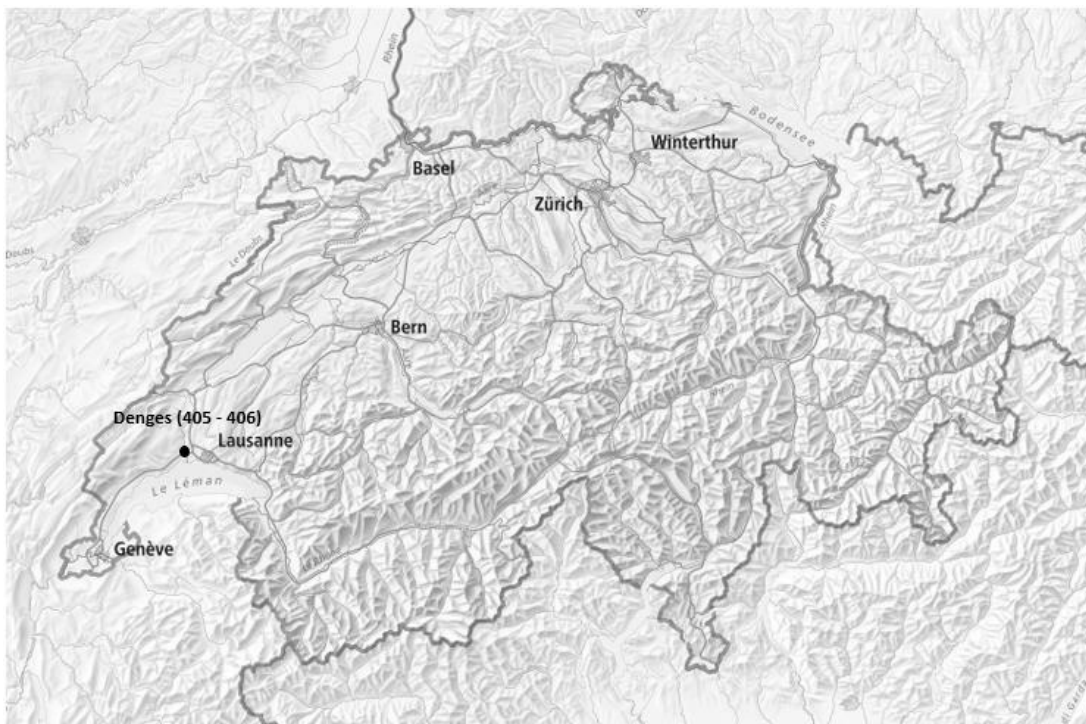




Denges - 2013

Evaluation et traitement des données WIM



Impressum

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral des routes OFROU

Division Réseaux routiers

Trafic & Innovations Management

Monitoring du trafic

Document

Document WIM_2013_405_406

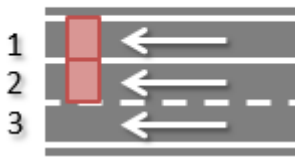

Version 1

Créé le 30.11.2017 – MAF

Table des matières

	Impressum	2
1	Fiche de station	4
2	Intégrité des données	5
3	Traitements statistiques	6
3.1	Répartition horaire annuelle	6
3.2	Répartition horaire annuelle HV (> 10 tonnes)	7
3.3	Répartition horaire journalière	8
3.4	Détection de véhicules	10
3.4.1	Par mois	10
3.4.2	Par nombre d'axes	11
3.4.3	Par classes SWISS10	11
3.4.4	Par tranches de masse	12
3.4.5	Silhouettes prédominantes.....	12
4	Modèle selon norme SN 640 320	13
4.1	Répartition entre les voies de circulation	13
4.2	Facteurs d'équivalence par classes de véhicules	13
4.3	Facteurs d'équivalence par catégories de véhicules	13
4.4	Facteur d'équivalence moyen	14
4.5	Classe de trafic pondéral équivalent actuelle selon SN 640 324.....	14
4.6	Tendance pour l'estimation du taux d'accroissement annuel	14
5	Caractéristiques des poids lourds	15
5.1	Caractéristiques des catégories de poids lourds	15
5.2	Caractéristiques globales de l'échantillon	19
6	Modèle selon norme SIA 261	21
6.1	Modèle de charge 1 selon SIA 261	21
6.1.1	Charge concentrée Q	21
6.1.2	Charge répartie q	21
7	Tendances.....	22
7.1	Evolution de la répartition horaire annuelle.....	22
7.2	Evolution de la détection par mois	24
7.3	Evolution du modèle de la norme SN 640 320	25
7.3.1	Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules	25
7.3.2	Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules.....	26
7.3.3	Evolution du facteur d'équivalence moyen	26
7.3.4	Evolution du trafic pondéral équivalent journalier	26
7.4	Evolution du modèle de la norme SIA 261.....	27
7.4.1	Evolution des quantiles de la charge concentrée Q	27
7.4.2	Evolution des quantiles de la charge répartie q	28
8	Niveau de confiance	29
	Bibliographie	30

