



IBSR

Que nous apprennent les données GPS sur la vitesse sur nos routes ?

Mesure de comportement vitesse hors agglomération 2015

Que nous apprennent les données GPS sur la vitesse sur nos routes ?

Mesure de comportement vitesse hors agglomération 2015

Rapport de recherche n° 2016-R-03-FR

D/2016/0779/49

Auteurs: Trotta Marie

Editeur responsable: Karin Genoe

Editeur: Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière

Date de publication : 20-04-2016

Veuillez faire référence au présent document: de la manière suivante: Trotta. M .Que nous apprennent les données GPS sur la vitesse sur nos routes ? (2016) Mesure de comportement vitesse hors agglomération 2015.

Bruxelles, Belgique: Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière

Dit rapport is eveneens beschikbaar in het Nederlands onder de titel: Wat vertellen gps-data over de snelheid op onze wegen? Gedragsmeting: snelheid buiten de bebouwde kom 2015

This report includes an English summary.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	5
Executive summary	8
1 Introduction	11
1.1 La vitesse et le risque d'accident	11
1.2 La vitesse comme mesure de comportement	12
1.3 La mesure de 2015 établie grâce aux floating car data	12
2 Méthode	14
2.1 Description générale des « floating car data »	14
2.2 FCD (données brutes provenant de Be-Mobile)	14
2.3 Sélection des tronçons d'étude	15
2.4 La pondération spatiale et temporelle des données	17
2.5 Détermination des vitesses libres	19
2.6 Les indicateurs de comportement vitesse	20
3 Résultats	23
3.1 Véhicules légers	23
3.1.1 Vitesse moyenne et V85 selon le régime de vitesse pour la Belgique et les régions	23
3.1.2 Analyse des vitesses journalières et horaires	25
3.1.3 Analyse des variabilités mensuelles	27
3.1.4 Distribution des infractions	28
3.2 Camions	30
3.2.1 Analyse de la vitesse moyenne et de V85	30
3.2.2 Analyse des vitesses journalières et horaires	32
3.2.3 Analyse des infractions	34
4 Discussion	36
4.1 Objectifs	36
4.2 Sommaire des résultats de 2015	36
4.2.1 Véhicules légers	36
4.2.2 Camions	37
4.3 Évolution de la mesure de comportement - vitesse	37
4.4 Relations entre la mesure de comportement vitesse et la mesure d'attitude 2015	38
4.5 Impact de la méthodologie sur l'analyse de l'évolution	40
4.6 Comparaisons internationales	40
5 Conclusion et recommandations	42
5.1 Conclusions	42
5.2 Recommandations	42
Liste des tableaux et figures	44

Références	45
Annexe	47

Remerciements

L'auteur et l'Institut Belge pour la Sécurité Routière tiennent à remercier les personnes et organisations suivantes pour leur contribution très appréciée à cette étude :

- ▶ L'entreprise Be Mobile pour nous avoir fourni les données de vitesse dans un format adapté à nos analyses et pour leur coopération sur le traitement de celles-ci.
- ▶ François Riguelle, ancien collaborateur de l'IBSR, ayant contribué aux aspects méthodologiques de sélection des sites de mesure.
- ▶ Kevin Diependaele, collaborateur à l'IBSR, pour la supervision de cette étude et ses précieux conseils analytiques.
- ▶ Emmanuelle Dupont, collaborateur de l'IBSR et Marie-Soleil Cloutier, professeur à l'Institut National de la Recherche Scientifique canadien pour leur relecture critique du rapport. Seul l'auteur reste toutefois responsable du contenu final du rapport.
- ▶ « Vertalingen Inez » qui a traduit le rapport du français vers le néerlandais, ainsi que Peter Silverans de l'IBSR pour les contrôles de la langue et la vérification de la traduction en néerlandais et Philip Temmerman pour la mise en forme du rapport final.

RÉSUMÉ

Objectif

La vitesse excessive ou inadaptée est un facteur majeur d'insécurité routière. Pour pouvoir agir contre ce phénomène et évaluer les effets de mesures mises en place, il est dès lors important d'assurer un suivi des vitesses pratiquées sur le réseau routier.

L'IBSR réalise depuis plus de dix ans des mesures du comportement des automobilistes en matière de vitesse. L'objectif de ces mesures est de fournir un panorama de la vitesse libre pratiquée par les conducteur et d'en suivre l'évolution sur plusieurs années. Cette mesure doit répondre à la question : les conducteurs conduisent-ils globalement plus ou moins vite que les années précédentes et qu'observe-t-on comme tendance depuis l'introduction de la mesure en 2003 ?

Toutes les mesures précédentes de l'IBSR ont le point commun d'avoir été effectuées à l'aide d'appareils placés le long des routes et étant, soit autonomes (radars de vitesse), soit manipulés par un observateur (pistolets lasers). Ces méthodes ont prouvé leur fiabilité mais ne sont néanmoins pas sans inconvénient. Pour obtenir des données suffisamment représentatives pour la Belgique, la vitesse doit être mesurée dans un nombre important d'endroits (typiquement 30 par type de route), ce qui représente un coût et une logistique importante. Jusqu'à présent les campagnes de mesure se limitaient à environ une semaine d'observations par tronçon analysé, n'offrant qu'une fenêtre temporelle limitée.

Les limitations des techniques traditionnelles de mesure de vitesse (nombre restreint de sites d'observations, conditions météorologiques impactant sur le calcul des indicateurs, etc.) ont poussé l'IBSR à se pencher sur d'autres façons de récolter des informations sur la vitesse des utilisateurs du réseau routier. Une manière alternative innovante est d'utiliser des données de véhicules flottant (floating car data ou FCD). Les floating car data font référence aux données provenant de véhicules formant un échantillon permettant d'évaluer l'état de l'ensemble du trafic (Pfoser, 2008). Elles comprennent des données de base sur le véhicule telles que la vitesse, la direction et surtout la position du véhicule. De plus, une information temporelle est également associée à cette position. Dans la suite de ce rapport, l'utilisation du terme floating car data fera référence aux données récoltées grâce à des systèmes de positionnement sur les véhicules.

Les indicateurs de 2015 sont construits, de manière inédite, sur cette source de données. Cette nouvelle méthodologie introduit une rupture dans la méthodologie de calcul des indicateurs utilisée précédemment, réduisant la comparabilité des résultats. Toutefois, l'utilisation des FCD offre de nouvelles perspectives pour les mesures futures de comportement de vitesse. Elle augmente la représentativité spatiale et temporelle des indicateurs. De plus, elles permettront à l'avenir des analyses complémentaires sur le profilage du type de conducteurs selon leur attitude en matière de vitesse.

Les vitesses pratiquées sont calculées pour différents régimes de vitesse et types de véhicules. Le présent rapport analyse les régimes hors agglomération (régimes de vitesse supérieurs ou égaux à 70 km/h) en distinguant les véhicules légers (voiture ou camionnette utilitaire légère) des camions ou assimilés. Les régimes de vitesse en agglomération (30km/h et 50 km/h) ont été analysés par la mesure radar classique et font l'objet du rapport « Trop vite en agglomération – Résultats de la mesure de comportement vitesse en 2015. » (Temmerman, 2016).

Ce rapport poursuit un double objectif : expliciter les changements méthodologies liés à l'introduction d'une nouvelle source de données (les FCD) pour la mesure de comportement vitesse et présenter les résultats des indicateurs pour l'année 2015.

Méthodologie

Les FCD sont des données récoltées sur base de systèmes « flottants » de mesures, c'est-à-dire des véhicules circulant dans le flux de trafic. En équipant ces véhicules de modules de localisation (GPS, téléphone mobile) et de systèmes de communication reliés à un système central pouvant entrer en liaison avec les véhicules traceurs, des données sur la position et d'autres caractéristiques de ces véhicules peuvent être récoltées à intervalles rapprochés (souvent en temps réel).

La base de données concernait en janvier 2015 environ 450 000 véhicules sur le Benelux, dont 200 000 qui circulent régulièrement en Belgique. 500 sites et quatre mois d'observation servent à calculer les indicateurs de 2015. Au total, plus de 6 millions d'observations ont été analysées pour construire les indicateurs présentés dans ce rapport. Ainsi, grâce aux FCD, la couverture spatiale et temporelle des observations de vitesse a été améliorée par rapport aux mesures précédentes.

L'introduction d'une nouvelle source de données a requis certaines adaptations méthodologiques. La première concerne la définition du concept de vitesse libre. La distance entre véhicules n'étant pas disponible, la méthodologie utilise une approche probabiliste modélisant les vitesses libres. Les périodes de congestion sont identifiées par une diminution horaire marquée de la vitesse moyenne.

Une seconde adaptation concerne la classification des véhicules. La longueur des véhicules n'étant plus disponible, cette classification (réalisée par Be-Mobile, le fournisseur de données) utilise une approche probabiliste basée sur leur profil de vitesse. La méthode distingue les véhicules légers des camions.

Les indicateurs suivants sont calculés : vitesse moyenne, percentile 85 (le V85) des vitesses, pourcentage d'infractions et pourcentage d'infractions de plus de 10km/h pour les véhicules légers et pour les camions pour les types de routes suivantes : autoroutes, routes deux bandes (120 et 90 km/h), routes une bande (90 et 70km/h). Afin d'obtenir des indicateurs représentatifs de la totalité de la population de conducteurs belges, la pondération de la moyenne et du V85 tiennent compte de la variabilité et du volume de trafic par site d'étude.

Résultats – Véhicules légers

Les vitesses moyennes sont supérieures à la vitesse maximale autorisée pour les régimes hors agglomération : autoroutes, deux bandes (90 km/h) et une bande (70km/h).

Les V85 sont très élevés pour tous les régimes. Les différences entre la vitesse moyenne et le V85 soulignent la grande variabilité des vitesses pratiquées par les conducteurs.

Le nombre d'infractions pour la Belgique est compris entre 30 % et plus de 60 % selon le régime. Le régime deux bandes (90 km/h) est celui pour lequel on observe la plus grande part d'infractions (plus de 60 %) dont 40 % sont supérieures à 10 km/h au-dessus de la limitation.

Au niveau temporel, les vitesses pratiquées par les véhicules légers sont plus élevées de nuit et pendant les jours de weekend. Sur les autoroutes, la vitesse moyenne atteint 128 km/h de nuit. Sur les routes deux bandes (90 km/h), aux alentours de 100 km/h avec peu de variations horaires. Les régimes une bande (70 et 90 km/h) ont des vitesses inférieures ou proches de la limitation pendant la journée. La nuit par contre, les vitesses moyennes augmentent au-dessus de cette limitation.

Au niveau spatial, des différences régionales s'observent pour les véhicules légers avec des mesures plus élevées en Wallonie qu'en Flandre sur tous les régimes de vitesse excepté le régime une bande (70km/h).

Tous les indicateurs confirment que le régime deux bandes (90km/h) est celui pour lequel les automobilistes ont le comportement le plus irrespectueux des limitations de vitesse. Ils soulignent également l'importance de différencier les régimes une bande et deux bandes dans le calcul des indicateurs.

Résultats – Camions

Les vitesses moyennes des poids lourds sont toutes en dessous de la limitation de vitesse et ne dépassent pas les 90km/h, quel que soit le régime de vitesse.

Les V85 sont très proches des vitesses moyennes pour les régimes de vitesse supérieurs ou égaux à 90 km/h, validant l'efficacité des limiteurs de vitesse.

Les régimes une bande 70 km/h et 90 km/h apparaissent comme problématiques. Les vitesses de nuit y sont supérieures à la limitation de vitesse.

Concernant les infractions de vitesse, près d'un camion sur quatre est en infraction et un sur dix en infraction grave (+ de 10 km/h au-dessus de la limite) pour le régime à 70 (km/h). Ce chiffre monte à près d'un camion sur deux pour le régime une bande (90 km/h) avec près de un sur trois en infraction grave.

Discussion et Conclusions

Dans l'ensemble, les belges roulent trop vite en 2015. Le calcul des indicateurs nous permet d'identifier les régimes comme les plus problématiques en terme de non-respect des limitations de vitesse. Il s'agit principalement des autoroutes et des routes deux bandes (90km/h). Ces régimes présentent des vitesses moyennes horaires élevées et un nombre inquiétant (supérieur à 30 % des observations) d'infraction de plus de 10 km/h.

Les vitesses de 2015 sont supérieures à celles observées lors des précédentes mesures de comportement. Ces résultats sont toutefois à nuancer étant donné la rupture méthodologique introduite par la nouvelle source de données : les floating car data. Ainsi, les vitesses élevées observées peuvent s'expliquer par des modifications des comportements des conducteurs mais également par des modifications dans l'échantillonnage du trafic. Les résultats de 2015 doivent toutefois être traités avec prudence. Les recherches futures chercheront à mieux comprendre d'où proviennent les différences observées avec les mesures radar.

Les moyens d'agir sur les vitesses pratiquées et sur leur hétérogénéité se répartissent généralement, entre les mesures d'infrastructure, l'éducation et sensibilisation, la répression et l'adaptation des véhicules. Les résultats plus performants de pays voisins doivent inspirer la Belgique dans sa politique de lutte contre les infractions de vitesse.

D'un point de vue méthodologique, les résultats de 2015 montrent que, bien que les FCD ne soient pas conçus pour cela, ils permettent de calculer des indicateurs de vitesse libre à un niveau de précision acceptable. Ils requièrent un certain nombre d'adaptations méthodologiques afin de tenir compte de leurs caractéristiques. Dans cette étude, nous avons adopté une approche probabiliste afin de détecter les problèmes de congestion (à savoir des vitesses d'écoulement, non-libres). Les efforts futurs porteront sur la validation de cette approche, ainsi que sur la différenciation des profils de vitesse à partir de différents types d'utilisateur / d'appareils.

EXECUTIVE SUMMARY

Goal

Excessive or inappropriate speed is a major factor for road unsafety. In order to counteract this dangerous behaviour and assess the effects of the measures put in place, it is important to monitor the driving speeds on the road network.

For more than ten years, the BRSI has been performing measurements on road drivers' speed behaviour. The goal of these measurements is to provide an overview of the driver's free flow speed and monitor its evolution throughout several years. This measurement must give an answer to the following question: do drivers drive globally faster or slower than they did during the previous years and what is the tendency observed since the introduction of the measurement in 2003?

All previous BRSI measurements have one thing in common: they were all carried out by means of devices installed along the roads that were either autonomous (speed cameras) or handled by an observer (radar speed guns). These methods have proved their reliability but have their own drawbacks. In order to obtain data that are sufficiently representative of Belgium as a whole, the speed needs to be measured in a large number of locations (in about 30 per road type), which is costly and requires a lot of logistics. Until now, the measurement campaigns were restricted to about one week of observations for every road segment analysed, which only provides a small time-window. The limitation of traditional techniques for speed measurements (limited number of observation sites, weather conditions impacting on the computation of the indicators, and so on) have led BRSI to consider alternative ways to collect data on road users' speeds. An innovative alternative possibility is offered by floating car data (or FCD). Floating car data refer to vehicle data that may be considered as a representative sample of the whole traffic state (Pfoser, 2008). They include basic data on vehicles such as speed, direction and its position. Furthermore, a temporal record is also associated to this position. In the following of this report, the term "floating car data" refers to the data collected with those onboard positioning devices.

The 2015 indicators are computed for the first time on this data source. This new methodology introduces a break in the computation method compared to the previous speed indicators, which reduces the comparability of the results. However, the use of FCD opens up new perspectives for the future measurements on speeding behaviour. It increases the spatial and temporal representativeness of the indicators. Besides, they should give the opportunity to perform further studies on the profiling of road users and their attitudes with regard to speeding.

The driving speeds are calculated for different speeds regimes and types of vehicles. The present report analyses the regimes outside built-up areas (speed regimes superior or equal to 70 km/h) by distinguishing light vehicles (cars or light vans) from lorries or assimilated vehicles. The speed regimes in built-up areas (30km/h and 50 km/h) were analysed by the radar measurement and are dealt with in the report "Speed(ing) in built-up areas – Results of the BRSI behavioural survey speed in built-up areas in 2015." (Temmerman, 2016).

This report pursues a double goal: clarifying the methodological changes linked to the introduction of a new data source (FCD) for the speed behaviour measurement and presenting the results of the indicators for 2015.

Methodology

The FCD are data collected from « floating » systems of measurement, that is to say vehicles circulating in the traffic flow. By equipping these vehicles with localisation modules (GPS, mobile phone) and communication systems connected to a central system being able to get in touch with tracking vehicles, data on the position and other characteristics of these vehicles can be collected at close intervals (often in real time).

In January 2015, the database included about 450,000 vehicles for the Benelux countries, 200,000 of which regularly circulate in Belgium. 500 locations and four months of observations served for calculating the indicators of 2015. In total, more than 6 million of observations were analysed to build indicators

presented in this report. So, thanks to the FCD, the spatial and temporal cover of the speed observations has been improved in comparison with the previous measurements.

The introduction of a new data source has required some methodological adaptations. The first one is the definition of the free flow speed concept. As the distance between two vehicles is not available, the methodology resorts to a probabilistic approach modelling the free flow speeds. The congestions periods are identified by an hourly diminution of the mean speed.

The second one concerns the classification of vehicles. Given the fact that the vehicles' length is no longer available, this classification (performed by Be-Mobile, the data provider) uses a probabilistic approach based on their speed profile. The method makes a distinction between light vehicles and lorries.

The following indicators are calculated: mean speed, the 85 percentile (the V85) of the driving speeds and the percentages of speeding violations for the light vehicles and the lorries for all the following road types: motorways, two-lane roads (120 and 90 km/h), one-lane roads (90 and 70km/h). In order to obtain indicators representative of the population of Belgian drivers as a whole, the ponderation of the mean speed and the V85 takes into account the variability and the traffic volume per study site.

Results – Light vehicles

The mean speeds are superior to the maximum authorized speed for the regimes outside built-up areas: motorways, two-lane roads (90 km/h) and one-lane roads (70km/h).

The V85 are very high for all the speed regimes. The differences between the mean speed and the V85 underline the big variability of the drivers' speeds.

The number of speeding violations in Belgium varies from 30% to 60% according to the speed regime. The two-lane regime (90 km/h) is the one for which we observe the largest share of speeding offences (more than 60%), 40% of which are superior to 10 km/h above the speed limit.

As far as time is concerned, the driving speed of light vehicles is higher during the night and on weekend days. On motorways, speed amounts to 128 km/h during the night. On two-lane roads (90 km/h), it is around 100 km/h with few hourly variations. For one-lane speed regimes (70 and 90 km/h), the speeds are inferior or close to the speed limit during the day. On the contrary, during the night, the mean speeds are above this speed limit.

As far as space is concerned, there are regional differences for light vehicles with higher measurements in the Walloon provinces than in the Flemish provinces excepted for the one-lane speed regime (70km/h).

All the indicators confirm that the two-lane speed regime (90km/h) is the one with which drivers comply the least. These indicators underline the importance of distinguishing the one-lane speed regimes from the two-lane speed regimes in order to calculate the indicators.

Results – Lorries

The lorries' mean speeds are all below the speed limit and do not exceed 90km/h, irrespective of the speed limit.

The V85 are very close to the mean speed for the speed regimes superior or equal to 90 km/h, which shows the efficiency of the speed limiters.

The one-lane 70km/h and 90km/h speed regimes seem to be problematic. During the night, the speeds are superior to the speed limit.

With regard to speed violations, almost one lorry out of four commits a speeding offence and one out of ten commits an excessive speeding offence (more than 10 km/h above the speed limit) for the 70km/h speed regime. For the one-lane 90km/h speed regime, it concerns one lorry out of two with about one out of three committing a serious speeding offence.

