

Le trafic des poids lourds en transit sur la rocade bordelaise - Partie 1

Dreal Nouvelle Aquitaine



Métadonnées

Titre Le trafic des poids lourds en transit sur la rocade bordelaise - Partie 1

Sous-titre Dreal Nouvelle Aquitaine

Nature

DREAL Nouvelle-Aquitaine

Commanditaire

Laurent SERRUS

Cité administrative Rue Jules FERRY BP 5533090 BORDEAUX cedex

Références client

Cerema Sud-Ouest

Réalisé par

Département Transports, Infrastructures, Sécurité et Partage de la Voirie
TITANE

Affaire suivie par

Christophe NUNES

christophe.nunes@cerema.fr – 05 56 70 64 97

Références Cerema

Affaire n° C19SI0028

Enquête Origine Destination des Poids Lourds basée sur un recueil à l'aide de caméras LAPI. Présentation de la méthodologie de pose des caméras, de collecte des données, d'extraction et d'exploitation.
La proportion de PL en transit, ainsi que la répartition des flux autour de l'agglomération bordelaise est ensuite déterminée.

Mots clés

Mots clés selon les thésaurus [URBAMET](#) et/ou [ECOPLANETE](#)

Développement Durable, Écologie, Transports, Sécurité Routière, LAPI, Transit PL, Gestion de trafic, Contrôle trafic routier

Mots clés géographiques

Agglomération de Bordeaux , Rocade, A10, RN10, RN230, A630, A63, RN89, A62

Droits

Ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans autorisation expresse de :
Crédits photos – illustrations :

Référence documentaire

N° ISRN

n° ISRN

Conditions de diffusion

Notice (auteurs, titre, résumé, etc.)

diffusable non diffusable

Rapport d'étude

libre (document téléchargeable librement)

contrôlé (celui qui en veut communication doit en faire la demande et obtenir l'autorisation et les conditions d'usage auprès du commanditaire)

confidentiel (document non diffusable)

Historique versions

Version(s)	Date	Commentaire
2	01/08/19	Nouveaux graphes, réécriture chapitre 6
1.1	12/06/19	Prise en compte de la production d'Alexandre Tranchant et des remarques de Lionel Prevors
1.2	14/06/19	Intégration diagrammes et graphes
1.3	19/06/19	Intégration des chapitres sur la qualification des PLT
1.4	21/06/19	Relecture avant livraison
1.5	17/07/19	Prise en compte remarques Dreal

Validation du document

Rédacteur(s)
avec la participation de

Christophe NUNES christophe.nunes@cerema.fr	Cerema Sud-Ouest DTISPV/TITANE	01/08/19
Lionel PREVORS		
Lionel PREVORS	Cerema Sud-Ouest DTISPV/TITANE	01/08/19

Contrôlé par

Table des matières

1 -Contexte.....	8
1.1 -Objectif de l'étude d'observation.....	8
1.2 -Rappel campagne Lille.....	8
1.3 -Réponse du Cerema Sud-Ouest.....	8
2 -Mise en œuvre d'une stratégie pour évaluer les flux de transit PL autour de l'agglomération bordelaise.....	9
2.1 -Solution technique.....	9
2.2 -Plan d'implantation à partir de critères géographiques et techniques.....	10
2.2.1 -Périmètre de l'étude d'observation.....	10
2.2.2 -Les différents types d'installation.....	11
2.3 -Coffret transmission et énergie.....	14
2.4 -Description de la chaîne fonctionnelle.....	14
2.5 -Respect de la réglementation en matière de vidéosurveillance sur le domaine public.....	15
2.5.1 -Réponse du Ministère de l'Intérieur.....	15
2.5.2 -CNIL.....	16
3 -Mise en place du dispositif.....	16
3.1.1 -Implantation des caméras.....	16
3.1.2 -Aide logicielle.....	16
3.1.3 -Accès à l'énergie sur les portiques Écotaxe.....	17
3.1.4 -Taux de discrimination par la caméra insuffisant.....	17
3.1.5 -Coût des communications.....	18
3.1.6 -Routeurs 3G.....	18
3.1.7 -Fragilité des matériels.....	18
4 -Campagne d'observation.....	18
4.1 -Recueil des données.....	19
4.1.1 -Interrogation principale par flux VPN.....	19
4.1.2 -Récupération des images par flux VPN et en local.....	19
5 -Enrichissement des données.....	20
5.1 -Objectifs de l'enrichissement.....	20



5.1.1 -Lecture de plaque par la caméra et fiabilité.....	20
5.1.2 -Catégorie fournie par la caméra et fiabilité.....	21
5.2 -La stratégie pour déterminer le type de véhicule	21
5.3 -Focus sur le nombre de passages détectés.....	23
5.4 -Diagramme de synthèse.....	24
6 -Qualification des Poids Lourds en transit.....	25
6.1 -Analyse des données non enrichies, représentativité sur la rocade Ouest	27
6.2 -Fiabiliser les données enrichies.....	27
6.2.1 -Vérification de l'horodatage.....	28
6.2.2 -Vérification des plaques d'immatriculation.....	29
6.2.3 -Filtre des Poids Lourds.....	29
6.2.4 -Analyse de l'exhaustivité des relevés.....	29
6.3 -Identifier les véhicules parcourant des trajets de transit.....	31
6.3.1 -Trajets à caractériser.....	31
6.3.2 -Traduire les trajets en liste de caméra.....	33
6.3.3 -identifier les PL ayant parcouru ces trajets.....	33
6.4 -Identifier les véhicules en transit.....	35
6.4.1 -Regroupement selon l'horaire et le temps de parcours.....	37
6.4.2 -Traitement des périodes horaires à faible densité de PL.....	40
6.4.3 -Cas des PL avec un temps de parcours difficilement classable.....	41
6.4.4 -Prise en compte des temps de pause / marge.....	43
6.4.5 -Correction / extrapolation des trajets.....	46
6.5 -Calcul du pourcentage de PL en transit.....	47
6.5.1 -Méthodologie.....	47
6.5.2 -Fiabilité.....	47
6.6 -Premiers résultats.....	50
7 -Conclusions.....	52

Index des illustrations

Illustration 1: caméra IcarCam G3.....	11
Illustration 2: Les différents sites d'implantation autour de l'agglomération bordelaise.....	12
Illustration 3: Dispositif d'accroche d'une caméra - Campagne de Lille.....	13
Illustration 4: Caméra fixée sur un portique Écotaxe.....	14
Illustration 5: Caméra intégrée dans le caisson vidéo.....	14
Illustration 6: Caméra fixée sur un portique PMV.....	15
Illustration 7: Caméras fixées entre les deux voies PL.....	15
Illustration 8: Comparaison du nombre de détection de véhicules sur une caméra en section courante, pour une journée type en semaine, avant et après réglages, face aux chiffres Siredo...20	
Illustration 9: Enrichissement et fiabilisation des données.....	26
Illustration 10 : principe d'identification du nombre de PL en transit.....	27
Illustration 11 : schéma d'identification du trafic PL de transit.....	28
Illustration 12: attribut "fiability" moyen et sur une journée type.....	29
Illustration 13 : exemple de données enrichies.....	30
Illustration 14 : plages horaires présentant des données manquantes.....	32
Illustration 15 : origine - destination des trajets.....	34
Illustration 16: Aire d'échange locaux et zonage de transit.....	34
Illustration 17: Trajets possibles.....	35
Illustration 18 : assigner les PL aux trajets prédéfinis.....	36
Illustration 19 : extraction de la table des trajets.....	37
Illustration 20 : exemple de temps de parcours de PL sur le trajet A63-N10.....	38
Illustration 21 : exemple de temps de parcours PL sur le trajet A89 -> A63.....	39
Illustration 22 : identification du trafic de transit par regroupement (densité de PL forte).....	41
Illustration 23 : identification du trafic de transit par regroupement (densité de PL forte ; zoom en journée).....	41
Illustration 24 : identification du trafic de transit par regroupement (densité de PL faible).....	42
Illustration 25 : zonage de classification par analogie.....	42
Illustration 26 : impact du temps maximal admissible par analogie.....	43
Illustration 27 : impact de la prise en compte des aires le long de A63.....	45
Illustration 28 : impact du temps de pause sur le nombre de PL en transit.....	47
Illustration 29: Nombre de PL détectés et taux de PL en transit avec intervalle de confiance sur rocade Est.....	50

Illustration 30: Nombre de PL détectés et taux de PL en transit avec intervalle de confiance sur A10..... 50

Illustration 31: nombre de PI détectés selon les sources (lapi, siredo, siredo recalé) sur la rocade Est..... 51

Illustration 32 : matrice origine - destination du nombre de PL en transit..... 52

Illustration 33: origines – destinations des flux de PL en transit..... 52

Index des tableaux

Table des sigles et acronymes

Cette table se justifie en cas de rapport épais ou de sigles nombreux.

Dans les autres cas, l'explicitation du sigle ou de l'acronyme à sa première apparition suffit.

<i>Sigle, Acronyme</i>	<i>Définition</i>
Cerema	Centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
DTerSO	Direction territoriale Sud-Ouest
DREAL NA	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Nouvelle Aquitaine
DIRA	Direction Interdépartementale des Routes Atlantique

Glossaire

<i>Terme utilisé</i>	<i>Définition</i>
Glossaire	Un glossaire est une liste classée par ordre alphabétique des termes rencontrés dans le document assortis d'une définition précise (à utiliser le cas échéant).
LAPI	Lecture Automatique des Plaques d'Immatriculation par un algorithme de reconnaissance des caractères
MMR	Make Model Recognition. Association d'une image d'un véhicule à un modèle et une catégorie en comparant les caractéristiques de l'objet avec des modèles en bas de donnée.

1 - Contexte

La rocade bordelaise fait partie de l'axe routier Nord-Sud Atlantique. Elle est confrontée à une juxtaposition de trafic local, à caractère urbain, suburbain et de trafic de transit, national et/ou international, l'ensemble générant une congestion au droit de la métropole bordelaise. La problématique des poids lourds en transit (PLT) est prégnante sur cet axe et pose la question d'une meilleure régulation des flux en amont de Bordeaux. Le trafic PL atteint en 2018, en jour ouvrable moyen, plus de 20000 PL/j sur la rocade Est et 8 500 PL/j sur la rocade Ouest (données DiRA).

Le trafic est en constante augmentation sur les 5 dernières années, +7 % sur la rocade Est et +4 % sur la rocade Ouest. Cette augmentation se retrouve également sur les autoroutes structurantes : A63, A62, A89 et A10.

1.1 - Objectif de l'étude d'observation

Face aux problèmes récurrents de congestion de l'agglomération bordelaise, les services de l'État ont été sollicités pour objectiver la réalité des flux de transit PL. Différentes pistes de réflexion ont été menées : régulation horaire, régulation par le péage, interdiction du transit aux heures de pointe, déviation.

Dans ce contexte, la Dreal Nouvelle-Aquitaine (Dreal NA) a été sollicitée pour objectiver la part du trafic des PL en transit. En conséquence, la Dreal NA s'est appuyée sur les ressources du Cerema Sud-Ouest (groupes Titane et GTI) en lui commandant une analyse de trafic sur la base de données réelles mesurées par des caméras spécifiques à reconnaissance de plaques.

1.2 - Rappel campagne Lille

Face au besoin d'actualiser la connaissance du trafic routier au niveau du périmètre de la Métropole Européenne de Lille (MEL), la Dreal Hauts-de-France avait déjà réalisé au printemps 2018 une campagne d'observation en s'appuyant sur des caméras LAPI.

L'enquête de circulation avait alors permis de recueillir de huit jours complets de données.

1.3 - Réponse du Cerema Sud-Ouest

Le Cerema SO a proposé d'accompagner la Dreal NA sur l'ensemble du projet en s'attachant à :

- définir les meilleurs sites d'implantation des caméras en collaboration avec les gestionnaires routiers ;
- installer les matériels en collaboration avec le fournisseur des caméras et l'entreprise

- chargée de l'installation des matériels sur les infrastructures ; ;
- définir et mettre en œuvre une architecture technique pour les échanges de communication sécurisés entre le serveur du Cerema Sud-Ouest et l'ensemble des caméras, ainsi qu'un système de supervision pour détecter les situations anormales ;
- recueillir les données issues des caméras, les contrôler et les analyser ;
- établir un rapport de synthèse sur l'évaluation du trafic Poids Lourds en Transit (PLT)

2 - Mise en œuvre d'une stratégie pour évaluer les flux de transit PL autour de l'agglomération bordelaise

La qualification d'un véhicule en trafic de transit requiert de connaître son origine et sa destination. À cette fin, il est nécessaire de discerner chacun des véhicules avec certitude dans le flux routier en les identifiant à partir de leur plaque d'immatriculation.

2.1 - Solution technique

Actuellement, la majorité des mesures de trafic se fait à partir d'un Système de Recueil de Données appelé communément SIREDO. Des boucles électromagnétiques incrustées dans la chaussée détectent le passage des véhicules, le système au final donne des informations de comptage, de classification, de vitesse. Ce dispositif est reconnu comme fiable, il est possible de connaître avec quasi certitude le nombre de PL qui circulent sur les portions équipées. Cette information est importante pour une étude du trafic, mais reste insuffisante pour une enquête Origine Destination (O/D).

Les sociétés d'autoroute utilisent déjà un dispositif à Lecture Automatique de Plaques d'Immatriculation (LAPI) au niveau des barrières de péage à des fins de contrôle (classification, télépéage,...). Ces informations sont exploitées en temps réel et ne font pas l'objet d'un enregistrement pour des raisons de réglementation. Il n'est donc pas possible de comparer et d'échanger ces données entre deux barrières de péage, qui plus est entre deux exploitants différents.

La réponse au besoin exprimé par la Dreal NA est apportée par l'installation d'un réseau de caméras « LAPI » à des endroits stratégiques de l'agglomération et de comparer ensuite les données enregistrées.

Les caméras Icar CAM G3 du constructeur MACQ déjà utilisées pour la campagne Hauts-de-France ont été réexploitées pour la campagne bordelaise.

Les caméras intègrent un certain nombre d'algorithmes qui permettent in fine d'obtenir un numéro de plaque à partir d'une image prise à la suite d'une détection d'un véhicule.

Ces algorithmes embarqués permettent :

- l'optimisation du gain et du contraste de la prise de vue ;
- l'isolement des coordonnées de la plaque sur l'image ;

- la compensation de l'orientation de la plaque et ajustement des dimensions à la taille nécessaire ;
- la segmentation des caractères sur la plaque ;
- la reconnaissance optique de caractère (OCR) qui va retranscrire le numéro de la plaque et la plupart du temps l'associer à son pays d'immatriculation.



Illustration 1: caméra IcarCam G3

Au-delà de la reconnaissance des plaques, le système mis en place devait pouvoir différencier les VL des PL, et donner des estimations de vitesse, une seule caméra étant capable d'analyser deux voies simultanées.

2.2 - Plan d'implantation à partir de critères géographiques et techniques

Dix-huit points de mesure répartis sur 7 axes structurant au droit des accès à la métropole ont été identifiés et ont servi de base pour le déploiement des caméras LAPI.

2.2.1 - Périmètre de l'étude d'observation

Sur les préconisations apportées par les différents gestionnaires d'infrastructures concernées (ASF, Atlandes, Egis, DirA), et en concertation avec la Dreal NA, le Cerema SO a proposé d'équiper les sites suivants :

- A63 – Barrière de péage Nord – Réseau Atlandes exploité par Egis
- A63 – Tronçon DirAtlantique aux portes de Bordeaux
- A62 – Tronçon Dir Atlantique
- RN89 – Tronçon Dir Atlantique
- A10 – Réseau ASF
- A10 commune avec RN10 – Réseau ASF
- Rocade de Bordeaux Est et Ouest – Réseau Dir Atlantique



Illustration 2: Les différents sites d'implantation autour de l'agglomération bordelaise

Le site RN10 était initialement prévu mais faute d'énergie existante, l'alternative retenue a été d'équiper une portion de l'A10 pour inclure les usagers de la RN10.

