140	138	138
VL	133	131	131	131	131	132	133	135	136	137	138	140	140	139	139	140	139	138	138	138	137	135	134	134
S_14																								

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Projet de fin d'Etudes

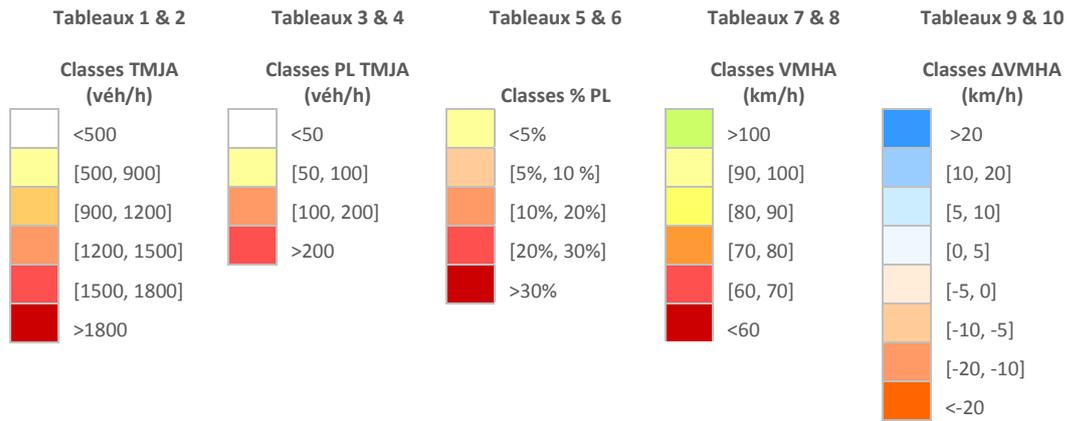
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
S_1																									
VL	3	1	2	1	0	1	1	-6	-11	-6	0	-1	0	1	1	1	0	-3	-1	2	2	0	2	4	
VM	1	1	6	5	3	0	2	-6	-8	-5	1	0	0	0	0	0	-1	-4	-1	3	1	1	1	1	
VR	1	2	-1	0	1	-4	-3	-11	-11	-8	-1	-3	-3	-2	-2	-2	-4	-8	-4	0	-1	0	2	0	
s1	VR																								
	VM																								
	VL																								
	VA(i)																								
S_2																									
VA(i)																									
VL	-2	0	0	1	1	1	0	-12	-7	-3	-2	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-2	-1	-2	-3	
VM	-4	-4	-8	-6	-4	-2	-2	-17	-13	-9	-8	-6	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-4	-3	-4	-4	
VR	-4	-4	0	1	0	2	2	-19	-14	-9	-7	-5	-2	-1	-2	-2	-1	-1	-3	-4	-2	-2	-4	-2	
s1	VR	5	5	6	6	6	5	5	5	3	2	3	3	3	3	3	3	4	6	13	10	6	4	5	6
	VM	5	5	4	1	2	3	3	3	1	1	1	1	1	1	0	1	2	9	5	4	3	4	5	
	VL	3	2	4	3	3	3	2	-1	0	1	1	0	0	0	-1	-1	3	1	2	1	2	1	2	3
	VA(i)	-9	-9	-8	-8	-5	-4	-8	-12	-15	-15	-13	-13	-14	-14	-15	-16	-17	-17	-13	-15	-13	-10	-10	
S_3																									
VL	-4	-3	-4	-4	-5	-7	-7	-16	-6	-8	-7	-6	-5	-5	-4	-2	3	7	9	1	-4	-6	-6	-5	
VM	2	2	3	2	0	-3	-5	-10	1	-2	-2	-1	-1	0	1	2	7	11	12	4	1	0	0	1	
VR	3	4	2	-1	-1	-7	-7	-12	1	-2	-4	-2	-2	-1	0	1	5	8	11	3	0	-1	-1	1	
s1	VR	12	13	13	12	11	10	8	6	7	11	9	10	9	8	8	6	8	16	14	8	9	11	10	10
	VM	-4	-4	-2	0	-1	-4	-5	-7	-5	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-4	4	1	-5	-6	-4	-5	-5
	VL	6	7	6	7	7	6	5	1	2	4	4	5	3	3	3	1	0	3	1	-2	1	5	4	5
S_4																									
VA(ii)																									
VA(i)																									
VL	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-30	-7	-6	-4	-4	-3	-4	-3	-5	-5	-10	-16	-20	-12	-5	-3	-2	-3	
VM	-7	-8	-8	-10	-7	-9	-40	-13	-12	-10	-8	-8	-8	-8	-9	-10	-14	-21	-25	-16	-8	-6	-6	-6	
VR	-4	-7	-6	-8	-5	-7	-46	-13	-12	-9	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-9	-17	-23	-13	-4	-2	-2	-3	
s1	VR	-9	-9	-10	-8	-10	-9	-7	-2	3	-2	-5	-5	-4	-3	-3	0	10	18	21	15	0	-5	-6	-8
	VM	7	6	5	5	6	8	9	12	15	10	9	10	11	10	11	13	21	29	31	25	13	10	9	8
	VL	0	-1	-2	-1	0	2	3	6	10	4	3	4	5	5	5	7	17	29	31	23	9	5	3	2
	VA(i)																								
S_6																									
VL	3	1	2	3	2	3	1	0	-2	0	2	1	2	1	1	1	1	0	-1	1	2	2	1	2	
VM	-3	-3	-3	-1	-4	-4	-5	-5	-5	-4	-3	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-3	-5	-3	-3	-4	-5	-4	
VR	-7	-8	-7	-4	-7	-7	-8	-9	-10	-9	-9	-10	-9	-9	-10	-9	-9	-11	-11	-10	-9	-9	-9	-8	
s1	VR	5	5	4	5	4	2	3	5	5	4	5	5	6	6	7	7	8	14	13	6	6	6	5	6
	VM	-2	-2	-2	-1	-3	-4	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	0	6	6	-1	-2	-2	-2	-1
	VL	-5	-5	-5	-6	-7	-8	-8	-8	-8	-7	-6	-7	-7	-7	-5	-6	-5	0	-1	-7	-7	-6	-6	-5
S_7																									
VL	-5	-6	-8	-9	-8	-11	-13	-14	-22	-17	-13	-12	-13	-13	-12	-13	-13	-14	-15	-13	-10	-9	-8	-6	
VM	-6	-6	-6	-8	-7	-10	-12	-14	-24	-18	-14	-12	-12	-13	-13	-14	-15	-17	-18	-15	-11	-9	-8	-7	
VR	-7	-8	-4	0	-6	-11	-12	-15	-27	-19	-13	-11	-11	-11	-11	-11	-14	-17	-18	-15	-12	-9	-9	-7	
s1	VR	-3	-4	-3	-5	-3	-2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-1	-2	-3	-3	-3	
	VM	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	
	VL	1	1	1	1	0	2	1	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	4	5	3	2	1	2	2
S_9																									
VL	8	12	16	17	16	15	16	15	15	14	13	12	12	12	13	13	13	12	10	9	6	6	7	6	
VM	9	13	14	17	15	15	16	16	16	15	14	13	13	13	13	13	14	13	12	10	8	8	9	8	
VR	0	5	3	2	6	7	7	8	7	5	3	3	1	1	1	0	1	2	0	0	-2	-2	-1	-3	
s1	VR	8	9	2	3	6	8	8	9	10	10	9	9	9	10	11	14	17	19	17	13	9	8	8	
	VM	10	10	8	6	9	11	12	14	14	12	12	13	13	14	15	15	17	19	20	19	15	12	11	11
	VL	8	5	2	1	2	5	8	10	11	9	8	9	10	11	11	12	14	16	17	16	14	10	9	9
	VA(i)																								
S_11																									
VL																									
VM	2	5	6	8	6	-1	-4	-8	-9	-6	-5	-5	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-7	-5	-3	-1	0	1	
VR	9	12	10	10	9	5	4	1	1	3	5	4	6	6	6	6	5	4	5	6	8	8	8	9	
s1	VR	-2	-2	-13	-7	-13	-5	-2	-3	-3	-3	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-3	-4	-3	-2	-1
	VM	7	7	-2	6	1	6	6	5	5	6	8	6	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	6	8
	VL	3	3	-4	3	0	2	1	-1	0	1	2	1	1	0	0	-2	-2	-2	-2	-1	1	2	3	
S_13																									
VL	8	8	8	7	8	9	8	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	
VR	3	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	5	6	5	5	5	5	6	5	5	
s1	VR	4	4	19	11	14	6	6	10	12	12	11	11	9	10	9	11	12	14	14	13	11	9	7	7
	VL	5	0	10	-3	4	1	4	10	12	12	10	10	9	9	11	12	15	17	16	15	12	10	7	6
S_14																									
VA(i)																									
VL																									
VR																									
s1	VR	-11	-13	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-13	-13	-15	-14	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-13	-13	-13	-13	-12	-13
	VL	-13	-13	-14	-12	-12	-13	-13	-12	-13	-15	-15	-15	-16	-15	-16	-16	-17	-16	-15	-15	-15	-14	-14	-14
	VA(ii)																								

Tableau 9 - Différence des vitesses moyennes horaires par voie (VMHA) entre deux sections consécutives selon le sens de circulation, jours ouvrés, données 2013

Annexe de la partie ii

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
Section 1																									
s2	VL	4	4	2	4	4	4	3	3	4	3	2	1	2	3	3	1	3	0	-3	-3	-1	2	3	3
	VM	2	1	-1	1	1	1	-1	0	1	1	0	1	1	2	2	0	2	0	-3	-1	1	2	1	1
	VR	0	-1	-3	-2	-2	-2	-3	-3	-2	-1	-2	-2	-1	0	0	-2	0	-2	-6	-3	-1	1	0	0
s1	VR																								
	VM																								
	VL																								
	VA(i)																								
Section 2																									
s2	VA(i)																								
	VL	-5	-4	-3	-4	-3	-3	-1	-2	-3	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-5	-4	-4	-5	-6	-5	-3	-3	
	VM	-6	-4	-2	-4	-3	-4	-1	-1	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-8	-8	-8	-10	-12	-8	-5	-4	
	VR	-4	-2	0	-2	1	0	3	2	0	-1	-2	-1	-2	-3	-3	-6	-7	-7	-11	-12	-7	-3	-2	
s1	VR																								
	VM	5	5	6	7	6	6	6	6	3	-1	-5	-3	-3	-1	-2	-3	-1	2	5	5	5	5	6	
	VL	5	6	6	6	6	5	6	6	3	-2	-6	-4	-4	-1	-2	-3	-1	2	4	5	4	5	6	
	VA(i)	-2	-2	3	2	3	3	3	3	1	-3	-7	-6	-6	-3	-4	-4	0	2	2	2	2	3	3	
	VA(ii)	-12	-12	-10	-9	-9	-7	-7	-7	-11	-17	-21	-21	-21	-18	-18	-19	-17	-15	-14	-13	-13	-11	-10	
Section 3																									
s2	VL	-6	-6	-6	-5	-6	-5	-6	-6	-6	-5	-5	-7	-6	-6	-6	0	4	14	6	-1	-4	-5	-6	
	VM	1	0	1	2	1	1	1	1	1	2	1	-2	0	-1	-1	5	11	21	11	4	1	1	0	
	VR	1	0	1	4	2	1	0	1	0	2	0	-3	-2	-2	-2	-4	4	11	22	11	3	1	0	
s1	VR																								
	VM	11	12	9	12	11	10	10	9	11	14	20	17	18	13	12	14	12	10	8	7	9	10	11	
	VL	-5	-4	-6	-4	-5	-5	-6	-6	-4	0	6	4	3	-1	-2	0	-2	-4	-6	-7	-6	-5	-4	
	VA(i)	4	5	4	6	6	5	4	3	4	7	11	9	9	5	5	6	4	2	0	0	2	3	5	
Section 4																									
s2	VA(ii)																								
	VL	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-2	-1	-2	-3	-9	-14	-25	-23	-10	-4	-4	
	VM	-5	-6	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-6	-7	-7	-7	-8	-13	-20	-34	-30	-14	-7	-7	
	VR	-3	-3	-6	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-5	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-9	-18	-35	-31	-12	-4	-4	
s1	VR																								
	VM	-6	-7	-5	-8	-8	-6	-9	-8	-7	-7	-4	-2	-1	-3	-3	-4	-5	-2	-2	-1	-3	-5	-7	
	VL	9	8	8	6	6	8	7	7	7	9	11	12	10	11	9	9	11	11	12	11	8	7	8	
	VA(i)	4	3	2	0	0	2	1	2	2	2	5	7	8	6	6	5	5	6	6	8	6	4	2	
Section 6																									
s2	VL	2	0	0	-1	0	-1	-3	-3	-2	-2	-3	-1	-1	-1	0	1	2	1	0	1	2	1	1	
	VM	-3	-5	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-6	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-1	-1	-1	-2	-2	-4	-4	
	VR	-7	-8	-6	-5	-7	-6	-8	-8	-8	-9	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-8	-7	-7	-8	-9	-9	-8	
s1	VR																								
	VM	5	6	6	6	6	4	3	4	5	3	4	3	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	6	
	VL	-2	-2	-1	-2	-2	-3	-2	-3	-2	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-2	-3	-1	-1	-1	
	VA(i)	-5	-5	-4	-5	-4	-6	-4	-4	-4	-5	-5	-7	-6	-6	-5	-6	-5	-6	-6	-7	-6	-5	-5	
Section 7																									
s2	VL	-6	-8	-8	-8	-8	-9	-10	-9	-9	-9	-10	-12	-12	-12	-12	-12	-13	-16	-17	-14	-10	-8	-6	
	VM	-6	-7	-7	-6	-6	-7	-6	-6	-7	-8	-10	-11	-11	-11	-12	-14	-17	-21	-24	-19	-13	-10	-8	
	VR	-7	-5	-6	-7	-7	-8	-8	-5	-6	-8	-9	-10	-10	-10	-12	-13	-17	-22	-26	-21	-14	-10	-9	
s1	VR																								
	VM	0	0	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	1	1	0	0	0	0	
	VL	2	2	2	2	1	1	2	2	1	0	1	1	2	2	2	2	1	3	3	3	2	2	2	
Section 9																									
s2	VL	3	10	13	16	15	16	15	13	12	9	10	9	8	8	8	7	6	5	2	1	0	2	1	
	VM	6	11	14	15	14	16	15	13	13	11	12	11	10	11	11	10	10	9	6	5	4	6	5	
	VR	-6	-4	-1	-1	1	5	4	2	0	0	1	-2	-4	-2	-3	-3	-3	-4	-7	-7	-7	-5	-5	
s1	VR																								
	VM	9	8	7	8	5	7	6	6	7	10	10	12	11	10	11	11	12	11	11	11	10	8	7	
	VL	11	10	9	8	9	9	9	9	9	11	12	14	14	13	15	15	16	15	14	14	13	11	11	
	VA(i)	11	9	7	6	7	7	8	8	6	8	9	12	13	13	14	14	15	14	14	13	12	10	10	
Section 11																									
s2	VL																								
	VM	-3	-1	-2	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-6	-8	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-6	-4	-4	
	VR	10	12	10	15	13	8	7	4	7	6	6	7	8	6	7	6	6	6	6	7	7	8	10	
s1	VR																								
	VM	8	8	9	9	4	7	8	6	7	11	10	9	7	8	7	7	6	6	5	6	6	7	8	
	VL	3	2	3	1	-1	1	1	1	4	8	7	5	2	3	2	2	1	0	-1	0	0	3	3	
Section 13																									
s2	VL	8	8	8	10	9	9	8	8	9	9	9	9	9	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	
	VM	4	5	4	6	4	7	6	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	6	6	6	5	6	6	
s1	VR																								
	VM	4	2	5	8	10	8	5	11	12	13	14	13	14	11	12	14	14	14	14	13	12	9	7	
	VL	6	4	5	4	9	6	6	9	11	12	14	13	14	13	14	15	16	16	15	14	13	11	9	
Section 14																									
s2	VA(i)																								
	VL																								
	VR																								
s1	VR																								
	VM	-11	-12	-14	-11	-13	-12	-9	-13	-14	-16	-16	-16	-15	-13	-13	-13	-13	-13	-14	-13	-13	-11	-10	
	VL	-12	-12	-13	-15	-16	-13	-12	-12	-14	-14	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-14	-14	-13	-12	
	VA(ii)																								