Discussion and conclusions

In general, Belgian drivers drive too fast in 2015. The computation of the indicators enables us to identify the most problematic speed regimes as far as non-compliance with the speed limits is concerned. It mainly concerns motorways and two-lane roads (90km/h). These speed regimes present high hourly mean speeds and an alarming number (more than 30% of the observations) of speeding violations of more than 10 km/h.

The 2015 driving speeds are superior to those observed during the previous behavioural measurements. These results should nonetheless be nuanced given the methodological break created by the new data source, i.e. the floating car data. So, the high speed observed can be explained by the modifications of drivers' attitudes but also by modifications in the traffic sampling. However, the 2015 results should be treated with caution. The future searches will try and better understand the origin of the differences observed with the radar measurements.

The ways to influence the driving speeds and their heterogeneity are generally spread over the infrastructural, educational, awareness-raising, enforcement and vehicle adaptations measures. The better results from the neighbouring countries must inspire Belgium in its struggle against speeding.

From a methodological point of view, the 2015 results show that although the FCD are not designed for that purpose, they enable us to calculate the free flow speed indicators in a quite accurately way. They require a certain number of methodological adaptations in order to reckon with their characteristics. In this study, we have adopted a probabilistic approach with the view to identifying the congestion problems (that is to say "speeds that are not free-flow). The future efforts will focus on the validation of this approach and on the differentiation of the speed profiles from different types of users/devices.

1 INTRODUCTION

1.1 La vitesse et le risque d'accident

La vitesse excessive ou inadaptée est un facteur majeur d'insécurité routière. Le lien entre la vitesse et le risque d'accident a fait l'objet de nombreuses recherches (récemment : Imprialou et al., 2016, Pei et al., 2012, Clarke et al., 2010, voir également la revue de littérature de Aarts & van Schagen, 2006).

La vitesse augmente tant le risque d'accident que la gravité. Une vitesse élevée augmente à la fois la distance de réaction et la distance de freinage, de sorte qu'il est plus difficile pour les autres conducteurs de réagir adéquatement. La quantité d'énergie libérée lors d'un accident est directement proportionnelle à la masse du véhicule concerné et au carré de vitesse au moment de l'impact. Si les automobilistes sont encore protégés par l'habitacle qui subit les déformations ainsi que par des airbags et leur ceinture de sécurité, les usagers faibles (piétons, cyclistes et motards), sans la protection d'un véhicule, sont plus à risque de blessures graves lors d'une collision. Le graphique ci-dessous illustre les différences de chance de survie entre les piétons et les passagers d'une voiture en fonction de la vitesse d'impact. La courbe grise montre le risque qu'un piéton soit mortellement blessé dans une collision. La courbe bleue montre ce même risque pour un passager de voiture. Précisons qu'il s'agit de la vitesse d'impact, inférieure à la vitesse de conduite puisque le conducteur freine généralement avant l'impact.

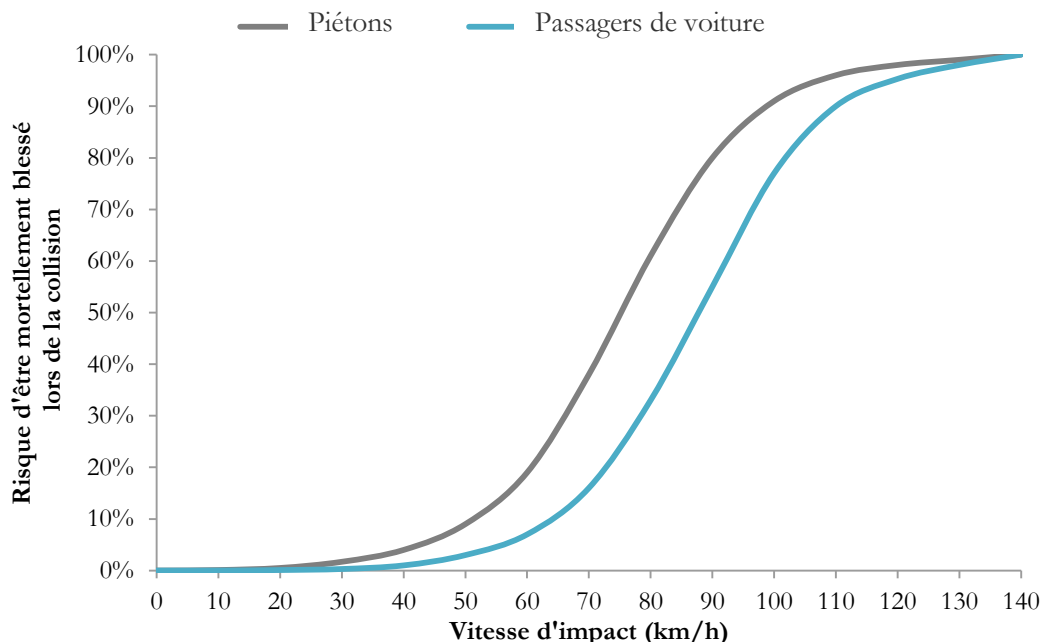


Figure 1: Risque d'être mortellement blessé lors de la collision en fonction de la vitesse d'impact. Source : Elvik (2009)- adapté de Rosén & Sander (2009) & U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (2005)

Pour un passager de voiture, le risque d'accident mortel est de 16 % pour une vitesse d'impact de 70 km/h mais il est plus de deux fois plus élevé pour un piéton (38 %). Une augmentation de 10km/h multiplie le risque par 2. Il passe à 33 % pour les passagers de voitures et à 61 % pour les piétons. Ainsi, une infraction de 10 km/h au-dessus du régime de vitesse de 70 km/h augmente fortement les risques d'accident mortel.

Ainsi, on estime généralement qu'environ 10 à 15% des accidents et 30% des accidents mortels sont liés directement à une vitesse excessive ou inadaptée (DaCoTa, 2012 ; Transportation Research Board, 1998; Bowie & Waltz, 1994). Les Belges la considèrent même, tout comme l'alcool, comme une des causes majeures d'accident en Belgique (d'après l'enquête nationale d'insécurité routière, IBSR 2015). La vitesse excessive est pourtant rapportée comme l'infraction la plus répandue au code de la route (Davey, 2007). Pour pouvoir agir contre le phénomène de la vitesse excessive et évaluer les effets de mesures mises en place, il est dès lors important d'assurer un suivi des vitesses pratiquées sur le réseau routier.

1.2 La vitesse comme mesure de comportement

Les statistiques concernant le nombre de victimes de la route ne suffisent pas pour évaluer le niveau de sécurité d'un système de transport. L'European Transport Safety Council (2001) a listé différentes raisons pour cela, librement traduites ci-dessous :

- Le nombre d'accidents et de victimes est sujet à des variations aléatoires dans le temps et dans l'espace de telle sorte qu'une tendance globale pourrait être temporairement cachée par des fluctuations à court terme ;
- Les statistiques d'accident souffrent d'un certain sous enregistrement. Une variation dans le taux de sous-enregistrement peut faire varier le nombre d'accidents connus d'une façon qui ne reflète pas le nombre réel d'accidents ;
- En plus des accidents effectifs, des conditions dangereuses peuvent conduire à des situations où des accidents sont évités de justesse. Ces situations ne sont pas répertoriées, bien qu'elles constituent aussi des symptômes de la dangerosité du système de transport ;
- Pour pouvoir développer des mesures visant à réduire le nombre d'accidents et de tués, il faut en comprendre les causes.

Il est donc nécessaire de compléter les données d'accidentologie par la récolte d'indicateurs de performance du système de transport. Les indicateurs de performance représentent toutes les mesures qui reflètent les conditions opérationnelles d'un système de transport qui influencent le niveau de sécurité de ce système (Hakkert, Gitelman & Vis, 2007). Un indicateur de performance est donc un outil d'aide à la décision et d'évaluation pour les responsables chargés de la sécurité routière. Il permet d'évaluer les priorités pour améliorer la sécurité en fonction des comportements observés. De plus, il dresse un comparaison des différentes entités (régimes routiers, pays, régions) entre elles.

L'IBSR réalise depuis plus de dix ans des mesures du comportement des automobilistes en matière de vitesse. L'objectif de la mesure de comportement est de fournir un panorama de la vitesse libre pratiquée par les conducteurs. Il est également de suivre l'évolution de la vitesse pratiquée par les conducteurs d'une année à l'autre. Cette mesure doit répondre à la question : les conducteurs conduisent-ils globalement plus vite ou moins que les années précédentes et qu'observe-t-on comme tendance depuis l'introduction de la mesure en 2003 ? Les premières mesures ont été développées à l'instigation de Commission Fédérale Sécurité Routière (CFSR). L'IBSR a ensuite reproduit des mesures identiques chaque année jusqu'en 2010, ainsi qu'en 2012 (Riguelle, 2013). Des mesures spécifiques concernant les autoroutes (Riguelle, 2012), les camionnettes (Riguelle & Roynard, 2014), les motocyclettes (Temmerman & Roynard, 2015) ou encore les régimes de vitesse en agglomération (Temmerman, 2016) ont également été réalisées.

1.3 La mesure de 2015 établie grâce aux floating car data

Toutes les mesures précédentes de l'IBSR ont le point commun d'avoir été effectuées à l'aide d'appareils placés le long des routes et étant, soit autonomes (radars de vitesse), soit manipulés par un observateur (pistolets lasers). Ces méthodes ont prouvé leur fiabilité mais ne sont néanmoins pas sans inconvénient. Pour obtenir des données suffisamment représentatives pour la Belgique, la vitesse doit être mesurée dans un nombre important d'endroits (typiquement 30 par type de route), ce qui représente un coût et une logistique importante. Les appareils peuvent être soit mobiles soit fixes. Jusqu'à présent les campagnes de mesure se limitaient à environ une semaine d'observations par tronçon analysé, n'offrant qu'une fenêtre temporelle limitée.

Les limitations des techniques traditionnelles de mesure de vitesse ont poussé l'IBSR à se pencher sur d'autres façons de récolter des informations sur la vitesse des utilisateurs du réseau routier. Une manière alternative innovante pour faire cela est d'utiliser des données de véhicule flottant (floating car data ou FCD). Les FCD sont des données issues des systèmes de communications équipant les véhicules ou leur conducteur (GPS, téléphones portables). Ces systèmes recueillent notamment de l'information sur le positionnement des véhicules qui, en étant récoltée de manière régulière, permet de déterminer la vitesse de déplacement des véhicules. La pénétration importante des technologies GPS dans la population donne un potentiel important aux FCD. Les données récoltées de cette manière permettent d'atteindre, du moins théoriquement, des couvertures spatiale et temporelle du trafic routier presque exhaustives. Elles

permettent aussi de s'affranchir des infrastructures traditionnelles nécessaires aux mesures de vitesse, d'où une réduction potentielle des coûts.

L'utilisation des FCD pour la mesure des indicateurs de vitesse est une approche originale pour laquelle il n'existe pas encore de recommandations méthodologiques internationales. En Israël, Bekhor (2013) a réalisé une première étude à l'échelle nationale du calcul des indicateurs de vitesse pour les voitures. Aux Pays-Bas, Aarts et al. (2015) ont étudié la possibilité d'utiliser les profils de vitesse calculés sur base des FCD (données TomTom) pour le calcul des indicateurs de vitesse. Les auteurs concluent que les FCDs peuvent, dans une certaine mesure, être utilisés pour mieux comprendre la distribution des vitesses au cours de l'année. En France, Bonnard et al. (2013) ont étudié les opportunités et freins au calcul des indicateurs de vitesse avec cette source de données. On peut s'attendre à l'avenir à un développement des indicateurs de vitesse à l'international sur les bases des données GPS.

Suite à une étude pilote interne concluant au potentiel des FCD, il a été décidé de calculer les indicateurs de vitesse pour 2015 sur la base de ces données. Ils ont été calculés pour les régimes de vitesse suivants : une bande (70 et 90 km/h), deux bandes (90 et 120 km/h) et autoroutes. Des données concernant près de 500 endroits du réseau routier belge pour les mois de janvier, avril, juillet et octobre 2015 ont été acquises auprès du fournisseur de données Be Mobile, dans le but de construire des indicateurs de comportement vitesse.

Néanmoins, les FCD présentent un défi méthodologique inédit. La définition de la vitesse libre est classiquement basée sur la distance entre véhicules. Cette distance n'est pas disponible pour les FCD de sorte que la définition de la vitesse libre doit être adaptée (Bekhor et al, 2015, Pasquale, 2015). D'un critère de distance purement déterministe, la vitesse libre doit dans ce cas être traitée par une approche probabiliste.

Le présent rapport décrit les critères de sélection des données utilisées, la méthodologie utilisée pour produire les indicateurs et analyse le résultat des indicateurs calculés. Il discute également les différences de méthodologies existantes entre le calcul des indicateurs par les FCD et les données radars ainsi que sur les biais pouvant exister dans la comparaison des indicateurs calculés.

2 MÉTHODE

Ce rapport est innovant dans le sens où il utilise une nouvelle source de donnée: les floating car data (« données de véhicule flottant ») pour calculer les indicateurs de vitesse. La méthodologie du calcul des indicateurs de vitesse a dès lors été adaptée afin de tenir compte des différences entre les caractéristiques des FCD et les données Radar.

2.1 Description générale des « floating car data »

Les FCD sont des données récoltées sur base de systèmes de mesures « flottants », c'est-à-dire des véhicules circulant dans le flux de trafic. En équipant ces véhicules de modules de localisation (GPS, téléphone mobile...) et de systèmes de communication reliés à un système central pouvant entrer en liaison avec les véhicules traceurs, des données sur la position et d'autres caractéristiques de ces véhicules peuvent être récoltées à intervalles rapprochés (souvent en temps réel).

Les FCD peuvent être récoltées à l'aide de véhicules actifs ou passifs. Les véhicules actifs sont des véhicules spécialement équipés et intégrés au trafic pour les besoins d'une étude, en demandant généralement à leur conducteur d'adopter une conduite similaire aux conducteurs environnants.

Dans cette étude, les données ont été récoltées en mode passif. Ce mode consiste à exploiter les systèmes embarqués à bords des véhicules de « Monsieur/Madame Tout-le-Monde », particuliers ou membres d'une flotte professionnelle. Le développement grandissant des systèmes GPS et des smartphones offre en effet une source de données importante. Ce système de récolte de données se basant sur les systèmes préexistants offre l'avantage pour les utilisateurs des données de ne pas devoir investir dans des appareils de mesure et de ne pas avoir de coûts et de contraintes d'installation. Il permet surtout de travailler sur base d'une flotte de véhicule bien plus importante que dans le cas d'études utilisant des véhicules actifs.

La récolte de données FCD sur la position des véhicules est effectuée pour cette étude selon la technologie GPS. Les GPS utilisent le positionnement dynamique par satellites pour déterminer la localisation d'un véhicule. Avec une suite de positions connues, les calculs de la vitesse, de la direction de déplacement et de la distance parcourue sont possibles. La précision des GPS est généralement élevée.

2.2 FCD (données brutes provenant de Be-Mobile)

La base de données de Be-Mobile concernait en janvier 2015 environ 450 000 véhicules sur le Benelux, dont 200 000 qui circulent régulièrement en Belgique. Elle est composée de trois sources distinctes. Premièrement, elle contient les enregistrements provenant des flottes de véhicules professionnels équipés de systèmes « track and trace » qui collectent et transmettent des données GPS en temps réel (environ 20 % des données). La seconde partie des données provient d'équipements mobiles tels que les systèmes de navigation et les systèmes d'alerte des contrôles de vitesse (50 % des observations). Enfin les 30 % restant proviennent d'applications smartphone. Ces appareils sont généralement attachés à un seul conducteur mais susceptibles d'être utilisés dans plusieurs véhicules. Les données de l'étude ont été enregistrées sur tous les jours des mois de janvier, avril, juillet et octobre 2015.

Les positions GPS des véhicules sont échantillonnées toutes les minutes, ce qui représente un compromis entre la précision et la difficulté de transmission, traitement et stockage des données. Elles sont ensuite converties en mesures de vitesse par segment routier. Cette opération technique, réalisée pour le fournisseur de données est décrite en détail par Vanlommel et al (2015). Elle est basée sur une modélisation du trajet suivi entre deux positions GPS émises et sur une décomposition du temps de parcours proportionnelle à la vitesse libre théorique des segments traversés.

De manière synthétique, le calcul est réalisé de la manière suivante. Le réseau routier est d'abord découpé en segments homogènes au point de vue du trafic et de la vitesse qui y sont attendus. À ces segments sont attribués une vitesse libre théorique dépendant de la limitation de vitesse et des temps de parcours mesurés précédemment. Typiquement, sur un segment routier sans embarras de circulation, la vitesse libre théorique sera proche de la limitation de vitesse. Après géolocalisation des coordonnées GPS récoltées, les trajets empruntés par les véhicules entre les points GPS sont reconstitués. Étant donné l'intervalle de 1 minute entre la mesure de deux positions GPS, il arrive fréquemment que plusieurs trajets possibles se trouvent entre deux points GPS mesurés. Pour déterminer quelle route est correcte, des algorithmes

prennent en compte les vitesses libres définies sur les segments routiers pour déterminer quel trajet a pu réalistement être emprunté par le véhicule.

Ensuite, les temps de parcours sur les différents segments routiers sont calculés. Là encore, des hypothèses doivent être établies sur le comportement des conducteurs de véhicules entre deux positions GPS connues. En effet, ceux-ci peuvent avoir adopté une vitesse constante ou variable entre ces deux positions. Pour déterminer les temps de parcours, Be-Mobile fait de nouveau appel aux vitesses libres définies sur les segments. Le temps de parcours du véhicule est alors attribué sur les différents segments proportionnellement aux vitesses libres attendues.

2.3 Sélection des tronçons d'étude

Le calcul des indicateurs est basé sur un nombre de segments représentatifs du trafic sur le territoire belge. Les FCD offrent l'avantage de multiplier le nombre de sites de mesures. Ainsi 500 segments ont été sélectionnés pour le calcul des indicateurs à des endroits où il n'existe que peu d'incertitude sur le trajet emprunté par les véhicules. En effet, l'enregistrement des positions des véhicules étant envoyé par intervalle d'une minute, cela implique des indéterminations sur les trajectoires suivies pour certains véhicules. La répartition des sites de mesure est illustrée à la Figure 1.

Aucun segment en agglomération n'a été sélectionné étant donné la haute densité de rues courtes rendant impossible l'identification du trajet suivi avec une incertitude acceptable. Les indicateurs sont donc calculés pour les régimes de vitesse égaux ou supérieurs à 70km/h. En outre, seuls des segments situés sur de longues portions de route sans intersections (ou avec des intersections avec des routes mineures) et où il n'y a pas de changement dans la vitesse attendue ont été conservés. Par exemple, sur les routes à 90 km/h, étant donné qu'un véhicule parcourt 1,5 km à 90 km/h en une minute (temps entre deux prises de position GPS), nous n'avons sélectionné que les segments au centre de sections de route uniformes de minimum 3 km sans croisement majeur ou changement de régime de vitesse. Suivant la même logique, les segments sur les routes à 70 et à 120 km/h ont été sélectionnés sur des portions de route homogènes de respectivement 2, 3 et 4 km.