2.2.2 - Les différents types d'installation

Pour la campagne de la métropole Lilloise, le choix avait été fait d'installer les caméras LAPI sur des ponts, à l'extérieur des garde-corps, au-dessus des voies. Ce type de fixation amené à rendre le dispositif autonome en énergie (un coffret avec des batteries), conditionne de prévoir un remplacement de ces dernières tous les trois jours.



Illustration 3: Dispositif d'accroche d'une caméra - Campagne de Lille

Pour des raisons non négligeables de coût, de maintenance et de sécurité, il a été décidé à Bordeaux, d'installer les caméras sur des infrastructures existantes avec présence d'énergie.

Différents types d'installation ont été sélectionnés :

- sur les portiques Écotaxe (A62, RN89) ;

Pour être positionné juste au milieu des deux voies, un équipement existant a été déposé provisoirement et remplacé par la caméra LAPI.



Illustration 4: Caméra fixée sur un portique Écotaxe

- sur les portiques PMT (A10) ;

La caméra a été installée à l'intérieur d'un des deux caissons vidéo, au-dessus de la voie lente.



Illustration 5: Caméra intégrée dans le caisson vidéo

- sur les portiques PMV (Rocade est et ouest, A63 Pierroton, RN10 sur A10) ;

La caméra, fixée sur un dispositif d'accroche, est positionnée au-dessus de la ligne entre la BAU et la voie lente. Par conséquent la caméra photographie les plaques de biais, ce qui est susceptible d'augmenter à la fois le temps de reconnaissance de caractère et le taux d'erreur de lecture.



Illustration 6: Caméra fixée sur un portique PMV

- Au niveau de la barrière de péage ;

Les caméras ont été positionnées de part et d'autre du poteau sur l'îlot entre les deux voies réservées PL. Elles sont abritées et bénéficient d'un éclairage 24/24 naturel ou/et artificiel.



Illustration 7: Caméras fixées entre les deux voies PL

2.3 - Coffret transmission et énergie

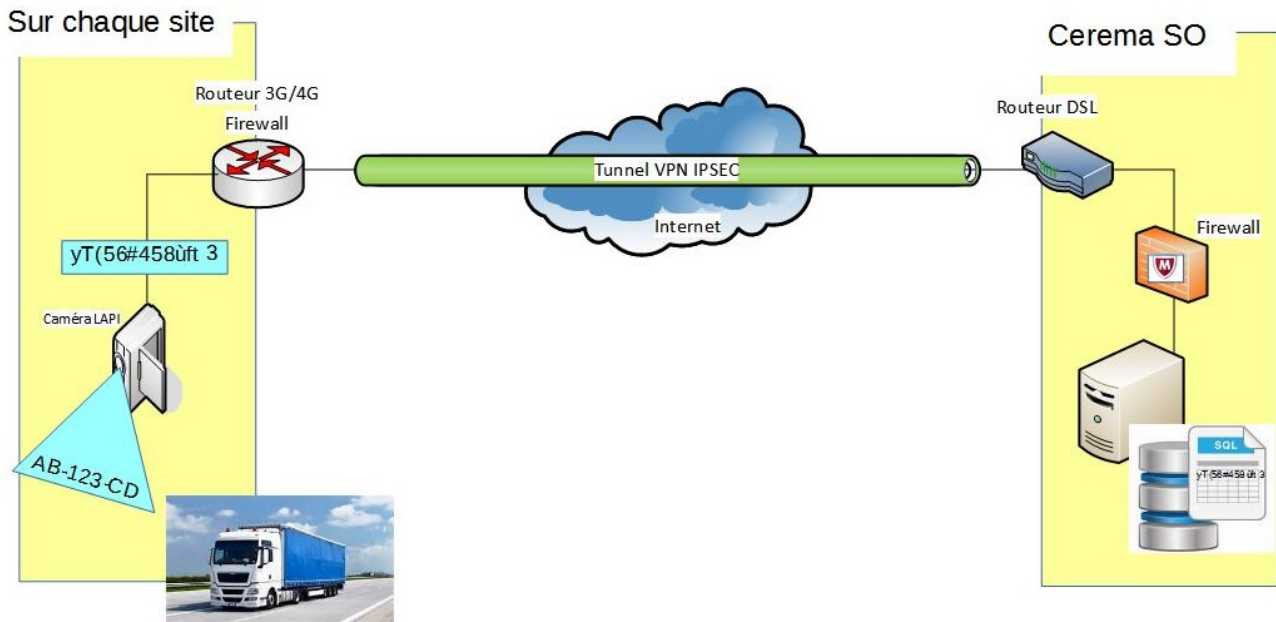
Un coffret similaire à une petite armoire technique est installé près des caméras. Il contient :

- deux injecteurs PoE+ pour alimenter les caméras ;
- deux routeurs 3G/4G et leurs antennes ;
- Transformateur 240V/12V pour alimenter les routeurs ;
- disjoncteurs et prise de maintenance

2.4 - Description de la chaîne fonctionnelle

La caméra détecte les véhicules, capte la plaque et analyse l'image. l'identification du véhicule, soit sa plaque d'immatriculation est « cryptée » et stockée dans un fichier texte. Chaque information peut être envoyée en temps réel à destination d'un serveur et/ou conservée dans la caméra.

Compte tenu du caractère « sensible » des données du point de vue RGPD, une architecture sécurisée, maîtrisée de bout en bout a été mise en place.



Les informations détectées par les caméras sont collectées par un système d'acquisition développé spécifiquement par le Cerema Sud-Ouest.

Un serveur et un parefeu assurent respectivement les capacités de traitement et les fonctions de cyber-sécurité, en assurant un lien sécurisé, initié par un routeur 3G/4G derrière la caméra.

Le serveur remplit plusieurs rôles :

- réception et traitement des informations;
- anonymisation et stockage dans une base de données;
- serveur de « temps » (NTP) pour les différents éléments de la chaîne et notamment pour les caméras qui doivent être synchronisées;
- supervision de chaque matériel pour s'assurer du bon fonctionnement du dispositif et détecter toute situation anormale. Ce service sera opérationnel pendant toute la durée de la collecte des mesures.

Un plan d'adressage spécifique a donc été mis en place pour le projet.

2.5 - Respect de la réglementation en matière de vidéosurveillance sur le domaine public

La loi L 132-14 du code de la sécurité intérieure précise qu'un système de vidéoprotection ne peut être mis en œuvre que par les autorités publiques compétentes et à condition que la finalité du système respecte un des neufs domaines pour lesquels elle est autorisée. Dans notre cas il s'est agi du domaine lié à la régulation des flux de transports.

2.5.1 - Réponse du Ministère de l'Intérieur

Le projet consistant à rapprocher des données obtenues par captation de plaques d'immatriculations anonymisées selon un mode de chiffrement, sans exploitation des images prises à d'autres fins, une autorisation n'est pas nécessaire. En revanche, l'aval de la CNIL est nécessaire.

2.5.2 - CNIL

Après avoir établi un diagnostic "Privacy" pour examiner les conditions d'information voire de sollicitation d'autorisation de la CNIL, une déclaration a été effectuée et transmise aux services juridiques du ministère en concertation avec la Dreal NA. Ce service regroupe les demandes et les instruis pour le compte de la CNIL.

3 - Mise en place du dispositif

Après avoir défini les sites d'implantation, récupéré et paramétré les matériels, obtenu les autorisations nécessaires, l'installation du dispositif a pu commencer, avec quelques difficultés amenant parfois à revoir les solutions envisagées.

3.1.1 - Implantation des caméras

Pour le projet de Lille, les caméras étaient positionnées à environ 5 mètres de hauteur par rapport à la voie. Les objectifs intégrés de 25mm répondaient de manière confortable à ce positionnement.

Sur l'agglomération bordelaise les implantations se sont faites sur des infrastructures comme des portiques, à 6 mètres minimum de hauteur. Avec le même objectif de 25mm, la prise de vue restait encore acceptable. L'angle de la caméra a néanmoins été augmenté (10° vers le bas à Lille, autour de 17° à Bordeaux), pour raccourcir la distance entre la caméra et le véhicule détecté, avec cependant un champ de vision plus limité et une difficulté supplémentaire pour l'algorithme de reconnaissance de caractères. Il convient de noter que ces réglages sollicitent de manière élevée la CPU de la caméra.

3.1.2 - Aide logicielle

Une fois la caméra installée et correctement paramétrée, un accès web permet de contrôler le champ de vision, et d'avoir quelques éléments techniques qui permettent de vérifier que la caméra est correctement positionnée. :

- angle de vision ;
- angle de rotation ;
- hauteur des caractères de la plaque ;
- indice de fiabilité ;
- estimation de la vitesse ;
- reconnaissance du numéro de la plaque.



Un indicateur du pourcentage de charge CPU permet de vérifier si la caméra n'est pas continuellement en saturation, signifiant une sollicitation accrue des algorithmes et donc un mauvais positionnement.

3.1.3 - Accès à l'énergie sur les portiques Écotaxe

Après avoir obtenu l'accord du ministère pour utiliser les portiques Écotaxe, il convenait de positionner les caméras sur le garde-corps, en les alimentant depuis le tableau électrique existant. Cependant, le dispositif « Taxe Poids Lourds » n'ayant pratiquement pas démarré, les portiques sont restés en l'état depuis leur mise en place en 2013. Sur les trois sites concernés, un a vu son armoire technique incendiée, et un deuxième a été vandalisé, les câbles électriques ayant été dérobés.

En conséquence le site de mesures RN10 a été reporté sur l'A10 et sur un autre type d'infrastructure.

Avec quelques travaux basiques et une remise en fonction des alimentations électriques, deux sites ont pu malgré tout être équipés (RN89, A62)

3.1.4 - Taux de discrimination par la caméra insuffisant

Le principe de fonctionnement défini par le Cerema SO est basé sur la récupération de données au fil de l'eau, avec un envoi d'images non systématique servant uniquement à vérifier la classification d'un véhicule si la caméra est dans l'impossibilité de le faire. Or il s'est rapidement avéré que la discrimination opérée par la caméra n'était pas fiable et que la reconnaissance du type de véhicule par logiciel de post traitement était nécessaire. Le constructeur de la caméra a mis à disposition l'application MMR : Make Model Recognition, associant une image à une catégorie de véhicule, pour pallier à ce type de défaillance.

Ce post-traitement a ainsi nécessité la récupération de toutes les images avec une définition suffisante (100 ko en moyenne) pour ensuite les ré-exploiter de manière automatique par le logiciel MMR.

3.1.5 - Coût des communications

Compte tenu du volume de données devant transiter par la 3G/4G (de 1 à 6 Go par jour) des abonnements spécifiques nous ont été proposés par différents FAI.

Face aux coûts élevés associés (entre 15 et 20k€) la stratégie de récupération des données a été modifiée pour prévoir une collecte régulière des données stockées in situ dans les différentes caméras.

3.1.6 - Routeurs 3G

A Lille, comme à Bordeaux, les projets devaient être réalisés avec l'appui de routeurs 4G, mais ce sont des équipements 3G qui ont été fournis. En conséquence la durée de téléchargement des données a été sensiblement augmentée et le choix a été fait d'opérer les téléchargements pendant la nuit tandis que le nombre d'utilisateur du réseau 3G autour des relais concernés était beaucoup plus faible.

3.1.7 - Fragilité des matériels

Afin d'augmenter la capacité de stockage des données sur les caméras, pour conserver l'historique de plusieurs jours, le constructeur des caméras Macq a remplacé les disques originaux de 64 Go par des 256 Go.

Rapidement ces disques se sont montrés défectueux, sans aucun enregistrement possible.

Macq a donc pris la décision de remettre en place les disques initiaux, avec une capacité moindre certes, mais robustes et fiables.

4 - Campagne d'observation

Une fois toutes les caméras déployées sur les différents sites et l'architecture technique de communication sécurisée mise en place, une première période dite de « phase pilote » a pu démarrer. Cette phase a permis de s'assurer que l'ensemble de la chaîne de détection-acquisition-anonymisation-transmission soit totalement opérationnelle.

À l'issue de cette phase, un bilan basé sur les premiers résultats des mesures a mis en évidence :

- taux de différenciation VL/PL très insuffisant ;
- un nombre de véhicules détecté très en deçà de la réalité (mais connu grâce aux boucles de comptage).

Le premier point avait déjà été identifié lors de premiers tests, le post traitement via MMR a répondu partiellement à cette lacune. Partiellement, car les performances de l'algorithme sont fortement limitées la nuit.

Le constructeur, alerté par ces résultats, a modifié les paramètres des caméras pour améliorer leur fonctionnement, notamment dans les périodes du matin et du soir entre « chien et loup ».

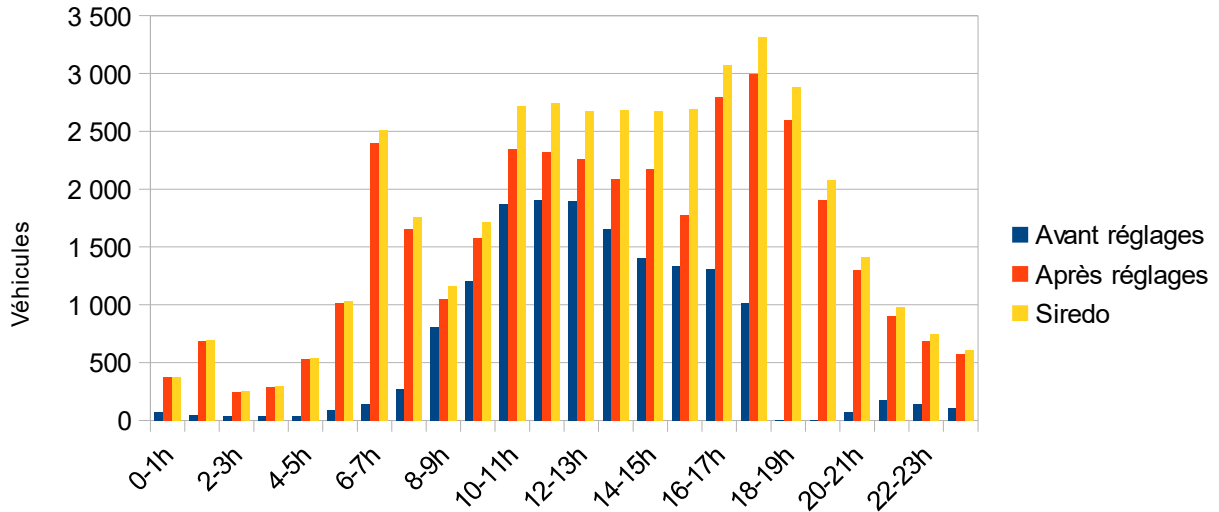


Illustration 8 : Comparaison du nombre de détection de véhicules sur une caméra en section courante, pour une journée type en semaine, avant et après réglages, face aux chiffres Siredo

Une fois réglées les caméras ont donné de bien meilleurs résultats, la période d'observation servant de support à l'étude de transit PL a donc pu débuter le 13 janvier 2019.

4.1 - Recueil des données

Pour rappel, une connexion permanente et sécurisée est établie entre le Cerema SO et les caméras via la liaison VPN assurée par les routeurs équipés de cartes sim « M2M » (avec 50 Go/mois). Cette connexion permet la détection de panne en temps réel et le maintien en conditions opérationnelles.

4.1.1 - Interrogation principale par flux VPN

Chaque nuit le serveur de recueil de données du Cerema SO interroge chaque caméra et procède au téléchargement du fichier quotidien qui journalise chacun des passages. Lors de ce téléchargement, les plaques d'immatriculations sont immédiatement chiffrées selon l'algorithme SHA1.

4.1.2 - Récupération des images par flux VPN et en local

La solution de récolter les données en fin de campagne était impossible compte tenu du volume insuffisant des disques SSD intégrés aux caméras. Une collecte bihebdomadaire des images sur chaque équipement a donc été mis en place, limitant ainsi d'exposer le projet au risque de perte

de données. De manière sporadique et pour soulager les équipes chargées de collecter les données, des téléchargements d'images ont été effectués de nuit, notamment pour les deux sites équipés en routeurs 4G.