Tableau 10 - Différence de vitesses moyennes horaires par voie (VMHA) entre deux sections consécutives selon le sens de circulation, week-ends et jours fériés, données 2013



Annexe ii.3. Calibrage du diagramme fondamental

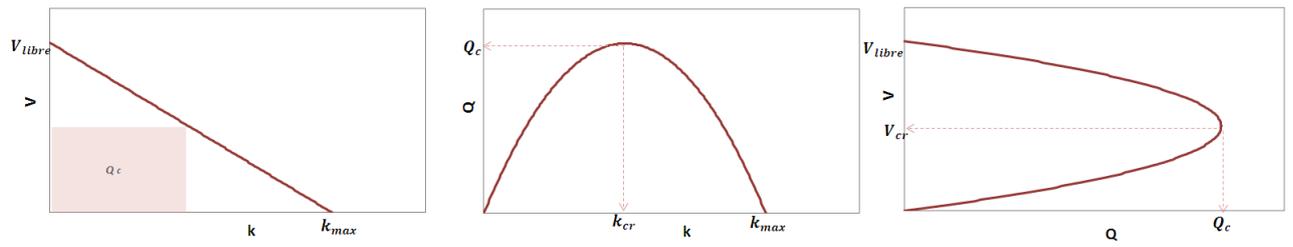


Figure 1 - Les courbes du diagramme fondamental représentant les relations $V=f(Q)$, $Q=f(k)$ et $V=f(k)$ du modèle macroscopique de Greenshields

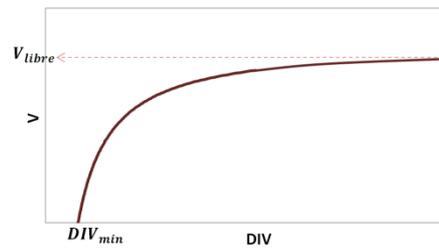


Figure 2 - La relation $V=f(DIV)$ représentant le modèle de véhicule suiveur qui découle du modèle macroscopique de Greenshields

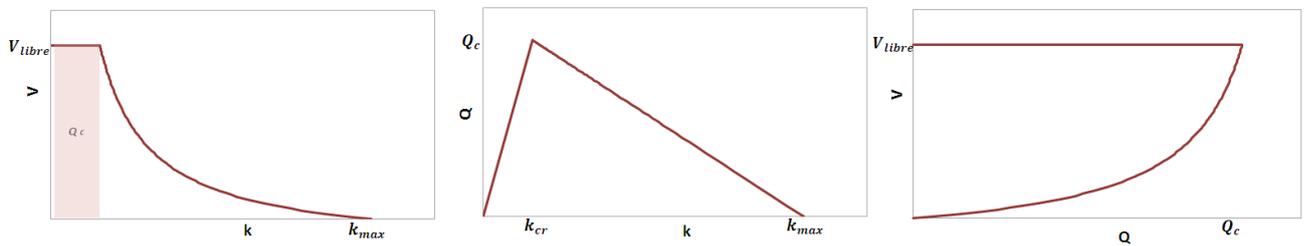


Figure 3 - Les courbes du diagramme fondamental représentant les relations $V=f(Q)$, $Q=f(k)$ et $V=f(k)$ de l'expression macroscopique du modèle de véhicule suiveur de Pipes

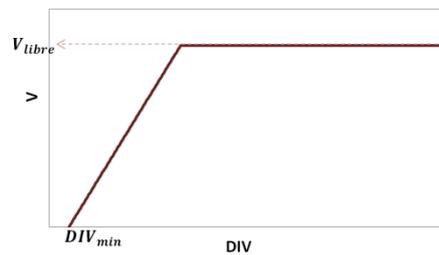
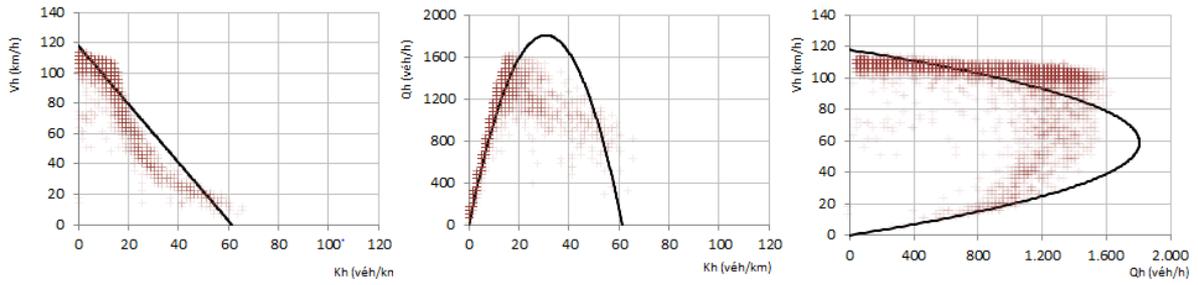
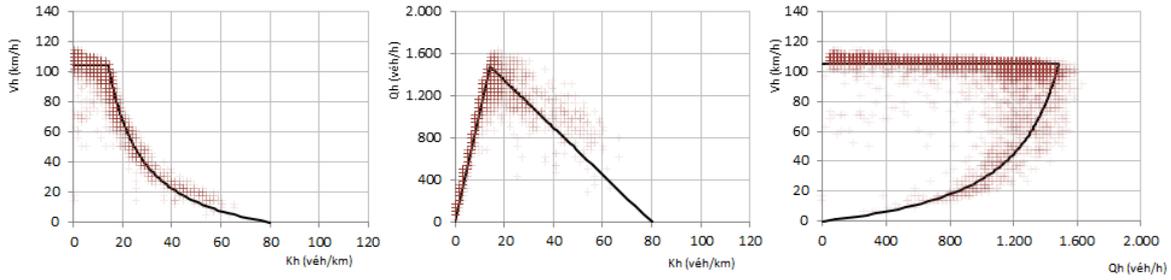


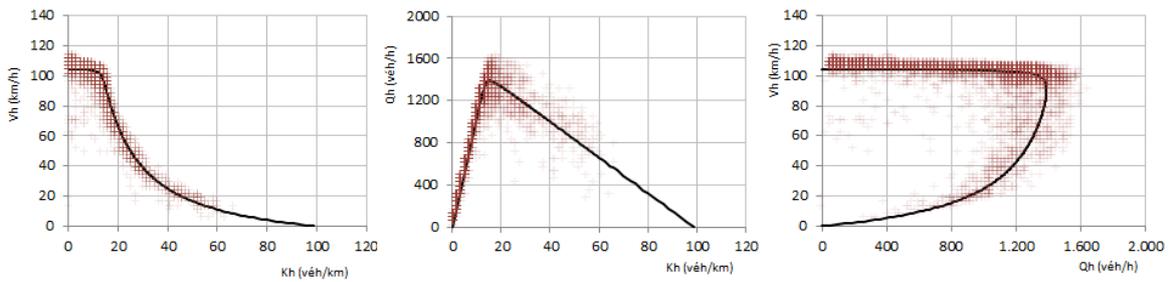
Figure 4 - La relation linéaire $V=f(DIV)$ qui découle du modèle simplifié de véhicule suiveur de Pipes



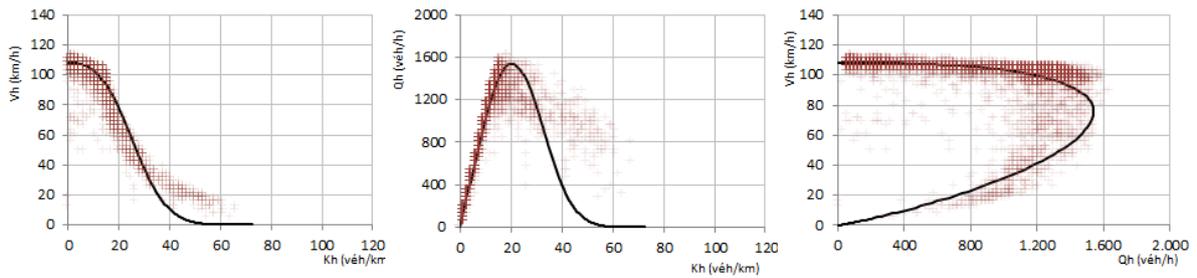
(a) - Calibrage du modèle de Greenshiels



(b) - Calibrage du modèle de Pipes



(c) - Calibrage du modèle de Van Aerde



(d) - Calibrage du modèle «exponentielle généralisée» ($V=a \exp(bk^\alpha)$)

Figure 5 - Comparaison de l'ajustement de différents modèles de diagramme fondamental
Exemple type de calibrage du diagramme fondamental à partir des données horaires de l'année 2013, sur le cas de la voie médiane du sens 2 vers Paris de la section 4

Annexe ii.4. Caractéristiques critiques de l'écoulement du trafic

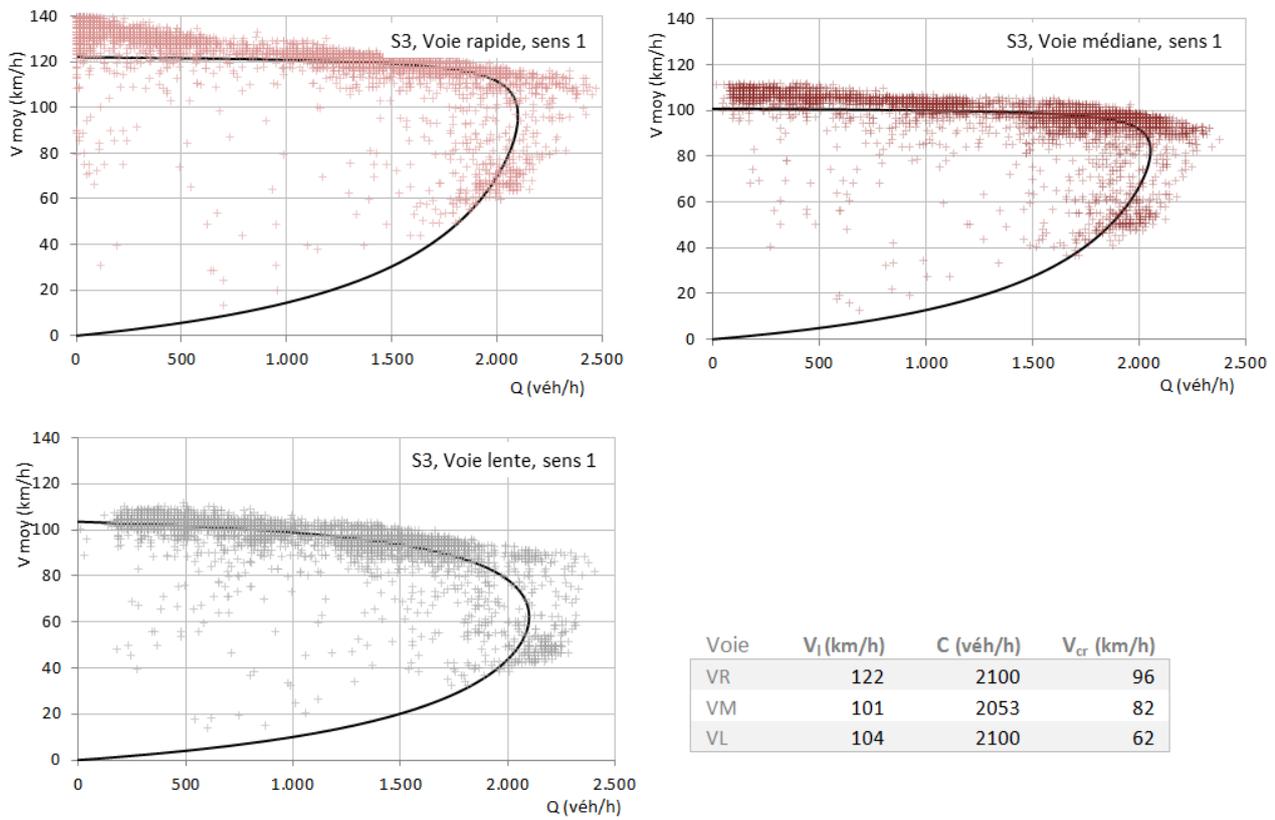
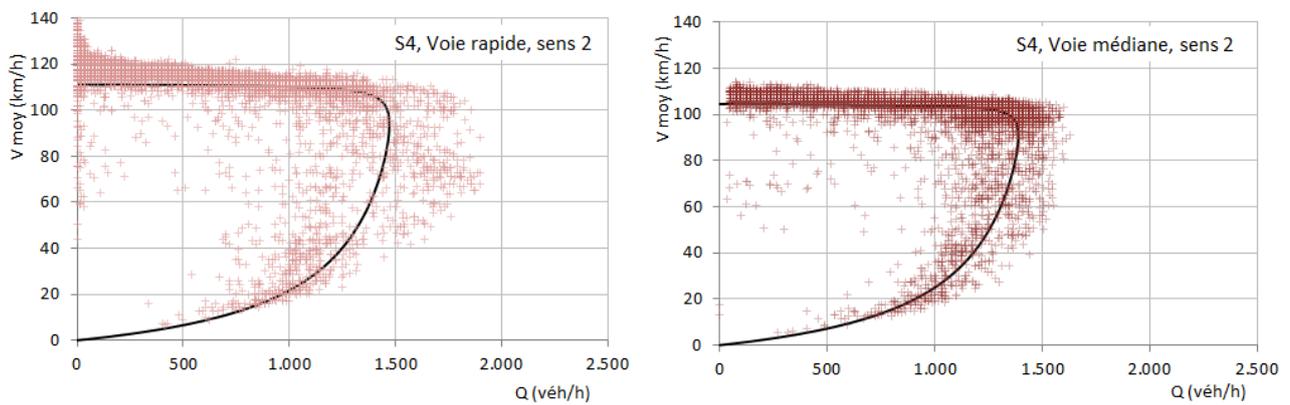
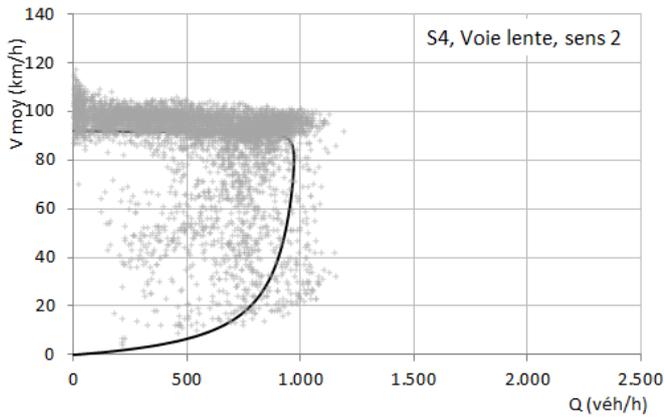


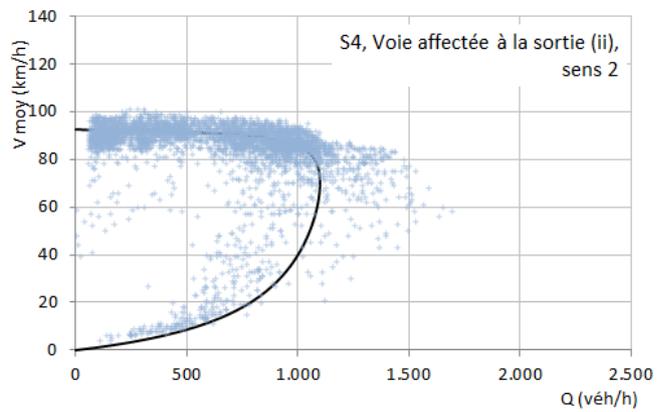
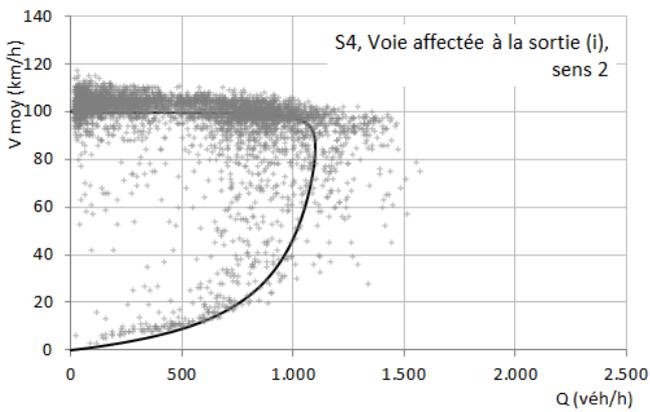
Figure 1- Diagramme fondamental de voies de grande capacité, section 3 sens 1, données 2013