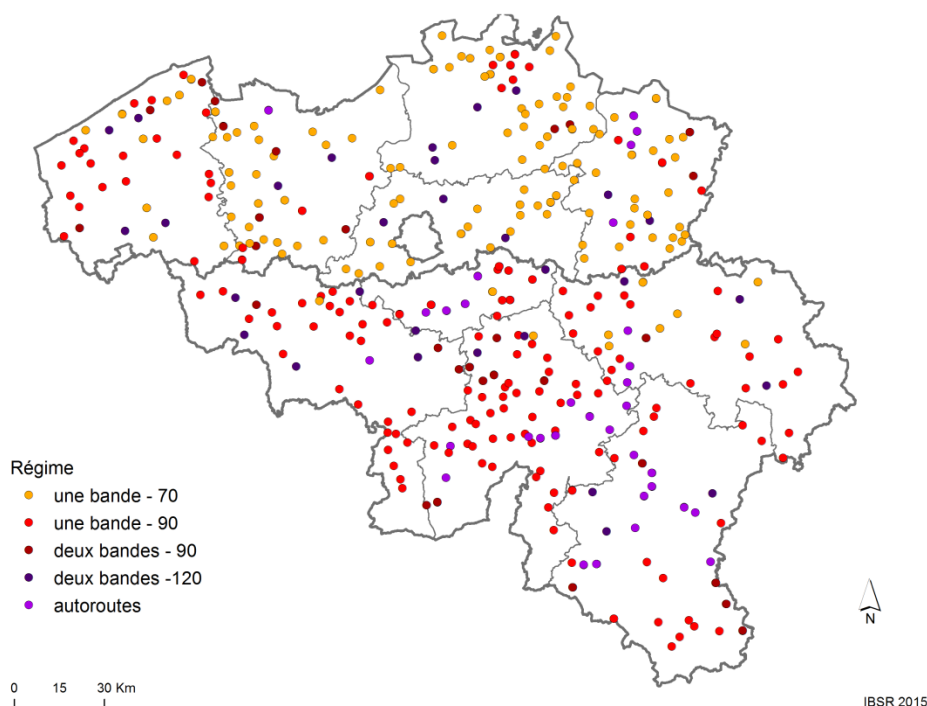


Figure 2: Points de mesure 2015 selon le type de régime

La Figure 3 illustre des exemples de segments retenus ou non:

- Le segment A se trouve sur une longue portion de route au régime de vitesse constant avec seulement des intersections avec des routes mineures. Il est donc approprié.

- Le segment B se trouve sur une longue portion de route au régime de vitesse constant. Il se trouve entre les bretelles d'entrée et de sortie de la route perpendiculaire menant aux villages voisins. Les véhicules allant ou venant de cette route n'influenceront donc pas les temps de parcours mesurés sur le segment. Il est donc approprié.
- Le segment C se trouve trop proche des intersections avec la N2 et la N264. Il est donc inapproprié.
- Le segment D se trouve sur une route sans intersection avec une autre route majeure mais son régime de vitesse n'est pas constant sur une distance suffisante. Il est donc inapproprié.

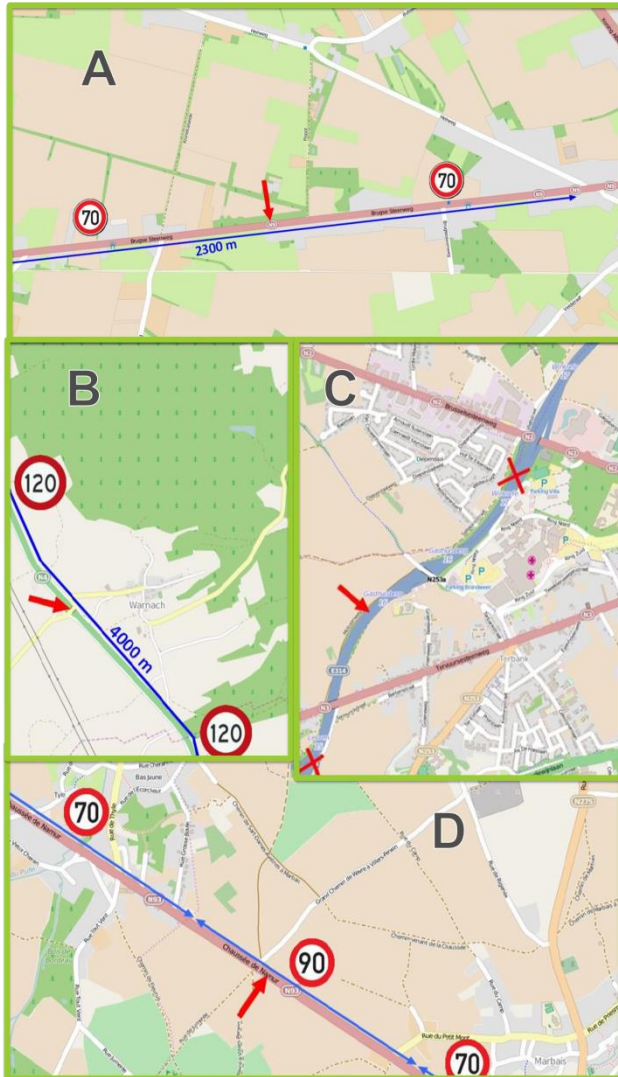


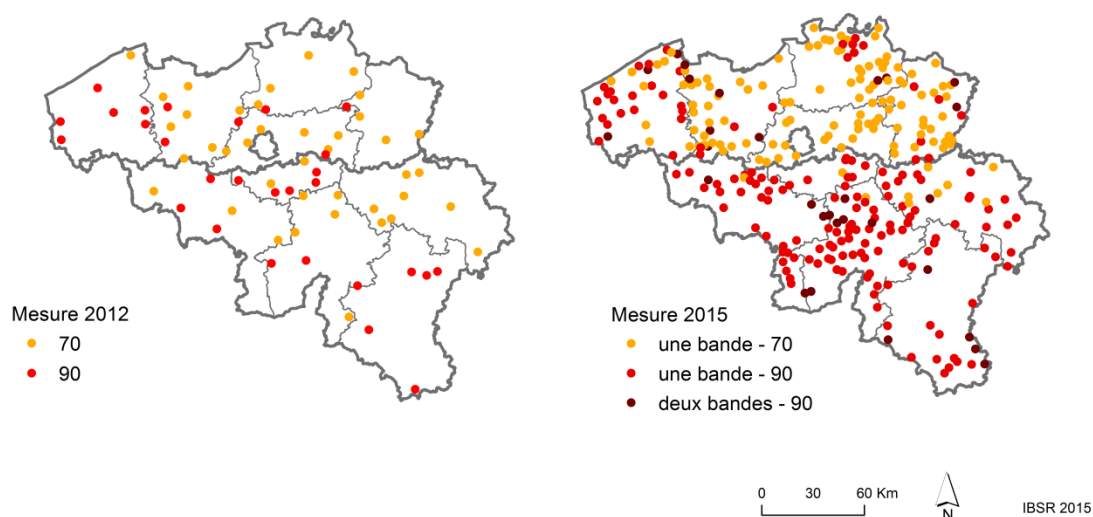
Figure 3: Choix des sites appropriés pour la mesure

Le Tableau 1 reprend la répartition des segments par type de route et par région. Le premier chiffre donne le nombre total et le chiffre entre parenthèses le nombre de sections pour un seul sens de circulation (en ne comptant qu'une fois deux segments sur la même section mais en sens opposé).

Tableau 1: Répartition des segments par type de route et par région

	Routes à 1 bande		Routes à 2 bandes		Autoroutes
	70 km/h	90 km/h	90 km/h	120 km/h	120 km/h
Flandre	145 (110)	53 (38)	26 (13)	10 (5)	15 (15)
Wallonie	20 (10)	128 (118)	32 (16)	54 (27)	15 (15)
Belgique	165 (120)	181 (156)	58 (29)	64 (32)	30 (30)

La Figure 4 illustre la couverture spatiale des sites de mesure Radar de 2012 et FCD de 2015. Cette comparaison montre clairement que la couverture spatiale est plus élevée en 2015 et couvrent l'entière de la Belgique. Alors que les indicateurs antérieurs étaient calculées pour 98 sites (30 sur les autoroutes, 40 pour les routes à 70 km/h et 28 pour les routes à 90 km/h), les FCD concernent 498 sites.

**Figure 4: Comparaison de la couverture spatiale des sites de mesures entre 2012 et 2015 - Régimes 70 et 90 km/h.**

On remarque toutefois des déséquilibres évidents entre les régions par type de route. Cela est dû à la situation sur le terrain où certains types de routes et certaines limitations de vitesse sont plus utilisés par endroits que d'autres. Aucun site ne remplissant les conditions nécessaires décrites ci-dessus n'a été trouvé en Région de Bruxelles-Capitale. Par exemple, la plupart des routes importantes à une bande de circulation dans chaque sens ont une limitation de 70 km/h en Flandre contre 90 km/h en Wallonie. Il y a également peu de routes à deux bandes dans chaque sens avec une limitation de 120 km/h en Flandre. Malgré tout, l'échantillon reste équilibré entre la Flandre et la Wallonie (249 sites chacun).

2.4 La pondération spatiale et temporelle des données

Les sites de mesure ne représentent qu'un court segment pour chacune des routes participant à la mesure. Afin d'obtenir des indicateurs représentatifs du comportement sur la totalité du réseau belge, une pondération spatiale des observations est appliquée. Elle se base sur le ratio de longueur des segments dans l'échantillon par rapport aux longueurs objectives des routes par région et type de régime. Les poids sont présentés dans le

Tableau 2.

Tableau 2: Pondération spatiale des observations par région

région	Régime	Poids de la région	Poids du Régime
Flandre	70	0,46	0,043
Flandre	90	0,46	0,065
Flandre	120	0,46	0,012
Wallonie	70	0,53	0,067
Wallonie	90	0,53	0,11
Wallonie	120	0,53	0,016

En outre, la flotte de véhicules n'est pas constante dans le temps. Ainsi, au mois d'octobre, la flotte a plus que doublé par rapport au mois de janvier (cf. Tableau 3). Sans pondération temporelle, les indicateurs de vitesse risquent donc d'être majoritairement influencés par les données du mois d'octobre.

Afin de pondérer les données FCDs temporellement, nous utilisons les statistiques de flux de trafic mensuelles observées sur le réseau belge. Si on voulait atteindre une plus grande précision, les observations devraient être pondérées en fonction des fluctuations temporelles *locales* du trafic. On imagine ainsi que l'autoroute de la mer présente globalement un trafic plus important pendant les mois d'été étant donné le flux de vacanciers. Toutefois, des données mensuelles de flux ne sont pas disponibles pour toutes les routes en Belgique. En Flandres, le « Vlaams Verkeerscentrum » fournit pour les autoroutes les données mensuelles de flux. Afin d'approcher les distributions mensuelles pour les sites de mesure, nous avons sélectionné les boucles de comptage à proximité immédiate de ceux-ci.

Nous avons constaté que les variations mensuelles suivent un pattern similaire pour la majorité des tronçons étudiés. La pondération des observations mensuelles se base dès lors sur la somme du trafic mensuelle de l'ensemble des tronçons. Plus précisément, les poids se calculent comme le ratio du volume de trafic mensuel dans l'échantillon sur le volume du trafic mensuel enregistré sur les autoroutes afin d'obtenir les indicateurs pour l'année. Le Tableau 3 fournit le volume mensuel pour l'ensemble des tronçons analysés.

Tableau 3: Flux de données et volume réel estimé par mois

Mois	Nombre d'observations (FCD)	Volume réel sur l'échantillon d'autoroutes flamandes	Part du volume réel estimé d'après l'échantillon
Janvier	1218733	122649	22,3
Avril	1032752	137152	25,9
Juillet	748967	141329	25,1
Octobre	3138396	142163	26,6

2.5 Détermination des vitesses libres

Pour évaluer les comportements en matière de vitesse, il faut déterminer les vitesses employées lorsque les conditions de trafic sont fluides, permettant aux conducteurs de circuler en vitesse libre. Selon la définition la plus stricte utilisée dans les précédentes mesures, les véhicules ne sont définis comme étant en «vitesse libre» que quand ils circulent à une distance ne contraignant pas le choix de leur vitesse par rapport aux véhicules précédents. Pour les mesures de vitesse hors autoroute, l'IBSR applique un critère d'interdistance d'au moins 5 secondes pour définir les véhicules en vitesse libre (Riguelle, 2013).

Le choix d'utiliser les FCD a une implication importante : on ne dispose plus de la distance entre véhicules permettant de déterminer si les véhicules roulent en vitesse libre. On travaille avec un échantillon de trafic non homogène sur le territoire. On ne connaît donc pas la densité de trafic au moment des enregistrements de la vitesse. La vitesse libre doit être approchée par un modèle probabiliste se basant sur les fluctuations des vitesses au cours du temps. En effet, il est impossible de définir de manière exacte la part de véhicules roulant réellement en vitesse libre. Par contre, des diminutions marquées de vitesse peuvent être le signe de congestion.

Pour chaque segment et type de véhicule (véhicule léger et camion), nous avons étudié la distribution journalière des vitesses individuelles. L'objectif était d'identifier :

1. les vitesses individuelles qui sont atypiques par rapport à l'ensemble des données vitesses mesurées au même moment.
2. les segments avec des périodes de congestion récurrentes caractérisées par une diminution conséquente de la vitesse.

Lorsqu'il y a une période de congestion ou encore des travaux sur la voirie, les conducteurs adoptent une vitesse plus lente que celle observée habituellement sur le tronçon. La modélisation a pour objectif de repérer ces valeurs anormalement basses qui caractérisent des situations où les conducteurs n'étaient pas libres de choisir leur vitesse. Dans le modèle de régression, le logarithme de la vitesse est estimée comme une fonction lissée du temps (en minutes) afin d'identifier les données atypiques¹. D'autres approches ont également été examinées, telles que l'introduction de critères déterministes basés sur les vitesses de nuit et leurs relations à la vitesse maximale autorisée. Toutefois, une telle approche suppose a priori des vitesses proches ou supérieures aux limitations de vitesse. La modélisation proposée permet de s'affranchir d'un tel postulat.

La Figure 5 illustre le résultat de la modélisation pour des véhicules légers sur deux segments. Le premier segment montre peu de variabilité horaire, seules les observations en rouge sont exclues de l'échantillon d'analyse. Dans le second segment, il y a systématiquement une diminution horaire marquée (concentration d'observations en rouge sur le graphique). Dans ce cas, le segment complet est filtré, c'est-à-dire qu'on ne conserve aucune donnée propres à ce segment. Le second graphique montre une autre caractéristique des données : la présence d'un groupe de véhicules roulant à une vitesse proche de 90 km/h pour un segment sur autoroute. Cette distribution nous fait suspecter un problème de classification entre les véhicules légers et les camions. Ces derniers, comme nous le verrons dans la suite du document, ont une vitesse de l'ordre de 90km/h sur les autoroutes. Nous reviendrons sur l'impact de la classification des véhicules dans la discussion des résultats.

Environ 1 % des observations individuelles ont été filtrées suivant la méthodologie décrite ci-dessus et 20 sites de mesures (sur les 500) ont été totalement exclus de l'analyse. De plus, la part de données aux valeurs résiduelles inférieures à -3 sont similaires pour chaque mois d'observation. Même si le mois d'octobre est lié à un plus grand nombre d'observations, cela n'implique pas de déséquilibre dans le filtrage des données.

¹Les données atypiques définies comme les vitesses avec un résidu standardisé inférieur à -3 après avoir ajusté le modèle GAM (generalized additive model) à « Thin plate regression splines » (Wood, 2015)

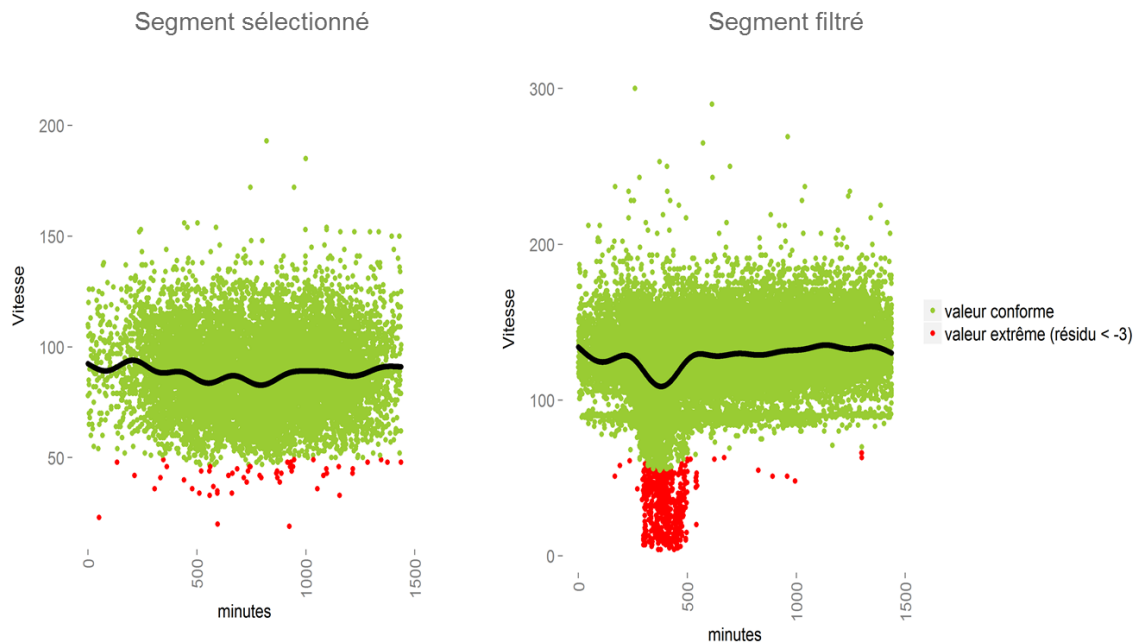


Figure 5: Exemple de segments sélectionné ou filtré après la modélisation

2.6 Les indicateurs de comportement vitesse

L'objectif de la mesure de comportement vitesse est de suivre l'évolution de la vitesse libre pratiquée par les conducteurs d'une année à l'autre. Pour étudier cette évolution, quatre indicateurs synthétiques (d'après les recommandations de Hakkert & Gitelman, 2007) sont calculés à partir des vitesses de chaque véhicule.

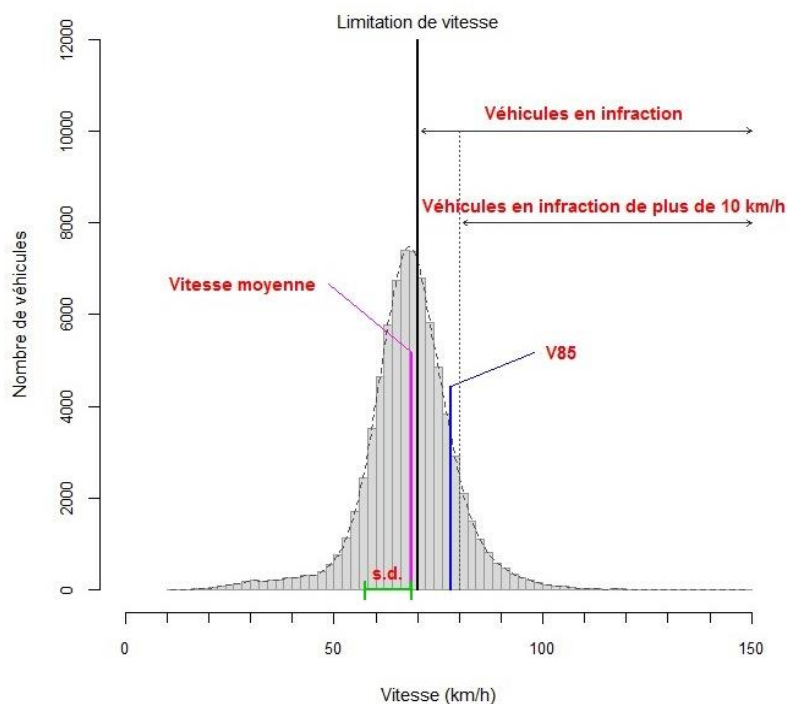


Figure 6: Distribution de la vitesse sur un site à 70 km/h avec mention des indicateurs calculés (Source : Riguelle, 2012).