5 - Enrichissement des données

Les caméras enregistrent chaque photo et tiennent un journal de chaque passage dans un fichier dit « fichier UCL ». Ces enregistrements dans le journal contiennent :

- l'horodatage UTC du passage ;
- la plaque courte du passage ;
- la plaque longue du passage (les tirets, espaces sont présents) ;
- la catégorie du véhicule (Poids lourd abrégé PL, Véhicule léger abrégé VL ou inconnu) ;
- le taux de fiabilité pour la lecture de la plaque d'immatriculation ;
- la position de la plaque d'immatriculation lue sur la photo pour déterminer quel véhicule a été photographié ;
- le ou les pays de la plaque d'immatriculation perçus par la caméra.

Il n'est pas possible de connaître systématiquement le type de chacun des véhicules. De nuit, aucune des solutions logicielles ne peut à elle seule déterminer, à 100 %, la fiabilité de la catégorie. Quelques fois, même un contrôle visuel à partir des images ne permet pas de distinguer avec certitude un poids lourd d'un véhicule léger. Néanmoins, si ce même véhicule passe ailleurs et donc potentiellement devant une autre caméra en journée, il peut être possible de déterminer sa catégorie.

Ainsi, de jour en jour et de passage en passage, la stratégie mise en œuvre dans le projet permet d'affecter une catégorie (VL, PL, VUL) avec un haut niveau de confiance aux différentes plaques d'immatriculations qui sont, quant à elles, plus aisément capturées.

5.1 - Objectifs de l'enrichissement

Les données ont été enrichies selon trois objectifs :

- détecter la catégorie du véhicule avec un maximum de fiabilité,
- déterminer la catégorie pour un maximum de véhicules,
- éviter les fausses lectures qui pourraient fausser la catégorie d'un véhicule.

Chacun des procédés d'enrichissements décrits dans le chapitre 5.2 - La stratégie pour déterminer le type de véhicule présente des avantages et des désavantages. Aucun ne permet, à lui seul, de distinguer le type de véhicules dans l'ensemble des différentes configurations. Préalablement à la présentation des principes utilisés pour l'enrichissement des données, les données fournies par les caméras doivent être présentées.

5.1.1 - Lecture de plaque par la caméra et fiabilité

Lorsqu'un véhicule est détecté par la caméra, un traitement vidéo permet de décoder les caractères alphanumériques de la plaque d'immatriculation (PI). La PI est décodée avec une estimation de fiabilité. En effet, une des applications intégrées à la caméra a pour objectif d'associer rapidement la suite de chiffres et de lettres reconnus par l'OCR à une plaque au format « reconnu ».

Ainsi, l'indicateur fiabilité permet de déterminer si l'association s'est faite facilement auquel cas l'indice sera très bon. Si l'application a été obligée de modifier le résultat fournit par l'OCR pour « coller » à une réalité de plaque parmi la centaine de pays gérés pris en charge (par exemple, changement d'un caractère « O » en zéro 0) alors la fiabilité sera dégradée.

Lors de la pose de la caméra, des essais ont été réalisés pour sélectionner paramètres et angles de la caméra les mieux adaptés aux conditions de prises de vues et donc augmenter l'indicateur de fiabilité. Néanmoins, certains véhicules présentent des caractéristiques empêchant la bonne lecture :

- plaque d'immatriculation souillée ou en mauvais état ;
- plaque d'immatriculation trop inclinée sur le côté¹ ;
- plaque d'immatriculation ne respectant pas la législation.

Lorsque l'indicateur de fiabilité de lecture de la plaque est bas, il est préférable d'exclure le véhicule de la campagne de mesure, plutôt que de prendre le risque de perturber par la suite les calculs de transit.

Après de multiples essais, l'élimination de tout passage dont la fiabilité de lecture est inférieure à 75 % reste le meilleur compromis acceptable.

5.1.2 - Catégorie fournie par la caméra et fiabilité

La caméra estime la catégorie du véhicule (catégorisation par la caméra) à partir de calculs basés sur la taille des objets dans l'image. De fait, les conditions d'éclairage, notamment, ont une forte incidence sur cette estimation. Quand les véhicules se trouvent dans un trafic en congestion il a été constaté pendant la phase pilote que la catégorisation par la caméra n'est pas non plus suffisamment performante.

La caméra ne fournit pas une estimation de la fiabilité de la catégorisation à l'instar de ce qu'elle fait pour la lecture plaque.

Il n'est donc pas envisageable de s'appuyer sur la catégorie fournie par la caméra pour l'étude du trafic routier. Aussi la décision a été prise d'élaborer le type de la catégorie (VL/PL/VUL) par des analyses post-traitements.

5.2 - La stratégie pour déterminer le type de véhicule

L'algorithme embarqué dans la caméra est trop limité pour catégoriser un véhicule. Ainsi, un même véhicule a pu être considéré comme un camion, tantôt comme une voiture selon les différentes caméras qui l'ont détecté le long de son trajet.

1 Par exemple, certaines Alfa Romeo ont leur plaque d'immatriculation sur la gauche du pare-choc, ce même pare-choc est incliné à 15° environ vers l'extérieur. La caméra rencontre plus de difficultés pour lire ce type de plaques.

Le post-traitement opéré par le logiciel MMR permet de déterminer avec un taux de fiabilité associé la catégorie du véhicule de jour. MMR détecte parfaitement sur les clichés la plaque d'immatriculation la nuit mais, il est réellement moins performant dans des conditions de nuit pour déterminer la catégorie. Pour pallier les faiblesses du système, une stratégie en plusieurs points a donc été élaborée :

1. tous les passages de véhicules enregistrés à la barrière de péage de l'A63 sont identifiés comme des PL. des échanges avec le gestionnaire de l'infrastructure ont permis de valider le bien-fondé de la pré-qualification ;
2. tous les véhicules identifiés comme porteur de plaque française depuis le champ « Nationalité » (renseigné de manière automatique par l'algorithme OCR), ont pu, avec certitude, être identifiés VL, PL ou VUL ;
3. tous les passages (clichés) dont la catégorisation n'a pu être déterminée par ces deux derniers critères ont été transmis au module MMR, en n'analysant que les plaques reconnues avec un taux de fiabilité supérieur à 75 % et prises de jour. Compte-tenu du nombre de caméras et de passages associés, une parallélisation des tâches MMR a été mise en place compte tenu que les analyses auraient nécessités des temps de calcul de plusieurs semaines.

Nombre de passages durant la campagne	7 368 392
Nombre de passages durant la campagne avec une fiabilité supérieure à 75 %	5 053 528
Nombre de passages fiables en barrière de péage (étape 1)	176 072
Nombre de passages fiables de véhicules français identifiés (étape 2)	3 970 430
Nombre de photographies analysées (étape 3)	528 858
Estimation du nombre de véhicules distincts durant la campagne ²	1 819 723
Nombre de véhicules distincts durant la campagne avec une plaque fiable > 75 %	1 106 400
Nombre de véhicules distincts et fiables en barrière de péage (étape 1)	72 673
Nombre de véhicules distincts, fiables, français identifiés (étape 2)	832 010
Nombre de véhicules distincts, fiables, traités par analyse d'image (étape 3)	338 054
Véhicules éliminés ³ (absence de clichés de jour, plaques de transports de matière dangereuse)	5 588
Catégorisation impossible par MMR (détection de nuit uniquement)	99 948

² Ce chiffre est une estimation car un même véhicule peut avoir été détecté plusieurs fois avec des plaques différentes (potentiellement très proches, mais finalement différentes).

³ Les transports de matière dangereuse sont généralement détectés deux fois par le dispositif LAPI, la première avec leur code de signalisation TMD (33 1202 par exemple), la seconde fois avec leur plaque d'immatriculation, et ce dans un même temps ou quasiment. Enlever les passages avec signalisation TMD n'enlève donc pas un nombre de PL potentiel puisque toujours dans la base avec leur plaque d'immatriculation.

Poids lourds distincts	119 788
Véhicules légers distincts	773 977
Véhicules utilitaires détectés distincts	106 699
Nombre de véhicules dont le type est finalement déterminé	1 000 464

Les véhicules peuvent avoir été détectés plusieurs fois par les caméras sans être pour autant toujours qualifiés tout au long de la campagne. Cependant la stratégie utilisée a permis au fil des différents calculs de qualifier **90,42 %** de l'ensemble des détections fiables.

5.3 - Focus sur le nombre de passages détectés

Les caméras LAPI sont prévues pour collecter des données sur de longues périodes, en toute sécurité et transparence pour les usagers, sans déployer d'importants dispositifs humains et donc financiers comme pour les enquêtes « cordon » par exemple. À partir des données caméras ensuite enregistrées dans une base de données, il est possible d'obtenir plusieurs types d'informations, comme l'état du trafic sur une période ou un moment précis, des temps de parcours avec O/D...

Les systèmes LAPI sont annoncés comme fiables par le constructeur avec un taux de détection avoisinant les 95 % pour une caméra idéalement positionnée. Une comparaison avec d'autres systèmes de comptage a permis de vérifier que ce résultat a été atteint pour les caméras situées au niveau de la barrière de péage sur l'A63, distantes de trois à cinq mètres des véhicules, abritées, et constamment sous éclairage naturel et/ou artificiel.

En revanche les résultats obtenus sur les autres caméras et comparés avec les informations en provenance de boucles Siredo permettent d'indiquer que les taux de détection oscillent plutôt entre 75 et 90 %.

5.4 - Diagramme de synthèse

L'organigramme ci-dessous décrit le processus d'enrichissement et de fiabilisation des données.

Une donnée issue du dispositif de détection est enrichie si elle est crédible (fiabilité >75%) ou ignorée pour l'étude de trafic de transit.

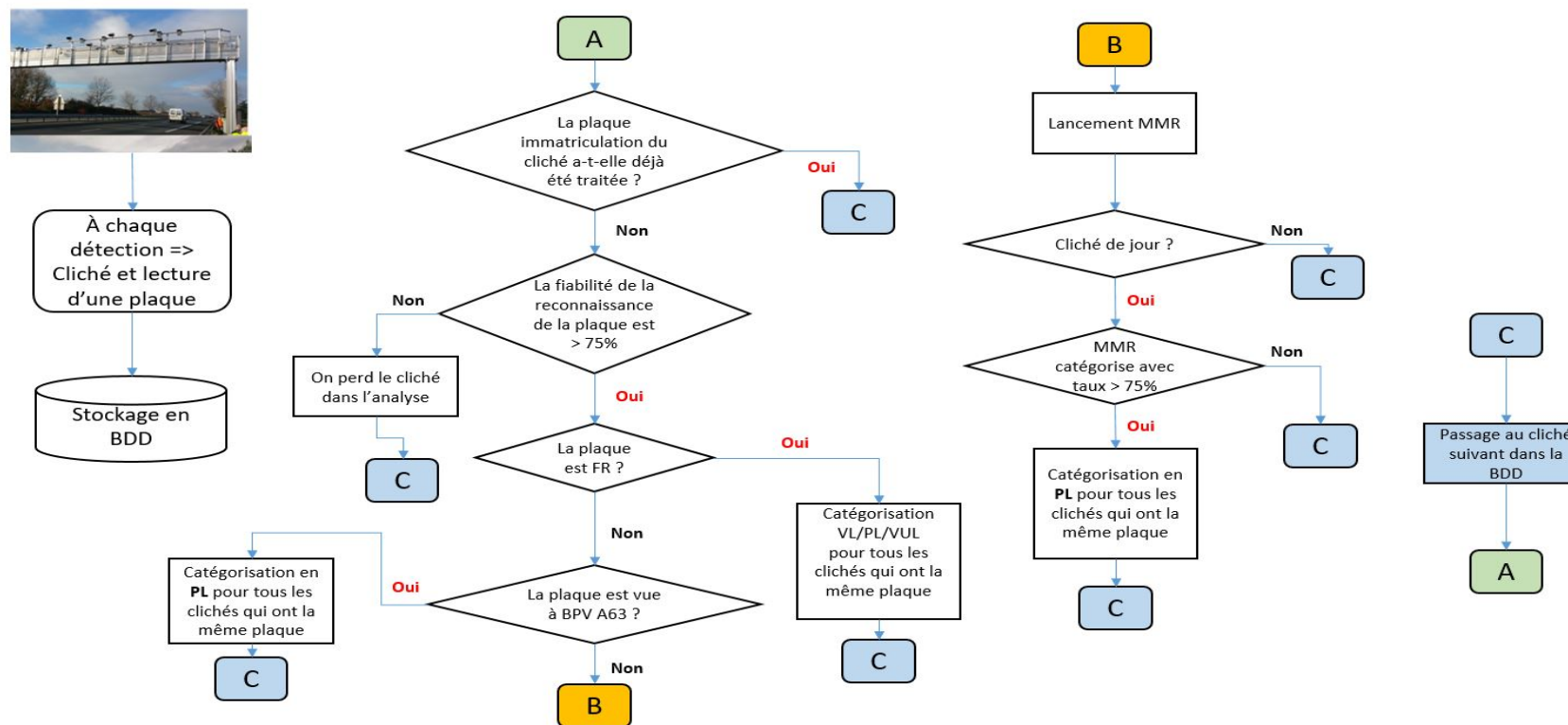


Illustration 9: Enrichissement et fiabilisation des données

6 - Qualification des Poids Lourds en transit

La qualification souhaitée par la DREAL est une qualification du nombre de PL en transit par heure, en moyenne sur les jours ouvrés.

Le principe est présenté par l'illustration 10.

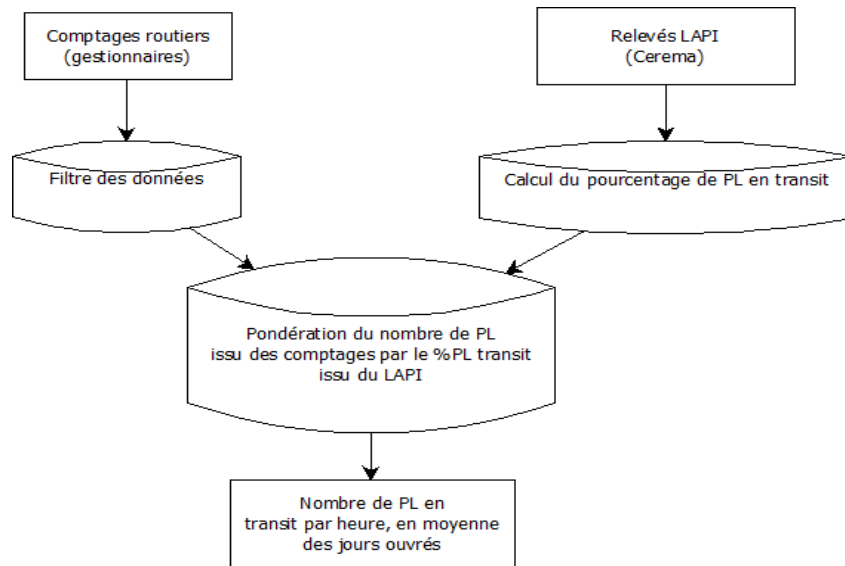


Illustration 10 : principe d'identification du nombre de PL en transit

Le calcul du pourcentage de PL en transit repose sur 4 étapes :

1. Fiabiliser les données enrichies
2. Identifier les véhicules parcourant des trajets de transit
3. Identifier les véhicules en transit selon le temps de parcours
4. Calculer le pourcentage de PL en transit par caméra ou site de mesure.

Cette approche peut être détaillée :

1. La fiabilisation des données (chapitre 6.2) consiste à s'assurer que les données sur lesquelles reposent les traitements sont exemptes de toute scorie. Le Cerema a pris soin de rechercher le plus d'erreur possible dans la base des données enrichies, afin de pouvoir travailler sur un relevé propre. À la fin de cette étape, le Cerema dispose d'un fichier dans lequel chaque ligne indique le passage d'un véhicule (caractérisé par un attribut traduisant son type – VL, PL, VUL ou autre) à une date précise devant une caméra donnée.
2. L'identification des véhicules parcourant des trajets de transit (chapitre 6.3) consiste à regrouper les PL par immatriculation (on obtient donc une liste de caméra devant

lesquelles le PL est passé), puis d'extraire de ce regroupement chaque trajet pouvant être du transit (en fonction de la liste des caméras auxquelles a été vu le PL). À la fin de cette étape, le Cerema dispose d'un fichier dans lequel chaque ligne correspond à un trajet emprunté par une immatriculation, avec un temps de parcours associé.