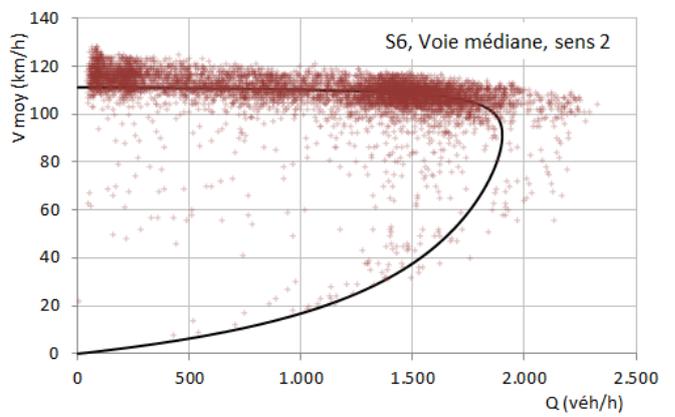
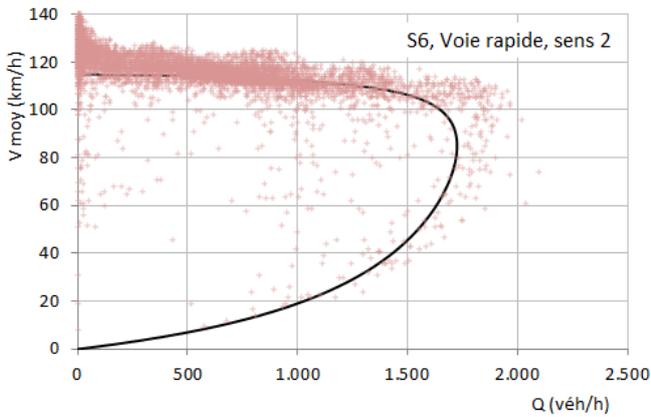
Voie	V_l (km/h)	C (véh/h)	V_{cr} (km/h)
VR	111	1471	94
VM	104	1388	91
VL	92	971	80

Figure 2 - Diagramme fondamental de voies perturbées présentant une capacité limitée, section 4, sens 2, données 2013



Voie	V_l (km/h)	C (véh/h)	V_{cr} (km/h)
VA (i)	100	1100	85
VA (ii)	93	1100	70

Figure 3 - Diagramme fondamental de voies affectées aux bretelles de sortie vers la Francilienne N104, section 4, sens 2, données 2013



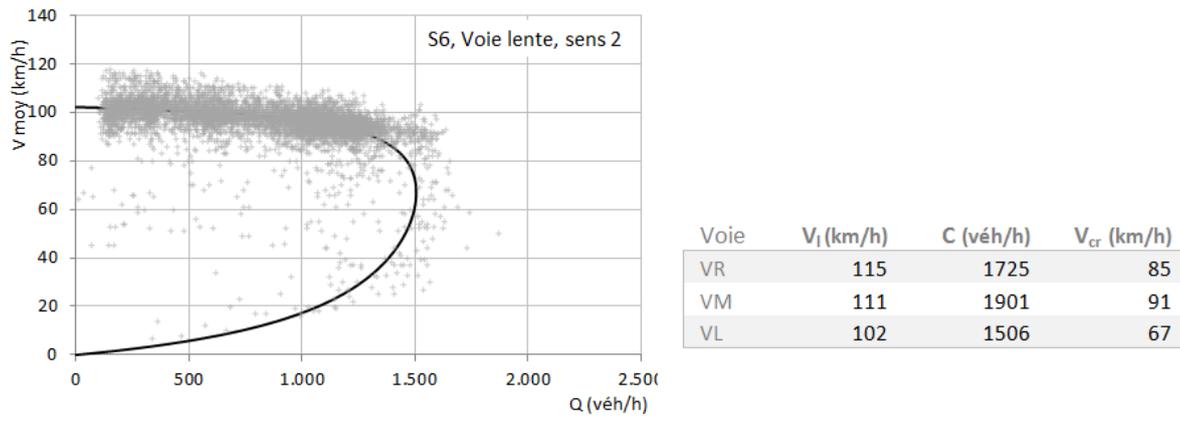


Figure 4 - Forme de diagramme fondamental de voies à relativement faible trafic sans 'nuage' important en congestion, section 6, sens 2, données 2013

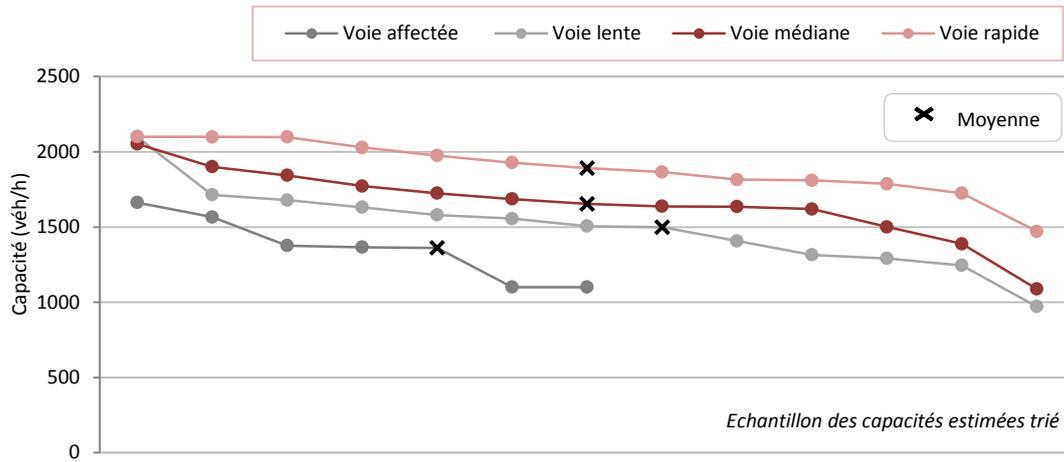


Figure 5 - Fluctuation de la capacité par voie pour les différentes sections de l'axe d'étude, données 2013

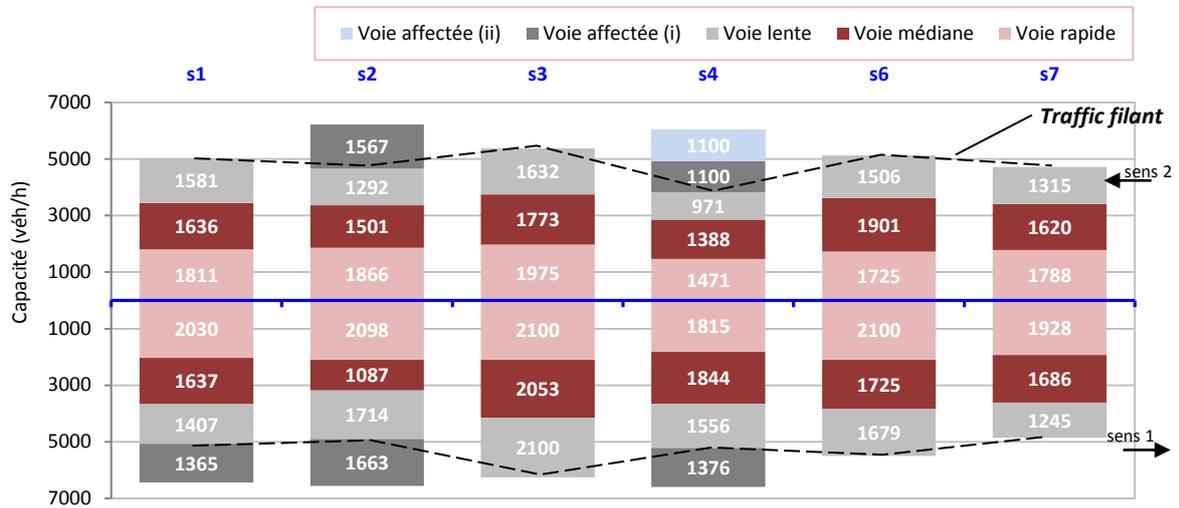


Figure 6 - Synoptique des capacités des différentes voies le long de l'axe d'étude, données 2013

Annexe de la partie ii

Sect ion	Sens	Type de voie	V _i	Seuils de débit				Seuils de vitesse				Seuils de concentration				
				0.75 Q _c NSC ₁₋₂	0.90 Q _c NSC ₂₋₃	Q _c	0.90 Q _c NSC ₃₋₄	V seuil NSC ₁₋₂	V seuil NSC ₂₋₃	V _{cr}	V seuil NSC ₃₋₄	K seuil NSC ₁₋₂	K seuil NSC ₂₋₃	K _{cr}	K seuil NSC ₃₋₄	
1	2	VL	95	1186	1423	1581	1423	89	84	64	35	13.3	17.0	24.7	41.0	
	2	VM	104	1227	1472	1636	1472	102	99	85	50	12.1	14.9	19.3	29.3	
	2	VR	111	1358	1630	1811	1630	108	105	90	54	12.6	15.5	20.2	30.2	
	1	VR	111	1522	1827	2030	1827	109	106	93	58	14.0	17.2	21.9	31.8	
	1	VM	104	1228	1473	1637	1473	102	99	83	44	12.1	14.8	19.7	33.5	
1	1	VL	102	1055	1266	1407	1266	86	76	55	32	12.3	16.7	25.8	39.9	
	1	VA (i)	80	1024	1229	1365	1229	62	54	40	26	16.5	22.6	34.1	47.9	
	2	VA (i)	73	1175	1410	1567	1410	71	68	55	29	16.5	20.6	28.5	48.3	
2	2	VL	91	969	1163	1292	1163	89	86	70	37	10.9	13.5	18.4	31.8	
	2	VM	93	1126	1351	1501	1351	93	92	86	48	12.2	14.6	17.4	27.9	
	2	VR	111	1399	1679	1866	1679	109	106	91	54	12.8	15.8	20.6	31.0	
	1	VR	117	1574	1888	2098	1888	110	105	85	53	14.3	18.0	24.7	35.9	
1	1	VM	101	815	978	1087	978	89	79	51	23	9.2	12.5	21.5	43.2	
	1	VL	102	1285	1542	1714	1542	87	77	54	29	14.7	20.0	32.0	54.1	
	1	VA (i)	77	1247	1497	1663	1497	76	75	67	37	16.4	20.0	25.0	40.0	
3	2	VL	95	1224	1469	1632	1469	86	80	62	38	14.2	18.4	26.4	38.7	
	2	VM	104	1330	1596	1773	1596	103	103	94	51	12.9	15.6	18.9	31.2	
	2	VR	113	1481	1778	1975	1778	110	106	90	56	13.5	16.7	21.9	31.8	
1	1	VR	122	1575	1890	2100	1890	119	115	96	56	13.3	16.4	21.8	33.6	
	1	VM	101	1540	1848	2053	1848	99	96	82	48	15.6	19.2	24.9	38.1	
	1	VL	104	1575	1890	2100	1890	92	84	62	36	17.1	22.5	33.8	53.1	
4	2	VA (ii)	93	825	990	1100	990	90	86	70	38	9.2	11.5	15.7	25.8	
	2	VA (i)	100	825	990	1100	990	99	98	85	45	8.3	10.1	12.9	22.1	
	2	VL	92	728	874	971	874	91	91	80	33	8.0	9.6	12.2	26.4	
	2	VM	104	1041	1249	1388	1249	104	102	91	49	10.1	12.2	15.3	25.2	
	2	VR	111	1103	1324	1471	1324	110	108	94	50	10.0	12.2	15.7	26.6	
1	1	VR	114	1361	1633	1815	1633	113	112	100	51	12.0	14.5	18.1	32.3	
	1	VM	107	1383	1660	1844	1660	107	106	97	50	12.9	15.6	19.0	33.1	
	1	VL	102	1167	1400	1556	1400	100	97	82	44	11.7	14.4	18.9	31.7	
	1	VA (i)	106	1032	1239	1376	1239	88	77	56	33	11.8	16.0	24.7	37.5	
6	2	VL	102	1130	1355	1506	1355	95	88	67	37	11.9	15.4	22.5	36.5	
	2	VM	111	1426	1711	1901	1711	109	106	91	55	13.1	16.1	20.8	31.2	
	2	VR	115	1294	1553	1725	1553	110	105	85	51	11.8	14.8	20.3	30.7	
	1	VR	119	1575	1890	2100	1890	115	110	93	58	13.7	17.1	22.7	32.7	
	1	VM	108	1294	1553	1725	1553	105	102	84	46	12.3	15.3	20.4	33.5	
1	1	VL	96	1259	1511	1679	1511	93	89	73	42	13.6	17.0	23.1	35.9	
	7	2	VL	104	986	1184	1315	1184	89	79	54	28	11.1	15.0	24.4	42.4
		2	VM	115	1215	1458	1620	1458	112	109	93	54	10.8	13.3	17.5	27.2
2		VR	120	1341	1609	1788	1609	118	116	103	61	11.3	13.8	17.4	26.6	
1	1	VR	119	1446	1735	1928	1735	118	116	103	62	12.3	15.0	18.8	27.8	
	1	VM	106	1264	1517	1686	1517	104	102	89	50	12.1	14.8	18.9	30.4	
	1	VL	106	934	1120	1245	1120	104	102	89	35	9.0	11.0	14.0	32.1	

Classes C (véh/h)	Classes V (km/h)	Classes K (véh/km)
< 1000	>100	< 10
[1000, 1300]	[90, 100]	[10, 15]
[1300, 1500]	[80, 90]	[15, 20]
[1500, 1800]	[70, 80]	[20, 30]
[1800, 2000]	[60, 70]	[30, 40]
>2000	<60	> 40

Tableau 1 - Synoptique des seuils critiques de caractérisation de l'écoulement, données 2013

		<u>NSC 1</u>	<u>NSC 1bis</u>	<u>NSC 2</u>	<u>NSC 3</u>	<u>NSC 4</u>
Section 1						
	VL	50%	1%	24%	20%	5%
	VM	38%	1%	11%	42%	9%
s2	VR	54%	1%	17%	19%	9%
s1	VR	62%	1%	16%	14%	7%
	VM	44%	0%	12%	39%	5%
	VL	68%	0%	21%	9%	2%
	VA(i)	95%	0%	1%	3%	1%
Section 2						
	VA(i)	86%	6%	3%	1%	4%
	VL	44%	0%	24%	27%	5%
	VM	65%	8%	3%	19%	4%
s2	VR	58%	1%	18%	16%	7%
s1	VR	71%	0%	12%	11%	6%
	VM	91%	4%	2%	3%	1%
	VL	78%	0%	13%	8%	1%
	VA (i)	74%	5%	4%	14%	2%
Section 3						
	VL	57%	1%	26%	13%	3%
	VM	40%	2%	6%	47%	5%
s2	VR	63%	1%	15%	16%	4%
s1	VR	71%	1%	12%	14%	2%
	VM	48%	1%	20%	28%	3%
	VL	73%	1%	16%	9%	1%
Section 4						
	VA(ii)	56%	1%	19%	18%	6%
	VA(i)	67%	2%	12%	12%	7%
	VL	58%	4%	18%	14%	6%
	VM	45%	1%	16%	30%	7%
s2	VR	78%	1%	7%	8%	7%
s1	VR	85%	1%	5%	7%	1%
	VM	50%	1%	23%	24%	2%
	VL	63%	1%	25%	10%	1%
	VA(i)	70%	0%	24%	5%	0%
Section 6						
	VL	74%	1%	21%	4%	1%
	VM	60%	1%	27%	10%	2%
s2	VR	91%	1%	3%	3%	1%
s1	VR	93%	1%	4%	2%	0%
	VM	59%	1%	24%	16%	0%
	VL	70%	1%	23%	6%	0%
Section 7						
	VL	92%	0%	7%	1%	0%
	VM	60%	1%	26%	11%	1%
s2	VR	91%	1%	3%	4%	1%
s1	VR	88%	1%	5%	5%	1%
	VM	66%	1%	22%	10%	1%
	VL	85%	1%	13%	1%	0%