Dans cette étude, tout comme dans les mesures précédentes (e.g. Riguelle, 2013), les indicateurs suivants sont analysés : vitesse moyenne, le percentile 85 des vitesses et le pourcentages d'infractions. Ils sont calculés pour chaque régime de vitesse et suivant différents niveaux d'agrégation temporelle (heures, jours

de la semaine et mois de l'année). Leur calcul a été modifié par rapport aux mesures antérieures de vitesse afin d'intégrer l'approche probabiliste liée aux FCD.

- **Vitesse moyenne** : elle informe sur le niveau absolu de la vitesse. La vitesse moyenne est calculée par strate, de la manière suivante. Une strate combine le type de véhicule, le régime de vitesse, les niveaux spatiaux et temporels d'observation (par exemple, indicateurs pour les voitures, sur les autoroutes, pour la Belgique et sur les quatre mois d'observation).
- Pour chaque segment, l'espérance mathématique (sous l'hypothèse d'une distribution normale des observations) est estimée par la moyenne des vitesses individuelles enregistrée sur le segment.
- Pour chaque segment, l'erreur standard de la vitesse attendue est calculée. Sous l'hypothèse de distribution normale des observations, elle est donnée par la racine carrée de la variance de l'échantillon divisée par le nombre d'observation.
- Les vitesses attendues par segment sont ensuite agrégées pour chacune des strates grâce à un modèle de méta-analyse de type « random-effect ». Le poids associé à chaque observation lors de l'agrégation est fonction des trois paramètres suivants (voir l'annexe pour les détails de la pondération). La pondération des données se basent sur trois composantes : les composantes spatiales et temporelles présentées ci-dessus, ainsi que l'homogénéité et volume de trafic par segment. Cette homogénéité est estimée à partir de l'erreur standard de la vitesse moyenne calculée par segment.

La vitesse moyenne est un indicateur courant et facile à interpréter mais il est peu instructif en ce qui concerne les vitesses pratiquées par les conducteurs les plus extrêmes et donc également les plus dangereux. Il est donc nécessaire de développer d'autres indicateurs.

- **V85 ou percentile 85** : le percentile 85, notée V85, est un indicateur fréquemment utilisé pour rendre compte du comportement des conducteurs les plus extrêmes. Il s'agit de la vitesse qui est respectée par 85 % des véhicules ou, en d'autres termes, au-dessus de laquelle 15 % des véhicules se trouvent (Riguelle, 2012). Le V85 donne une idée de la dispersion de la vitesse. Si le V85 est proche de la moyenne, cela indique que les vitesses pratiquées sur un axe routier sont assez homogènes. Si le contraire est constaté, cela signifie qu'une proportion non négligeable des conducteurs roule à des vitesses nettement supérieures à la moyenne. Le V85 est un indicateur historiquement fréquemment utilisé dans le domaine de la mobilité et de la sécurité routière. On estime en effet généralement qu'il représente la vitesse raisonnable à laquelle on peut rouler sur une route en considérant que les 85 % des conducteurs adoptent un comportement rationnel. Le V85 est même utilisé dans certains pays comme indication pour fixer les limitations de vitesse. Néanmoins, l'expérience montre qu'il arrive fréquemment que la vitesse adoptée par la majorité des conducteurs sur une route soit supérieure à la vitesse raisonnable au point de vue de la sécurité routière et que d'autres critères que le seul V85 doivent donc être considérés pour décider des vitesses autorisées. L'indicateur a été calculé sur base de la même approche méthodologique que la vitesse moyenne.
- **Pourcentages d'infractions** : Cet indicateur permet de connaître le respect de la limitation de vitesse par les conducteurs. Trois catégories d'infractions sont distinguées : inférieures à 10 km/h, entre 10 et 20 km/h et supérieures à 20 km/h. Afin d'agréger les données observées pour chaque véhicule, un modèle logit est appliqué par strate et par type d'infractions. Cela signifie que cet indicateur traduit le pourcentage d'infractions de chaque type pour l'ensemble des segments d'observations de la strate sans passer au préalable par une estimation par segment. On cherche, en effet, à estimer sur l'ensemble des conducteurs, la part commettant des infractions. Le poids associé à chaque tronçon dans l'indicateur est donc fonction du nombre de véhicules qui y ont été enregistrés et des poids spatiaux et temporels décrits ci-dessus (Tableaux 2 et 3).

Ces indicateurs sont dépendants du type de véhicule étudié. Les FCDs pouvant provenir de véhicules légers ou poids lourds, l'étude fait une distinction entre ces deux types de véhicules, présentant successivement les résultats pour chacun d'entre eux. Comme discuté dans le filtrage des données, la distinction entre les deux types de véhicules a été réalisée par Be-Mobile sur base de ses propres algorithmes de classi-

fication. Nous ne disposons pas à ce stade de technique de validation de cette méthode de classification, basée principalement sur le profil de vitesse des véhicules.

Par rapport aux années précédentes, les indicateurs présentés ici sont calculés avec une source différente de données. Avant d'analyser les résultats, le Tableau 4 compare les caractéristiques des FCD et des données radar et les conséquences de leurs différences sur la mesure des indicateurs.

Tableau 4: Comparaison des caractéristiques des données radar et FCD et leurs implications sur les comparaisons des indicateurs (2015 et années précédentes)

	Données radar	FCD	Conséquence de la modification pour les indicateurs de 2015
Couverture temporelle	Campagne de mesure sur une semaine d'observation en octobre	4 mois d'enregistrement (environ 120 jours).	Analyse des évolutions mensuelles désormais possible. Variabilité introduite par les conditions météorologiques.
Couverture spatiale	98 sites de mesures	500 sites de mesure.	Amélioration de la représentativité spatiale des indicateurs.
Données collectées	Vitesse instantanée. Distance entre véhicules.	Vitesse moyenne calculée sur base des positions émises chaque minute. Pas d'information sur la distance entre véhicules.	Vitesse plus homogène, traduisant moins une accélération ou décélération soudaine. La vitesse libre ne peut être basée sur le critère de distance entre véhicules.
Représentativité des véhicules	Tous les véhicules sont enregistrés.	Échantillon de conducteurs - non homogène spatio-temporellement (capteurs mobiles, taux de pénétration) -certains utilisant des systèmes d'alerte des radars	Impossible de dériver les conditions de trafic sur base de la taille de l'échantillon. Biais possible des vitesses moyennes et V85.
Type de véhicule	Classification sur base de la longueur du véhicule.	Classification probabiliste tenant compte des profils de vitesse des véhicules entre véhicules légers (voiture ou véhicule utilitaire léger) et camions.	Certains camions peuvent être classifiés comme des véhicules légers et vice-versa s'ils ont un profil de vitesse atypique. Des autocars seront probablement également classifiés comme camions.

3 RÉSULTATS

3.1 Véhicules légers

Cette section discute des résultats pour les véhicules légers (voitures et camionnettes légères).

3.1.1 Vitesse moyenne et V85 selon le régime de vitesse pour la Belgique et les régions

La Figure 7 synthétise les distributions des vitesses moyennes observées en Belgique ainsi que pour les Régions flamande et wallonne pour les différents régimes de vitesse.

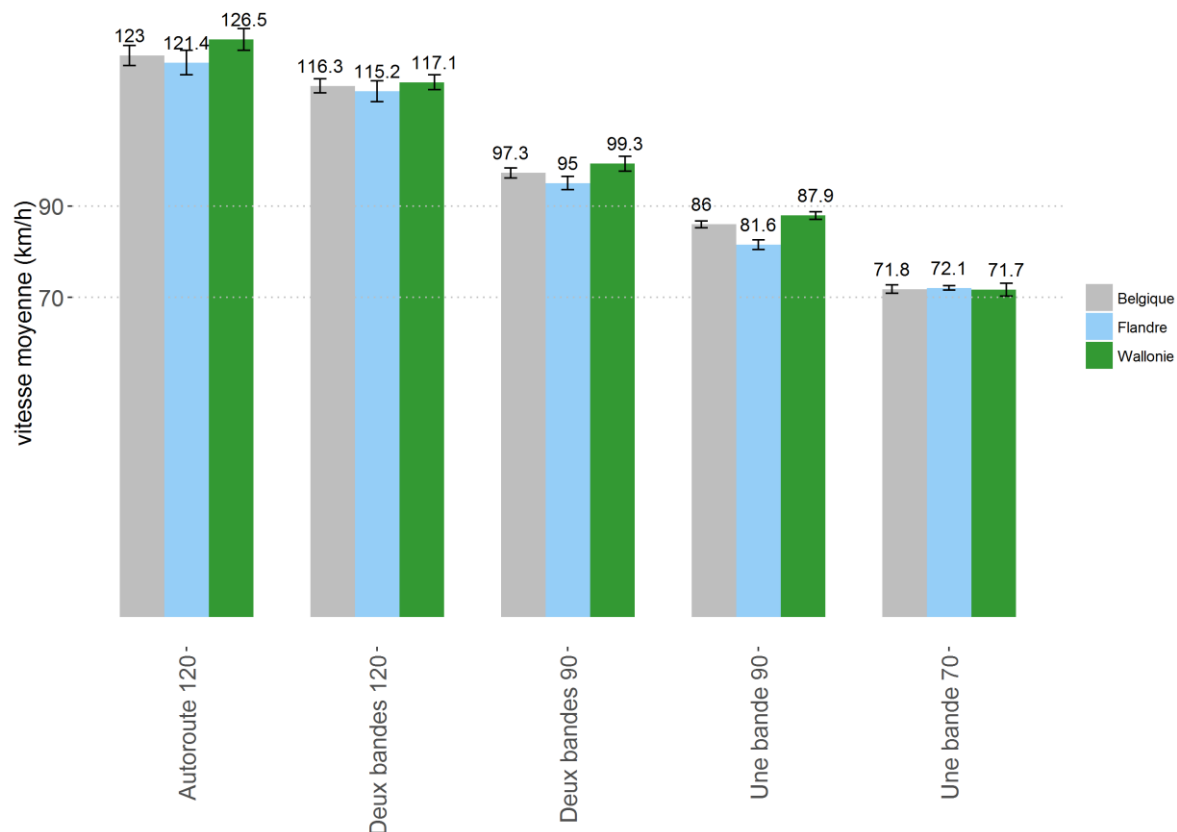


Figure 7: Vitesse moyenne en Belgique et par région

Pour les autoroutes, les routes à deux bandes (90 km/h) et les routes à une bande (70km/h), la vitesse moyenne est supérieure à la vitesse maximale autorisée, tant en Flandre qu'en Wallonie. Seuls les régimes de vitesse deux bandes (120km/h) et une bande (90km/h) enregistrent une vitesse moyenne inférieure à la vitesse maximale autorisée.

La comparaison des deux régions indique des vitesses moyennes plus élevées en Wallonie qu'en Flandre (sauf pour le régime 70km/h). La vitesse moyenne sur les autoroutes en Wallonie dépasse de 6km/h la limitation de 120 km/h (contre 1 km/h en Flandres) et celle sur les routes à deux bandes (90 km/h) de plus de 9 km/h (contre 5 en Flandres). La différence la plus marquée entre les deux régions s'observe sur les routes à une bande (90 km/h) (81,6 en Flandres contre 87,9 en Wallonie) bien que les vitesses restent inférieures à la limitation. Ces résultats confirment les observations de Riguelle (2012) selon lesquelles les vitesses hors agglomération sont plus faibles en Flandre qu'en Wallonie. Toutefois, contrairement à cette étude, on ne note pas de différence régionale pour les routes à 70 km/h.

La Figure 8 présente le V85 par type de régime pour la Belgique et les Régions flamande et wallonne. Pour la Belgique, les V85 sont très élevés. Sur les autoroutes, le V85 est de 138,6 km/h, soit près de 20 km/h au-dessus de la limitation de vitesse. Sur les routes à deux bandes (120km/h), il est de 133,9km/h. Le régime où l'on observe le plus grand écart entre la vitesse maximale autorisée et le V85 sont les routes à deux bandes (90km/h) où l'indicateur a une valeur de 113,2km/h soit 23 km/h au-dessus de la limitation

de vitesse. En terme de comparaison entre les régions, on observe les même différences que pour la vitesse moyenne.

Les différences entre la vitesse moyenne et le V85 souligne également la grande variabilité des vitesses pratiquées par les conducteurs. Or, moins la vitesse des voitures sur un tronçon est homogène, plus il y a de risque d'accidents (van Nes et al, 2008).

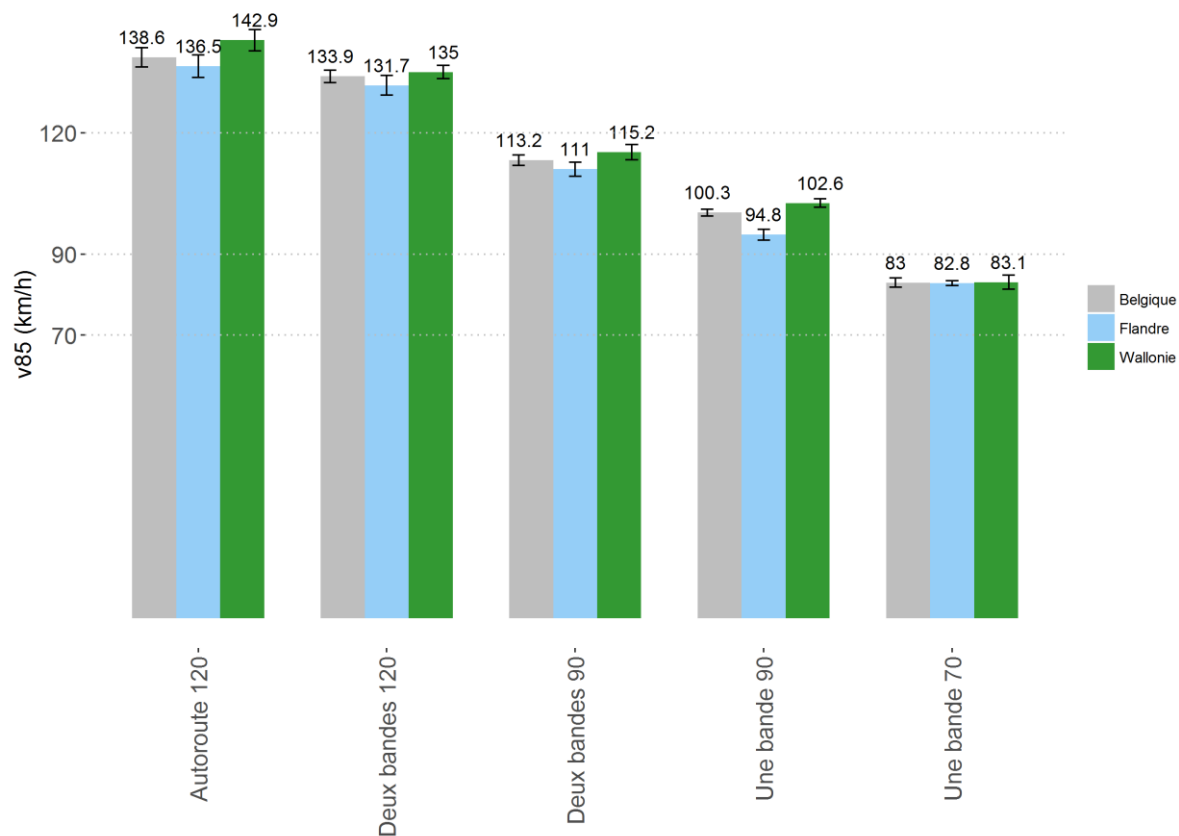


Figure 8: V85 en Belgique et par région

3.1.2 Analyse des vitesses journalières et horaires

Les vitesses moyennes sont stables pour les jours de semaine pour tous les types de régime mais significativement plus élevées pour les jours de weekend (Figure 9). L'écart entre semaine et weekend peut être très important, notamment sur les autoroutes avec un écart de plus de 8 km/h. C'est le dimanche qu'on enregistre les vitesses les plus élevées, ce jour étant généralement associé aux conditions de trafic les plus fluides.

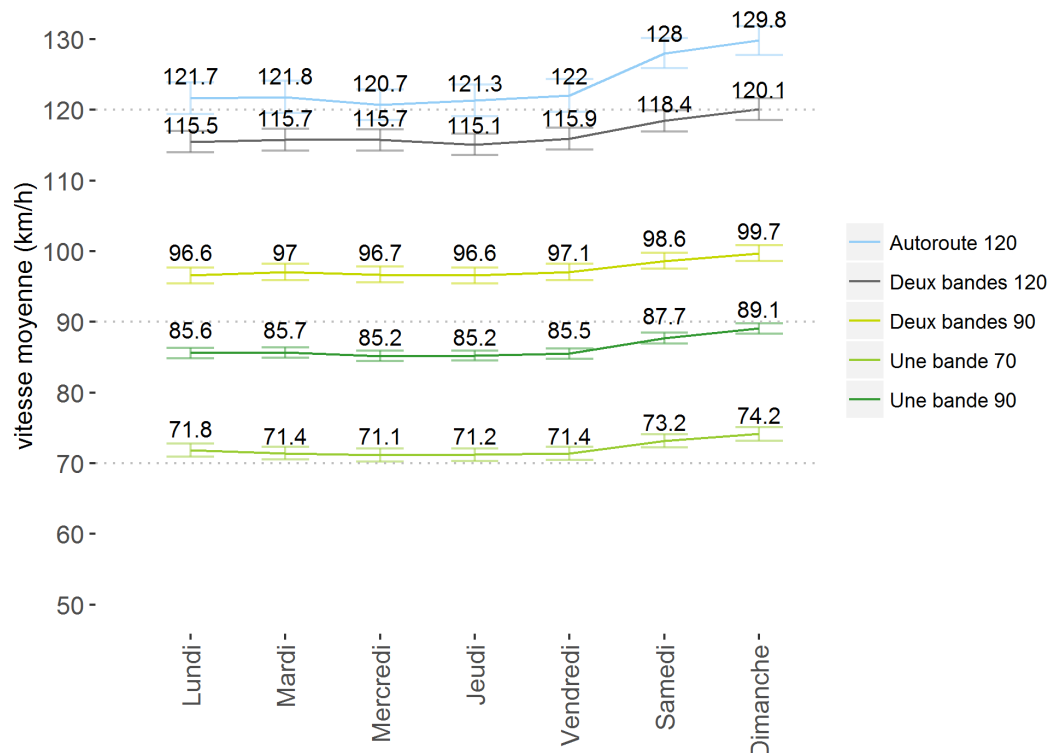


Figure 9: Distribution des vitesses moyennes par jour de la semaine

La Figure 10 fournit la distribution horaire de la vitesse moyenne pour plusieurs régimes de vitesse. Le weekend inclut toutes les observations enregistrées le vendredi après 22h, le samedi et le dimanche. Étant donné que la mesure regroupe quatre mois d'observations, les conditions de luminosité par heure ne sont cependant pas constantes. Le ruban de couleur inclut l'intervalle de fiabilité de 95 % autour de la moyenne calculé sur base de l'écart-type.

Comme observé dans la mesure de vitesse 2012 (Riguelle, 2013), les variations entre les différentes heures de la journée (en semaine) sont nettement plus importantes que les variations entre les jours de la semaine. Notons toutefois que, pendant le weekend, cette observation n'est pas vraie. Les variations horaires pendant le weekend sont systématiquement plus faibles pour un régime de vitesse que ces mêmes variations pendant les jours de semaine.