3. L'identification des véhicules en transit (chapitre 6.4) repose sur la détermination d'un temps de parcours limite, au-delà duquel on considère qu'un PL n'est plus en transit. Ce temps de parcours permet de filtrer le fichier précédemment obtenu, afin de ne conserver que les PL dont le temps de parcours permet de les identifier comme en transit.
4. Le calcul du pourcentage de PL en transit par caméra ou par site (chapitre 6.5) est réalisé en comparant les données de passage globales issues de l'étape 1, avec les passages compris dans les trajets identifiés à l'étape 3. Sur certains sites comme la Rocade, ce calcul nécessite des termes correctifs.

Le filtre des données gestionnaires consiste à s'assurer que les données utilisées pour la comparaison avec les données LAPI sont bien concordantes : les variations de définition d'un PL entre les différents gestionnaires et les caméras LAPI implique une correction des données de comptages routiers (cf chapitre 6.2.4.2).

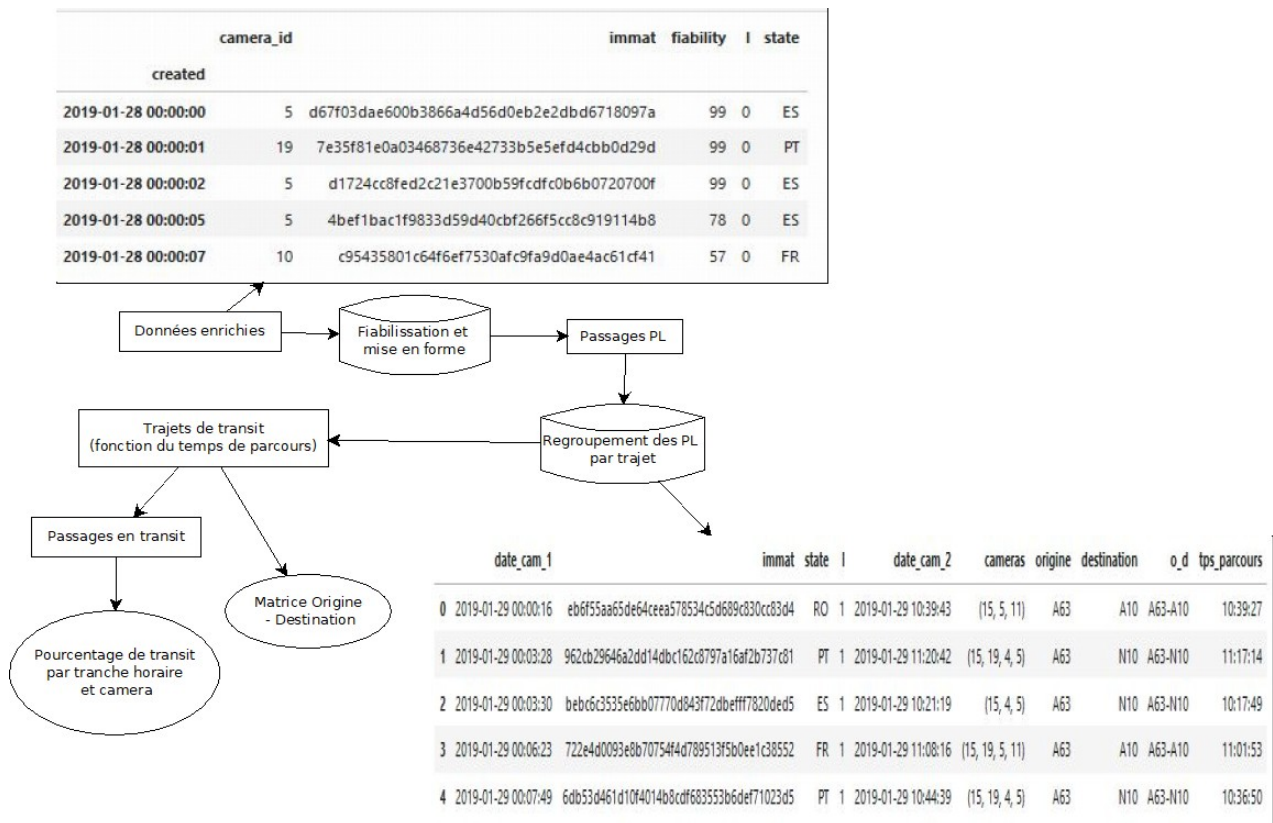


Illustration 11 : schéma d'identification du trafic PL de transit

6.1 - Analyse des données non enrichies, représentativité sur la rocade Ouest

L'enrichissement des données est basé sur le principe que la plaque lue par la caméra correspond bien à la réalité. Pour traduire ce principe, un filtre a été mis en place sur l'attribut « fiability » : seules les données présentant un attribut « fiability » supérieur à 75 ont fait l'objet de l'enrichissement, et ont ensuite été traitées pour déterminer le trafic de transit PL.

Or, cet attribut (créé automatiquement par la caméra lors de la prise de photo) varie entre les caméras, comme le présente l'illustration 27

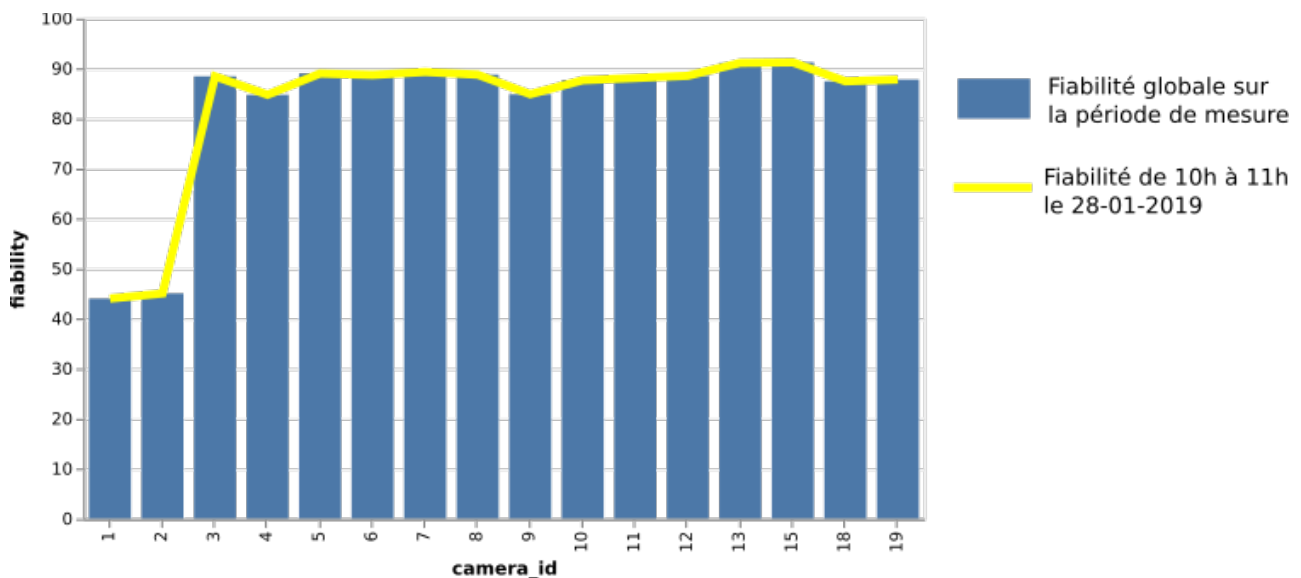


Illustration 12: attribut "fiability" moyen et sur une journée type

Les caméras 1 et 2 (rocade Ouest) présentent une fiabilité moyenne sur la période de mesure inférieure de moitié au reste des caméras, mais surtout bien inférieure aux 75 utilisés pour enrichir les données.

De fait, sur les caméras 1 et 2 nombre de passages de PL n'ont pu être enrichis.

Cela signifie qu'une immatriculation uniquement vue à la caméra 1 ou 2 pendant la période de mesure n'est pas présente dans les données enrichies, et n'est donc pas prise en compte dans la suite des traitements.

Les données fournies sur Rcade Ouest traduisent donc bien la répartition des PL vus sur les caméras d'entrée ou de sortie du dispositif LAPI, mais le nombre de PL sur ce site devrait faire l'objet d'un examen approfondi.

6.2 - Fiabiliser les données enrichies

Les données enrichies représentent les passages de véhicules devant les caméras du dispositif, sous forme de base de données. Pour déterminer le trafic PL de transit, les attributs suivants sont utilisés :

Nom	Description	Source
camera_id	Identifiant de la caméra	Caméra
created	Date et heure de passage devant la caméra	Caméra
immatriculation	Plaque d'immatriculation sans tiret, anonymisée	Donnée issue des caméras puis traitée par le Cerema
I	Type de véhicule : <ul style="list-style-type: none"> • 1 = camion • 0 = véhicule léger • 2 = VUL • -1 = non déterminé 	MMR

L'attribut « camera_id » est fiable à 100 %. Le seul changement opéré est le remplacement des identifiants 14 et 16 par 13 et 15, afin de ne disposer que d'un seul identifiant de caméra par sens de circulation au niveau de la barrière de péage A63.

L'attribut « I » a déjà fait l'objet d'une fiabilisation présentée au chapitre 5.2. Les attributs « immatriculation » et « created » font l'objet de vérifications décrites ci-dessous.

L'illustration 13 présente un exemple de données enrichies.

created	camera_id	immat	fiability	I	state
2019-01-28 00:00:00	5	d67f03dae600b3866a4d56d0eb2e2dbd6718097a	99	0	ES
2019-01-28 00:00:01	19	7e35f81e0a03468736e42733b5e5efd4cbb0d29d	99	0	PT
2019-01-28 00:00:02	5	d1724cc8fed2c21e3700b59fcd4c0b6b0720700f	99	0	ES
2019-01-28 00:00:05	5	4bef1bac1f9833d59d40cbf266f5cc8c919114b8	78	0	ES
2019-01-28 00:00:07	10	c95435801c64f6ef7530afc9fa9d0ae4ac61cf41	57	0	FR

Illustration 13 : exemple de données enrichies

6.2.1 - Vérification de l'horodatage

L'attribut « created » est fourni par les caméras dans les fichiers « UCL ». Trois tests de fiabilité ont été menés :

- recherche des immatriculations présentant exactement les mêmes horodatages et

- identifiants de caméra (on parlera par la suite de « doublons exacts »),
- recherche des immatriculations présentant des horodatages très proches (inférieurs à 10 secondes) et un même identifiant de caméra (on parlera par la suite de « doublons proches»),
 - recherche des immatriculations présentant des horodatages incohérents (inférieurs à 5 minutes) entre deux caméras distinctes (on parlera par la suite de « passages proches », illustration en Annexe 1.1).

Le tableau suivant présente le nombre d'occurrence pour chaque situation :

Situation	Nombre d'occurrences
doublons exacts	8325 (soit 16650 passages totaux)
doublons proches	7258 (soit 14516 passages totaux)
passages proches	40258

Les traitements mis en place sont les suivants :

- doublons exacts : suppression d'un passage sur deux,
- doublons proches : suppression du passage de fiabilité la plus faible,
- passages proches : cette erreur provient d'un décalage temporel de la caméra 10, la solution retenue est donc le recalage temporel des données issues de cette caméra.

6.2.2 - Vérification des plaques d'immatriculation

Les plaques sont testées selon des contraintes connues (correspondance avec des schémas de caractères attendus). Les plaques ne répondant pas à ces contraintes sont retirées de la base de données (Annexe 1.2 pour des exemples de plaques).

6.2.3 - Filtre des Poids Lourds

Les données sont filtrées selon l'attribut enrichi de différenciation de type de véhicule « l ».

6.2.4 - Analyse de l'exhaustivité des relevés

6.2.4.1 - Analyse des données LAPI uniquement

Malgré le soin apporté au recueil des données, le Cerema a vérifié que l'ensemble des données collectées soit cohérent pour l'intégralité des caméras. Cette vérification s'est basée sur l'analyse des données de comptage tous véhicules, par jour (cf annexe 1.3.1) et par heure (cf annexe 1.3.2).

Cette analyse permet de constater que sur certaines caméras, des plages horaires de données sont manquantes (en rouge sur l'illustration 14) ou partielles (en orange). Ces plages couvrent une période horaire allant de 1 heure pour les plus courtes à 1 journée pour les plus longues .

camera	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	18	19
mer. 23 janv. 19																
jeu. 24 janv. 19		10h-13h							0h-6h							
ven. 25 janv. 19		12h														
sam. 26 janv. 19																
dim. 27 janv. 19				7h-13h												
lun. 28 janv. 19																
mar. 29 janv. 19	12h-14h			12h-14		0h-6h, 17h-23h										
mer. 30 janv. 19						0h-2h, 12h-23h										
jeu. 31 janv. 19	6h-10														0h-23h	
ven. 1 févr. 19						12h				10h-21h		13h-14h, 17h-18h				
sam. 2 févr. 19																
dim. 3 févr. 19																
lun. 4 févr. 19																
mar. 5 févr. 19	14h															
mer. 6 févr. 19					9h-10h	9h-10h	10h-22h	10h-22h								16h-17h
jeu. 7 févr. 19																
ven. 8 févr. 19																17h
sam. 9 févr. 19																
dim. 10 févr. 19																
lun. 11 févr. 19		10h,12h	11h	10h, 20h- 23h												
mar. 12 févr. 19			8h	0h-23h												
mer. 13 févr. 19				0h-23h											18h-19h	

Illustration 14 : plages horaires présentant des données manquantes

Lorsque des données sont partiellement manquantes, ou que la plage horaire n'excède pas 2 heures, la journée considérée est conservée dans l'analyse des résultats. Dans le cas des journées présentant des plages horaires de données manquantes supérieures à 2 heures, ces journées ne sont pas prises en compte dans le calcul des résultats.

Par ailleurs, cette analyse permet de constater que la modification d'orientation des caméras intervenue le 31/01/2019 a eu un impact significatif, notamment pour les caméras 5 et 6, qui traduisent les entrées et sorties de véhicules depuis ou vers la N10.

Il est à noter que les caméras présentes sur la rocade (1, 2, 3, 4) ne sont que peu impactées par ce changement de position, ce qui s'explique par le fait que la densité de trafic limite déjà le nombre de véhicules détectés.

6.2.4.2 - Comparaison avec les données gestionnaires

La principale difficulté réside dans la définition d'un PL, variable d'un gestionnaire à l'autre et différente de la définition d'un PL pour les caméras LAPI :

- ATLANDE définit les PL selon le nombre d'essieux :
 - classe A : 2 essieux,
 - classe B : 3 essieux
 - classe C : 4 essieux et plus.

Pour la comparaison avec les données LAPI, toutes les classes ont été conservées

- la DIRA définit les PL en 3 classes de longueur :
 - de 6 à 7 mètres,

- de 7 à 9 mètres,
- supérieure à 9 mètres.

Pour la comparaison avec les données LAPI les véhicules de plus de 7 mètres sont conservés.

- ASF fournit des comptages aux péages ou aux boucles de comptages.
 - Aux péages (caméras 11 et 12 du dispositif LAPI), ASF catégorise les PL en 3 classes selon le PTAC, la hauteur et le nombre d'essieux :
 - classe 2 pour les véhicules inférieurs à 3 mètres de haut ; de PTAC < 3,5 tonnes,
 - classe 3 pour les véhicules de plus de 3 mètres de haut, de PTAC > 3,5 tonnes, à 2 essieux,
 - classe 4 pour les véhicules de plus de 3 mètres de haut, de PTAC > 3,5 tonnes, à 3 essieux ou plus.

Pour la comparaison avec les données LAPI les classes 3 et 4 sont conservées.

- Aux boucles de comptages (caméras 5 et 6 du dispositif LAPI), ASF fournit un nombre de PL basé sur une longueur de véhicule de 7,80 mètres.

Pour la comparaison avec les données LAPI cette donnée est utilisée telle que fournie.