Tableau 2 - Synoptique de la répartition temporaire des NSC le long de l'axe d'étude, tous les jours, données 2013

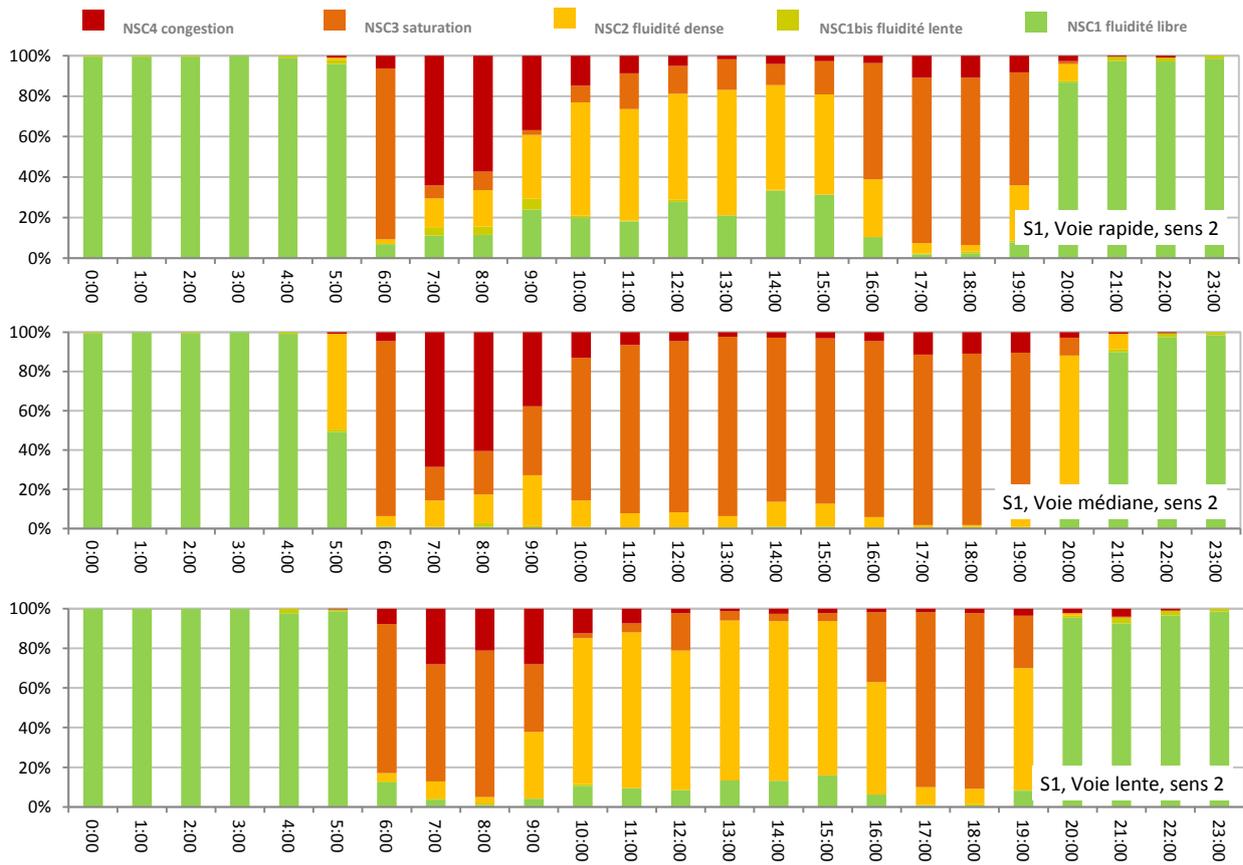


Figure 7 - Répartition horaire des NSC de la section 1, sens 2, jours ouvrés, données 2013

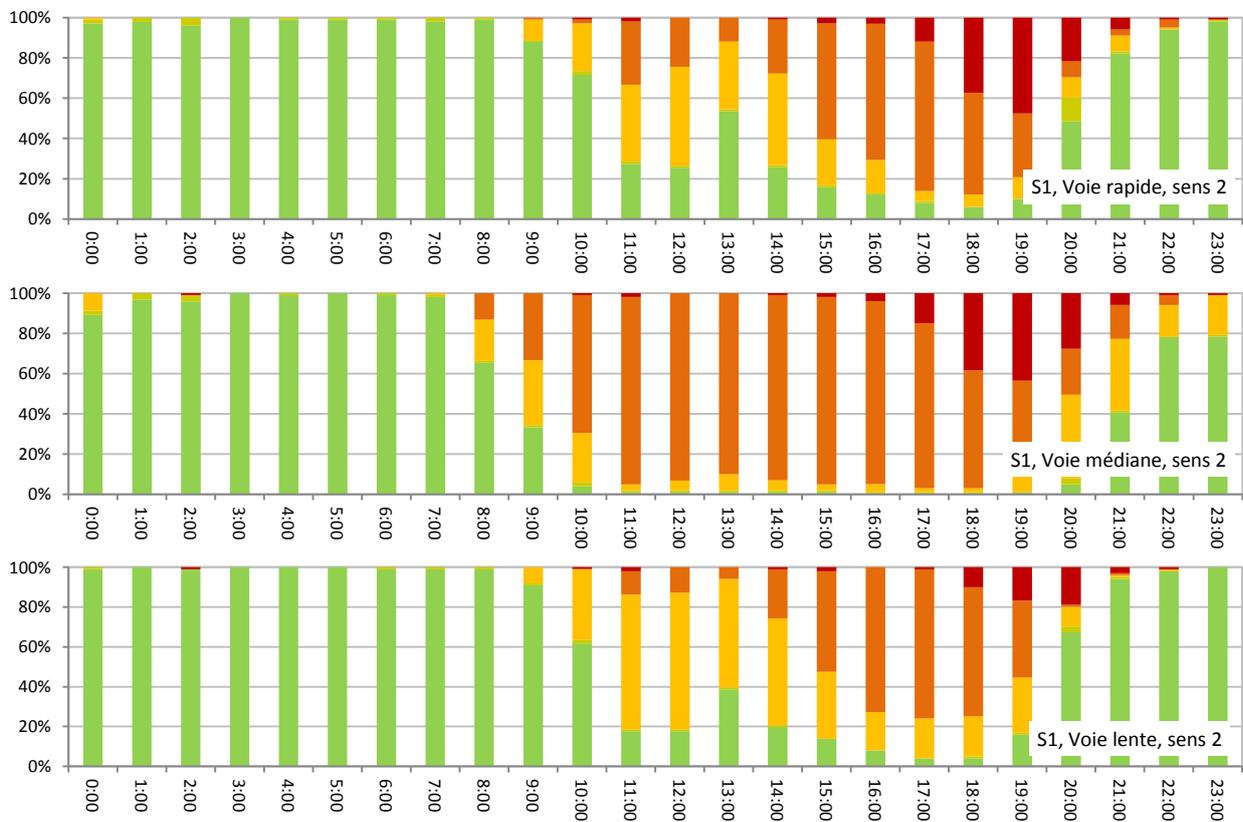


Figure 8 - Répartition horaire des NSC de la section 1, sens 2, jours fériés et week-ends, données 2013

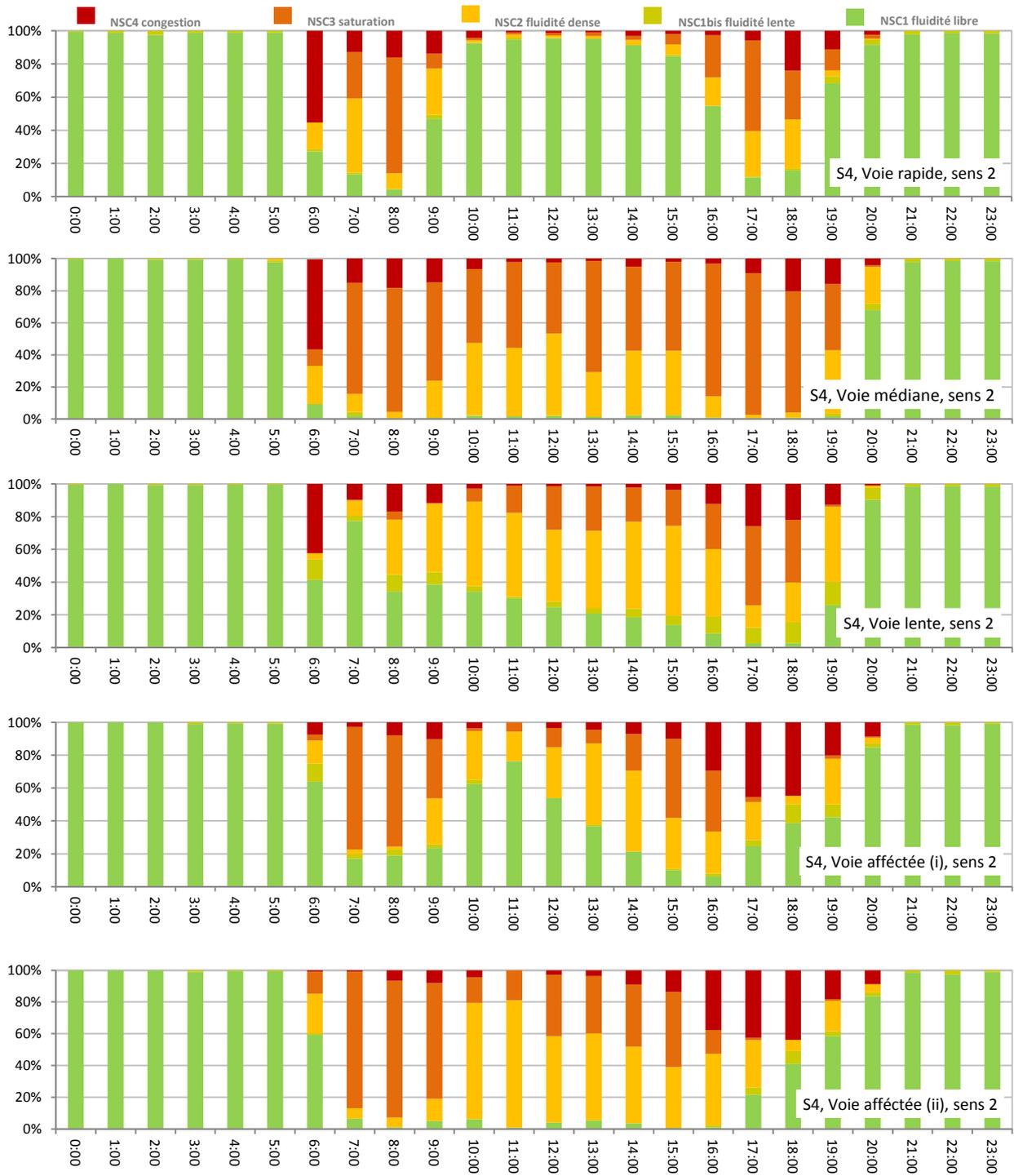


Figure 9 - Répartition horaire des NSC de la section 4, sens 2, jours ouvrés, données 2013

Annexe de la partie ii

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Section 1																								
s2	VL					8%	28%	21%	28%	13%	7%	2%	1%	3%	2%	2%	2%	2%	4%	2%	4%	1%		
	VM				1%	5%	69%	61%	38%	13%	6%	5%	2%	3%	3%	5%	11%	11%	10%	3%	1%			
	VR				1%	6%	64%	57%	37%	15%	9%	5%	2%	4%	3%	4%	11%	11%	8%	3%	1%			
s1	VR							4%	6%	2%	1%			1%	3%	16%	62%	75%	49%	7%				
	VM						2%	2%	4%	1%	1%					9%	47%	65%	26%	7%				
	VL							2%	2%	1%	1%					3%	17%	23%	7%	2%				
	VA(i)							1%	1%							1%	5%	5%	2%					
Section 2																								
s2	VA(i)					1%	22%	37%	25%	13%	8%							3%	6%	3%				
	VL		1%	1%	2%	5%	47%	29%	26%	13%	4%	1%	3%	2%	1%	1%		1%	4%	3%	3%	2%	1%	
	VM		1%		1%	12%	41%	27%	15%	7%	4%							1%	5%	3%	1%			
s1	VR					13%	50%	37%	26%	15%	7%	2%	2%	2%	1%	2%	3%	9%	11%	3%	5%	2%		
	VM							4%	4%	1%	1%				2%	3%	10%	48%	64%	28%	5%	2%		
	VL							1%		1%						3%	6%	10%	1%	1%	1%			
	VA(i)							2%	2%	1%				2%	2%	3%	8%	11%	3%	3%	2%	1%		
Section 3																								
s2	VL					66%	14%	7%	6%	6%	2%	1%			2%		1%	1%	3%	4%	1%			
	VM					13%	28%	18%	15%	9%	2%	3%	1%	2%	1%	3%	4%	9%	9%	4%				
s1	VR					9%	30%	20%	16%	7%	3%	2%	1%	2%		3%	2%	7%	9%					
	VR							3%	4%	3%	1%		1%	1%	4%	3%	15%	18%	20%	6%				
	VM						1%	4%	4%	3%	1%	2%	2%	3%	5%	6%	13%	22%	27%	6%				
	VL							4%	2%	1%	1%				2%	4%	2%	4%	10%	13%	5%			
Section 4																								
s2	VA(ii)					1%	1%	7%	8%	4%		3%	4%	9%	14%	38%	43%	44%	18%	9%				
	VA(i)					7%	3%	8%	10%	4%		4%	5%	7%	10%	29%	46%	45%	20%	9%				
	VL					42%	10%	17%	12%	3%	1%	1%	2%	2%	4%	12%	26%	22%	13%	1%				
s1	VM					56%	15%	18%	15%	7%	2%	2%	2%	5%	2%	3%	9%	20%	16%	4%				
	VR					55%	13%	16%	14%	4%	1%	1%	1%	3%	2%	3%	6%	24%	11%	2%				
	VR								1%	1%			1%	2%	3%	3%	6%	8%	5%	2%	1%			
	VM							1%	1%	2%	1%	1%	1%	2%	3%	3%	9%	11%	8%	2%	1%			
	VL							1%	2%	1%			1%	2%	2%	2%	2%	6%	5%	1%	1%			
	VA(i)							1%	1%					2%	1%	0%	1%	3%	1%	1%				
Section 6																								
s2	VL						1%	5%	7%	1%	1%							3%	5%	2%				
	VM						3%	7%	12%	1%	1%							6%	8%	4%				
s1	VR						1%	5%	5%	1%	1%							3%	5%	2%				
	VR																0%	2%	2%	3%				
	VM								1%						1%	0%	3%	4%	3%	1%				
	VL							1%	1%						1%	0%	2%	1%	1%	1%				
Section 7																								
s2	VL							3%	4%	1%									1%	1%				
	VM						3%	4%	11%	2%			1%		1%			3%	4%	2%				
s1	VR						1%	5%	5%	1%								2%	4%	2%				
	VR																1%	4%	3%	3%	1%			
	VM								1%				1%	1%	1%	1%	3%	5%	3%	1%				
	VL																1%	1%	2%	1%				

Tableau 3 - Cartographie de la part du niveau de service 4 indiquant l'apparition de la congestion, le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Projet de fin d'Etudes