Sur les autoroutes, la vitesse moyenne observée pendant le weekend et pendant les heures de nuit est très élevée, de l'ordre de 128 km/h. La vitesse moyenne sur autoroutes est maximale à 22h et atteint 130 km/h, en semaine comme le weekend. La vitesse moyenne ne descend en dessous des 120 km/h que pendant la journée des jours de semaine, entre 6h et 14h. Rappelons que la modélisation a permis, a priori, d'éliminer les périodes d'embouteillage et de files.

Sur les routes à deux bandes (90km/h), les variations horaires sont assez faibles mais il s'agit du seul régime de vitesse pour lequel la vitesse moyenne horaire est systématiquement supérieure à la vitesse maximale autorisée. Les vitesses oscillent entre 94 km/h (à 8h du matin en semaine) et près de 103 km/h (à 3h du matin, le weekend).

La plus grande variabilité horaire s'observe pour le régime une bande (70km/h). Entre 16h et 6h du matin, les vitesses moyennes sont supérieures à la limitation. La vitesse moyenne maximale est atteinte à 23h et

atteint plus de 83km/h, soit 13 km/h au-dessus de la limitation de vitesse. En Flandre, le régime 70 km/h concerne essentiellement des routes qui furent conçues pour une vitesse de 90 km/h, la vitesse ayant été adaptée par la suite pour améliorer la sécurité.

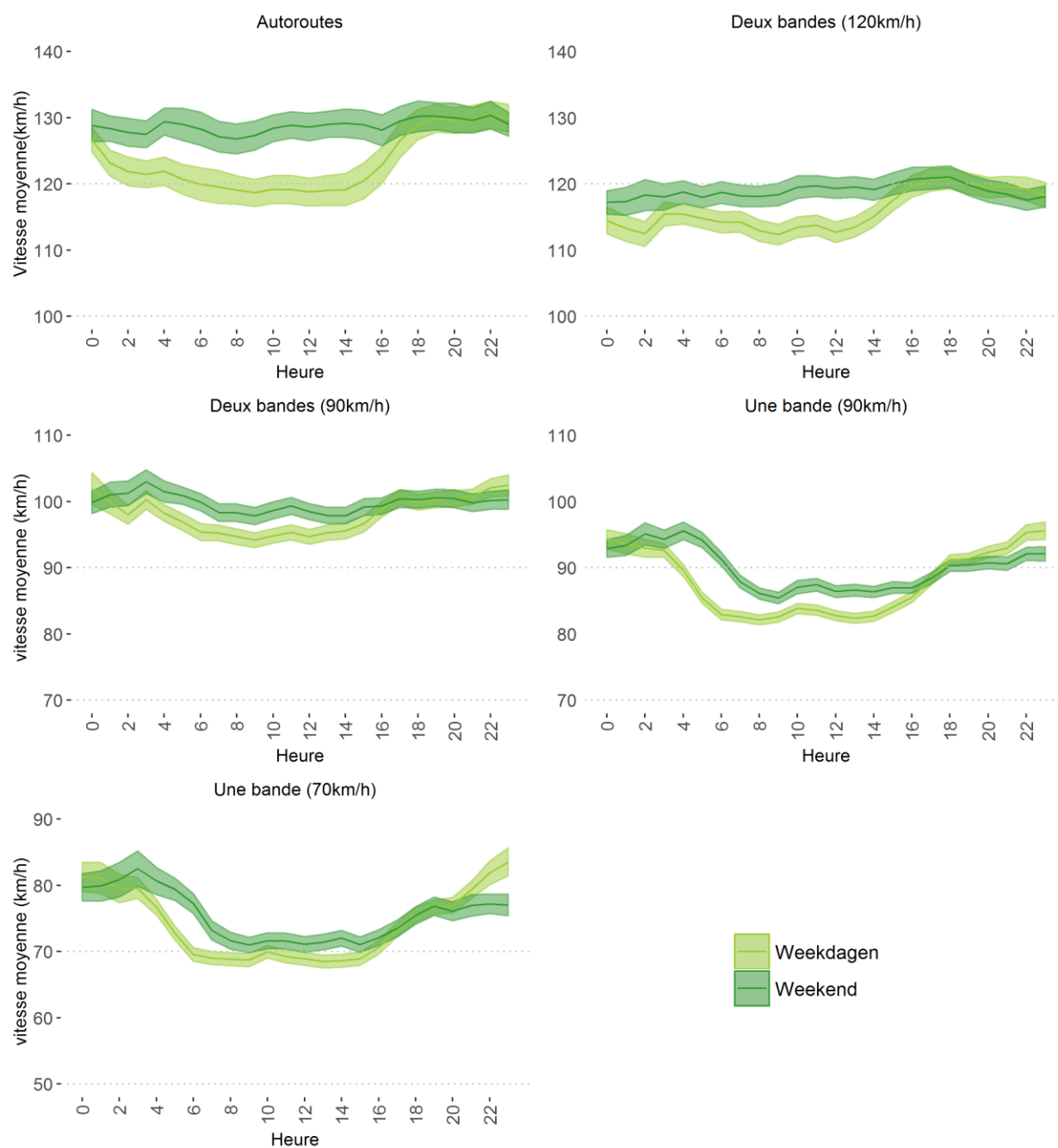


Figure 10: Vitesse moyenne horaire pour les différents régimes de vitesse

3.1.3 Analyse des variabilités mensuelles

Les variations mensuelles sont moins marquées que les variations horaires. Le mois de janvier enregistre globalement les vitesses moyennes les plus faibles, alors qu'octobre enregistre les plus hautes sauf pour les autoroutes. Les vitesses plus faibles de janvier pourraient être dues à des conditions climatiques défavorables. L'amplitude est faible (inférieure ou égale à 4km/h) pour tous les régimes de vitesse, sauf le régime deux bandes (120km/h). Les intervalles de confiance sur les mesures mensuelles sont en outre, de l'ordre de la variation mensuelle pour les autoroutes.

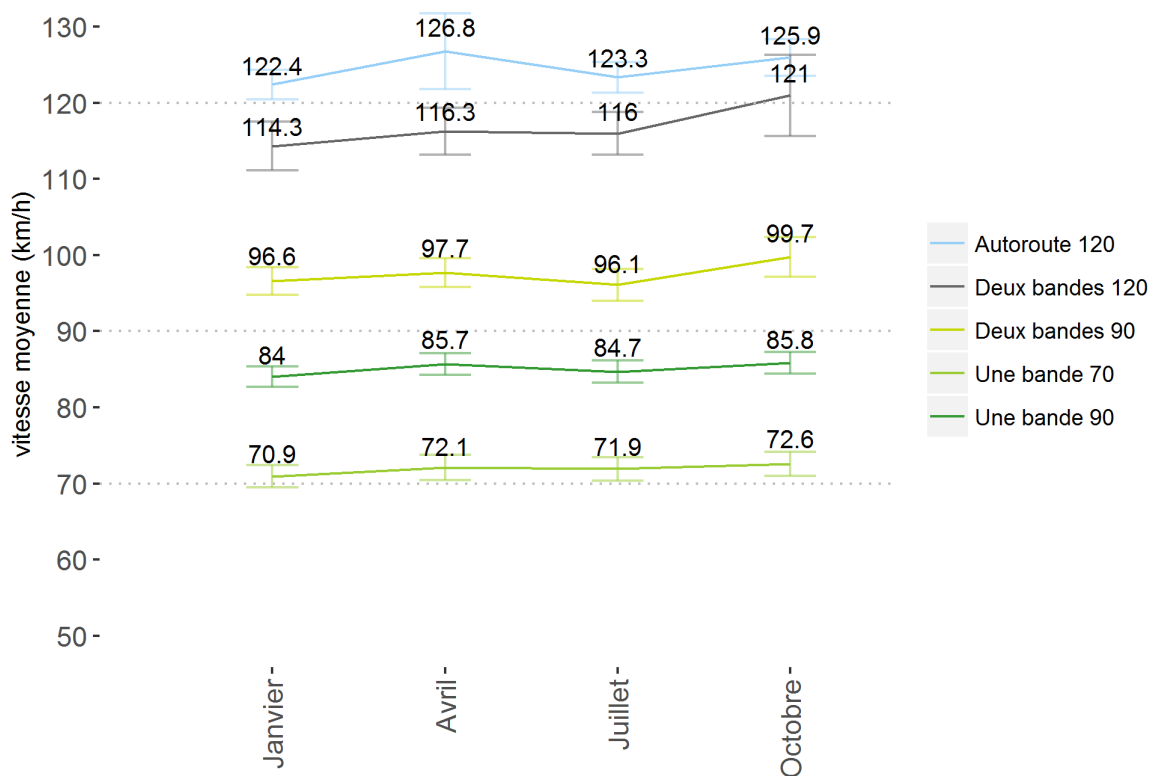


Figure 11: Distribution mensuelle des vitesses moyennes

3.1.4 Distribution des infractions

La Figure 12 présente le pourcentage d'infractions pour les différents régimes de vitesse. Pour les autoroutes, on observe 21,6 % d'infractions légères et 31 % d'infractions de plus de 10 km/h. Parmi celles-ci, 14,3 % concernent des infractions de plus de 20 km/h. Au total 52,6 % des véhicules enregistrés sont en infraction. Ces chiffres sont inquiétants lorsqu'on les compare aux observations de 2011 où on enregistrerait un total de 40 % d'automobilistes en infraction pour seulement 15 % dépassant la limitation de plus de 10 km/h.

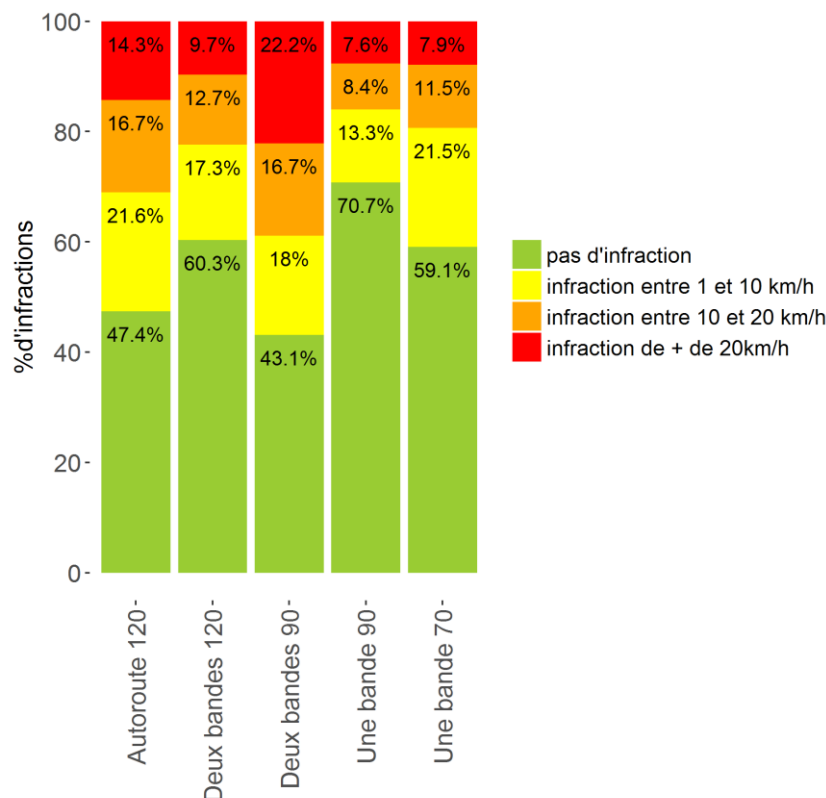


Figure 12: Distribution des infractions pour les différents régimes de vitesse

Les différences régionales se marquent principalement sur les infractions supérieures à 10 km/h, d'un peu plus de 10 % plus élevée en Wallonie qu'en Flandre. Les infractions légères sont quant à elles similaires dans les deux régions.

Les pourcentages d'infractions confirment que les routes deux bandes (90 km/h) sont les plus problématiques en termes de respect des limitations de vitesse. Ainsi, 58,4 % des vitesses enregistrées sont en infraction. 40,4 % des véhicules enregistrés ont même une vitesse supérieure de 10 km/h à la vitesse maximale autorisée. Les routes à une bande (90 km/h) sont, quant à elles, celles pour lesquelles on observe le plus faible pourcentage d'infractions. Au vu des résultats des années antérieures (sans distinction entre les régimes une et deux bandes), les résultats obtenus ici démontrent l'importante distinction entre les régimes de vitesse une bande et deux bandes (90 km/h). Pour les routes à une bande (70 km/h), on n'observe pas de différence entre les régions.

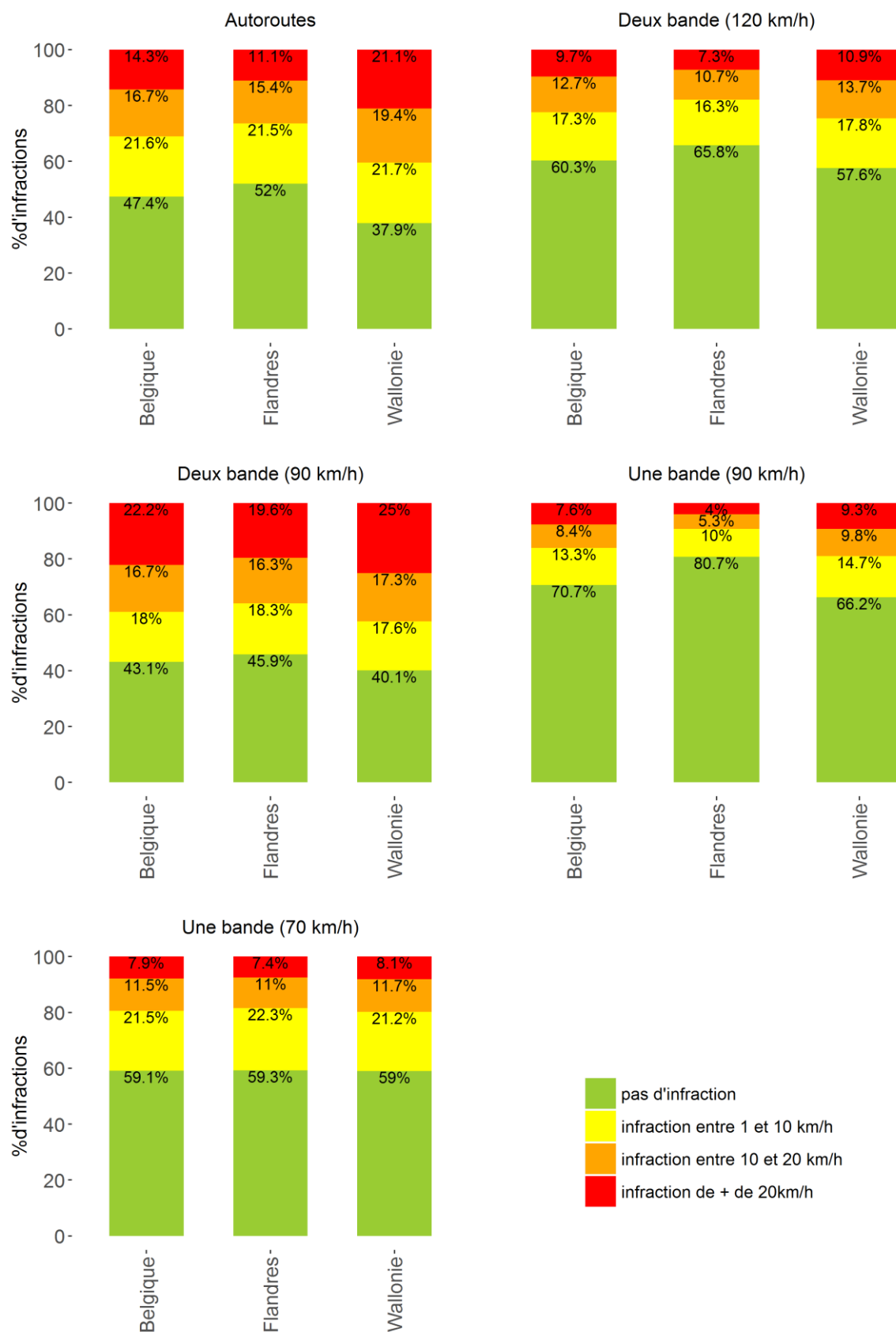


Figure 13: Pourcentage d'infractions par régime de vitesse et par région- Véhicules légers

3.2 Camions

Les camions et autocars sont soumis à une réglementation spécifique en matière de vitesse. Ainsi, la vitesse des véhicules dont la masse maximale autorisée est supérieure à 3,5 tonnes, des autobus et des autocars est limitée à 90 km/h sur les autoroutes ainsi que pour les régimes deux bandes (120 et 90 km/h). Sur les régimes à une bande (90 km/h), la vitesse maximale autorisée de 75 km/h pour les autocars et autobus, 60 km/h pour les poids lourds (masse maximale > 3,5 tonnes). L'algorithme de classification entre camions et voitures ne permet pas de différencier les autocars, petits camions et poids lourds à charge supérieure à 3,5 tonnes. Les pourcentages d'infraction seront calculés en fonction de ces limitations de vitesse, la limite de 75 km/h sera choisie pour le régime une bande (90 km/h) afin de ne pas surestimer les pourcentages pour cette catégorie.

3.2.1 Analyse de la vitesse moyenne et de V85

La vitesse moyenne et le V85 (Figure 14 & Figure 15) des camions sur les autoroutes et les routes à 120 km/h sont très proches de 90 km/h, traduisant probablement l'effet de l'utilisation du limiteur de vitesse. En effet, la limitation de vitesse des poids lourds sur l'autoroute est de 90km/h. Dans le même ordre d'idée, toutes les vitesses moyennes sont inférieures aux vitesses maximales autorisées. Une régime fait toutefois exception : le régime une bande (90 km/h) pour lequel la vitesse maximale autorisée pour cette catégorie de véhicules est 75 km/h. C'est également sur ce régime de vitesse qu'on observe les plus grandes différences entre les régions (plus de 4,5 km/h de différence). Alors que la vitesse moyenne est inférieure à la limite en Flandre, elle dépasse cette limitation de plus de 3km/h en Wallonie.