L'annexe 1.3.3 permet de comparer les données présentées au chapitre précédent avec les comptages routiers des gestionnaires (du 28/01 au 11/02).

Comme vu au chapitre ci-dessus, la période du 23/01/2019 au 13/02/2019 a été marquée par la correction d'orientation des caméras au 31/01/2019.

Cette correction ayant entraîné une augmentation notable du nombre de véhicules détectés sur les caméras de A10, A10/N10, A89, A62, le Cerema a finalement choisi de ne considérer que la période du 31/01/2019 au 13/02/2019 comme période de référence.

6.3 - Identifier les véhicules parcourant des trajets de transit

Cette identification nécessite plusieurs pré-requis :

1. identifier les trajets à caractériser,
2. traduire ces trajets selon les caméras les composants,
3. identifier les PL ayant parcouru ces trajets.

De plus, cette identification repose sur les principes suivants :

- le PL est vu à la caméra d'entrée et de sortie du dispositif,
- si le PL est vu à des caméras intermédiaires, celles-ci doivent respecter un ordre prédéfini (cf chapitre 6.3.2).

6.3.1 - Trajets à caractériser

La liste des trajets retenus est la suivante :

destination	A10	A62	A63	A89	N10
origine					
A10	NC				NC
A62		NC			
A63			NC		
A89				NC	NC
N10	NC			NC	NC

Illustration 15 : origine - destination des trajets

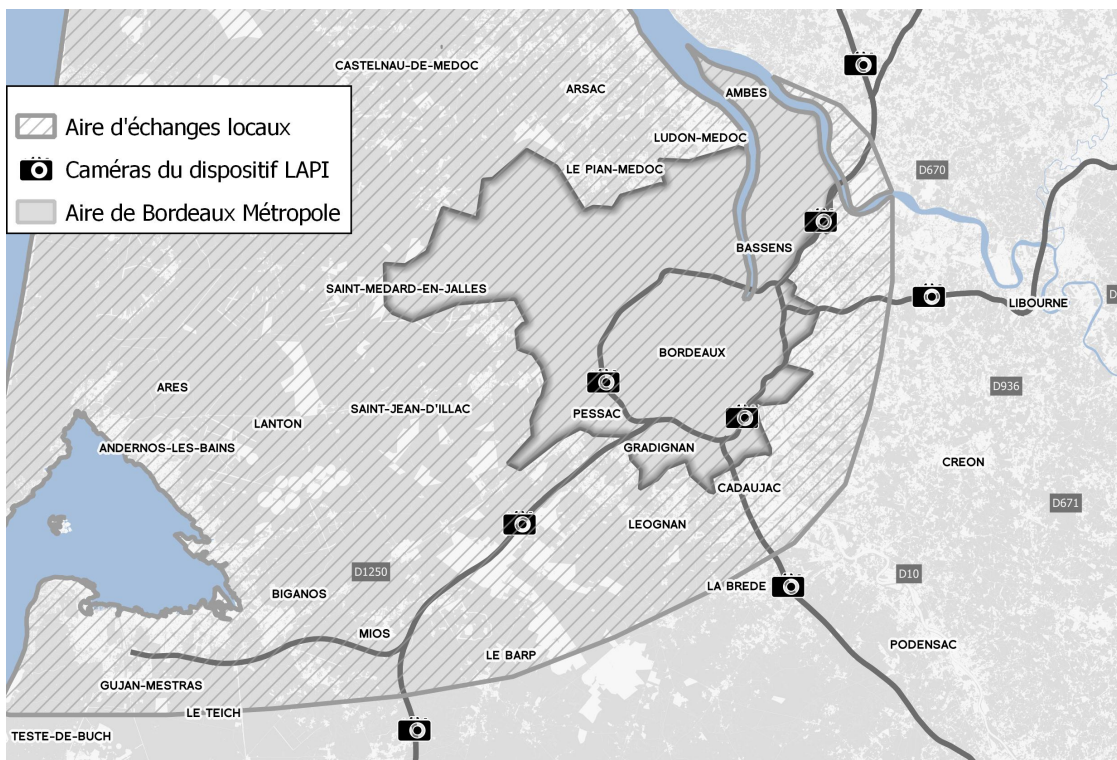


Illustration 16: Aire d'échange locaux et zonage de transit

Des doutes raisonnables sur les trajets A89-N10 et N10-A89 existent car :

- 400 PL / jour utilisent l'échangeur 41,
- la RD 670 entre Libourne et Saint-André de Cubzac permet de relier N10 et A89 sans passer par la Rocade.

Par ailleurs, le trajet A10-N10 n'a pas été étudié, car il n'emprunte pas la Rocade, et les trajets A89-A63 et A62-A63 par la Rocade Ouest n'ont pas été étudiés, car jugés peu réalistes.

6.3.2 - Traduire les trajets en liste de caméra

Comme évoqué ci-dessus, un trajet est en réalité un enchaînement de passages devant des caméras. Un PL peut être identifié sur un trajet de transit s'il passe devant une des caméras d'entrée puis une des caméras de sortie du dispositif.

Entre ces deux caméras, le PL peut également passer devant des caméras intermédiaires (Rocade, A10 avant séparation avec N10, Cestas), qui peuvent le photographier ou non.

En conséquence, le Cerema a dressé la liste des trajets (Figure Erreur : source de la référence non trouvée), traduit en enchaînements possibles de caméras.

Si un PL réalise l'un de ces enchaînements de caméra, il est affecté sur le trajet correspondant. Naturellement, un PL peut réaliser plusieurs enchaînements distincts, il sera alors affecté sur plusieurs trajets.

Trajet	Cameras	Trajet	Cameras	Trajet	Cameras
A10-A62	(12, 6, 3, 9)	A62-A63	(10, 13)	A63-N10	(15, 19, 4, 5)
A10-A62	(12, 6, 9)	A62-A89	(10, 4, 7)	A63-N10	(15, 19, 1, 5)
A10-A62	(12, 3, 9)	A62-A89	(10, 7)	A63-N10	(15, 4, 5)
A10-A62	(12, 9)	A62-N10	(10, 4, 5)	A63-N10	(15, 1, 5)
A10-A63	(12, 6, 3, 18, 13)	A62-N10	(10, 5)	A63-N10	(15, 19, 5)
A10-A63	(12, 6, 2, 18, 13)	A63-A10	(15, 19, 4, 5, 11)	A63-N10	(15, 5)
A10-A63	(12, 6, 2, 13)	A63-A10	(15, 19, 1, 5, 11)	A89-A10	(8, 5, 11)
A10-A63	(12, 2, 18, 13)	A63-A10	(15, 19, 1, 11)	A89-A10	(8, 11)
A10-A63	(12, 6, 3, 13)	A63-A10	(15, 19, 4, 11)	A89-A62	(8, 3, 9)
A10-A63	(12, 3, 18, 13)	A63-A10	(15, 4, 5, 11)	A89-A62	(8, 9)
A10-A63	(12, 6, 18, 13)	A63-A10	(15, 19, 5, 11)	A89-A63	(8, 3, 18, 13)
A10-A63	(12, 2, 13)	A63-A10	(15, 1, 5, 11)	A89-A63	(8, 3, 13)
A10-A63	(12, 18, 13)	A63-A10	(15, 4, 11)	A89-A63	(8, 18, 13)
A10-A63	(12, 6, 13)	A63-A10	(15, 1, 11)	A89-A63	(8, 13)
A10-A63	(12, 3, 13)	A63-A10	(15, 5, 11)	N10-A62	(6, 3, 9)
A10-A63	(12, 13)	A63-A10	(15, 19, 11)	N10-A62	(6, 9)
A10-A89	(12, 6, 7)	A63-A10	(15, 11)	N10-A63	(6, 2, 18, 13)
A10-A89	(12, 7)	A63-A62	(15, 19, 9)	N10-A63	(6, 3, 18, 13)
A62-A10	(10, 4, 5, 11)	A63-A62	(15, 9)	N10-A63	(6, 3, 13)
A62-A10	(10, 5, 11)	A63-A89	(15, 19, 4, 7)	N10-A63	(6, 18, 13)
A62-A10	(10, 4, 11)	A63-A89	(15, 4, 7)	N10-A63	(6, 2, 13)
A62-A10	(10, 11)	A63-A89	(15, 19, 7)	N10-A63	(6, 13)
A62-A63	(10, 18, 13)	A63-A89	(15, 7)		

Illustration 17: Trajets possibles

6.3.3 - identifier les PL ayant parcouru ces trajets

À partir des données enrichies (Illustration 13) et fiabilisées, les traitements mis en place sont décrits par l'illustration 18.

Le principe est le suivant :

- La période de mesure est décomposée par tranches horaires de 15 minutes en heure de pointe (6 h – 9 h puis 14 h – 19 h) et d'une heure en heure creuse ;

- Pour chaque tranche horaire :
 - Les données sont limitées afin de diminuer les temps de traitements. La durée de limitation est de 18 heures, sauf le samedi où la durée est augmentée à 32 heures (cela signifie que l'on ne laisse que 18 ou 32 heures maximum aux PL pour parcourir un trajet).
 - Pour chaque caméra d'origine possible (A10, N10, A89, A62, A63) :
 - Si des passages ont déjà été identifiés sur un trajet, ils sont retirés des données analysées ;
 - Création de la liste des immatriculations passées devant la caméra d'origine ;
 - Recherche de ces immatriculations, pour l'ensemble des caméras ;
 - Regroupement par immatriculation avec création des listes de caméras parcourues et horaires de passages associés ;
 - Filtre des données pour ne conserver que les enchaînements de caméras décrivant un trajet de transit ;
 - Récupération de l'heure associée au dernier passage du trajet ;
 - Liste des trajets, par immatriculation, avec ajout des attributs descriptifs du trajet ;
 - Liste des passages associés à un trajet.

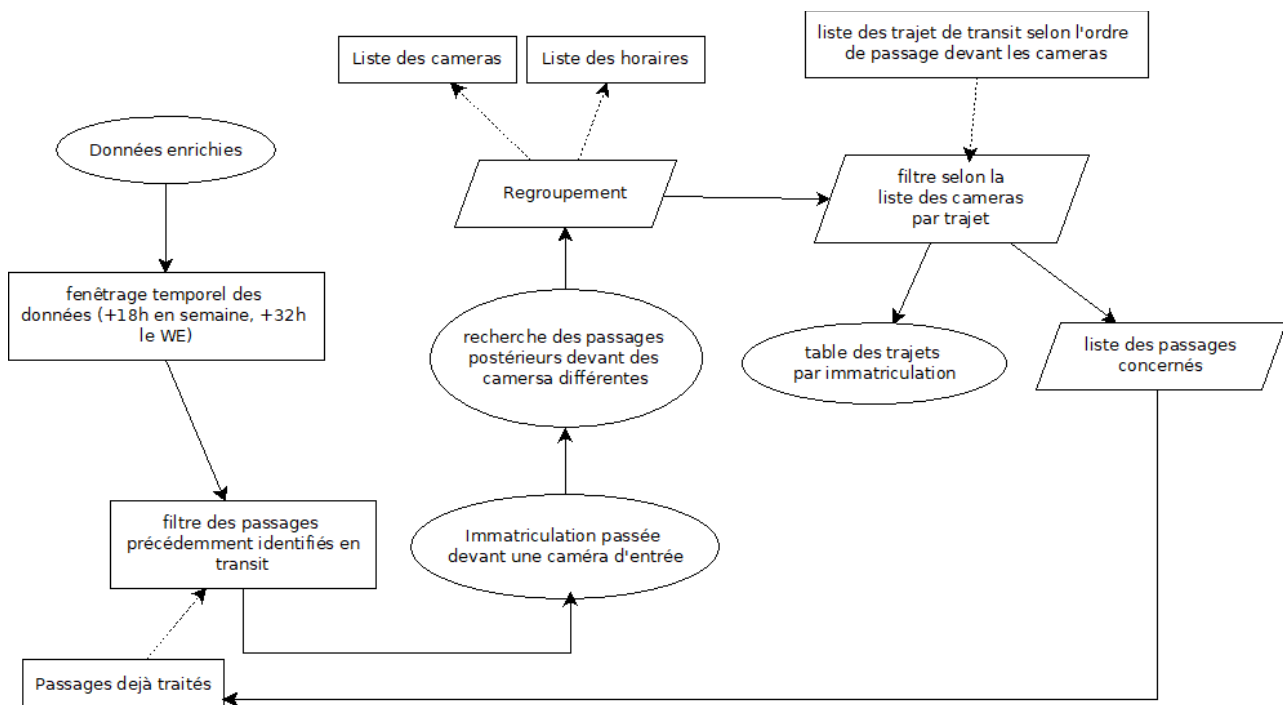


Illustration 18 : assigner les PL aux trajets prédéfinis

Une fois ces traitements effectués, la table obtenue est présentée par l'illustration 19.

Les attributs sont les suivants :

Nom	Fonction
date_cam_1	Horodatage de l'entrée sur le dispositif LAPI
Immat	Immatriculation cryptée
state	Pays d'origine de l'immatriculation
l	Attribut de classification par type de véhicule
date_cam_2	Horodatage de sortie du dispositif LAPI
Cameras	Liste des caméras devant lesquelles est passé le véhicule
Origine	Point d'entrée sur le dispositif (nom de la voie)
Destination	Point de sortie du dispositif (nom de la voie)
o_d	Trajet parcouru
tps_parcours	Temps de parcours du trajet

	date_cam_1	immat	state	l	date_cam_2	cameras	origine	destination	o_d	tps_parcours
0	2019-01-29 00:00:16	eb6f55aa65de64ceea578534c5d689c830cc83d4	RO	1	2019-01-29 10:39:43	(15, 5, 11)	A63	A10	A63-A10	10:39:27
1	2019-01-29 00:03:28	962cb29646a2dd14dbc162c8797a16af2b737c81	PT	1	2019-01-29 11:20:42	(15, 19, 4, 5)	A63	N10	A63-N10	11:17:14
2	2019-01-29 00:03:30	beb6c63535e6bb07770d843f72dbefff7820ded5	ES	1	2019-01-29 10:21:19	(15, 4, 5)	A63	N10	A63-N10	10:17:49
3	2019-01-29 00:06:23	722e4d0093e8b70754f4d789513f5b0ee1c38552	FR	1	2019-01-29 11:08:16	(15, 19, 5, 11)	A63	A10	A63-A10	11:01:53
4	2019-01-29 00:07:49	6db53d461d10f4014b8cdf683553b6def71023d5	PT	1	2019-01-29 10:44:39	(15, 19, 4, 5)	A63	N10	A63-N10	10:36:50

Illustration 19 : extraction de la table des trajets

À ce stade, le trafic de transit n'a pu être déterminé, mais tous les PL susceptibles d'en faire partie sont connus.

6.4 - Identifier les véhicules en transit

Une fois la table des trajets constituée, la seule donnée disponible pour différencier le trafic de transit du trafic local est le temps de parcours.

Les illustrations 20 et 21 présentent les PL identifiés le jeudi 7 février 2019 sur 2 trajets représentatifs :

- A63 → N10,
- A89 → A63.

Sur ces illustrations, le temps de parcours est visible en ordonné, la date d'entrée sur le dispositif en abscisse.

On peut constater que le trafic PL présente une densité variable selon le trajet et l'heure de la journée.

Sur les trajets à forte densité (A63 ↔ A10 / N10, A62 → A10 par exemple), la structure du trafic PL permet de distinguer 4 catégories :

- PL ayant un temps de parcours permettant de les assimiler à du trafic de transit (densité forte de PL, en rouge sur l'illustration 20),
- PL ayant un temps de parcours permettant de ne pas les assimiler à du trafic de transit (densité faible de PL, en bleu sur l'illustration 20),
- PL ayant un temps de parcours créant un doute sur le type de trafic (en transit avec pause ou en cabotage ; densité de PL moyenne, en vert sur l'illustration 20)
- PL de nuit

Sur les trajets à faible densité (A89 → A63 par exemple), la part du trafic de transit est moins évidente (illustration 21).