		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Section 1																									
	VL							75%	59%	74%	34%	2%	5%	19%	5%	4%	4%	35%	88%	89%	26%				0%
	VM							89%	17%	22%	35%	73%	86%	87%	91%	84%	84%	90%	87%	87%	79%	9%			
s2	VR							84%	6%	9%	2%	8%	18%	14%	15%	10%	16%	57%	82%	83%	56%	1%			
s1	VR									71%	10%	3%	2%	13%	20%	34%	75%	77%	32%	14%	23%	7%			
	VM								40%	90%	69%	46%	58%	84%	90%	95%	97%	89%	53%	33%	71%	26%	3%		
	VL									3%	0%					1%	18%	82%	76%	64%	31%	2%			
	VA(i)										0%						0%	0%	38%	52%	6%				
Section 2																									
	VA(i)										5%	3%	2%	1%	1%	3%	6%	7%	4%	2%	1%	3%	2%		
	VL										73%	37%	69%	15%	5%	17%	45%	26%	12%	13%	73%	93%	91%	52%	3%
	VM										36%	20%	26%	38%	42%	42%	43%	41%	36%	33%	30%	28%	27%	26%	14%
s2	VR										74%	18%	25%	2%	1%	11%	5%	5%	2%	9%	31%	79%	79%	39%	2%
s1	VR											58%	3%		2%	7%	17%	43%	77%	48%	25%	34%	3%		3%
	VM											7%	7%	3%	3%	3%	4%	3%	3%	6%	15%	9%	5%	1%	
	VL															1%		8%	48%	86%	69%	24%			
	VA(i)											15%	26%	17%	24%	26%	26%	34%	34%	33%	29%	19%	14%	18%	14%
Section 3																									
	VL																								
	VM																								
s2	VR																								
s1	VR																								
	VM																								
	VL																								
	VA(ii)																								
	VA(i)																								
	VL																								
	VM																								
s2	VR																								
s1	VR																								
	VM																								
	VL																								
	VA(i)																								
Section 4																									
	VL																								
	VM																								
s2	VR																								
s1	VR																								
	VM																								
	VL																								
	VA(ii)																								
	VA(i)																								
	VL																								
	VM																								
s2	VR																								
s1	VR																								
	VM																								
	VL																								
	VA(i)																								
Section 6																									
	VL																								
	VM																								
s2	VR																								
s1	VR																								
	VM																								
	VL																								
	VA(i)																								
Section 7																									
	VL																								
	VM																								
s2	VR																								
s1	VR																								
	VM																								
	VL																								

Tableau 4 - Cartographie de la part du niveau de service 3 indiquant le fonctionnement à capacité, le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

Annexe de la partie ii

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Section 1																								
VL						4%	9%	3%	34%	74%	78%	70%	81%	80%	78%	57%	9%	8%	61%	1%				
VM						49%	6%	13%	15%	26%	13%	7%	8%	6%	13%	12%	5%	1%	1%	10%	68%	8%		
s2 VR						1%	2%	14%	18%	31%	56%	55%	52%	62%	52%	50%	29%	5%	3%	27%	8%			
s1 VR								15%	16%	64%	22%	23%	39%	52%	55%	17%	4%	3%	9%	22%	21%	2%	0%	
VM								49%	6%	25%	51%	39%	14%	8%	3%	2%	1%	0%	1%	2%	61%	16%	2%	
VL								2%	81%	24%	2%	14%	53%	65%	81%	72%	10%	5%	10%	54%	14%	0%		
VA(i)																0%	6%	11%	7%	10%	1%			
Section 2																								
VA(i)								1%	2%	2%	4%	8%	8%	5%	4%	4%	9%	12%	7%	6%	8%	2%		
VL								13%	2%	59%	81%	73%	51%	62%	81%	80%	24%	6%	5%	43%	20%	1%		
VM							26%	1%	3%	1%	2%	5%	6%	5%	3%	3%	4%	5%		2%	13%	3%		
s2 VR								2%	24%	22%	29%	41%	53%	41%	52%	46%	43%	52%	11%	8%	39%	7%		
s1 VR								2%	22%	40%	9%	3%	22%	20%	50%	38%	11%	4%	9%	31%	18%	1%		
VM								1%	17%	8%	2%	6%	3%	4%	3%	4%	2%		1%	7%	1%	1%		
VL									60%	3%			5%	8%	24%	58%	49%	7%	20%	50%	4%	1%		
VA(i)								11%	2%	12%	6%	9%	10%	5%	4%	3%	7%	2%	1%	2%	8%	2%	1%	
Section 3																								
VL								19%	28%	1%	19%	63%	42%	54%	88%	69%	56%	80%	25%	40%	52%	2%		
VM								1%	1%	1%	1%	5%	4%	4%	4%	8%	6%	1%		1%	6%	56%	3%	
s2 VR								3%	39%	6%	67%	32%	40%	19%	42%	28%	26%	58%	5%	7%	48%	5%		
s1 VR								1%	17%	28%	5%	4%	27%	26%	40%	50%	4%	1%	3%	32%	14%			
VM								73%	15%	68%	81%	75%	30%	28%	17%	11%	3%			14%	56%	4%		
VL									75%			2%	59%	27%	46%	82%	12%	3%	3%	4%	9%	3%		
Section 4																								
VA(ii)								25%	7%	6%	14%	73%	80%	54%	54%	48%	38%	45%	30%	7%	19%	5%		
VA(i)								14%	3%	2%	28%	29%	18%	31%	50%	49%	31%	25%	23%	5%	28%	4%		
VL								4%	9%	34%	42%	52%	51%	44%	47%	53%	55%	41%	14%	24%	46%	1%		
VM								1%	24%	11%	4%	23%	45%	43%	51%	28%	40%	13%	2%	3%	40%	23%		
s2 VR								16%	45%	9%	28%	1%	2%	1%	2%	3%	6%	17%	27%	30%	4%	0%		
s1 VR										14%	1%	1%	2%	2%	1%	9%	17%	30%	6%	10%	40%	3%		
VM									76%	37%	65%	69%	77%	59%	62%	49%	17%	1%	1%	1%	23%	26%	1%	
VL									14%	61%	40%	39%	35%	62%	64%	72%	74%	23%	5%	13%	70%	4%		
VA(i)								0%	22%	57%	68%	51%	48%	77%	79%	75%	82%	49%	31%	68%	16%			
Section 6																								
VL								0%	73%	20%	21%	4%	7%	20%	48%	31%	37%	79%	81%	83%	5%			
VM								40%	25%	3%	76%	45%	50%	41%	58%	57%	72%	71%	48%	77%	42%	3%		
s2 VR								0%	36%	15%							1%	2%	4%	1%	1%			
s1 VR										1%	0%	1%				1%	2%	15%	58%	50%	11%	1%		
VM										49%	59%	57%	55%	56%	64%	73%	73%	19%	3%	13%	64%	12%		
VL										69%	74%	9%	7%	65%	70%	43%	42%	79%	25%	15%	72%	8%		
Section 7																								
VL										65%		0%		1%	4%	2%	4%	8%	32%	11%	1%			
VM										55%	26%	5%	70%	38%	45%	23%	35%	33%	69%	82%	70%	82%	49%	7%
s2 VR											31%	15%	1%	0%		1%	2%	2%	4%	1%				
s1 VR												1%	3%	1%	1%	1%	3%	8%	35%	17%	18%	23%	2%	
VM											24%	46%	50%	38%	36%	37%	57%	77%	46%	4%	18%	68%	9%	
VL											0%	11%	13%	4%	4%	6%	7%	13%	50%	88%	82%	9%		

Tableau 5 - Cartographie de la part du niveau de service 2 indiquant le fonctionnement en fluidité dense, le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Projet de fin d'Etudes

		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00		
Section 1																											
	VL	100%	100%	100%	100%	98%	99%	12%				11%			13%	13%	16%					95%	93%	97%	99%		
	VM	99%	100%	99%	100%	99%	49%															20%	90%	98%	99%		
s2	VR	99%	99%	99%	100%	99%	96%			11%	11%	24%	20%	18%	28%	21%	33%	31%	10%				87%	97%	97%	99%	
s1	VR	99%	99%	100%	99%	100%	100%	100%	83%			20%	73%	74%	47%	27%							64%	96%	98%	99%	
	VM	99%	100%	100%	100%	100%	100%																	79%	96%	99%	
	VL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	97%	14%	73%	97%	85%	46%	35%	17%							81%	98%	100%	100%	
	VA(i)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	87%	47%	35%	81%	98%	100%	100%	100%		
Section 2																											
	VA(i)	99%	100%	99%	99%	98%	98%	32%	50%	57%	71%	78%	86%	89%	92%	89%	88%	86%	78%	70%	78%	89%	97%	98%	99%		
	VL	99%	100%	99%	99%	99%	98%															74%	97%	99%	98%		
	VM	99%	99%	99%	98%	97%	69%	18%	29%	26%	34%	43%	48%	51%	52%	59%	60%	61%	52%	43%	49%	65%	92%	96%	98%		
s2	VR	100%	98%	99%	98%	97%	98%	12%				38%	43%	30%	51%	41%	50%	47%	15%				12%	89%	97%	100%	
s1	VR	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	97%	16%	53%	90%	96%	75%	73%	32%	18%					73%	97%	100%	100%		
	VM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	74%	85%	95%	90%	92%	92%	94%	91%	80%	43%	37%	71%	96%	97%	99%	100%		
	VL	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	38%	94%	99%	99%	94%	92%	75%	33%					22%	93%	97%	99%	100%	
	VA(i)	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	72%	64%	65%	70%	64%	64%	61%	61%	61%	46%	18%	18%	44%	68%	95%	98%	99%		
Section 3																											
	VL	99%	100%	100%	100%	100%	100%	13%				31%	56%	43%			29%	42%				36%	95%	98%	97%	97%	
	VM	99%	100%	99%	99%	99%	99%	74%														23%	94%	96%	97%		
s2	VR	99%	100%	99%	97%	99%	98%					58%	56%	76%	54%	69%	65%	12%				15%	92%	98%	97%	97%	
s1	VR	99%	100%	99%	100%	99%	100%	99%	97%		65%	92%	94%	70%	68%	38%							78%	98%	97%	97%	
	VM	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	14%				12%									33%	94%	97%	97%		
	VL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%	19%	98%	97%	97%	40%	72%	50%					91%	98%	98%	98%			
Section 4																											
	VA(ii)	100%	100%	100%	99%	99%	99%	59%													22%	41%	59%	84%	99%	97%	99%
	VA(i)	100%	100%	100%	99%	99%	99%	64%	17%	19%	24%	63%	76%	54%	37%	21%	10%				25%	39%	42%	85%	99%	98%	99%
	VL	100%	100%	99%	99%	100%	99%	41%	77%	34%	39%	34%	30%	25%	21%	19%	14%					26%	90%	98%	99%	98%	
	VM	100%	100%	99%	99%	100%	98%																	68%	98%	99%	98%
s2	VR	100%	99%	98%	99%	99%	99%	27%	13%			47%	92%	95%	95%	95%	91%	85%	55%	12%	16%	68%	92%	98%	99%	98%	
s1	VR	100%	99%	99%	100%	99%	99%	100%	98%	85%	96%	94%	98%	97%	98%	88%	73%	12%				36%	92%	98%	99%	98%	
	VM	100%	100%	99%	99%	100%	99%	98%	20%														68%	97%	99%	98%	
	VL	99%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	85%	38%	57%	57%	64%	37%	36%	21%					14%	92%	98%	99%	98%		
	VA(i)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	78%	10%	31%	47%	51%	21%	20%	16%					82%	98%	98%	100%	99%		
Section 6																											
	VL	100%	100%	100%	99%	100%	99%	99%	25%			70%	95%	92%	79%	51%	68%	62%	17%				91%	99%	99%	99%	98%
	VM	99%	100%	99%	99%	99%	99%	58%				10%	53%	48%	57%	40%	40%	21%					52%	94%	98%	98%	98%
s2	VR	100%	100%	98%	99%	99%	99%	99%	61%	15%	88%	98%	99%	100%	99%	100%	98%	97%	91%	91%	95%	99%	98%	98%	98%		
s1	VR	99%	100%	98%	100%	99%	100%	100%	99%	99%	99%	98%	99%	98%	100%	99%	99%	97%	82%	17%	18%	84%	96%	99%	99%	98%	
	VM	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	99%	50%	28%	21%	38%	39%	32%	14%						12%	84%	99%	99%	98%	
	VL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	12%	22%	89%	93%	35%	28%	57%	13%					89%	99%	98%	98%		
Section 7																											
	VL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	25%	95%	99%	100%	99%	96%	98%	95%	92%	65%	84%	96%	99%	100%	100%	99%		
	VM	100%	100%	99%	99%	99%	99%	44%				17%	59%	54%	76%	63%	64%	25%					47%	91%	98%	99%	98%
s2	VR	100%	100%	98%	98%	99%	99%	99%	65%	15%	87%	97%	100%	100%	99%	100%	98%	96%	91%	92%	96%	99%	98%	97%	98%		
s1	VR	98%	99%	98%	98%	98%	99%	99%	98%	98%	96%	96%	98%	99%	99%	97%	91%	51%				65%	95%	98%	98%	98%	
	VM	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	73%	46%	40%	60%	62%	61%	40%	13%					17%	88%	98%	99%	98%	
	VL	99%	100%	99%	99%	99%	100%	100%	99%	99%	88%	86%	94%	96%	94%	92%	85%	49%				12%	86%	98%	98%	99%	98%

Tableau 6 - Cartographie de la part du niveau de service 1 indiquant le fonctionnement en fluidité, le long de l'axe d'étude, jours ouvrés, données 2013

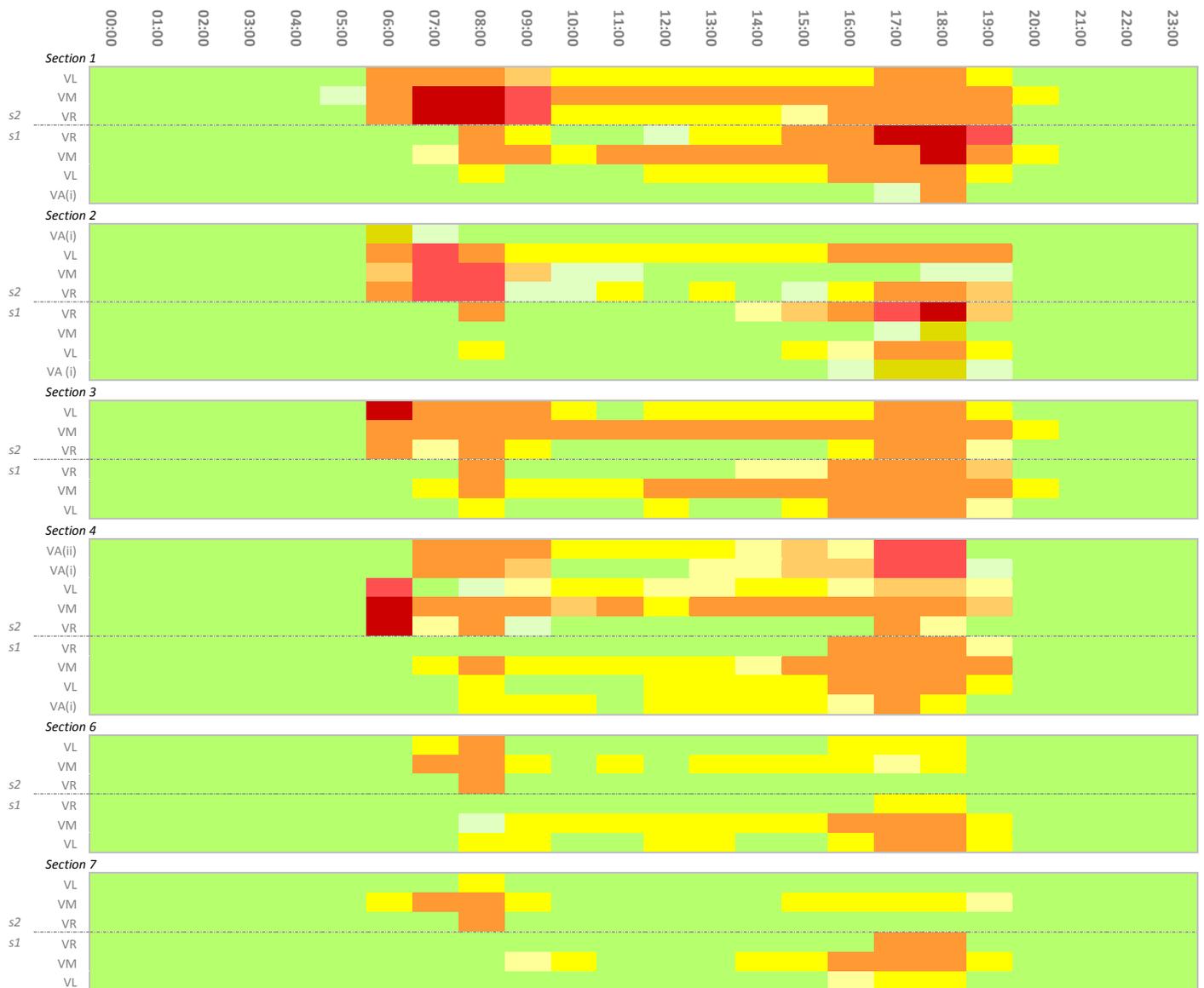


Tableau 7 - Cartographie de la répartition horaire des NSC majoritaires, jours ouvrés, données 2013