1 Fiche de station

Station	Canton	RN	N° ASTRA	Filiale	UT	Directions	Voies
Denges	VD	A1	405 / 406	F1	II	2	2x3
Situation							
<p>406 : Direction Genève</p>  <p>405 : Direction Lausanne</p> 							
Enregistrements							
Type de fichiers :	Fichiers journaliers						
Format de fichiers :	NoASTRAANNEEMOISJOUR.extension						
Extension de fichiers :	*.V00, *.V01						
Filtre poids véhicules :	> 2998 kg (405 jusqu'au 01.07.2013) > 2994 kg (405 depuis le 02.10.2013) > 2998 kg (406 jusqu'au 04.02.2013) > 2994 kg (406 depuis le 15.02.2013)						
Classification SWISS :	SWISS10						
Fichier de données							
Fichiers journaliers manquants	15.05.2013 – 06.06.2013 (405) 02.07.2013 – 01.10.2013 (405) 03.10.2013 – 31.12.2013 (405) 11.01.2013 – 31.01.2013 (406) 05.02.2013 – 14.02.2013 (406) 15.05.2013 – 06.06.2013 (406)						
Perte potentielle de données	02.10.2013 – 00 : 00 à 11 : 25 (405) 01.02.2013 – 00 : 00 à 13 : 21 (406) 04.02.2013 – 09 : 06 à 09 : 07 (406) 15.02.2013 – 00 : 00 à 14 : 51 (406) 08.05.2013 – 03 : 13 à 03 : 18 (406) 01.08.2013 – 03 : 25 à 03 : 31 (406) 12.10.2013 – 01 : 15 à 01 : 20 (406)						
<i>Evènements particuliers</i>							
<i>Décisions</i>							
<i>Concaténation</i>							
Nom de fichiers :	2013_405_concat.log ; 2013_406_concat.log ;						
Nombre d'enregistrements :	316'328 (405) ; 645'421 (406)						
Nombre de jours effectifs :	159.5 (405) ; 309.8 (406)						

2 Intégrité des données

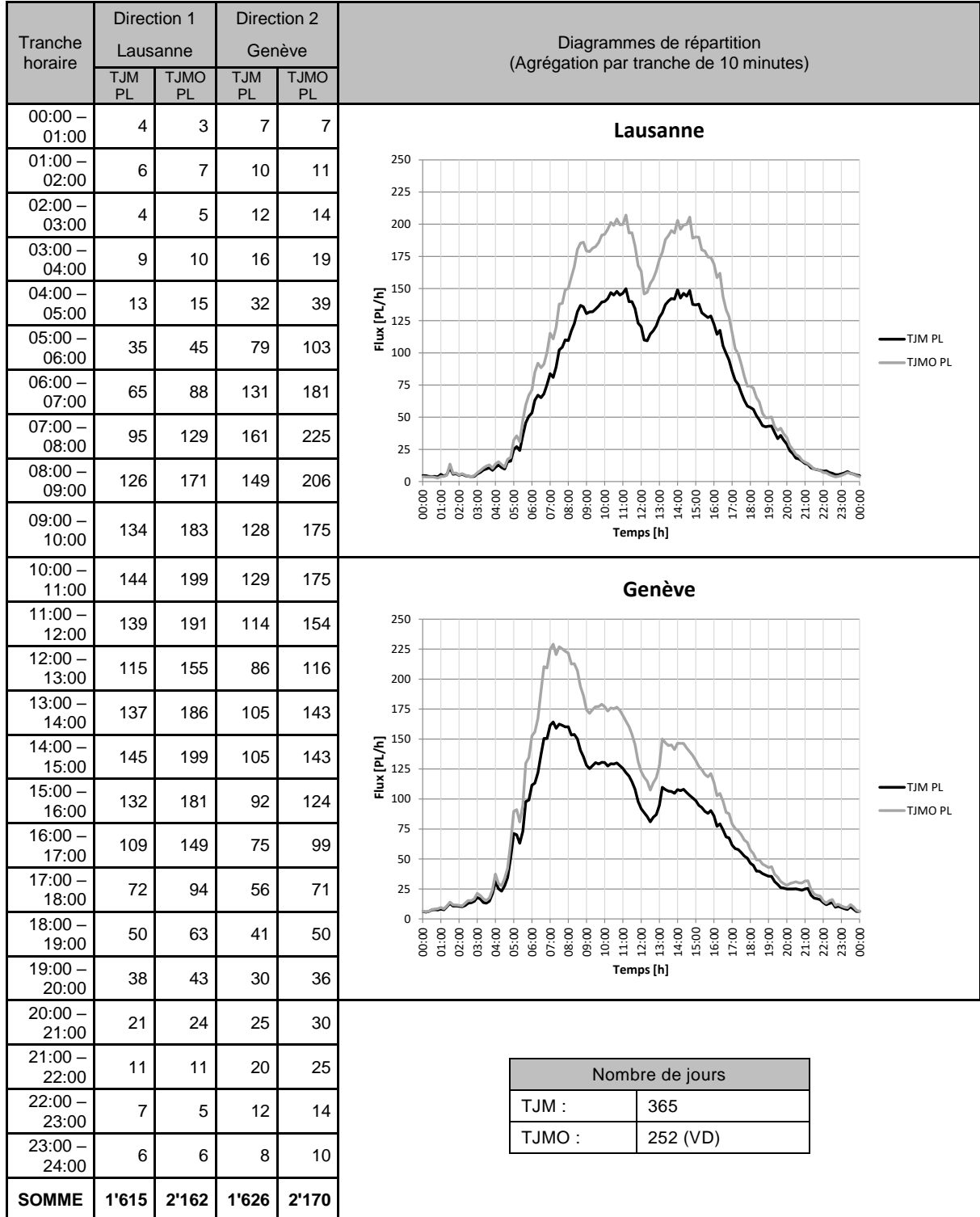
Documents de référence : [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