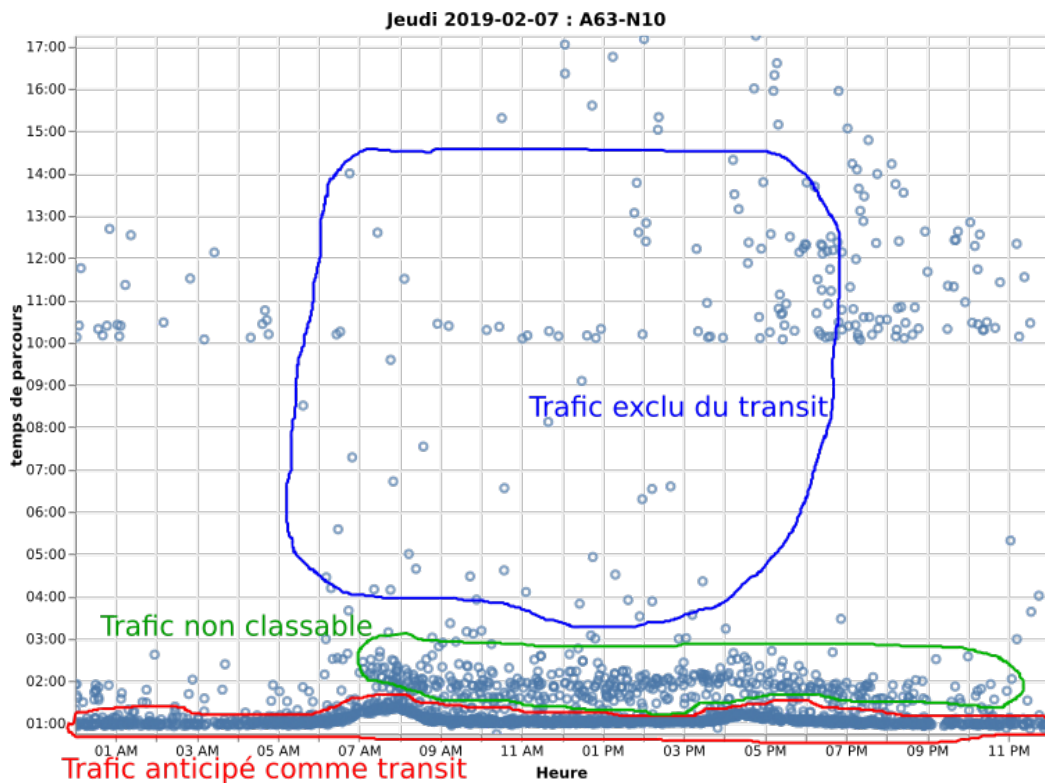


Illustration 20 : exemple de temps de parcours de PL sur le trajet A63-N10

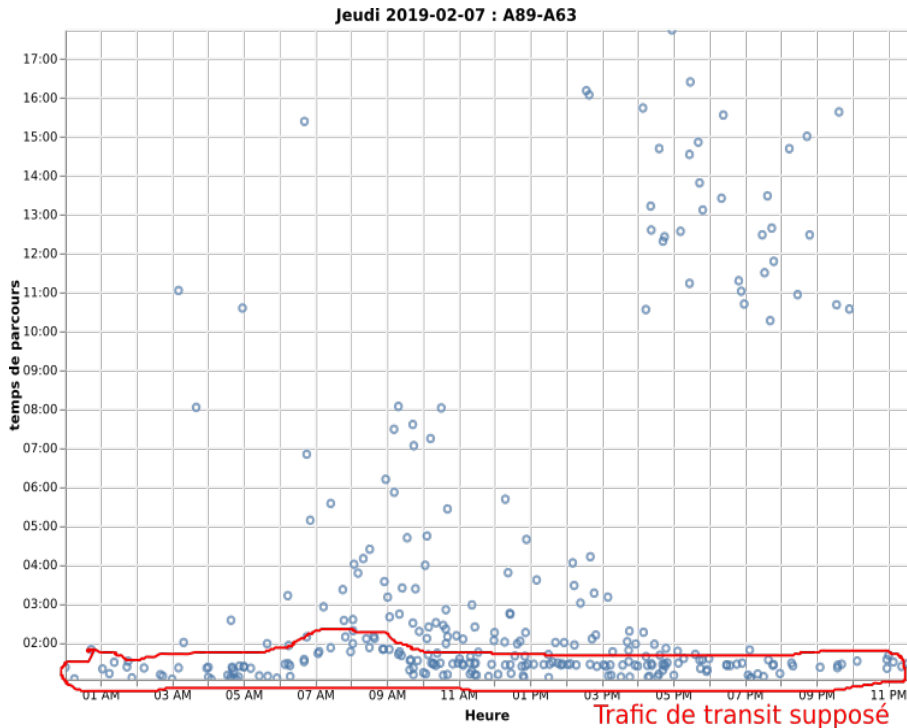


Illustration 21 : exemple de temps de parcours PL sur le trajet A89 -> A63

Au vu de ces éléments, la méthode d'identification du trafic de transit PL doit permettre :

- de prendre tous les PL dont le temps de parcours les identifie en transit ;
- de rejeter les PL dont le temps de parcours est incompatible avec du transit ;
- de trier les PL dont le temps de parcours ne permet pas à priori de déterminer s'ils sont en transit ou non.

Pour ce faire, le Cerema a procédé par étape (pour chaque période horaire de chaque journée de mesure) :

1. Regroupement des PL selon l'horaire de la journée et le temps de parcours. Le groupe de PL le plus dense fournit le temps de parcours type des PL en transit.
2. Si la densité de PL n'est pas assez importante, une comparaison est menée avec les PL des périodes voisines pour obtenir le temps de parcours type.
3. Si la densité de PL des périodes voisines n'est pas suffisamment importante, le temps de parcours type des PL en transit est déduit de la vitesse réglementaire.

6.4.1 - Regroupement selon l'horaire et le temps de parcours

Pour chaque période de la journée (cf chapitre 6.3.3 : périodes de 15 minutes sur les heures de pointes, 1 heure sur les heures creuses), si au moins cinq PL ont parcouru le trajet considéré, à

des horaires de passages proches et avec des temps de parcours similaires, ils sont regroupés par « Cluster »⁴ selon la méthode « DBSCAN »⁵, ce qui permet de déterminer le temps de parcours type des PL en transit.

L'écart temporel permettant de regrouper les PL a été déterminé pour chaque trajet, de façon empirique. L'annexe 2.1 fournit ce paramètre, ainsi que le nombre minimal de PL devant être présents pour former un groupe.

Pour les trajets à forte densité de PL, les illustrations 22 et 23 reprennent les données de l'illustration 20, en ajoutant le filtre du transit (en orange les PL considérés en transit, en bleu les PL considérés comme locaux). L'affectation comme trafic de transit des PL les plus rapides aux horaires de forte densité fonctionne bien, de même que le rejet des temps de parcours les plus longs. Cependant, quelques PL présentant des temps de parcours légèrement supérieurs (20 minutes maximum) sont également affectés en transit, ce qui augmente d'autant le temps de parcours type sur ces périodes.

Cependant, pour les temps de trajets plus longs, présentant une densité moins élevée, aucun PL n'est affecté en transit.

Pour les trajets à faible densité de PL, l'illustration 24 met en évidence une bonne identification du trafic de transit pour les périodes de densité moyenne, mais de grosses pertes aux périodes de pointes.

La méthode utilisée est efficace lorsque la densité de PL est suffisante. Elle n'arrive cependant pas à fournir de résultats satisfaisants sur les périodes ou les trajets de faible densité de PL. Elle ne permet pas non plus d'affecter un type de trafic aux PL ayant un temps de parcours ne permettant pas de les classer instinctivement.

L'annexe 2.2 présente les résultats obtenus par trajets, en MJO.

4 https://en.wikipedia.org/wiki/Cluster_analysis

5 <https://fr.wikipedia.org/wiki/DBSCAN>

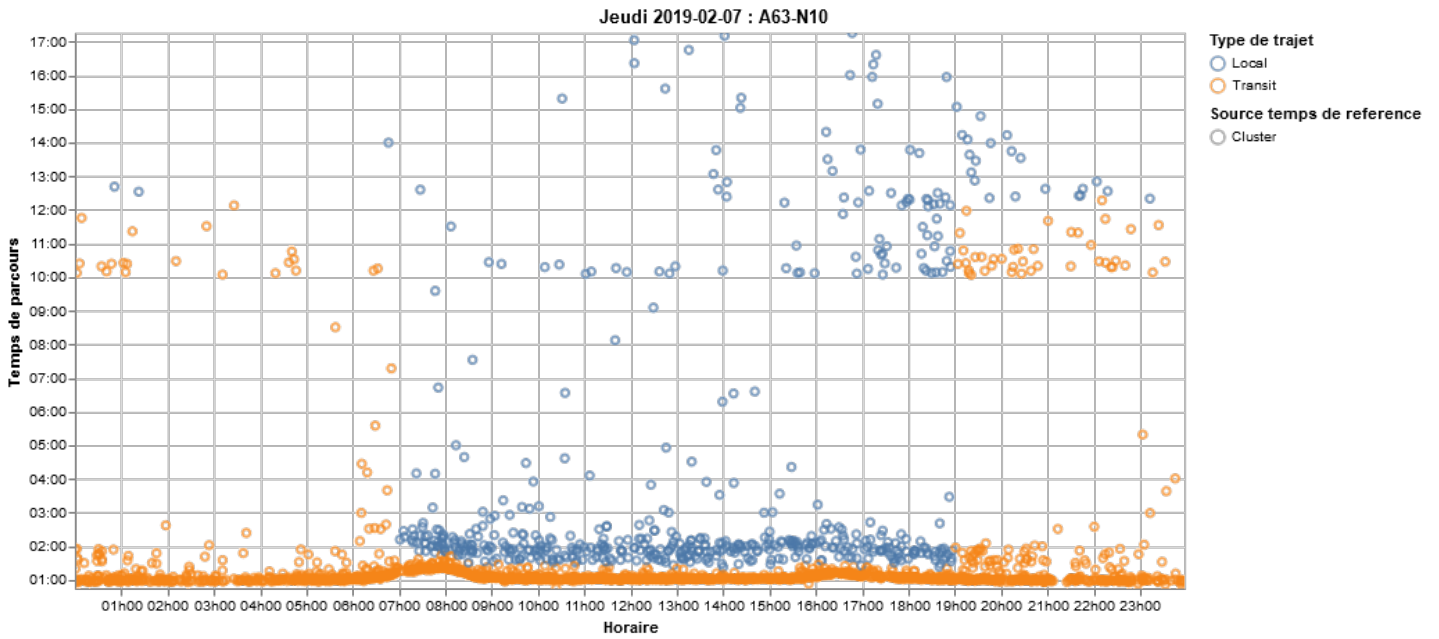


Illustration 22 : identification du trafic de transit par regroupement (densité de PL forte)

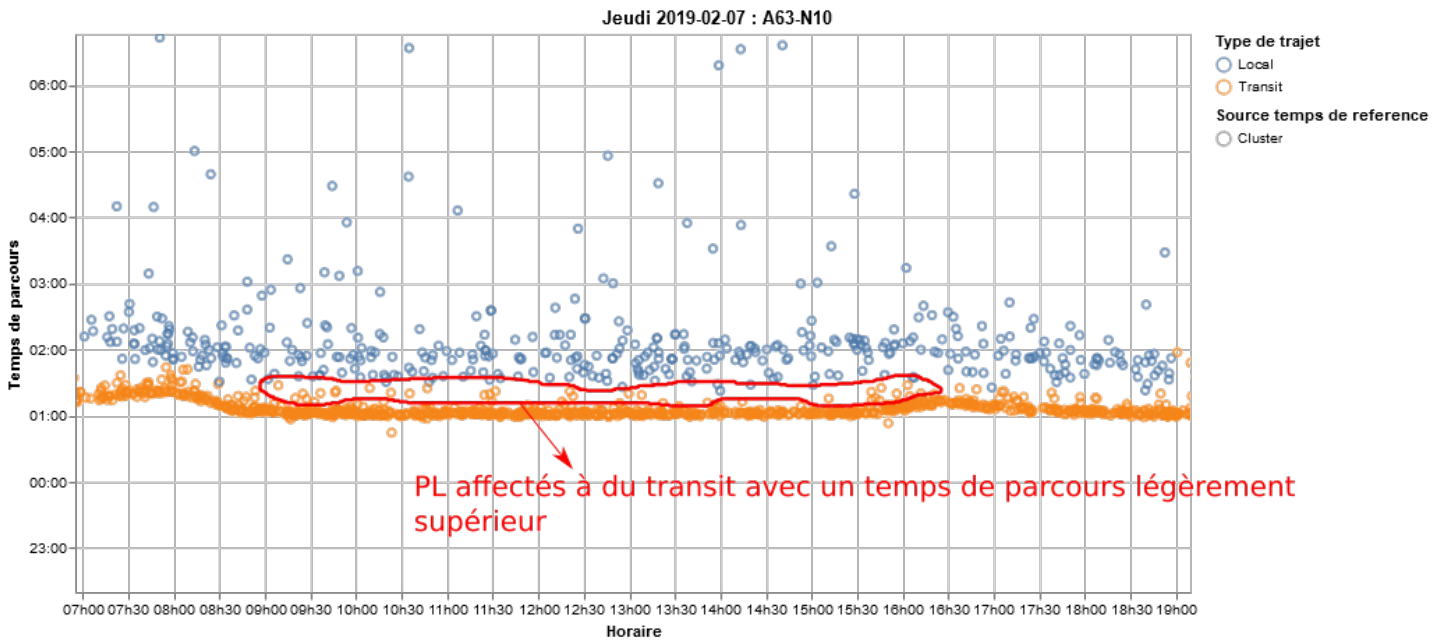
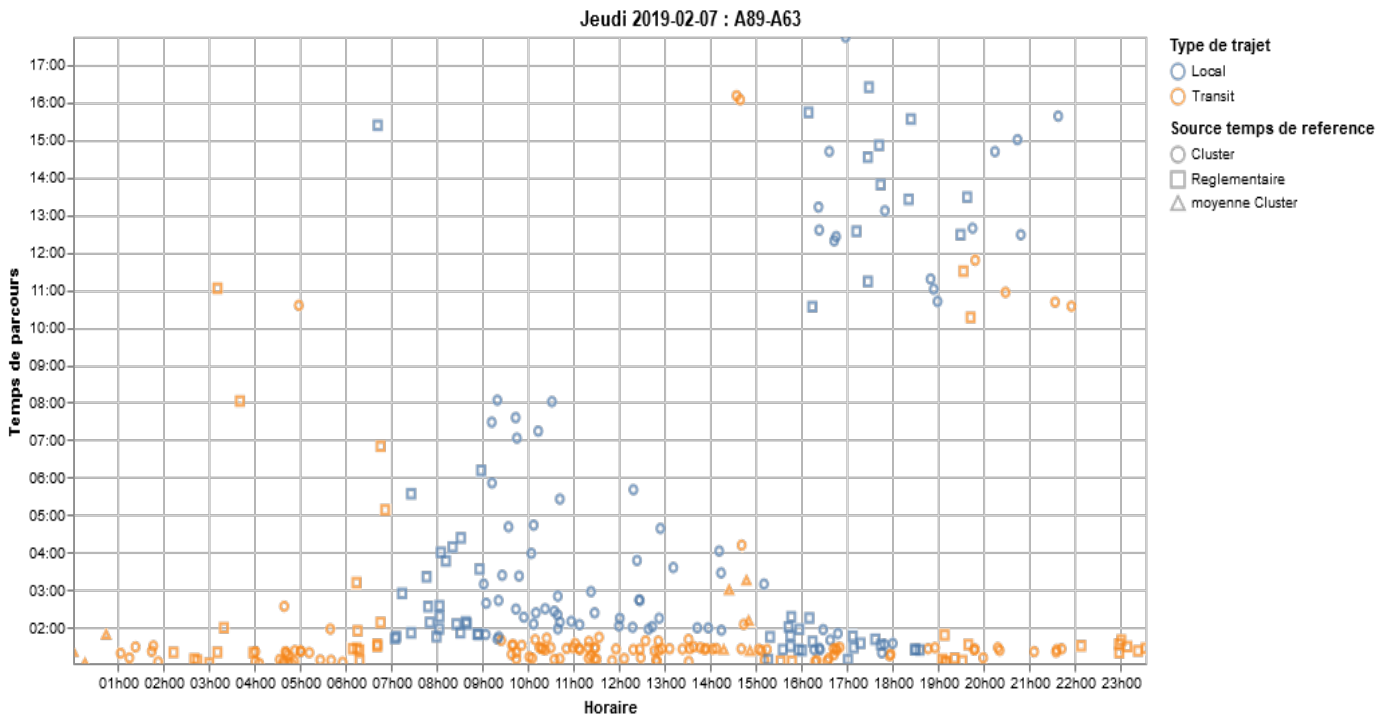


Illustration 23 : identification du trafic de transit par regroupement (densité de PL forte ; zoom en journée)



6.4.2 - Traitement des périodes horaires à faible densité de PL

Afin de palier à la faiblesse de l'identification par regroupement dans les cas de faible densité, une deuxième identification est réalisée par analogie entre les PL.