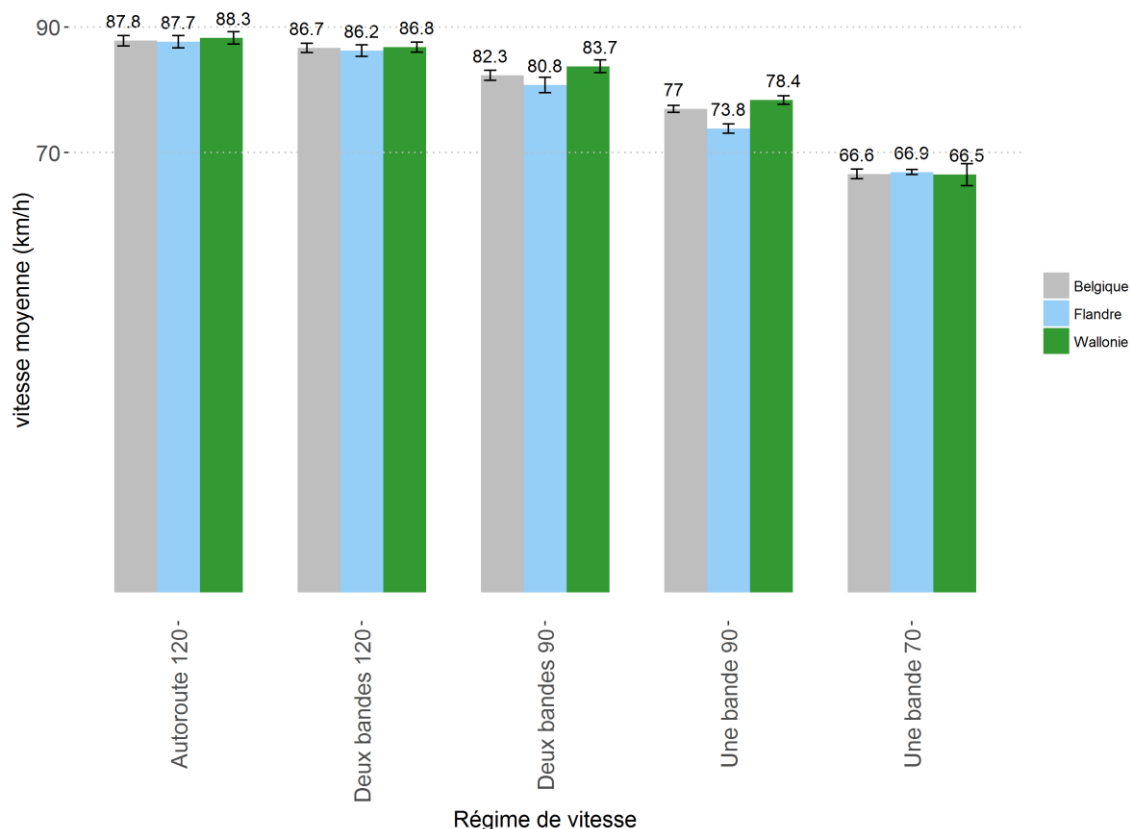


Figure 14: Vitesse moyenne par régime et région – Camions

Les V85 sur les routes à une bande (70km/h et 90 km/h) sont quant eux fortement supérieurs à la limitation. Les infractions des poids lourds risquent donc de principalement concerner ces régimes de vitesse. On observe peu de différence entre les vitesses pratiquées en Flandres en Wallonie pour le régime 70 km/h. Pour le régime une bande (90 km/h), par contre, les différences sont similaires à celles observées pour la vitesse moyenne. Ainsi, 15 % des conducteurs de camions et assimilés roulent plus de 13 km/h au-dessus de la vitesse maximale autorisée pour ce régime en Wallonie.

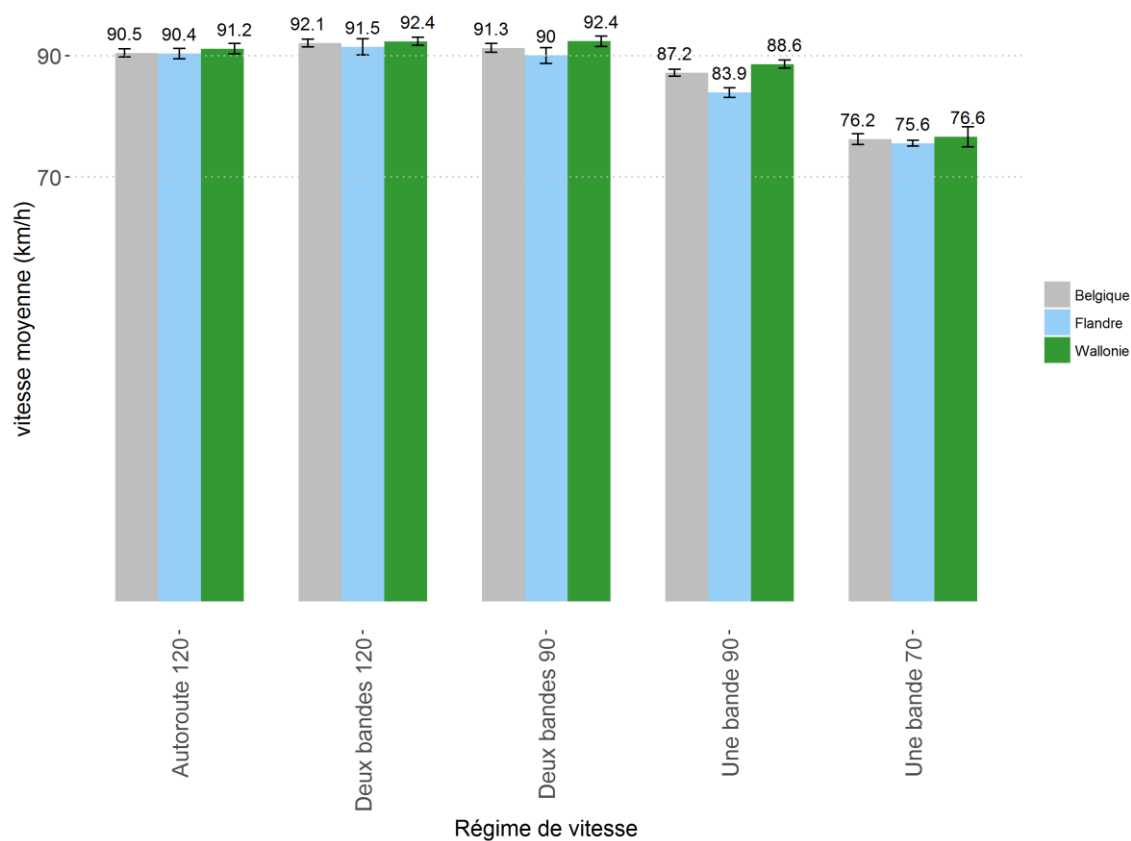


Figure 15: V85 par régime et régions – Camions

Pour les régimes de vitesse plus rapides, le V85 est aussi très proche de la limitation de 90km/h, traduisant l'effet du limiteur de vitesse. Le fait qu'il soit légèrement au-dessus de 90 km/h peut provenir de la mauvaise classification de certaines voitures dans cette catégorie ou encore de légère surestimation dans les vitesses calculées.

3.2.2 Analyse des vitesses journalières et horaires

Comme pour les véhicules légers, les vitesses sont plus rapides pendant le weekend pour tous les types de régimes. Le régime une bande (70km/h) est le seul pour lequel la vitesse moyenne dépasse même la limitation le dimanche.

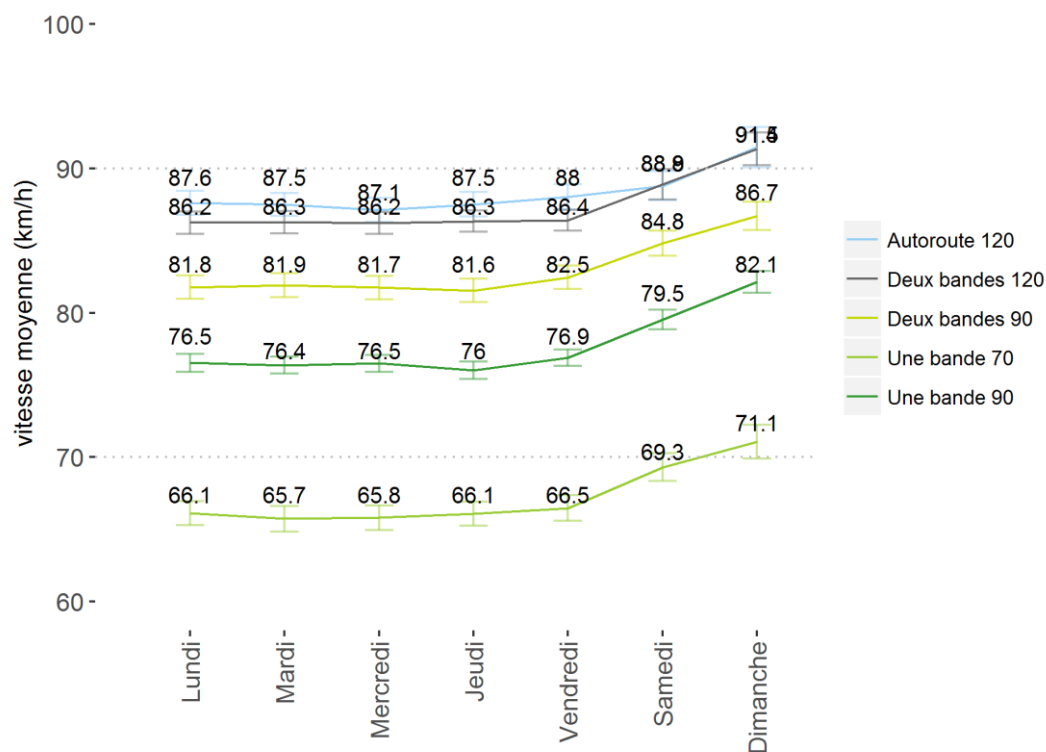


Figure 16: Distribution de la vitesse moyenne par jour de la semaine pour les différents régimes – Poids lourds

Pour les régimes de 120 et 90 km/h, il y a peu de variations horaires dans les vitesses moyennes. Les camions dépassent principalement la limite de 70km/h pendant la nuit (entre 19h et 5h du matin : période de la journée au cours de laquelle les conditions de trafic sont les plus fluides). Pour le régime une bande (90 km/h), la vitesse moyenne dépasse la limitation sur une période plus étendue, de 14h environ jusqu'à 4h du matin pendant les jours de semaine. Il s'agit également du régime pour lequel on observe les plus grandes différences entre la semaine et le weekend. Ainsi, le weekend, la vitesse moyenne est toujours supérieure à la limitation de 75 km/h. Notons enfin que les variabilités mensuelles des vitesses moyennes n'ont pas été représentées car elles sont de très faible amplitude (inférieures ou égales à 2 km/h) sur tous les régimes.



Figure 17: Distribution de la vitesse moyenne horaire par type de régime – Camions

3.2.3 Analyse des infractions

La Figure 18 illustre le pourcentage d'infractions selon le type de régime pour les camions. Pour des raisons de clarté, les catégories d'infraction représentant moins de 2 % du total par régime n'ont pas été représentées. Les taux d'infraction sont proches de 10 % pour les régimes autoroutes et deux bandes (120 et 90 km/h). Les régimes une bande (70 et 90 km/h) présentent par contre un taux d'infraction beaucoup plus élevé. Pour le régime une bande (90 km/h), près d'un camion sur deux dépasse la limitation de 75 km/h. Un camion sur cinq dépasse même cette limite de 10 km/h. Pour le régime une bande 70 km/h, plus d'un camion sur quatre est en infraction et 10 % sont en infraction de plus de 10 km/h. Même si le pourcentage pour le régime 70km/h est de moitié inférieure à celui des voitures, il nous apparaît comme plus inquiétant. La masse plus élevée des camions, par rapport aux voitures, à vitesse d'impact égale, rend leurs accidents plus graves. De plus, même si la distance de freinage ne dépend théoriquement pas de la masse, un système de freins en mauvais état ou une mauvaise répartition du chargement rendront une camionnette instable et sa distance de freinage plus longue par rapport à celle d'une voiture légère circulant à vitesse équivalente. Enfin, de manière surprenante, les infractions sont plus nombreuses sur les routes deux bandes (120 km/h) que sur les autoroutes.

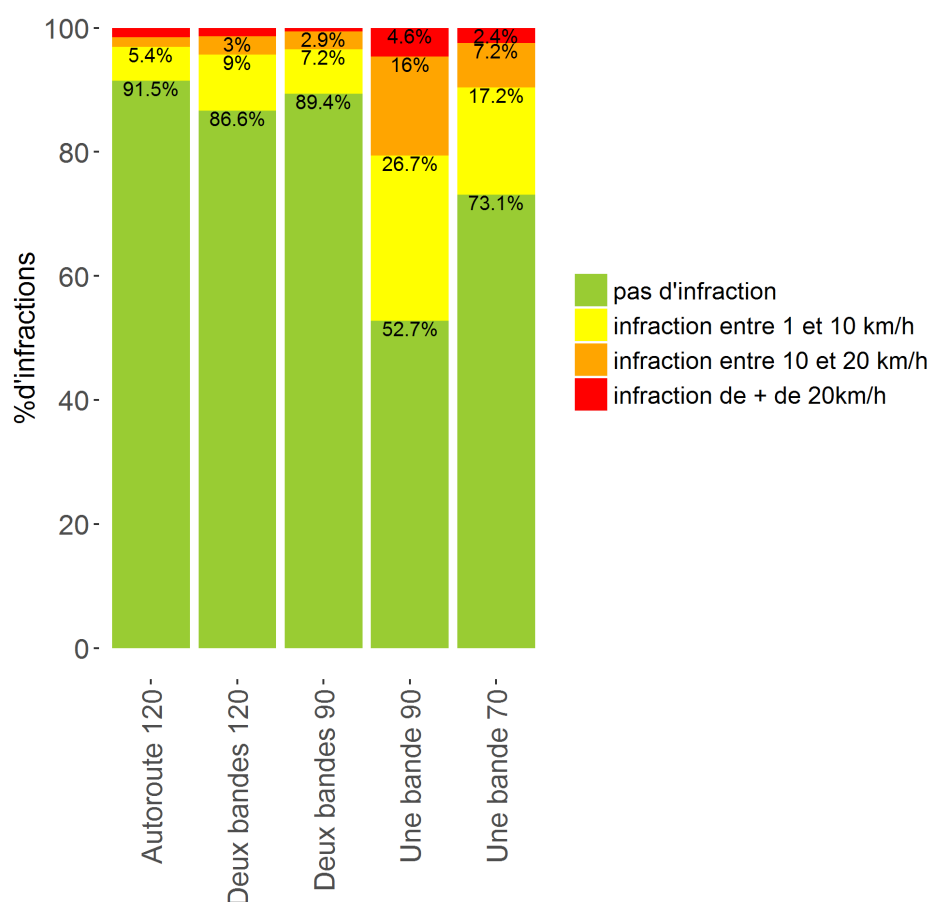


Figure 18: Pourcentage d'infractions pour les différents régimes en Belgique – Camions

La Figure 19 illustre les différences entre régions. Les régimes aux plus fréquentes infractions sont similaires dans les deux régions. Il s'agit du régime une bande (90 km/h) suivi par le régime une bande (70 km/h). La quantité d'infractions est toutefois différente dans les deux régions. Les infractions sont plus nombreuses en Wallonie quel que soit le régime de vitesse, y compris le régime une bande (70km/h) pour lequel on n'observait pas de différence régionale pour les véhicules légers. Les différences se marquent principalement dans les infractions supérieures à 10 km/h. En Wallonie, le pourcentage d'infractions de plus de 10 km/h atteint 28,5 % pour le régime une bande (90 km/h) et 12,1 % pour le régime une bande (70 km/h).

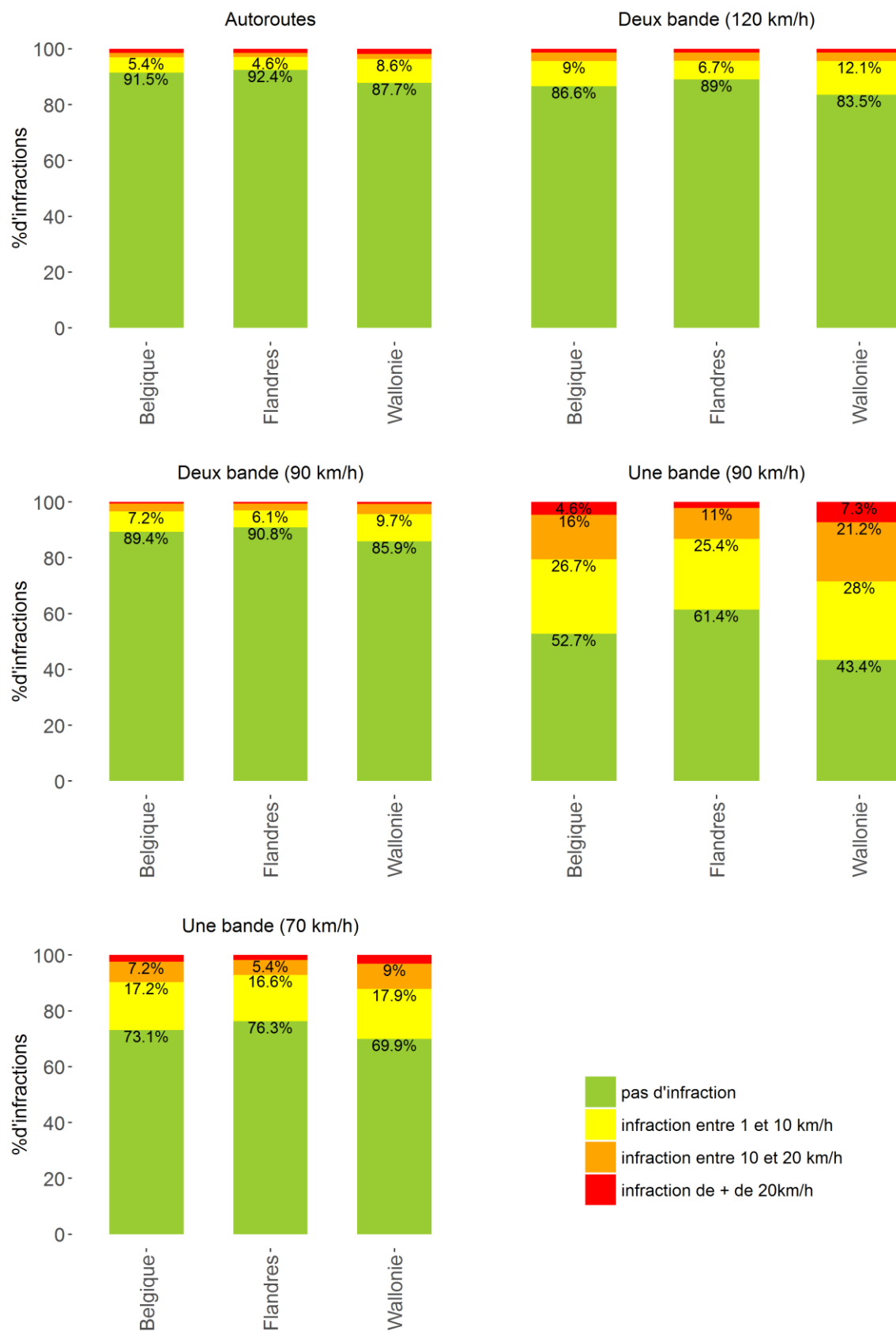


Figure 19: Pourcentage d'infractions par région – Camions

4 DISCUSSION

4.1 Objectifs

L'objectif de la mesure de comportement vitesse est de fournir un panorama de la vitesse libre pratiquée par les conducteurs. L'indicateur, créé à la suite des États Généraux de 2003, fournit par type de régime, une indication synthétique de la vitesse pratiquée par les automobilistes. Il s'agit d'un des outils permettant de mesurer l'impact de la politique de sécurité routière sur les comportements au cours du temps.

Jusqu'à présent, la collecte des données étaient réalisée grâce à des campagnes de mesure au bord de la route. Étant donné le coût lié aux campagnes, leur nombre était limité ainsi que leur durée. Étant donné que les mesures étaient réalisées sur une semaine d'observations, la représentativité des vitesses enregistrées dépendaient fortement des conditions météorologiques et de trafic des jours de mesure.

Ces limitations ont amené l'IBR à utiliser d'autres méthodes de collecte et de calcul des indicateurs. Tirant parti du taux de pénétration de plus en plus important des technologies de positionnement mobile (système embarqué, application smartphone, etc.), les indicateurs de 2015, sont pour la première fois, calculés sur la base des floating car data.