Filtre des données (démarche pas à pas)	
1)	Véhicules de moins de 3.5 tonnes (176'956 enregistrements).
2)	264'757 enregistrements direction D1 (405). 316 enregistrements direction D2 (405). 518'967 enregistrements direction D1 (406). 753 enregistrements direction D2 (406).
3)	Longueur totale nulle (148 enregistrements).
4)	Longueur totale supérieure à 26.00m (7'231 enregistrements).
5)	Poids nul sur un des axes (67 enregistrements).
6)	Entraxe inférieur à 60cm (14'138 enregistrements).
7)	Poids total supérieur à 65 tonnes (400 enregistrements, hors grues mobiles).
8)	Poids sur un axe supérieur à 18 tonnes (55 enregistrements, hors grues mobiles).
9)	Longueur totale inférieure à 4.00m (499 enregistrements).
<i>Décisions</i>	
1)	Exclusion (2013_405_406_u3500.log).
2)	Exclusion des enregistrements direction D2.
3)	Exclusion.
4)	Exclusion.
5)	Exclusion.
6)	Exclusion.
7)	Exclusion.
8)	Exclusion.
9)	Exclusion.
<i>Fichiers</i>	
Nom de fichier de traitement statistique :	2013_405_406.log
Nombre d'enregistrements :	761'186
Nom de fichier d'exclusions :	2013_405_406_exclus.log
Nombre d'enregistrements :	23'607

Sur un total de 961'749 enregistrements, 176'956 ont été séparés en raison de leur appartenance aux véhicules légers (< 3.5 tonnes) et 23'607 enregistrements (3.01%) ont été exclus du jeu de données de base en raison d'incohérences potentielles de données.