Le principe est simple : l'identification du type de transit issue du regroupement alimente des algorithmes d'analyse de classification. Ces algorithmes vont définir des zonages de classification (cf illustration 25, en ordonnée le temps de parcours, en abscisse l'horodatage du passage devant la caméra d'entrée du dispositif).

Une fois ces zonages définis, les trajets dont la classification n'a pu être réalisée par regroupement et qui n'ont pas été identifiés comme transit sont à nouveau fournis à ces algorithmes, afin d'affecter la valeur du zonage déterminé.

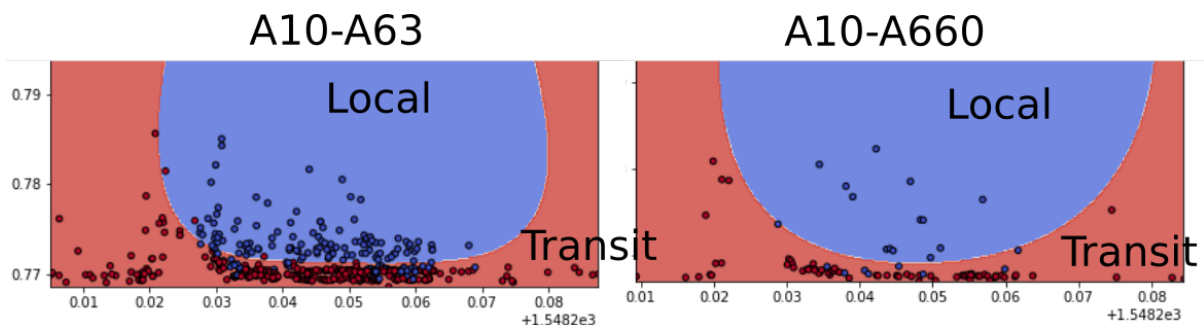


Illustration 25 : zonage de classification par analogie

Cette affectation par analogie présente de bon résultats (cf Illustration 26) bien que le nombre de PL affecté à du transit soit faible puisque cela n'impacte que les périodes de faible densité.

Pour les trajets à forte densité de PL, l'impact de traitement est faible (inférieur ou égal à 3%). Pour les trajets à faible densité (essentiellement les trajets depuis ou vers A89) cet impact peut monter jusqu'à 17 %. Toutefois, en nombre de PL identifiés en sus du traitement précédent, l'apport ne dépasse jamais 19 PL par jour.

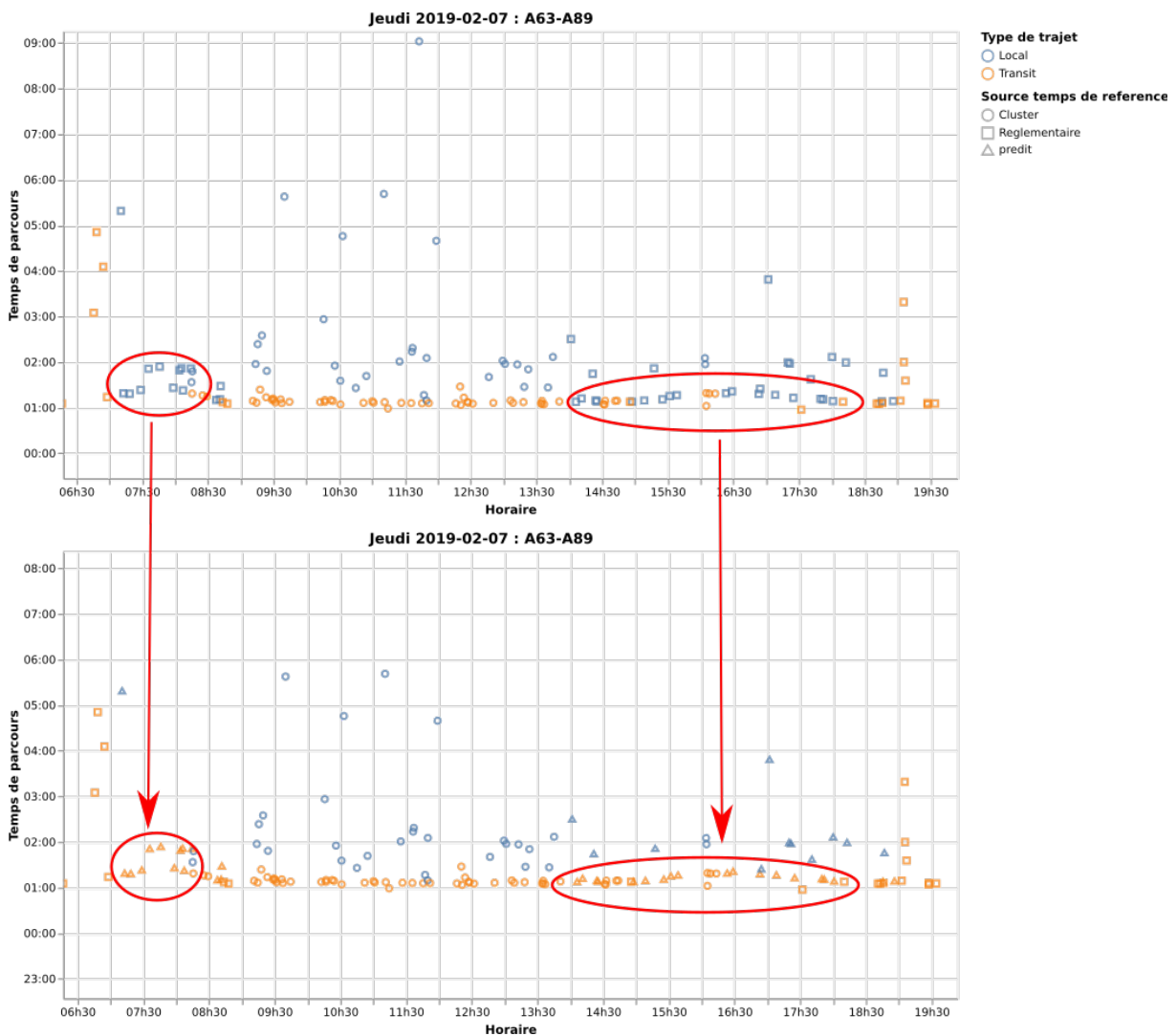


Illustration 26 : impact du temps maximal admissible par analogie

L'annexe 2.3 présente ces résultats.

6.4.3 - Cas des PL avec un temps de parcours difficilement classable

Pour rappel, l'illustration 20 présentait les PL sur le trajet A63 → N10, et a permis de distinguer 3 classes : les PL facilement identifiables en transit, les PL facilement identifiables en local, les PL difficilement identifiables.

Cette dernière catégorie se retrouve essentiellement pour les PL vers, ou à destination de A63.

Afin de classer ces véhicules, le Cerema est parti du postulat suivant : plusieurs aires de repos à forte capacité jalonnent l'A63 entre Cestas et la barrière de péage (aire des Gargails, aire de Lugos, aire de la Porte des Landes). Les PL peuvent donc s'arrêter sur ces aires, mais être tout de même considérés comme faisant du transit (puisque'ils ne chargent ni ne déchargent sur l'agglomération Bordelaise).

Afin de prendre en compte cette possibilité, le Cerema a décidé de classer un PL en transit si :

- le PL n'a pas été identifié en transit par les méthodes précédentes ;
- il parcourt un trajet depuis ou vers A63 ;
- il a été vu au point de mesure de Cestas sur A63.

Dans ce cas, le temps de parcours du PL utilisé pour la classification en transit n'est pas le temps de parcours entre A63 et son origine (ou sa destination), mais entre Cestas et son origine (ou sa destination).

Cela équivaut à considérer qu'un PL est en transit s'il parcourt un trajet depuis ou à destination de A63, peu importe le temps qu'il aura mis entre A63 et Cestas.

L'impact de cette prise en compte est très important (entre 12 % et 20 % de variation d'affectation sur les trajets à fort trafic jusqu'à plus de 60 % sur des trajets à faible trafic, (cf annexe 2.4) ce qui rend ce traitement indispensable, comme le montre l'illustration 27.

Ce traitement indique l'importance de la prise en compte des temps de pause dans la détermination des trafics de transit.



Illustration 27 : impact de la prise en compte des aires le long de A63

6.4.4 - Prise en compte des temps de pause / marge

Légalement, les chauffeurs PL sont tenus d'observer un temps de pause de 45 minutes minimum toutes les 4h30 de conduite. Ce temps peut être décomposé en 2 pauses de 15 et 30 minutes.

Cependant, sur la métropole bordelaise, les seuls points de repos notables pour le trafic de transit sont :

- les aires le long de A63 entre Cestas et la barrière de péage ;
- la station service de Gradignan située entre les sorties 16 et 17.

Bien sur, d'autres aires jalonnent la rocade et peuvent permettre à certains PL de faire le plein ou d'effectuer une pause courte (entre les sorties 26 et 27 sur la Rocade Est, 40b et 41 sur A10) mais

les capacités de ces aires sont limitées à quelques places.

Ainsi, la prise en compte des temps de pause est variable selon les trajets empruntés :

- pour les PL depuis ou à destination de A63, non vus à Cestas, le temps de pause accordé est de 60 minutes,
- pour les PL sans relation avec A63, le temps de pause accordé est de 15 minutes.

Ce choix se justifie par le fait que les PL depuis ou à destination de A63 peuvent effectuer leur pause réglementaire, tandis que les autres PL effectueront plutôt des pauses fonctionnelles.

Attention, dans le cas des trajets A63 ↔ A10 / N10, il a été démontré au chapitre 6.4.1 que le temps de parcours type est impacté par des PL ayant un temps de parcours supérieurs d'environ 20 minutes. Pour ces trajets, le Cerema retire donc 15 minutes du temps de pause.

L'illustration 28 permet de visualiser l'impact de ce temps de pause sur le trajet A63 → A10.



Illustration 28 : impact du temps de pause sur le nombre de PL en transit

Au vu des paramètres définis plus haut, l'impact du temps de pause est faible pour les trajets non relatifs à A63 (inférieur à 1 % soit 10 véhicules maximum en Moyenne Jour Ouvrés). Pour les autres trajets, l'impact reste mesuré, puisque tous les véhicules vus à la caméra de Cestas ne sont pas concernés. Ainsi, l'impact pour les trajets à forte densité de PL avoisine les 5 % d'augmentation du trafic de transit, pour un maximum de 65 PL nouvellement identifiés (en MJO).

L'annexe2.5 présente le détail des données.

6.4.5 - Correction / extrapolation des trajets

Le Cerema a souhaité prendre en compte la possibilité qu'un véhicule n'ait pas été détecté à l'une des caméras d'entrée ou de sortie du dispositif.

Deux cas de figure principaux ont été étudiés :

- le véhicule a pour origine ou destination A63 et a été vu à Cestas,
- tout autre trajets avec une des caméras d'entrée ou de sortie manquante.

6.4.5.1 - véhicule d'origine ou de destination de A63 et vu à Cestas

Les PL non photographiés lors de leur passage à la barrière de péage de Saugnacq-et-Muret et détectés au niveau de Cestas sont réaffectés à l'A63 s'ils remplissent l'un des critères suivants :

- le PL est vu dans le sens Nord-Sud à la barrière de péage d'A63 puis dans le sens Sud Nord à Cestas. Ce PL est affecté à la barrière de péage A63 dans le sens Sud Nord,
- le PL est vu dans le sens Nord-Sud à Cestas puis dans le sens Sud Nord à la barrière de péage d'A63. Ce PL est affecté à la barrière de péage A63 dans le sens Nord-Sud,
- le PL est vu dans le sens Nord-Sud à Cestas puis dans le sens Sud Nord à Cestas avec plus de plus de 1 jour d'écart. Ce PL est affecté à la barrière de péage A63 dans les deux sens.

Ce redressement impacte significativement le nombre de PL liés à Cestas et A63. La moitié des trajets initialement d'origine Cestas et de destination A10 ou N10 sont ré-affectés à l'A63. De même, environ 35 % des trajets à destination de Cestas en provenance de A10 ou N10 sont finalement affectés à A63.

L'annexe 2.6.1 détaille ces résultats et présente l'impact en nombre de véhicules (attention le nombre de véhicules est en MJO, or selon les trajets le nombre de jours ouvrés valides -cf chapitre 6.2.4- n'est pas identique, donc les gains et pertes paraissent décorrélés, ce qui n'est pas le cas si la somme de l'ensemble des trajets est étudiée).

6.4.5.2 - Extrapolation des trajets incomplets

Afin de ne pas minimiser les résultats obtenus, le Cerema a développé une méthode permettant de compenser les PL n'ayant pas été vu à la caméra d'entrée ou de sortie du dispositif.

Cette méthode repose sur les principes suivants :

- le PL a déjà été identifié au moins une fois sur le trajet de transit étudié,
- le PL n'est pas à destination de Cestas ou A63 (car traité au chapitre précédent),
- le PL parcourt un trajet pré-identifié (cf Annexe 2.6.2.1),
- la caméra suivant la dernière photographie est une des caméras « d'entrée » (A89, A10, N10, A63, A62) du dispositif.

Cette extrapolation n'apporte pas une correction très importante (moins de 1 % de nouveau trajets de transit, maximum de 18 trajets ajoutés sur A63 → N10, cf annexe 2.6.2.2), ce qui permet de valider les résultats précédemment obtenus.

6.5 - Calcul du pourcentage de PL en transit

6.5.1 - Méthodologie

Comme défini au chapitre 6, le pourcentage de PL en transit est déduit de la liste des trajets de transit précédemment calculée.

En effet, cette liste contient l'intégralité des passages relevant de transit, agrégés selon les itinéraires recherchés. Le Cerema a donc extrait les passages compris dans cette liste et les a comparés à l'intégralité des passages relevés par les caméras.

Attention, afin de produire le chiffre le plus précis possible, le Cerema a également pris en compte les passages non vus par les caméras, c'est-à-dire :

- les passages de début ou de fin de trajet issus de l'extrapolation des trajets incomplets (cf chapitre 6.4.5.2),
- les passages au niveau de la Rocade Est pour les trajets passant par ce point (au vu de la répartition Est – Ouest -cf chapitre 6.6-, tous les passages en transit fictifs sont considérés comme passant par la Rocade Est).

6.5.2 - Fiabilité

Le calcul du pourcentage de PL est directement issu des relevés LAPI, or ces derniers ont des taux de détection variables entre les différentes caméras ainsi qu'entre les différentes périodes de la journée.

Afin d'illustrer la fiabilité du taux de PL en transit issu du LAPI, le Cerema a comparé le nombre de PL détectés avec le nombre de PL relevé par les systèmes de comptages des gestionnaires (nombre de PL corrigé selon la définition d'un PL par le gestionnaire, cf chapitre 6.2.4.2).

Deux cas de figures existent :

- Le système LAPI a détecté moins de PL que le système de comptage du gestionnaire (exemple illustration 29, rocade est). Dans ce cas le pourcentage de PL en transit varie entre :
 - une valeur maximale calculée en considérant l'intégralité des PL non détectés par le LAPI comme des PL en transit,
 - une valeur minimale calculée en considérant qu'aucun des PL non détectés par le LAPI est en transit.
- Le système LAPI a détecté plus de PL que le système de comptage du gestionnaire (exemple illustration 30 sur A10).