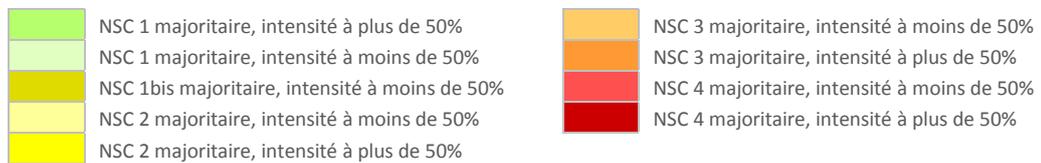
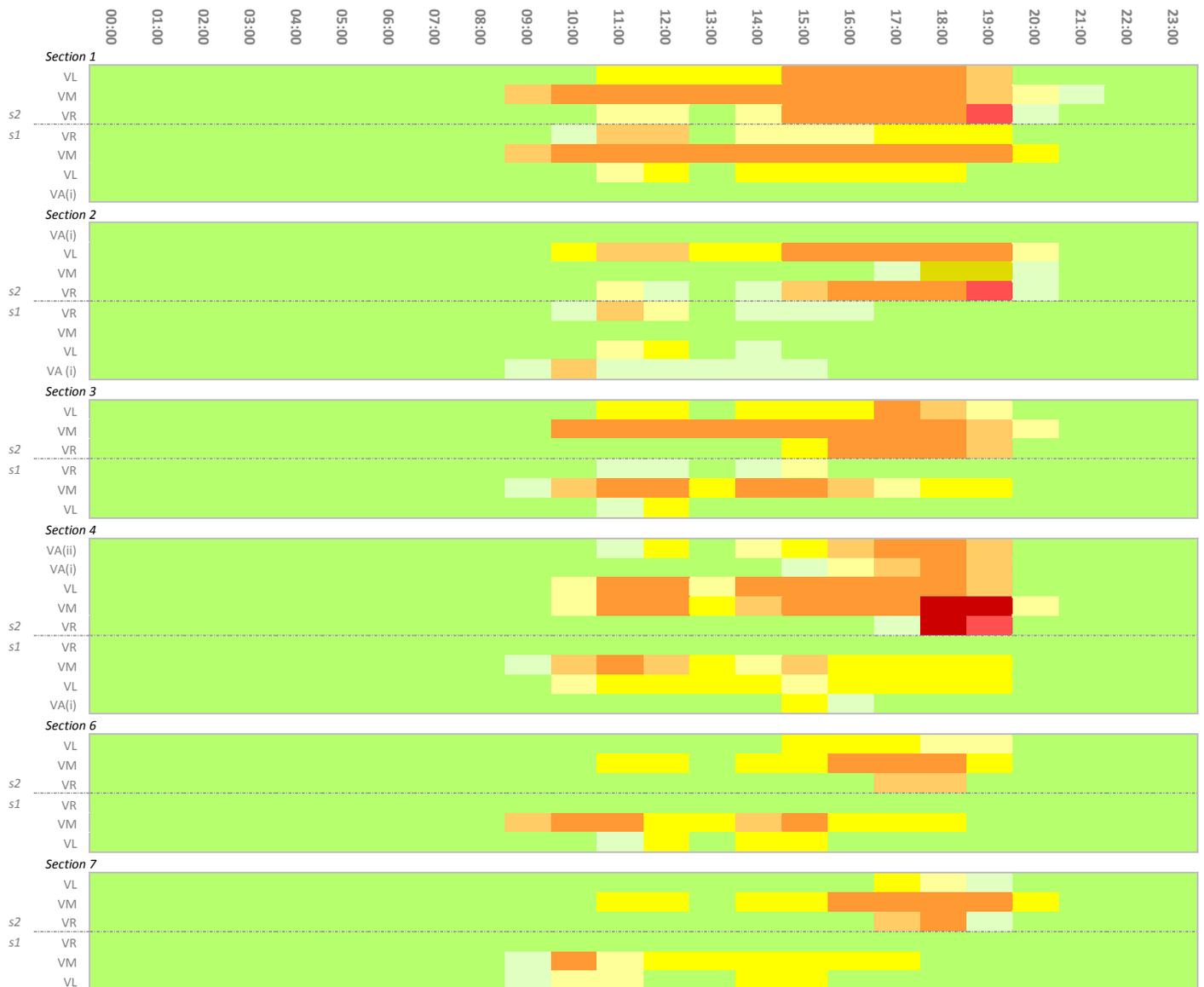


Tableau 8 - Cartographie de la répartition horaire des NSC majoritaires,, week-ends et jours fériés, données 2013

Annexe ii.5. Dynamique des caractéristiques critiques entre 2008-2013

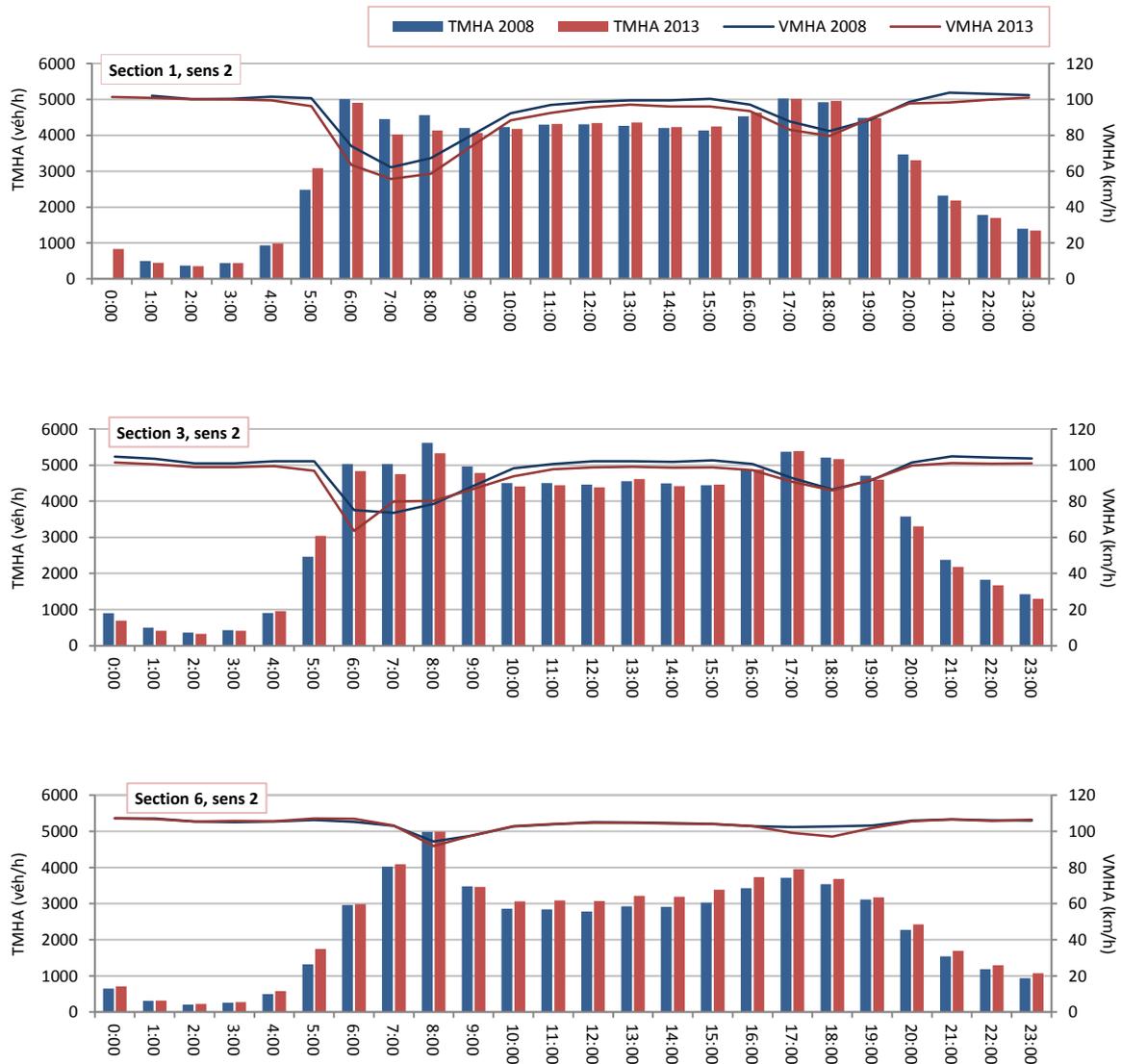


Figure 30 - Evolution du trafic et de la vitesse moyens horaires (TMHA, VL et PL, VMHA) dans le sens 2 entre 2008 et 2013, sections 1, 3 et 6, données agrégées 2008 et 2013

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
S_1																									
s2	2008		497	369	438	932	2486	5006	4456	4563	4203	4231	4303	4307	4265	4205	4135	4533	5028	4923	4487	3465	2325	1778	1399
	2013	835	448	350	436	990	3081	4910	4022	4140	4066	4183	4318	4345	4357	4232	4249	4637	5016	4962	4483	3305	2187	1698	1345
s1	2008	1283	777	473	358	480	910	2059	3857	4794	4284	3801	3831	4068	4214	4437	4766	5023	4315	4080	4386	3889	2675	2025	1882
	2013	1273	759	479	372	506	979	2198	4038	5189	4547	4087	4182	4526	4707	4922	5274	5729	5409	5207	5095	4154	2769	2082	1931
S_2																									
s2	2008	949	545	398	471	927	2483	5178	5019	5259	4623	4412	4445	4523	4475	4419	4380	4871	5510	5388	4829	3655	2433	1860	1455
	2013	931	444	327	356	766	2397	4434	3950	4199	3811	3834	4018	4005	3922	3814	3796	4148	4672	4495	3977	3011	1968	1572	1345
s1	2008	1402	844	510	392	523	1008	2305	4481	5855	4977	4244	4260	4624	4878	5052	5403	5993	5875	5744	5560	4489	3001	2270	2062
	2013	1106	616	413	324	446	867	1876	3311	4483	4076	3707	3755	3977	4097	4236	4490	4936	4713	4493	4300	3256	2184	1676	1506
S_3																									
s2	2008	902	496	365	427	903	2461	5031	5033	5614	4964	4506	4501	4460	4556	4497	4447	4871	5374	5210	4708	3575	2379	1826	1429
	2013	693	413	328	415	956	3042	4833	4748	5331	4784	4414	4446	4385	4613	4418	4465	4880	5387	5164	4597	3308	2185	1671	1294
s1	2008	1301	788	479	369	511	978	2206	4311	5533	4810	4239	4269	4725	4764	4997	5396	5978	5939	5809	5444	4361	2872	2122	1915
	2013	1162	691	433	350	515	1014	2265	4254	5498	4631	4219	4328	4906	4889	5143	5547	6227	6236	5962	5408	4110	2638	2018	1838
S_6																									
s2	2008	652	311	206	256	496	1320	2956	4020	4985	3474	2861	2843	2784	2925	2909	3025	3428	3717	3540	3113	2268	1537	1187	937
	2013	704	316	225	274	578	1747	2981	4089	4988	3461	3060	3086	3072	3214	3190	3381	3730	3956	3685	3172	2422	1690	1291	1070
s1	2008	651	388	235	184	254	588	1243	2402	3158	3279	3170	2902	3076	3010	3152	3395	3989	4697	4548	4028	2867	1776	1253	1030
	2013	678	400	255	221	364	674	1403	2529	3467	3562	3422	3194	3333	3363	3454	3699	4361	5035	5008	4099	2838	1756	1273	1084
S_7																									
s2	2008	586	273	183	226	440	1178	2551	3399	4243	2923	2365	2367	2255	2361	2361	2539	2862	3144	3047	2729	2000	1344	1040	839
	2013	656	279	196	243	488	1534	2566	3535	4248	2905	2558	2592	2518	2603	2606	2866	3172	3407	3211	2823	2170	1509	1108	969
s1	2008	509	313	192	154	188	377	1024	2012	2541	2799	2860	2558	2628	2543	2740	2998	3560	4227	4157	3450	2351	1454	1016	817
	2013	544	326	208	173	206	426	1155	2056	2804	3069	3093	2832	2859	2879	3051	3304	3920	4509	4361	3489	2377	1441	1029	865
S_11																									
s2	2008	188	120	107	150	269	775	1482	2105	2545	1929	1647	1608	1509	1434	1510	1658	1789	1958	1837	1472	967	608	435	313
	2013	185	132	115	160	311	981	1526	2243	2764	1986	1708	1628	1511	1486	1564	1668	1817	1976	1832	1442	916	603	439	310
s1	2008	136	187	120	102	130	263	609	1430	1856	1511	1423	1400	1354	1473	1577	1753	2155	2581	2537	2120	1420	865	591	440
	2013	73	206	125	106	139	288	607	1430	1932	1481	1445	1423	1428	1522	1641	1826	2252	2701	2597	2099	1358	840	591	474

Tableau 1 - Cartographie analytique des débits moyens horaires agrégés (TMHA, VL et PL) des années 2008 et 2013, jours ouvrés, données agrégées 2008 et 2013

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
S_1																									
s2	2008		102	100	100	102	101	74	62	67	80	92	99	100	100	100	97	88	82	89	99	104	103	102	102
	2013	101	101	100	100	100	96	64	56	59	74	88	93	96	97	96	96	94	83	80	89	98	98	100	101
s1	2008	104	104	102	100	100	100	101	98	93	97	99	99	100	99	97	95	82	55	50	73	95	102	103	103
	2013	102	101	100	99	99	100	100	97	93	96	98	99	99	99	97	95	83	58	51	76	96	100	101	101
S_2																									
s2	2008	100	99	98	98	100	99	72	69	75	84	92	96	97	98	98	98	96	87	81	87	97	101	100	99
	2013	97	96	95	95	95	94	62	63	68	78	86	91	93	94	93	93	92	85	79	84	92	95	95	96
s1	2008	105	105	103	102	101	102	101	97	93	96	98	98	99	98	96	94	80	55	52	71	95	102	103	104
	2013	101	98	97	95	94	96	97	95	90	92	92	93	94	94	93	92	81	59	57	79	96	97	99	100
S_3																									
s2	2008	105	103	101	101	102	102	75	74	79	89	98	101	102	102	102	103	101	93	86	92	101	105	104	104
	2013	101	100	99	99	99	97	64	80	80	87	94	98	99	99	99	99	97	91	86	92	100	101	101	101
s1	2008	106	105	104	102	101	101	101	98	94	98	99	99	100	99	97	95	80	59	57	73	96	104	104	105
	2013	106	107	106	105	105	104	103	99	95	99	100	101	101	101	99	96	84	66	62	80	99	104	104	105
S_6																									
s2	2008	107	107	105	105	105	106	105	103	94	98	103	104	105	105	105	104	103	102	103	103	106	107	106	106
	2013	107	107	105	106	106	107	107	103	92	98	103	104	105	105	104	104	103	99	97	102	106	107	106	106
s1	2008	104	103	101	100	99	98	101	100	100	100	101	102	103	102	102	102	102	99	95	100	104	105	104	104
	2013	104	103	102	100	99	99	101	99	99	100	101	101	102	101	102	102	101	98	96	99	103	104	104	104
S_7																									
s2	2008	108	107	104	103	105	108	110	109	102	104	107	107	108	108	108	107	106	104	106	107	109	109	108	108
	2013	107	107	105	104	105	109	111	109	98	102	106	108	108	108	108	107	106	104	103	105	108	109	108	108
s1	2008	107	106	103	101	101	101	103	103	105	105	104	105	106	106	105	105	105	104	104	107	109	108	107	108
	2013	106	105	103	102	101	102	103	103	103	103	104	105	105	104	104	104	103	101	100	103	106	107	106	106
S_11																									
s2	2008	101	98	94	93	94	100	102	103	102	100	98	100	101	101	100	100	101	101	103	106	106	106	105	103
	2013	102	100	96	94	96	103	104	105	106	104	104	104	105	106	105	105	105	105	106	107	108	107	106	104
s1	2008		110	106	103	103	105	108	109	109	108														