Ce changement de source de données permet d'augmenter la couverture spatiale et temporelle des mesures de vitesse. Quatre mois de l'année 2015 et 500 sites ont été analysés pour fournir les indicateurs de vitesses des régimes de vitesse supérieurs ou égaux à 70km/h. Les régimes de vitesse inférieures (30km/h et 50 km/h) ont été analysés par la mesure radar classique et font l'objet du rapport « Trop vite en agglomération – Résultats du mesure de comportement vitesse en 2015 (Temmerman, 2016) ». Les indicateurs sont calculés pour la Belgique et les Régions flamande et wallonne.

4.2 Sommaire des résultats de 2015

4.2.1 Véhicules légers

Les vitesses moyennes sont supérieures à la vitesse maximale autorisée pour les régimes hors agglomération : autoroutes, deux bandes (90 km/h) et une bande (70km/h).

Les V85 sont très élevés. Sur les autoroutes, le V85 est de 138,6 km/h, soit près de 20 km/h au-dessus de la limitation de vitesse. Sur les routes à deux bandes (120km/h), il est de 133,9km/h. Cette variabilité est encore plus problématique sur le régime deux bandes (90km/h) pour lequel le V85 dépasse les 113 km/h. Les différences entre la vitesse moyenne et le V85 soulignent la grande variabilité des vitesses pratiquées par les conducteurs. Or, moins la vitesse des voitures sur un tronçon est homogène, plus il y a de risques d'accidents (van Nes et al, 2008).

Le nombre d'infractions pour l'indicateur belge est compris entre 30 % et plus de 60 % selon le régime. Le régime deux bandes (90 km/h) est celui pour lequel on observe la plus grande part d'infractions (plus de 60 %) dont 40 % d'entre elles sont supérieures à 10 km/h au-dessus de la limitation.

Au niveau temporel, les vitesses pratiquées par les véhicules légers sont plus élevées de nuit et pendant les jours de weekend. Sur les autoroutes, la vitesse moyenne atteint 128 km/h de nuit. Le régime deux bandes (90 km/h) présente une vitesse moyenne autour de 100 km/h avec peu de variations horaires. Les régimes une bande (70 et 90 km/h) ont des vitesses inférieures ou proches de la limitation pendant la journée. La nuit par contre, les vitesses moyennes augmentent au-dessus des limitations. Les vitesses de nuit du weekend et de semaines sont quant à elles fort similaires.

Au niveau spatial, des différences régionales s'observent pour les véhicules légers avec des mesures plus élevées en Wallonie qu'en Flandre sur tous les régimes de vitesse excepté le régime une bande (70km/h).

Tous les indicateurs confirment que le régime deux bandes (90km/h) est celui pour lequel les automobilistes ont le comportement le plus irrespectueux des limitations de vitesse. Ils soulignent également l'importance de différencier les régimes une bande de deux bandes dans le calcul des indicateurs. Le régime une bande (90km/h) apparaît en effet comme peu problématique. Quant aux poids lourds, le régime une bande (70km/h) nécessite la plus grande attention.

4.2.2 Camions

Les vitesses moyennes des poids lourds sont toutes en dessous de la limitation de vitesse et ne dépassent pas les 90km/h quel que soit le régime de vitesse, validant l'efficacité des limiteurs de vitesse. Les V85 sont très proches des vitesses moyennes pour les régimes de vitesse supérieurs ou égaux à 90 km/h.

Les régimes une bande 70 (km/h) et 90 (km/h) apparaissent comme problématiques. Les vitesses de nuit y sont supérieures à la limitation de vitesse. Près d'un camion sur quatre est en infraction et un sur dix en infraction grave (+ de 10 km/h au-dessus de la limite) pour le régime à 70 (km/h). Ce chiffre montre à près d'un camion sur deux pour le régime une bande (90 km/h) avec près de un sur trois en infraction grave.

4.3 Évolution de la mesure de comportement - vitesse

Une tentative de comparaison avec les indicateurs précédents peut être ébauchée. Les indicateurs antérieurs à 2012 ne sont disponibles que pour les régimes de vitesse une bande (70 et 90 km/h). Pour les autoroutes, on dispose de la mesure de vitesse de 2011 (Riguelle, 2012). En outre, les mesures antérieures n'ont été réalisées que pour les véhicules légers. L'analyse de l'évolution se limite donc à ce type de véhicules.

Les comparaisons avec la mesure de 2012 n'est pas immédiate étant donné les changements de méthodologie. Ces changements concernent la source de données ainsi que la détermination des vitesses libres. Nous reviendrons sur cette problématique dans la discussion mais nous signalons que la mesure de 2015 ne permettra pas de se prononcer clairement sur l'évolution.

Alors que la vitesse moyenne avait fortement diminuée entre 2007 et 2010, on n'observe plus d'amélioration depuis cette date (régime 70 et 90 km/h) (voir Figure 20). Sans tenir compte des biais de comparaison, la vitesse moyenne pour le régime une bande (90km/h) semble en augmentation en 2015 par rapport à la dernière mesure radar de 2012. Elle reste stable pour le régime une bande (70km/h). Sur les autoroutes, la mesure de 2015 est également nettement supérieure à la mesure précédente (123 en 2015 contre 117,9 en 2011). La mesure de 2011 présentait toutefois de grandes variabilités entre les types d'autoroutes (deux ou trois bandes) et entre bandes de circulation (valeurs comprises entre 109,3 pour la bande de droite sur les autoroutes à trois bandes et 126,5 pour la bande de gauche des autoroutes à trois bandes). Les données FCD de l'étude ne permettent pas de déterminer sur quelle bande de vitesse se situait le véhicule. On notera toutefois que la valeur moyenne en Belgique calculée pour 2015 est comprise entre les deux valeurs de vitesse moyenne (autoroutes 2 et 3 bandes) pour les bandes de gauche.

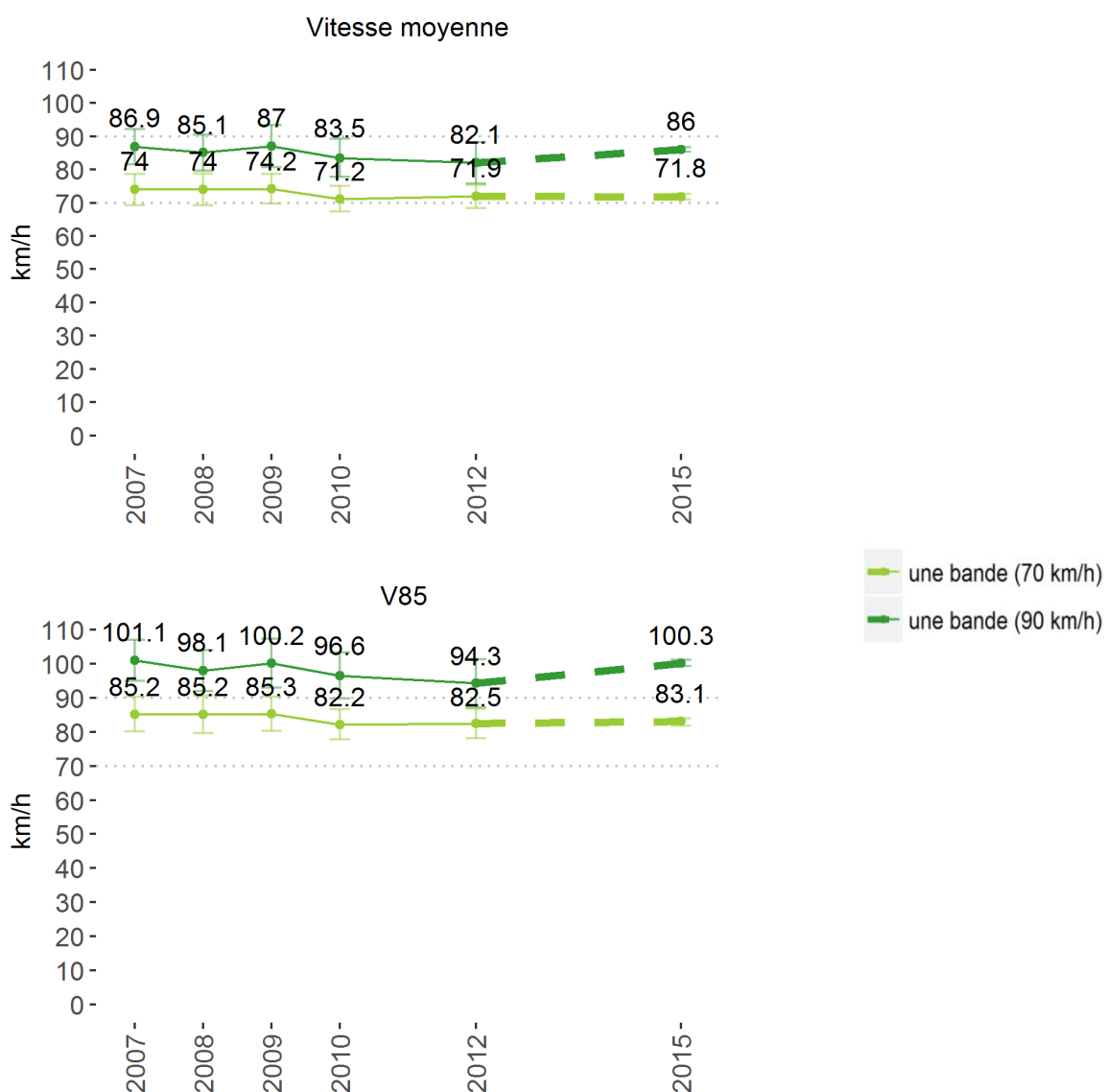


Figure 20: Évolution des moyennes et V85 pour les régimes une bande (70 et 90 km/h)

4.4 Relations entre la mesure de comportement vitesse et la mesure d'attitude 2015

Les différences régionales en matière de vitesse sur les autoroutes semble en concordance avec le comportement auto-déclaré des conducteurs analysé dans la mesure d'attitude 2015 (Meesmann & Schoeters, in prep.) Ainsi, 63 % des conducteurs wallons déclarent avoir roulé à une vitesse de 140 km/h au moins une fois sur l'année lorsque les conditions le permettaient contre 56 % en Flandre. Beaucoup de conducteurs font le choix, au moins occasionnellement, de rouler à une vitesse beaucoup plus élevée que la vitesse autorisée. Ces résultats sont également à mettre en relation avec l'enquête sur le sentiment d'insécurité routière (ENIR, 2015). Dans cette enquête, près d'un Belge sur cinq déclare rouler (presque) toujours à une vitesse supérieure à la limitation sur autoroutes.

Existe-t-il une relation entre les comportements de vitesse et la perception des risques liées à celle-ci ? Il ne semble pas avoir de lien direct avec la perception de mise en danger. 78 % des Wallons sont tout à fait d'accord avec le fait que rouler vite, c'est risquer sa vie et celle des autres. Ce chiffre est plus élevé qu'en Flandre (74 %). Par contre, la probabilité de contrôle pourrait être un des facteurs explicatifs des différences régionales. Les Flamands sont plus nombreux à estimer que le risque de contrôle de la vitesse est très élevé (31 % en Flandre contre 26 % en Wallonie). Enfin, la norme sociale sur la vitesse est peut-être

également un facteur régionale discriminant. Plus de répondants wallons trouvent qu'il est socialement acceptable de rouler vite.

Toutefois, les différences entre régions ne sont cependant pas uniquement attribuables au comportement des conducteurs. En Flandre, la limite de 70 km/h est devenue largement majoritaire pour les routes importantes de transit à une bande de circulation dans chaque sens (bien que la limite légale par défaut sur ce type de route reste jusqu'à maintenant 90 km/h sur l'ensemble du territoire belge). Paradoxalement, la limite à 90 km/h va plus souvent concerner des routes communales hors agglomération, parfois de gabarit inférieurs aux routes de transit à 70 km/h, et donc moins propices à la vitesse excessive. La plupart des routes de transit à une bande de circulation restent par contre à 90 km/h en Wallonie où la limitation à 70 km/h est souvent réservée à des endroits bien spécifiques comme dans les approches de zones urbaines (en transition entre le 50 et le 90 km/h) ou dans les traversées de zones bâties hors zones urbaines. De plus, les routes à 90 km/h sont sans doute plus souvent utilisées comme axes préférentiels pour de longs déplacements en Wallonie qu'en Flandre ce qui pourrait conduire à des vitesses plus élevées. Au-delà de l'aspect comportement, la différence de morphologie entre les routes à 90 km/h en Flandre et en Wallonie est donc également à prendre en compte pour comprendre les différences de vitesse constatée.

En ce qui concerne les changements dans le comportement des conducteurs, on peut mettre en relation l'évolution de la mesure de comportement vitesse avec celle de la mesure d'attitude 2015. Depuis 2009, il n'y a clairement pas d'augmentation dans le pourcentage de Belges estimant que la vitesse est un risque pour sa vie, celle des autres ou encore qu'elle est socialement inacceptable (Figure 21). 47 % des Belges estiment même qu'ils sont plus souvent confrontés à des conducteurs roulant trop vite qu'il y a deux ans et 44 % qu'il n'y a pas de changement (Enquête nationale de comportement d'insécurité routière). Bien qu'on ne puisse limiter les modifications de comportement à ces deux observations, ces changements d'attitude ne sont pas favorables à une diminution des vitesses moyennes.

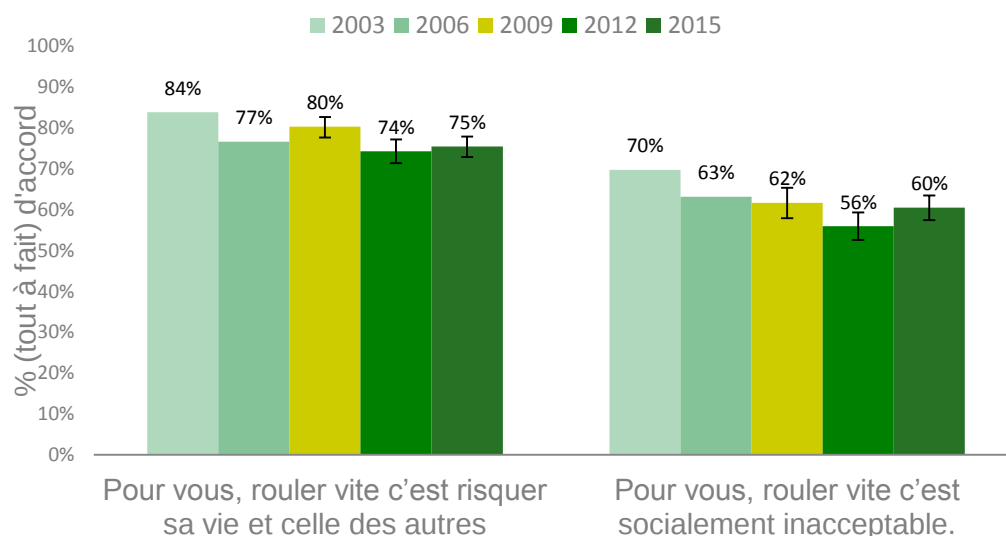


Figure 21: Évolution de l'acceptabilité de la vitesse (mesure d'attitude, 2015)

² À partir du 1^{er} janvier 2017, cette limitation passera à 70 km/h sur les routes flamandes.

4.5 Impact de la méthodologie sur l'analyse de l'évolution

Les changements d'attitude peuvent partiellement expliquer les augmentations constatées en 2015. Cependant, les mesures classiques de vitesse (radar) réalisées pour les régimes de vitesses (30 et 50 km/h) continuent à diminuer (Temmerman, 2016). Est-il vraisemblable que le comportement des automobilistes évolue différemment pour les régimes lents et rapides de vitesse ? Notons que le régime le plus faible de vitesse (70 km/h) est celui pour lequel on n'observe pas d'augmentation dans notre étude.

Les résultats élevés de 2015 ont d'autres causes possibles que le changement de comportement des automobilistes. Il est important de considérer l'impact du changement de données et de définition de la vitesse libre. Bruxelles n'a notamment pas été intégrée dans les mesures. Dès lors, les indicateurs calculés pour la Belgique, doivent s'entendre comme la synthèse des mesures pour la Flandre et la Wallonie uniquement. De plus, les vitesses libres ne sont plus déterministes (déterminées par la distance entre véhicules) mais font l'objet d'une approche probabiliste basée sur la variabilité horaire des vitesses par segment. Les mesures antérieures de l'IBSR étaient réalisées en septembre, dans des conditions climatiques proches de celles du mois d'octobre. Si les indicateurs globaux de 2015 avaient été calculés uniquement sur les mesures d'octobre (afin d'approximer l'ancienne mesure), les vitesses moyennes auraient été encore plus élevées que celles présentées dans ce rapport. Les différences temporelles n'expliquent donc pas l'augmentation observée des vitesses. Une surestimation des vitesses moyennes pourrait encore s'expliquer par un filtrage trop important des conducteurs lents. Les indicateurs calculés sans filtrage ont, tout de même, des valeurs supérieures à 2012. La vitesse moyenne serait de 121,7 km/h (contre 123 km/h), la vitesse sur les routes une bande (90 km/h) de 85,6 km/h (contre 86 km/h). Ces valeurs élevées suggèrent que l'augmentation n'est que peu imputable au changement de conception de la vitesse libre.

Alors que dans les mesures radar, tous les véhicules étaient enregistrés, les FCD ne concernent que les conducteurs utilisant un GPS ou application smartphone de positionnement. Il est possible que ces conducteurs ne soient pas représentatifs de la population globale des conducteurs. Pour des raisons de respect de la vie privée, nous ne disposons pas de données individuelles caractérisant les conducteurs (ex : âge, sexe, etc...) permettant d'évaluer si notre échantillon est biaisé vers certains sous-groupes, notamment. Néanmoins, nous disposons des identifiants de chacun des GPS ou téléphone émettant sa position. Dans une recherche future, il sera possible de suivre les comportements individuels des conducteurs sur les différents régimes de vitesse et d'établir, pour chaque utilisateur, un profil de vitesse caractéristique. Cette analyse permettra de quantifier la proportion de conducteurs rapides (dépassant systématiquement les limitations de vitesse) dans l'échantillon.

De plus, la prochaine mesure sur autoroutes pourrait confronter les mesures obtenues par FCD avec les vitesses calculées à partir des boucles de comptage installées sur les autoroutes.

4.6 Comparaisons internationales

Selon DaCota (2012.), il est difficile de comparer les indicateurs de vitesse entre pays étant donné les différences dans les classifications des routes et les vitesses maximales autorisées. Une comparaison est toutefois possible pour les autoroutes en gardant à l'esprit les spécificités des mesures dans les différents pays.

Dans la précédente mesure sur les autoroutes (Riguelle, 2013), la situation en Belgique était mauvaise par rapport aux autres pays européens. Riguelle concluait que le seul pays avec lequel la comparaison n'est pas au désavantage de la Belgique était le Danemark où la vitesse moyenne était assez élevée par rapport à la limitation, plus particulièrement sur les autoroutes à 110 km/h.

Le Danemark possède deux régimes de vitesse sur autoroutes : 110 et 130 km/h. La moyenne de vitesse calculée sur les autoroutes à 110 km/h pour les quatre mois d'observations de 2015 au Danemark (Vejdirektoratet, 2015)³ est de 114,5 km/h soit près de 4 km/h au-dessus de la vitesse maximale autorisée. Cet ordre de dépassement est comparable à la situation belge, les deux pays conservant de mauvais résultats sur l'indicateur de vitesse pour autoroutes. Cependant, au Danemark, la mesure continue à baisser

³ Le Vejdirektoratet publie des indicateurs mensuels. La valeur globale indiquée dans ce rapport a été calculée par l'auteur de ce rapport à l'aide d'une moyenne simple des indicateurs mensuels de 2015 pour les quatre mois d'analyse. Ce chiffre ne constitue donc pas un chiffre officiel du Vejdirektoratet.

depuis 2012. De plus, sur les autoroutes à 130 km/h, la vitesse moyenne est en dessous des 120 km/h, valeur bien en deçà de la limitation.