Dans ce cas le pourcentage de PL en transit varie entre

- une valeur maximale égale au pourcentage PL issu du LAPI,
- une valeur minimale calculée en considérant que l'ensemble des PL détectés par le LAPI, et non vus par le gestionnaire, ne sont pas des PL.

Les deux schémas ci-après présentent la variation de fiabilité pour le site de la Rocade Est et pour

le site de l'A10. La courbe bleue représente le nombre de PL détectés par le LAPI, la courbe orange représente le nombre de PL détecté par les boucles de comptage du gestionnaire. La courbe verte traduit le pourcentage de PL en transit issu du LAPI, la zone vert clair qualifie l'intervalle de confiance du pourcentage de PL en transit.

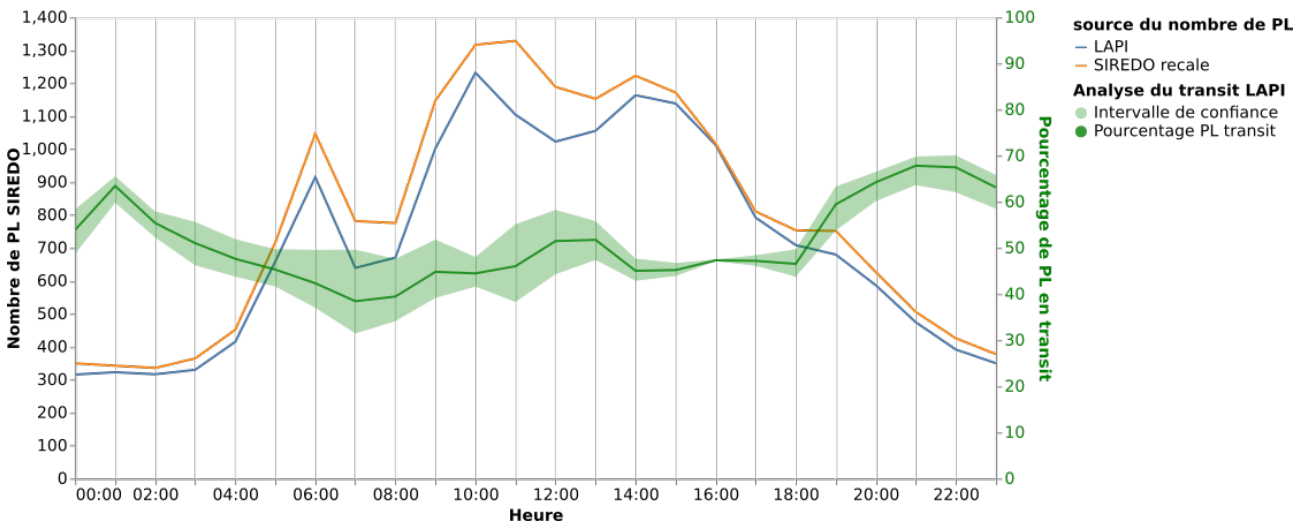


Illustration 29: Nombre de PL détectés et taux de PL en transit avec intervalle de confiance sur rocade Est

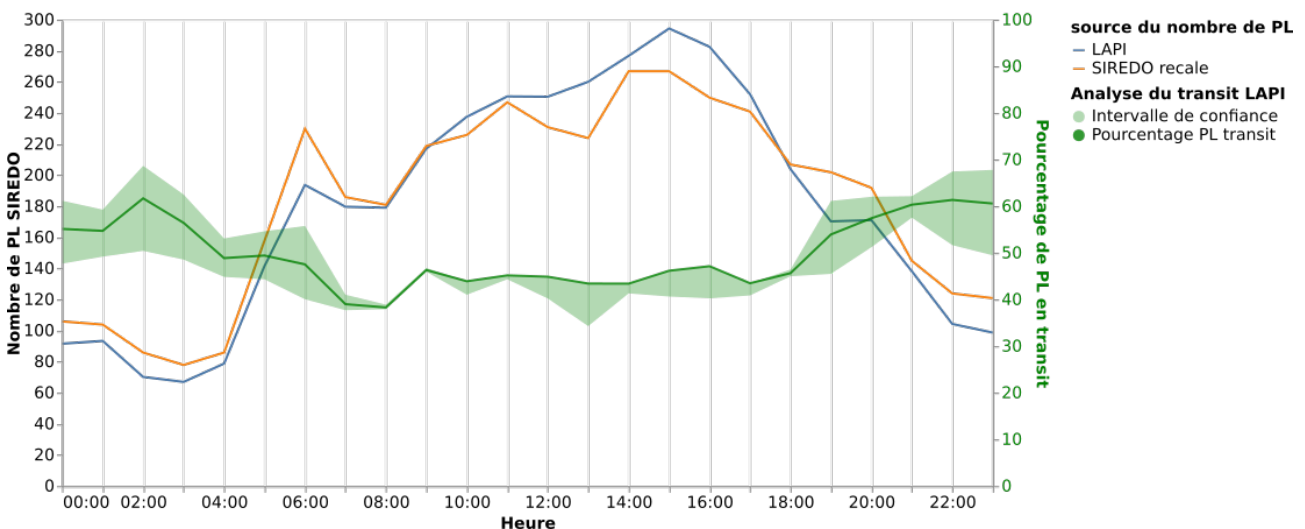


Illustration 30: Nombre de PL détectés et taux de PL en transit avec intervalle de confiance sur A10

L'annexe 3.1 permet de consulter ce graphique pour les sites de l'A63, A10, N10, A62 et A89.

Les intervalles de confiance de l'ensemble des sites d'entrée / sortie (A10, N10, A89, A63, A62) sont bons (inférieurs à 10%) pour la période entre 8 h et 17 h. Sur les autres périodes de la journée, les intervalles peuvent atteindre 20 %, ce qui s'explique par le faible nombre de PL par heure (de nuit) ou par des taux de détection moins importants (heure de pointe).

Sur la Rocade Est, les intervalles de confiance atteignent leur maximum (15%) à 7 h, ce qui corrobore la conclusion précédente : la diminution du nombre de PL associé à la congestion impacte la fiabilité des résultats présentés.

Ces bons résultats sont également expliqués par l'affinage du nombre de PL comptés par les gestionnaires en fonction de la catégorisation des PL (cf chapitre 6.2.4.2)

En effet, le recalage des PL issus des comptages gestionnaires diminue notablement le nombre de PL à comparer avec les données LAPI, ce qui permet de réduire l'intervalle de confiance calculé ci-dessus.

L'annexe 3.2 permet de consulter ce graphique pour les sites de l'A62 et A89 (pour l'A63, A10 et N10 le gestionnaire a fourni des données constituées uniquement des PL équivalent au LAPI)..

Les différents calculs et vérifications montrent que les pourcentages de PL en transit horaire en moyenne jours ouvrés sont fiables et peuvent donc être appliqués aux données de comptage du gestionnaire, en s'affranchissant des intervalles de confiance.

L'illustration 31 est un exemple type appliqué aux relevés de comptage de la rocade Est.

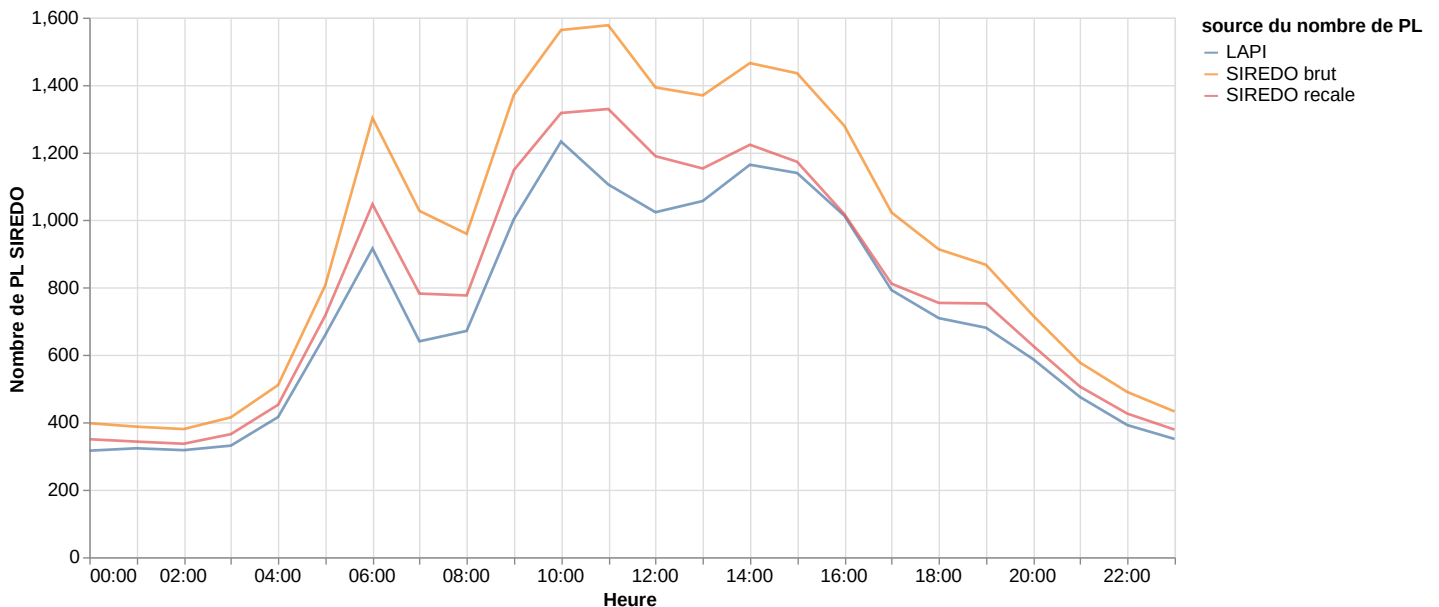


Illustration 31: nombre de PL détectés selon les sources (lapi, siredo, siredo recalé) sur la rocade Est

6.6 - Premiers résultats

L'illustration 32 présente la matrice des nombres de véhicules par trajet en moyenne par jours ouverts sur la période de mesure.

destination origine	A10	A62	A63	A89	N10	Total
A10	NC	384	616	23	NC	1023
A62	403	NC	35	67	421	926
A63	664	26	NC	171	2986	3847
A89	21	55	189	NC	NC	265
N10	NC	318	2402	NC	NC	2720
Total	1088	783	3242	261	3407	

Illustration 32 : matrice origine - destination du nombre de PL en transit

Le trajet N10 ↔ A63 supporte 60 % du trafic de transit, le deuxième trajet ne supporte que 15 % du trafic de transit (A63 ↔ A10).

De façon plus globale, les échanges entre A63 ou A62 et A10 ou N10 supportent l'intégralité du trafic de transit (93%).

Le diagramme suivant synthétise ces résultats.

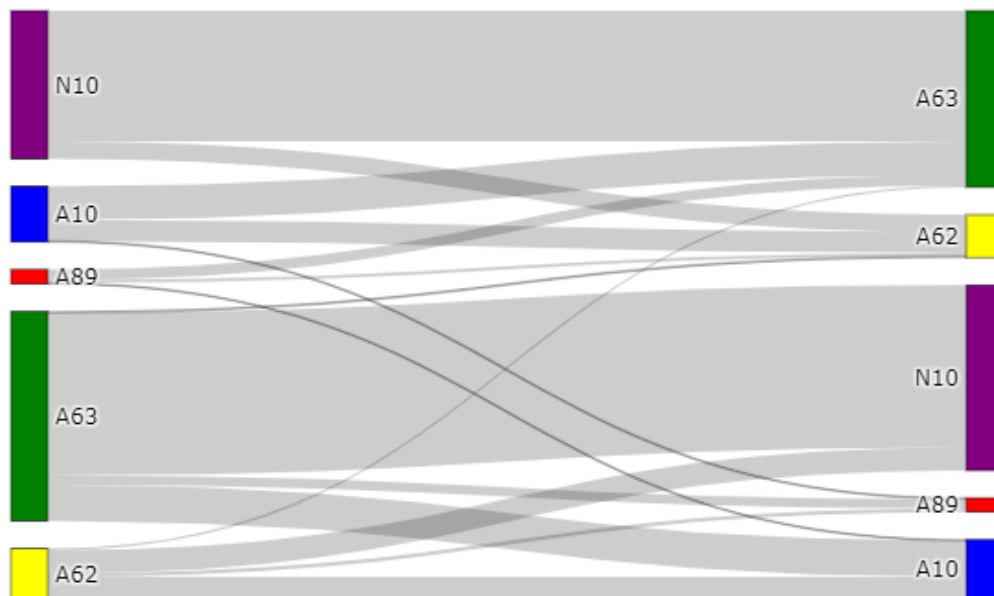


Illustration 33: origines – destinations des flux de PL en transit

En moyenne, sur l'ensemble des sites instrumentés, la part du trafic de transit PL est de 49 %. La répartition par site est la suivante :

- la N10, l'A63 et l'A10 présentent une part de trafic en transit autour de 50 %,
- l'A62 et l'A89 présentent des parts de trafic en transit respectivement de 30 % et 15 %,
- la rocade Ouest et la Rocade Est supportent respectivement 4 % et 49 % de trafic en transit.

Cette part de trafic en transit permet de calculer le nombre réel de PL en transit sur la base de données fournies par les gestionnaires. L'annexe 4 présente ces résultats.

7 - Conclusions

Le taux de PI en transit a été quantifié sur la base d'un réseau d'une vingtaine de caméras de type LAPI, implantées sur différents sites stratégiques autour de l'agglomération bordelaise.

La campagne de mesure a mis en évidence la nécessité de compléter les données collectées à l'aide d'algorithmes adaptés.

En effet, bien que les données constructeur sur les capacités des caméras permettaient de bons taux de détection et de discrimination des différents types de véhicule, les réalités du terrain réduisent sensiblement la qualité des données collectées. Les congestions de trafic, les conditions nuit/jour, les conditions météo, peuvent significativement dégrader le nombre de détections ou la discrimination du type de véhicule, voire les deux.

Cependant, en intégrant les données issues des boucles de comptage placées sur le réseau routier à proximité des caméras, et en les associant d'une part aux algorithmes de reconnaissance de forme et d'autre part aux algorithmes de qualification des plaques, il a été possible de déterminer les taux de détection à chaque point de mesure et de qualifier le type VL/PL des véhicules détectés sur l'ensemble des images.

Par ailleurs, grâce aux caractéristiques intrinsèques de certains points de mesures tels que les barrières de péage de l'A63, une part importante de flux de PL a pu être qualifiée avec certitude. D'autres sites instrumentés, comme Cestas, ont fourni une information précieuse pour la discrimination des PL en transit selon le temps de parcours prenant en compte les pauses sur les aires de repos. Cette détermination pourrait être encore plus efficace grâce à l'appui de données FCD (Floating Car Data) fournissant une analyse spatio-temporelle des trajets de PL en transit.

Finalement, les différents processus mis en œuvre permettent d'atteindre, pour plus de 70 % des clichés enregistrés dans la base, un taux de fiabilité de 75 % sur la qualification des types de véhicules, ce qui est suffisant pour analyser les flux de transit PL et bien supérieur au niveau de représentativité associé aux enquêtes classiques « d'interviews » et « cordons ».

La part de PL en transit sur la rocade est d'environ 50 % sur la rocade Est et négligeable à l'Ouest. Ce taux varie en journée de 40 % à 50 % entre les heures de pointe du matin et du soir, pour s'établir entre 50 % et 70 % la nuit.



Cerema Sud-Ouest

rue Pierre Ramond – CS 60013 – 33166 Saint-Médard-en-Jalles – Téléphone +33 (0)5 56 70 66 33 – www.cerema.fr
Siège social : Cité des mobilités – 25, avenue François Mitterrand – CS 92 803 – F-69674 Bron Cedex – Tél : +33 (0)4 72 14 30 30

Cerema Effi-sciences intègre le réseau des instituts Carnot