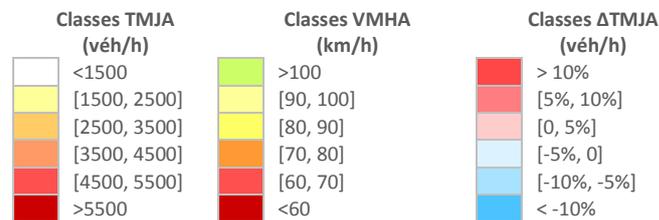
Annexe de la partie ii

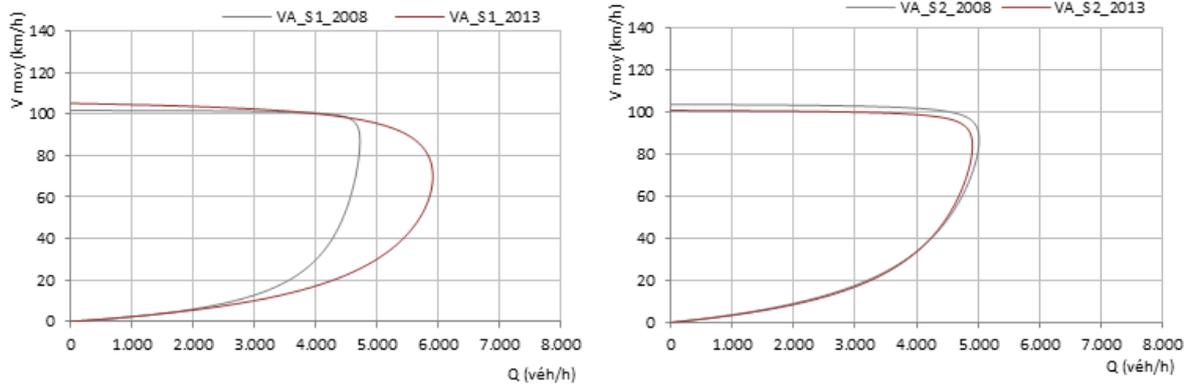
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
S_1																									
s2		-10%	-5%	0%	6%	24%	-2%	-10%	-9%	-3%	-1%	0%	1%	2%	1%	3%	2%	0%	1%	0%	-5%	-6%	-5%	-4%	
s1		-1%	-2%	1%	4%	8%	7%	5%	8%	6%	8%	9%	11%	12%	11%	11%	14%	25%	28%	16%	7%	3%	3%	3%	
S_2																									
s2		-2%	-18%	-18%	-24%	-17%	-3%	-14%	-21%	-20%	-18%	-13%	-10%	-11%	-12%	-14%	-13%	-15%	-15%	-17%	-18%	-18%	-19%	-15%	-8%
s1		-21%	-27%	-19%	-17%	-15%	-14%	-19%	-26%	-23%	-18%	-13%	-12%	-14%	-16%	-16%	-17%	-18%	-20%	-22%	-23%	-27%	-27%	-26%	-27%
S_3																									
s2		-23%	-17%	-10%	-3%	6%	24%	-4%	-6%	-5%	-4%	-2%	-1%	-2%	1%	-2%	0%	0%	0%	-1%	-2%	-7%	-8%	-8%	-9%
s1		-11%	-12%	-10%	-5%	1%	4%	3%	-1%	-1%	-4%	0%	1%	4%	3%	3%	3%	4%	5%	3%	-1%	-6%	-8%	-5%	-4%
S_6																									
s2		8%	2%	9%	7%	17%	32%	1%	2%	0%	0%	7%	9%	10%	10%	10%	12%	9%	6%	4%	2%	7%	10%	9%	14%
s1		4%	3%	8%	20%	44%	15%	13%	5%	10%	9%	8%	10%	8%	12%	10%	9%	9%	7%	10%	2%	-1%	-1%	2%	5%
S_7																									
s2		12%	2%	7%	8%	11%	30%	1%	4%	0%	-1%	8%	9%	12%	10%	10%	13%	11%	8%	5%	3%	9%	12%	7%	16%
s1		7%	4%	9%	12%	9%	13%	13%	2%	10%	10%	8%	11%	9%	13%	11%	10%	10%	7%	5%	1%	1%	-1%	1%	6%
S_11																									
s2		-2%	10%	7%	7%	16%	27%	3%	7%	9%	3%	4%	1%	0%	4%	4%	1%	2%	1%	0%	-2%	-5%	-1%	1%	-1%
s1			10%	4%	4%	7%	9%	0%	0%	4%	-2%	2%	2%	5%	3%	4%	4%	4%	5%	2%	-1%	-4%	-3%	0%	8%

Tableau 3 - Cartographie de l'évolution des débits moyens horaires agrégés (TMHA, VL et PL) entre 2008 et 2013, jours ouvrés, données agrégées 2008 et 2013

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
S_1																									
s2		-1%	0%	0%	-2%	-4%	-14%	-10%	-13%	-8%	-4%	-5%	-3%	-2%	-4%	-4%	-4%	-5%	-3%	1%	-1%	-5%	-3%	-1%	
s1		-3%	-2%	-2%	0%	-1%	-1%	-1%	0%	-1%	-1%	-1%	-1%	0%	0%	0%	1%	5%	2%	4%	1%	-2%	-2%	-2%	
S_2																									
s2		-3%	-3%	-4%	-3%	-5%	-5%	-13%	-10%	-10%	-7%	-8%	-5%	-4%	-4%	-5%	-6%	-4%	-3%	-3%	-4%	-5%	-6%	-5%	-3%
s1		-4%	-6%	-6%	-7%	-7%	-6%	-4%	-3%	-3%	-4%	-6%	-6%	-5%	-4%	-3%	-2%	2%	7%	9%	10%	1%	-5%	-4%	-4%
S_3																									
s2		-3%	-3%	-2%	-2%	-3%	-5%	-15%	9%	2%	-2%	-5%	-3%	-3%	-3%	-4%	-3%	-2%	-1%	0%	-2%	-4%	-3%	-3%	
s1		1%	1%	2%	3%	4%	3%	2%	1%	1%	2%	1%	2%	1%	2%	2%	1%	6%	12%	9%	10%	3%	0%	0%	0%
S_6																									
s2		0%	0%	0%	1%	0%	1%	2%	0%	-3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-3%	-5%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%
s1		0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	1%	0%	-1%	-1%	0%	0%	0%
S_7																									
s2		0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	-1%	-3%	-1%	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	-2%	-3%	-1%	-1%	-1%	0%	0%	0%
s1		-1%	-1%	0%	1%	0%	0%	0%	-1%	-2%	-2%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-3%	-4%	-3%	-2%	-2%	-2%	-2%	-1%
S_11																									
s2		1%	2%	2%	1%	3%	3%	2%	3%	4%	4%	5%	5%	4%	5%	5%	5%	4%	4%	3%	1%	2%	1%	1%	1%
s1			2%	-4%	2%	0%	4%	2%	2%	3%	3%	5%	4%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	4%	2%	2%	2%	2%	3%

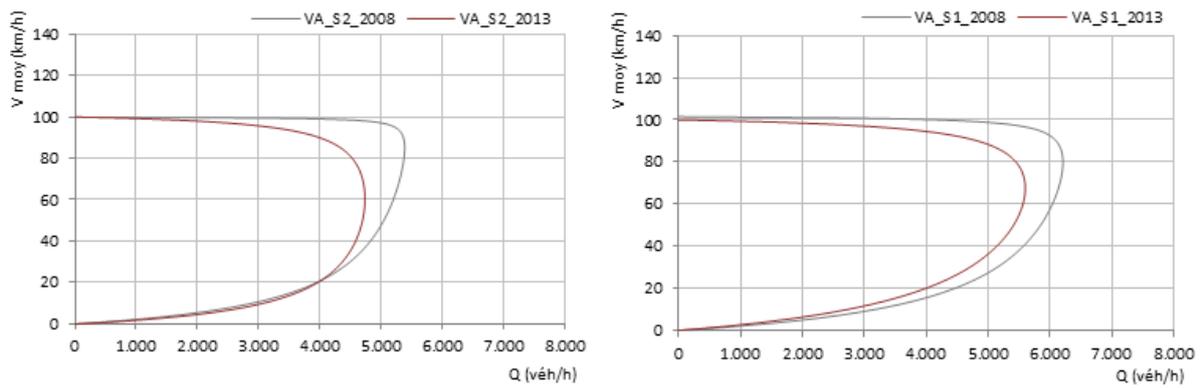
Tableau 4 - Cartographie de l'évolution des vitesses moyennes horaires agrégées (VMHA) entre 2008 et 2013, jours ouvrés, données agrégées 2008 et 2013





Année	Sens 1			Sens 2		
	V_l (km/h)	C (véh/h)	V_{cr} (km/h)	V_l (km/h)	C (véh/h)	V_{cr} (km/h)
2008	102	4714	87	104	5017	87
2013	105	5904	70	101	4908	84

Figure 2 - Comparaison du diagramme fondamental de la section 1 (sens 1 et 2) entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013



Année	Sens 1			Sens 2		
	V_l (km/h)	C (véh/h)	V_{cr} (km/h)	V_l (km/h)	C (véh/h)	V_{cr} (km/h)
2008	102	6212	80	100	5382	85
2013	100	5603	68	100	4733	60

Figure 3 - Comparaison du diagramme fondamental de la section 2 (sens 1 et 2) entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013

Section	Sens	Année	V _i	Δ V _i %	Q _c	Δ Q _c %	V _{cr}	Δ V _{cr} %	K _{cr}	Δ K _{cr} %
1	2	2008	104		5017		87		58	
	2	2013	101	-3%	4908	-2%	84	-3%	58	1%
	1	2008	102		4714		87		54	
	1	2013	105	3%	5904	25%	70	-19%	84	55%
2	2	2008	100		5382		85		63	
	2	2013	100	0%	4733	-12%	60	-29%	78	24%
	1	2008	102		6212		80		78	
	1	2013	100	-1%	5603	-10%	68	-15%	83	7%
3	2	2008	105		5538		92		60	
	2	2013	101	-3%	5203	-6%	89	-3%	58	-3%
	1	2008	107		6154		74		84	
	1	2013	106	-1%	6205	1%	76	4%	81	-3%
6	2	2008	108		4906		78		63	
	2	2013	107	0%	5034	3%	81	3%	62	-1%
	1	2008	105		4875		83		59	
	1	2013	103	-2%	5226	7%	89	6%	59	1%
7	2	2008	109		4602		87		53	
	2	2013	109	0%	4639	1%	88	1%	53	-1%
	1	2008	107		4855		86		57	
	1	2013	105	-2%	4796	-1%	91	6%	52	-7%

Tableau 5 - Synoptique des caractéristiques critiques des sections d'étude et de leur évolution entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013

	2008					2013				
	NSC 1	NSC 1bis	NSC 2	NSC 3	NSC 4	NSC 1	NSC 1bis	NSC 2	NSC 3	NSC 4
Section 1										
s2	48%	0%	22%	24%	6%	45%	1%	17%	29%	8%
s1	49%	0%	18%	28%	4%	63%	0%	21%	12%	3%
Section 2										
s2	49%	2%	18%	26%	4%	56%	1%	14%	25%	5%
s1	62%	0%	19%	15%	3%	72%	0%	13%	10%	4%
Section 3										
s2	51%	1%	24%	20%	5%	46%	2%	19%	29%	4%
s1	64%	0%	20%	14%	3%	62%	1%	20%	15%	2%
Section 4										
s2						59%	2%	15%	18%	7%
s1						71%	1%	19%	8%	1%
Section 6										
s2	86%	0%	8%	5%	1%	83%	1%	10%	5%	1%
s1	82%	0%	11%	7%	0%	81%	1%	11%	6%	0%
Section 7										
s2	90%	0%	5%	4%	1%	87%	1%	7%	4%	1%
s1	89%	0%	8%	2%	0%	83%	1%	9%	6%	0%

Tableau 6 - Comparaison de la répartition globale des niveaux de service par section par sens de circulation entre 2008 et 2013, données agrégées 2008 et 2013

Annexe iii.1. Synthèse de résultats

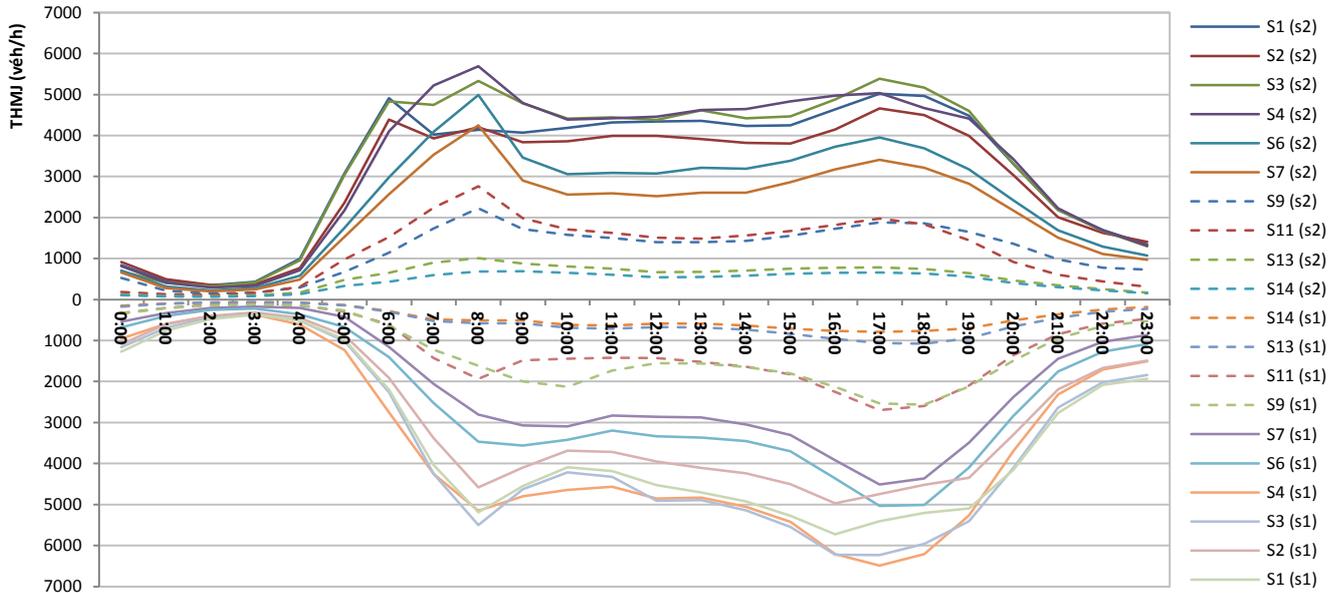


Figure 1 - Synoptique de la charge horaire moyenne (TMHA, VL et PL) des différentes sections le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