Si on compare les résultats de la Belgique à la France (ONISR, 2015) ou au Royaume-Uni (UK-Department for Transport, 2014) notre pays doit s'améliorer sur le comportement de vitesse. Ainsi dans ces deux pays voisins, la vitesse moyenne est inférieure à la vitesse maximale autorisée (en 2014, 68 miles/h de vitesse moyenne au Royaume-Uni pour une limitation de 70 miles/h, 118km/h sur les autoroutes avec une limitation de 130 km/h). Le pourcentage d'infractions y est également plus réduit (46 % d'infractions au Royaume-Uni, seulement 21 % en France contre 52,6 % en Belgique). On pourrait attribuer ces différences à des différences méthodologiques dans le calcul des vitesses. Au Royaume-Uni, il s'agit des vitesses libres estimées par des boucles de comptage. En France, les mesures sont effectuées par radar uniquement de jour (9h30-16h30, donc hors heures de pointe). Dans notre analyse, nous avons montré que les vitesses en journées sont généralement plus faibles que pendant la nuit. Cependant, en Belgique, pour les jours de semaine, la moyenne des vitesses libres dans cette tranche horaire est de l'ordre de 119 km/h, pour une limitation à 120 km /h. Le différentiel de vitesse par rapport à la limitation reste plus grand en Belgique après prise en compte de cette différence dans la mesure.

En terme d'évolution, la hausse des vitesses observées en Belgique depuis 2011 est également observée en France ces dernières années. Ainsi, la France enregistre une augmentation globale d'environ 2 km/h pour le régime 110 km/h et de 4km/h pour le régime 130 pour les mesures de 2013 et 2014 par rapport à 2012.

5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

5.1 Conclusions

Dans l'ensemble, les belges roulent trop vite. Le calcul des indicateurs nous permet d'identifier les régimes comme les plus problématiques en terme de non-respect des limitations de vitesse. Il s'agit principalement des autoroutes et des routes deux bandes (90km/h). Ces régimes présentent des vitesses moyennes horaires élevées et un nombre inquiétant (supérieur à 30 % des observations) d'infraction de plus de 10 km/h.

Les observations sur autoroutes vont à l'encontre des conclusions de Riguelle (2012) selon lesquelles les vitesses enregistrées sur les autoroutes n'étaient pas spécifiquement alarmantes. Elles sont par contre en accord avec les déclarations de mesure d'attitude de 2015 où plus de la moitié des répondants déclarent avoir dépasser d'au moins 20 km/h la limitation de vitesse. Les comparaisons internationales ont de plus montré que notre pays a toujours de moins bons résultats que des pays voisins comme la France et le Royaume-Uni.

Concernant les distinctions entre régions, les vitesses pratiquées en Wallonie sont plus élevées qu'en Flandre excepté pour le régime une bande (70km/h) pour lequel on observe peu de différences. Ces différences régionales cachent toutefois des variabilités plus locales comme cela a pu être mis en évidence pour l'analyse des autoroutes. Elles sont également liées aux différences dans les infrastructures entre les régions.

Les poids lourds, quant à eux, nécessitent une attention particulière. En, effet, ils présentent des vitesses élevées principalement pour les régimes une bande (70 et 90 km/h). Leur vitesse étant régulée par le limiteur de vitesse, il est logique de n'observer que très peu d'infractions pour les régimes où la limitation légale pour ce type de véhicules est de 90km/h.

D'un point de vue méthodologique, les résultats de 2015 montrent que, bien que les FCD ne soient pas conçus pour cela, ils permettent de calculer des indicateurs de vitesse libre à un niveau de précision acceptable. Ils requièrent un certain nombre d'adaptations méthodologiques afin de tenir compte de leurs caractéristiques. Dans cette étude, nous avons adopté une approche probabiliste afin de détecter les problèmes de congestion (à savoir des vitesses d'écoulement, non-libres). Les efforts futurs porteront sur la validation de cette approche, ainsi que sur la différenciation des profils de vitesse à partir de différents types d'utilisateur / de l'appareil.

5.2 Recommandations

Les moyens d'agir sur les vitesses pratiquées et sur leur hétérogénéité se répartissent généralement, entre les mesures d'infrastructure, l'éducation et sensibilisation, la répression et l'adaptation des véhicules. Les résultats plus performants de pays voisins doivent inspirer la Belgique dans sa politique de lutte contre les infractions de vitesse.

Concernant les infrastructures, les mesures de nuit pour le régime 70 km/h suggèrent qu'un changement de limitation de vitesse sans aménagement des infrastructures a peu d'impact lorsque les conditions de trafic sont fluides. L'aménagement de la route doit dès lors améliorer la lisibilité de la limitation de vitesse. Ces aménagements pour ce régime de vitesse doivent intégrer le comportement des poids lourds qui eux aussi, commettent un nombre conséquent d'infractions. La mise en œuvre d'aménagements dépend toutefois du type de route. Ainsi, sur les routes à deux bandes (90 km/h), cela reste très compliqué bien qu'il s'agissent de routes sur lesquelles ont lieux de nombreux accidents graves.

Les contrôles et la répression sont dès lors des éléments essentiels aux réductions des vitesses pour les régimes de vitesse 90 km/h et supérieurs. On pourrait augmenter les contrôles automatiques des vitesses grâce à la multiplication des radars tronçons pour lesquels les conducteurs sont contraints de respecter la limitation de vitesse sur une plus longue distance que les radars classiques.

Plus important encore, le suivi des infractions pourrait encore être amélioré. Actuellement, les infractions en dessous de 40 km/h de la limitation, pour les routes hors agglomération font, en général, l'objet d'une perception immédiate. Ce système ne permet pas de suivre les récidivistes en matière de vitesse. Dans beaucoup de pays européens, toute infraction au code de la route est enregistrée. Un retrait provisoire de

permis peut s'appliquer lorsqu'un conducteur atteint un nombre prédéfini d'infractions. Cette mesure en plus de sanctionner le conducteur, le responsabilise sur son comportement à risque.

Les systèmes dynamiques de régulation de vitesse offrent également de nouvelles possibilités pour réduire la variabilité de vitesse pratiquée par les conducteurs. Ainsi, Van Nes et al. (2010) ont observé en simulateur une vitesse plus homogène des conducteurs dans les zones où la limite de vitesse dynamique était activée par rapport aux zones où la limitation de vitesse était fixe. Toutefois, bien qu'on observe un dépassement des vitesses maximales autorisées fréquent pendant la nuit, il est peu envisageable d'augmenter les limitations pendant celle-ci. En effet, une augmentation de la vitesse maximale de 10 km/h n'aurait que peu d'impact sur les temps de trajet tout en augmentant les risques d'accident. De plus, les conducteurs nocturnes sont plus sujets aux pertes d'attention (Pack et al., 2015). Concernant la sensibilisation, l'acceptabilité sociale de la vitesse est encore trop courante, surtout pour les groupes d'âge les plus jeunes. Moins de la moitié des conducteurs de moins de 30 ans considère comme socialement inacceptable de rouler vite (Meesmann & Schoeters., en préparation). Des campagnes auprès des publics cibles sont encore nécessaire pour responsabiliser les conducteurs.

La situation sur les régimes de vitesse une bande (70km/h et 90 km/h) est inquiétante pour les poids lourds. Lorsque les camionneurs ont le choix de leur vitesse, les infractions sont fréquentes (respectivement un conducteur sur deux/sur trois pour les régimes une bande 90 km/h / 70km/h. Hors, si le kilométrage parcouru des poids lourds hors autoroutes ne représente que 35 % de leur kilométrage totale sur une année, la plupart des accidents de poids lourd (environ 40 %) ont lieu hors agglomération contre 30 % sur autoroutes et 30 % en agglomération. De plus, contrairement aux voitures, ces accidents sont généralement plus graves hors agglomération que sur les autoroutes (Martensen, 2009).

Les systèmes d'adaptation intelligente de la vitesse (ISA) offriraient enfin une solution au contrôle tant pour les conducteurs de voitures que de camions. Ce système, basé sur la détection des signaux routiers, permet de limiter la vitesse des véhicules grâce à la lecture des panneaux de signalisation ou encore du positionnement par les systèmes de navigation. Ce système a fait l'objet d'une première évaluation par l'IBSR, en juin 2015. L'institut a conclu que les systèmes ISA sont des solutions d'avenir, même si des améliorations doivent encore être apportées afin de les perfectionner, notamment en terme d'amélioration de la signalisation des limitations de vitesse.

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1: Répartition des segments par type de route et par région	17
Tableau 2: Pondération spatiale des observations par région	18
Tableau 3: Flux de données et volume réel estimé par mois	18
Tableau 4: Comparaison des caractéristiques des données radar et FCD et leurs implications sur les comparaisons des indicateurs (2015 et années précédentes)	22
Figure 1: Risque d'être mortellement blessé lors de la collision en fonction de la vitesse d'impact. Source : Elvik (2009)- adapté de Rosén & Sander (2009) & U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (2005)	11
Figure 2: Points de mesure 2015 selon le type de régime	15
Figure 3: Choix des sites appropriés pour la mesure	16
Figure 4: Comparaison de la couverture spatiale des sites de mesures entre 2012 et 2015 - Régimes 70 et 90 km/h.	17
Figure 5: Exemple de segments sélectionné ou filtré après la modélisation	20
Figure 6: Distribution de la vitesse sur un site à 70 km/h avec mention des indicateurs calculés (Source : Riguelle, 2012).	20
Figure 7: Vitesse moyenne en Belgique et par région	23
Figure 8: V85 en Belgique et par région	24
Figure 9: Distribution des vitesses moyennes par jour de la semaine	25
Figure 10: Vitesse moyenne horaire pour les différents régimes de vitesse	26
Figure 11: Distribution mensuelle des vitesses moyennes	27
Figure 12: Distribution des infractions pour les différents régimes de vitesse	28
Figure 13: Pourcentage d'infractions par régime de vitesse et par région- Véhicules légers	29
Figure 14: Vitesse moyenne par régime et région – Camions	30
Figure 15: V85 par régime et régions – Camions	31
Figure 16: Distribution de la vitesse moyenne par jour de la semaine pour les différents régimes – Poids lourds	32
Figure 17: Distribution de la vitesse moyenne horaire par type de régime – Camions	33
Figure 18: Pourcentage d'infractions pour les différents régimes en Belgique – Camions	34
Figure 19: Pourcentage d'infractions par région – Camions	35
Figure 20: Évolution des moyennes et V85 pour les régimes une bande (70 et 90 km/h)	38
Figure 21: Évolution de l'acceptabilité de la vitesse (mesure d'attitude, 2015)	39

RÉFÉRENCES

- Aarts, L., & van Schagen, I. (2006). Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 215-224.
- Aart, L & (2015). Usefulness of 'floating car speed data' for proactive road safety analyses : analysis of TomTom speed data and comparison with loop detector speed data of the provincial road network in the Netherlands.
- Bar-Gera, H. (2007). Evaluation of a cellular phone-based system for measurements of traffic speeds and travel times: A case study from Israel. *Transportation Research Part C*, 15, 380–391.
- Bekhor, S., Lotan, T., Gitelman, V., & Morik, S. (2013). Free-flow travel speed analysis and monitoring at the national level using global positioning system measurements. *Journal of Transportation Engineering*, 139(12), 1943-5436.
- Bessler, S., & Paulin, T. (2013). Literature Study on the State of the Art of Probe Data Systems in Europe. Vienna: FTW Telecommunications Research Center.
- Bonnard, A., Brusque, C. & Hugot M (2013). Estimation d'indicateurs d'exposition et de performance en sécurité routière à partir de l'observation en continu d'une flotte de véhicules. Séminaire : Recueil et analyse de données spatio-temporelles pour l'étude des mobilités et des comportements de conduite. IFSTTAR.
- Bowie, N. N., & Waltz, M. (1994). Data Analysis of the Speed-Related Crash Issue. *Auto and Traffic Safety*, 1(2), 31-38.
- Brockfeld, E., Lorkowski, S., Mieth, P., & Wagner, P. (2007). Benefits and limits of recent floating car data technology - An evaluation study. *Proceedings 11th WCTR Conference*, (pp. 24-28). Berkeley.
- Cheu, R. L., Xie, C., & Lee, D.-H. (2002). Probe Vehicle Population and Sample Size for Arterial Speed Estimation. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 17, 53-60.
- Clarke, D., Ward, P., Bartle, C., & Truman, W. (2010). Killer crashes: Fatal road traffic accidents in the UK. *Accident Analysis & Prevention*, 42(2), 764–770.
- DaCoTA, 2012. Speed and speed management, Deliverable 4.8s of the EC FP7 project DaCoTA.
- Davey, J., Wishart, D., Freeman, J. & Watson, Barry. (2007). An application of the Driver Behaviour Questionnaire in an Australian organisational fleet setting. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 10. pp. 11-21
- Diependaele K (2015) Somnolence au volant. Analyse de l'ampleur et des caractéristiques de la somnolence chez les conducteurs Belges. Bruxelles, Belgique – Centre de Connaissance Sécurité Routière.
- Hakkert, A.S & V. Gitelman (Eds.) (2007) Road Safety Performance Indicators: Manual. Deliverable. D3.8 of the EU FP6 project SafetyNet.
- Imprialou, M., Quddus, M., Pitfield, D. & Lord, D. (2016). Re-visiting crash–speed relationships: A new perspective in crash modelling. *Accident Analysis & Prevention*, 86, 173–185.
- IBSR. 2015. Enquête nationale d'insécurité routière (ENIR).
- May, A. D. (1990). *Traffic flow fundamentals*. Englewood Cliffs, New Jersey, Etats-Unis: Prentice Hall.
- Martensen H. 2009. Rapport thématique Accidents de camion- Accidents impliquant au moins un camion 2000-2007. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière - Observatoire pour la sécurité routière.
- Meesmann, U., & Schoeters, A. (en préparation). Résultats de la mesure d'attitudes en matière de sécurité routière menée tous les trois ans par l'IBSR. 5ième édition (2015). Bruxelles, BE: Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière
- Observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR) (2015). Observatoire des vitesses : résultats de l'année 2015.

- Pascale, A., Deflorio, F., Nicoli, M., Dalla Chiara, B., & Pedroli, M. (2015). Motorway speed pattern identification from floating vehicle data for freight applications. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 51, 104–119.
- Pfoser, D. (2008). Floating Car Data BT - Encyclopedia of GIS. In S. Shekhar & H. Xiong (Eds.), (p. 321). Boston, MA: Springer US.
- Pei, X., Wong, S. C., & Sze, N. N. (2012). The roles of exposure and speed in road safety analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 48, 464–471.
- Riguelle, F. (2012). Mesure nationale de comportement « vitesse sur autoroute » – 2011. Bruxelles: Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de connaissance.
- Riguelle, F. (2013). Mesure nationale de comportement en matière de vitesse – 2012. Bruxelles: Institut Belge pour la Sécurité Routière - Centre de Connaissance.
- Riguelle, F., & Roynard, M. (2014). Les camionnettes roulent-elles trop vite ? Résultats de la première mesure de la vitesse des camionnettes en Belgique. Bruxelles: Institut Belge pour la Sécurité Routière - Centre de Connaissance.
- Riguelle, F. (2015). Estimation des vitesses pratiquées sur base de données en véhicule flottant. Résultats d'une étude pilote menée en Belgique. Rapport de recherche interne. IBSR. 36 p.
- Rosén, E. Sander, U. (2009). Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 536–542.
- Transportation Research Board. (1998). Managing speed: review of current practice for setting and enforcing speed limits. Washington DC: National Academy Press.
- Temmerman, P., & Roynard, M. (2015). Motorcycle speed survey 2014. Results of the first motorcycle speed survey in Belgium. Bruxelles: Institut Belge pour la Sécurité Routière - Centre de Connaissance.
- Temmerman, P. (2016). Trop vite en agglomération – Résultats du mesure de comportement vitesse en 2015. Bruxelles: Institut Belge pour la Sécurité Routière - Centre de Connaissance.
- Vanlommel, M., Houbraeken, M., Audenaert, P., Logghe, S., Pickavet, M., & De Maeyer, P. (2015). An Evaluation of Section Control based on Floating Car Data. *Transportation Research Part C*. doi:10.1016/j.trc.2014.11.008
- UK- Department for Transport (2014). Free Flow Vehicle Speed Statistics: Great Britain 2014. Rapport en ligne. Téléchargé le 15 janvier 2016 à l'adresse <https://www.gov.uk/government/collections/speeds-statistics>
- Van Nes, N., Brandenburg, S., & Twisk, D. (2008, June). Dynamic speed limits; effects on homogeneity of driving speed. In *Intelligent Vehicles Symposium, 2008 IEEE* (pp. 269–274). IEEE
- Van Nes, N., Brandenburg, S., Twisk, D. (2010) Improving homogeneity by dynamic speed limit systems. *Accident Analysis & Prevention* Volume 42, Issue 3, May 2010, Pages 944–952
- Vejdirektoratet. (2012). Hastighedsbarometer - Octobre 2015. Copenhagen, Danemark : Vejdirektoratet.
- Viechtbauer, W. (2010). Conducting Meta-Analyses in R with the metafor Package. *Journal of Statistical Software*; Vol 1, Issue 3. 48p.
- Wood (2015). Mixed GAM Computation Vehicle with GCV/AIC/REML Smoothness Estimation (Package 'mgcv' de R). Version 1.8
- Ygnace, J.-L., Drane, C., Yim, Y. B., & de Lacvivier, R. (2000). Travel Time Estimation on the San Francisco Bay Area Network Using Cellular Phones as Probes. Institute of Transportation Studies. Berkeley: University of California.

ANNEXE

Détail de la pondération

Dans un estimateur stratifié, il se peut qu'il existe des déséquilibres dans la représentation des strates. Si on connaît la taille des strates, on peut corriger ces déséquilibres par une pondération des observations. Dans cette étude, les strates sont définies par une composante spatiale (le niveau de la région) et une composante temporelle (on considérera pour la pondération uniquement les variations mensuelles).

La pondération est dès lors réalisée selon la formule suivante ;

$$W_i = (R_{strate} * M_{strate}) / (s_{segment}^2 + \tau_{segment}^2)$$

Où :

- W_i est le poids attribué à chaque observation
- R_{strate} est le poids spatial calculé pour la strate d'agrégation, M_{strate} est son poids temporel, et le terme $(s_{segment}^2 + \tau_{segment}^2)$ tient compte de l'homogénéité et volume de trafic par segment

Avec:

$$R = p_{Region} * p_{Regime} / (n_{Segments} / \sum(n_{Segments}))$$

p_{Region} est la proportion des routes (longueur) pour une région par rapport à Belgique, p_{Regime} est la proportion de routes pour un régime de vitesse. $n_{Segments}$ est le nombre de segments analysés de la strate et $\sum(n_{Segments})$, la somme de l'ensemble des segments afin d'obtenir la proportion de segments concernés par la strate d'agrégation.

$$M = p_{Month} / (n_{Speeds} / \sum(n_{Speeds}))$$

p_{Month} est la proportion du trafic sur les autoroutes pour le mois d'analyse, la somme des poids est égal à 1. n_{Speeds} est le nombre d'observations analysées sur la strate divisée par n_{Speeds} , le nombre total d'observations, afin d'obtenir la proportion d'observations concernée par la strate d'agrégation.



Institut Belge pour la Sécurité Routière
Chaussée de Haecht 1405
1130 Bruxelles
info@ibsr.be

Tel.: 02 244 15 11
Fax: 02 216 43 42