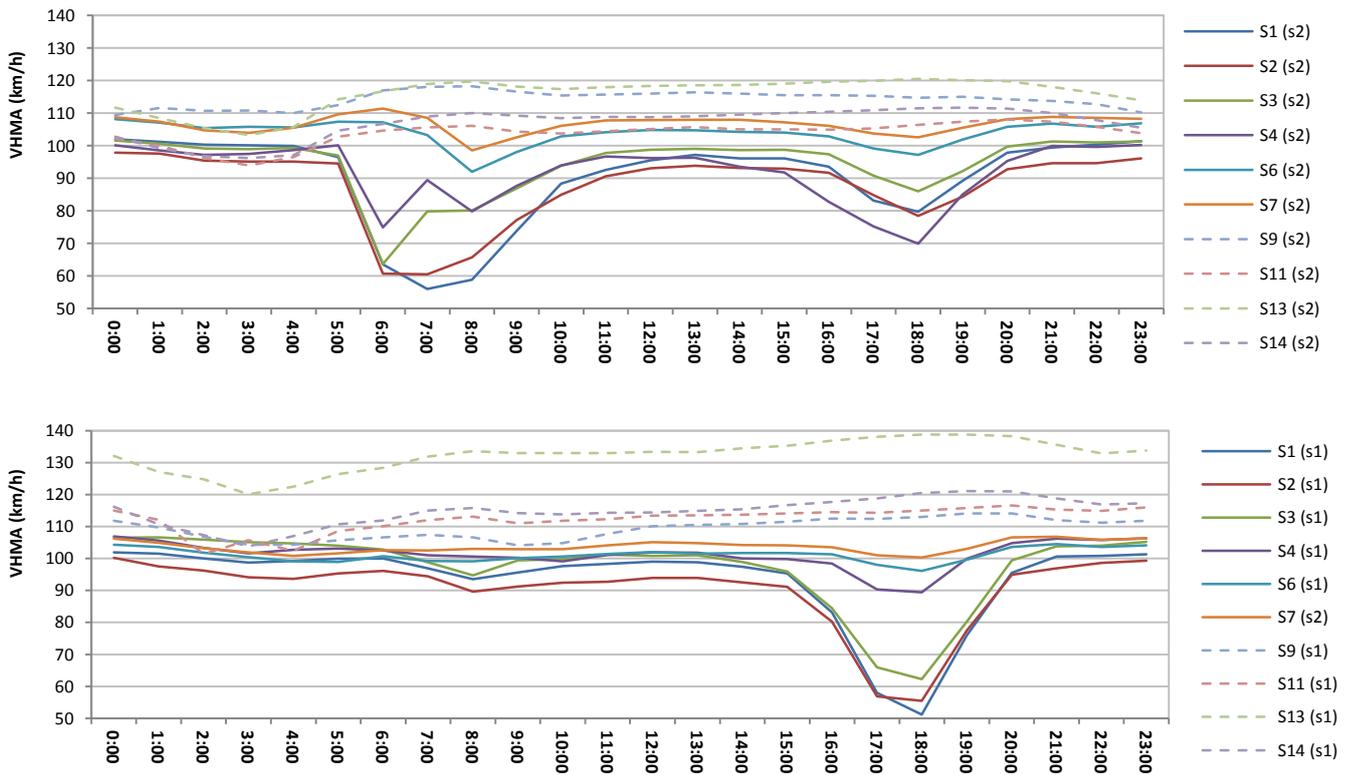


Figure 2 - Synoptique de la vitesse horaire moyenne (VMHA) des flux des différentes sections le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

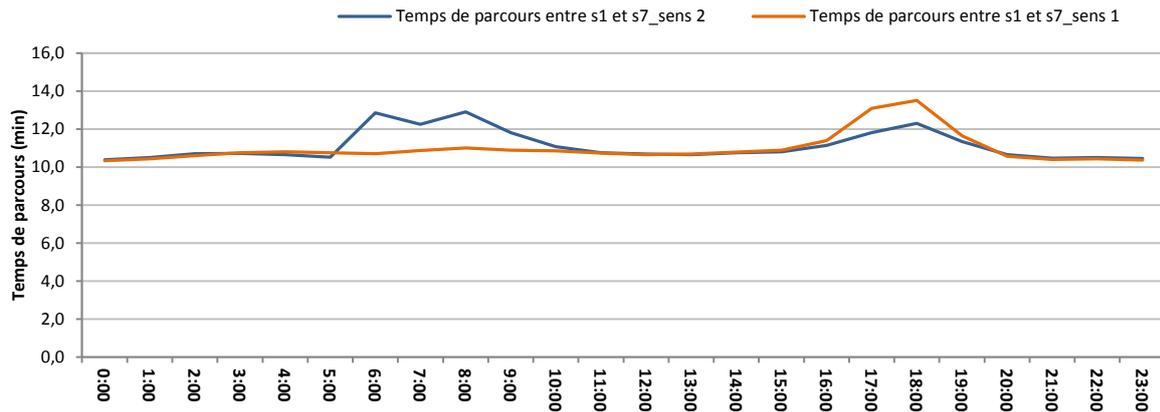


Figure 3 - Variation du temps de parcours moyen total (en min) entre les sections 1 et 7 dans les deux sens le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

heure	Delta	Temps de parcours moyen cumulé dans le sens 2 (en min)						Temps de parcours moyen cumulé dans le sens 1 (en min)						Delta
		s1 18.12 km	s2 16.98 km	s3 15.50 km	s4 12.77 km	s6 9.76 km	s7 6.36 km	s1 1.14 km	s2 2.62 km	s3 5.34 km	s4 8.36 km	s6 11.76 km	s7 18.12 km	
00:00	0%	10.4	9.7	8.8	7.2	5.4	3.5	0.7	1.6	3.1	4.8	6.7	10.3	0%
01:00	1%	10.5	9.8	8.9	7.3	5.5	3.6	0.7	1.6	3.1	4.8	6.8	10.4	1%
02:00	3%	10.7	10.0	9.1	7.4	5.6	3.6	0.7	1.6	3.1	4.9	6.9	10.6	3%
03:00	3%	10.7	10.0	9.1	7.5	5.6	3.7	0.7	1.6	3.2	5.0	7.0	10.7	4%
04:00	2%	10.6	10.0	9.0	7.4	5.5	3.6	0.7	1.6	3.2	5.0	7.0	10.8	5%
05:00	1%	10.5	9.8	8.9	7.2	5.4	3.5	0.7	1.6	3.2	4.9	7.0	10.8	4%
06:00	24%	12.8	11.8	10.3	7.7	5.3	3.4	0.7	1.6	3.2	5.0	7.0	10.7	4%
07:00	18%	12.2	11.0	9.6	7.5	5.5	3.5	0.7	1.6	3.3	5.1	7.1	10.9	5%
08:00	24%	12.9	11.7	10.4	8.4	6.1	3.9	0.7	1.7	3.4	5.2	7.3	11.0	7%
09:00	14%	11.8	10.9	9.7	7.9	5.8	3.7	0.7	1.7	3.3	5.1	7.2	10.9	5%
10:00	7%	11.1	10.3	9.2	7.5	5.6	3.6	0.7	1.7	3.3	5.1	7.1	10.9	5%
11:00	4%	10.8	10.0	9.0	7.4	5.5	3.5	0.7	1.7	3.3	5.1	7.1	10.7	4%
12:00	3%	10.7	10.0	9.0	7.4	5.5	3.5	0.7	1.6	3.3	5.0	7.0	10.7	3%
13:00	3%	10.7	10.0	9.0	7.4	5.5	3.5	0.7	1.6	3.3	5.0	7.0	10.7	3%
14:00	3%	10.7	10.0	9.1	7.4	5.5	3.5	0.7	1.7	3.3	5.1	7.1	10.8	4%
15:00	4%	10.8	10.1	9.1	7.5	5.5	3.6	0.7	1.7	3.4	5.2	7.2	10.9	5%
16:00	7%	11.1	10.4	9.4	7.8	5.6	3.6	0.8	1.9	3.9	5.7	7.7	11.4	10%
17:00	14%	11.8	11.0	9.9	8.1	5.7	3.7	1.2	2.7	5.2	7.2	9.3	13.1	27%
18:00	18%	12.3	11.4	10.3	8.4	5.8	3.7	1.3	2.9	5.6	7.6	9.7	13.5	31%
19:00	9%	11.3	10.6	9.5	7.7	5.6	3.6	0.9	2.0	4.1	5.9	7.9	11.6	13%
20:00	3%	10.6	9.9	9.0	7.4	5.5	3.5	0.7	1.7	3.3	5.0	7.0	10.6	2%
21:00	1%	10.5	9.8	8.8	7.2	5.4	3.5	0.7	1.6	3.2	4.9	6.8	10.4	1%
22:00	1%	10.5	9.8	8.9	7.3	5.4	3.5	0.7	1.6	3.1	4.9	6.8	10.4	1%
23:00	1%	10.4	9.8	8.8	7.2	5.4	3.5	0.7	1.6	3.1	4.8	6.8	10.4	0%

Tableau 9 - Temps de parcours moyen cumulé (en min) entre les sections 1 et 7 dans les deux sens le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

sens 2		sections 1-3	sections 4-5	sections 6-7		
heure	V1	V2	V3	V2-V1	V3-V2	
00:00	101	100	109	0	-8	
01:00	100	99	107	1	-9	
02:00	98	97	105	1	-8	
03:00	98	98	105	1	-7	
04:00	98	99	106	0	-7	
05:00	96	100	109	-4	-9	
06:00	63	75	110	-12	-35	
07:00	68	89	107	-22	-17	
08:00	70	80	96	-9	-16	
09:00	81	88	101	-7	-13	
10:00	90	94	105	-4	-11	
11:00	95	97	106	-2	-10	
12:00	96	96	107	0	-11	
13:00	97	96	107	1	-11	
14:00	97	94	107	3	-13	
15:00	97	92	106	5	-14	
16:00	95	83	105	12	-22	
17:00	87	75	102	12	-27	
18:00	82	70	101	12	-31	
19:00	89	85	104	4	-19	
20:00	97	95	107	2	-12	
21:00	99	100	108	-1	-8	
22:00	99	100	108	-1	-8	
23:00	100	100	108	0	-8	

sens 1		sections 1-3	sections 4-5	sections 6-7		
heure	V1	V2	V3	V1-V2	V2-V3	
00:00	104	107	106	3	-1	
01:00	103	106	104	3	-1	
02:00	102	103	103	1	-1	
03:00	100	102	101	1	0	
04:00	100	103	100	2	-2	
05:00	101	103	101	3	-2	
06:00	100	103	102	2	-1	
07:00	97	101	101	4	0	
08:00	93	101	102	8	1	
09:00	96	100	102	4	2	
10:00	97	99	102	2	3	
11:00	98	101	103	3	2	
12:00	98	102	104	3	2	
13:00	98	102	104	3	2	
14:00	97	100	103	3	3	
15:00	94	100	103	5	3	
16:00	83	98	103	15	4	
17:00	61	90	100	29	10	
18:00	58	89	99	32	9	
19:00	79	100	102	21	2	
20:00	97	105	106	8	1	
21:00	101	106	106	5	0	
22:00	102	106	105	4	-1	
23:00	103	106	106	4	-1	

Tableau 2 - Différence des vitesses moyennes de parcours des trois parties caractéristiques entre les sections 1 et 7 dans les deux sens le long de la journée, jours ouvrés, données 2013

Section	Sens	Type de voie	Influence des flux d'entrée/sortie	Charge moyenne entre 6:00 et 20:00			Fonctionnement à capacité	
				Charge par voie	Q_{moy}/Q_c	PL/ Q_{moy} %	$\Delta(V_l - V_{cr})$ %	Q_c (véh/h)
1	2	VL	(s) influence faible	31%	88%	14%	-32%	1581
	2	VM		35%	94%	3%	-18%	1636
	2	VR		34%	83%	0%	-19%	1811
	1	VR	33%	76%	0%	-16%	2030	
	1	VM	32%	92%	4%	-20%	1637	
	1	VL	23%	77%	17%	-47%	1407	
	1	VA (i)	(e) influence faible	11%	38%	4%	-50%	1365
2	2	VA (i)	(e) influence forte	15%	38%	16%	-25%	1567
	2	VL		28%	90%	17%	-23%	1292
	2	VM		20%	54%	14%	-7%	1501
	2	VR		37%	81%	0%	-19%	1866
	1	VR	section d'entrecroisement	38%	74%	0%	-27%	2098
	1	VM		11%	40%	14%	-50%	1087
	1	VL		31%	73%	17%	-47%	1714
1	VA (i)	(s) influence forte	20%	50%	10%	-13%	1663	
3	2	VL	(s) influence faible	29%	83%	15%	-35%	1632
	2	VM		37%	100%	3%	-10%	1773
	2	VR		34%	82%	0%	-20%	1975
	1	VR	32%	75%	0%	-21%	2100	
	1	VM	36%	88%	2%	-18%	2053	
1	VL	(e) influence faible	32%	76%	16%	-40%	2100	
4	2	VA (ii)	(s) influence forte	19%	83%	28%	-24%	1100
	2	VA (i)		17%	75%	6%	-15%	1100
	2	VL		15%	74%	24%	-13%	971
	2	VM		27%	91%	2%	-13%	1388
	2	VR		21%	69%	0%	-16%	1471
	1	VR	section d'entrecroisement	23%	63%	0%	-12%	1815
	1	VM		32%	88%	1%	-10%	1844
	1	VL		24%	78%	13%	-19%	1556
1	VA (i)	(e) influence forte	21%	78%	25%	-48%	1376	
6	2	VL	(e) influence faible	32%	75%	14%	-34%	1506
	2	VM		44%	81%	2%	-18%	1901
	2	VR		24%	49%	0%	-26%	1725
	1	VR	26%	45%	0%	-22%	2100	
	1	VM	38%	79%	2%	-21%	1725	
1	VL	(s) influence faible	36%	76%	15%	-25%	1679	
7	2	VL	(s) influence faible	28%	64%	16%	-48%	1315
	2	VM		43%	80%	1%	-20%	1620
	2	VR		28%	47%	0%	-14%	1788
	1	VR	33%	53%	0%	-14%	1928	
	1	VM	41%	75%	1%	-16%	1686	
	1	VL	(e) influence faible	26%	66%	18%	-16%	1245

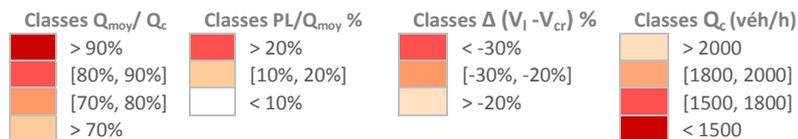


Tableau 3 - Importance des aires d'influence des entrées/sorties, de la charge de chaque voie par rapport à sa capacité et de la part des poids lourds et impacts sur la dégradation de la fluidité et de la capacité, données 2013

Section	Sens	Type de voie	K cr	temps % NSC 4
1	2	VL	24.7	5%
		VM	19.3	9%
		VR	20.2	9%
	1	VR	21.9	7%
		VM	19.7	5%
		VL	25.8	2%
		VA (i)	34.1	1%
2	2	VA (i)	28.5	4%
		VL	18.4	5%
		VM	17.4	4%
		VR	20.6	7%
	1	VR	24.7	6%
		VM	21.5	1%
		VL	32.0	1%
1	VA (i)	25.0	2%	
3	2	VL	26.4	3%
		VM	18.9	5%
		VR	21.9	4%
	1	VR	21.8	2%
		VM	24.9	3%
1	VL	33.8	1%	
4	2	VA (ii)	15.7	6%
		VA (i)	12.9	7%
		VL	12.2	6%
		VM	15.3	7%
		VR	15.7	7%
	1	VR	18.1	1%
		VM	19.0	2%
		VL	18.9	1%
		VA (i)	24.7	0%
6	2	VL	22.5	1%
		VM	20.8	2%
		VR	20.3	1%
	1	VR	22.7	0%
		VM	20.4	0%
1	VL	23.1	0%	
7	2	VL	24.4	0%
		VM	17.5	1%
		VR	17.4	1%
	1	VR	18.8	1%
		VM	18.9	1%
1	VL	14.0	0%	



Tableau 4 - Concentration critique par voie et impacts sur le temps passé au niveau de service 4 en congestion, données 2013