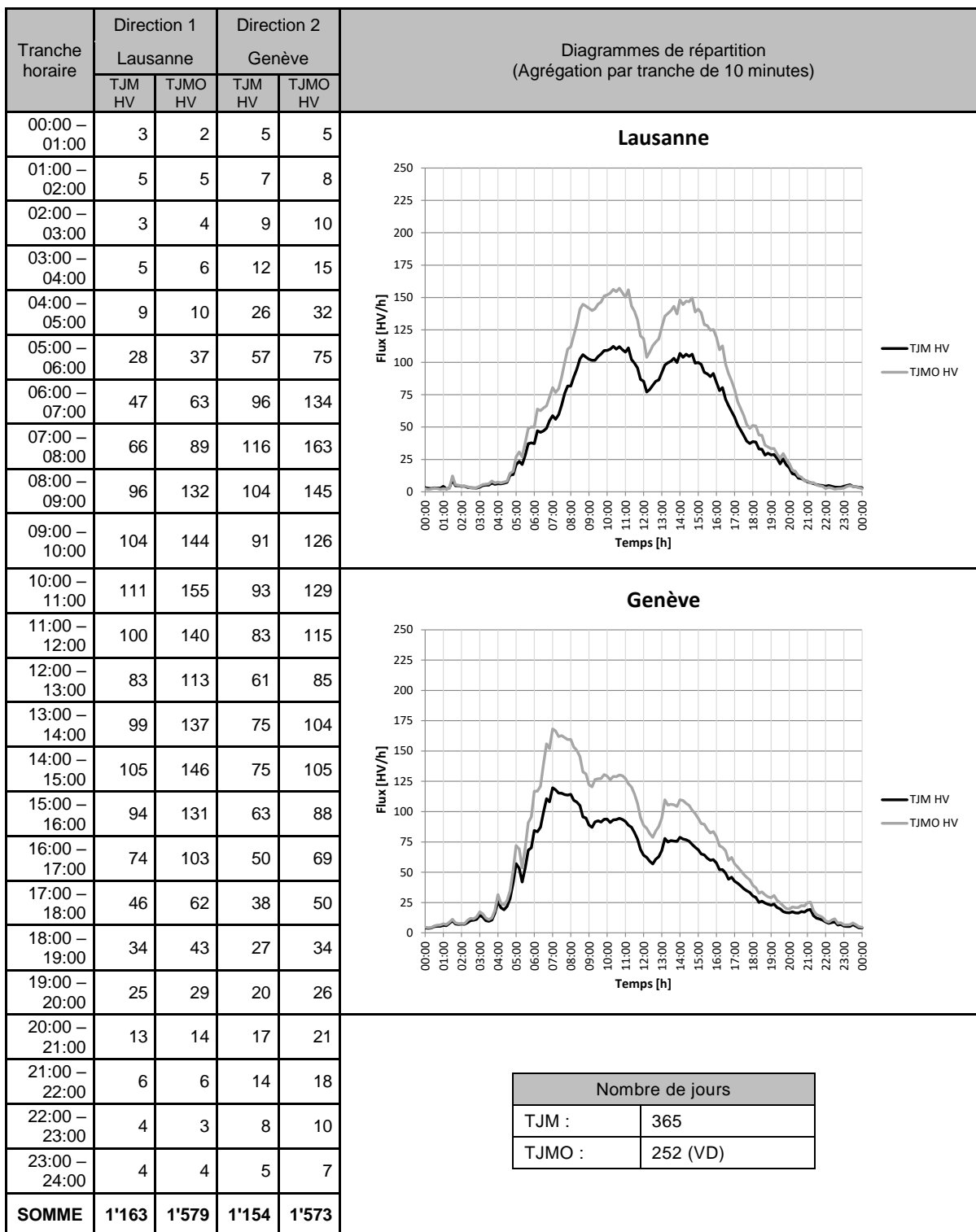
3 Traitements statistiques

3.1 Répartition horaire annuelle



Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

3.2 Répartition horaire annuelle HV (> 10 tonnes)

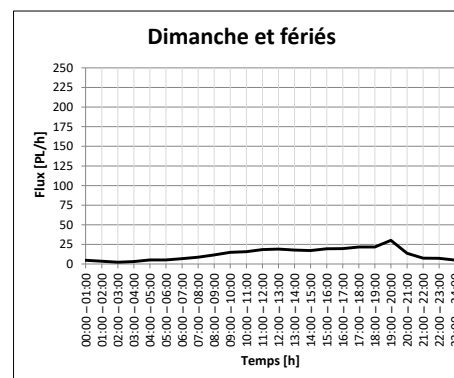
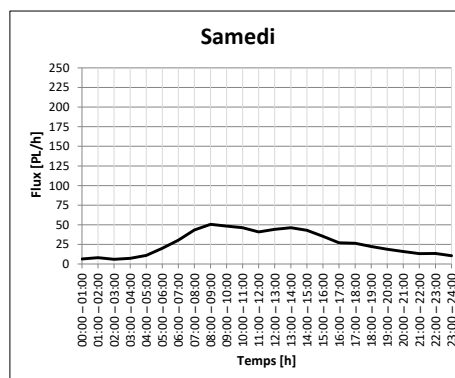
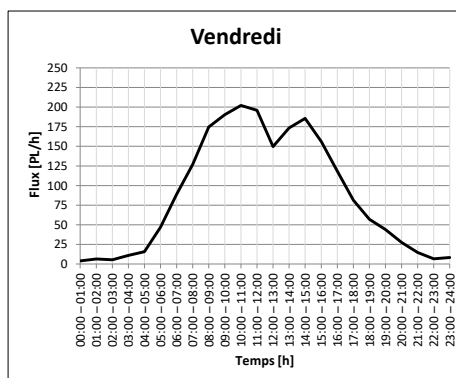
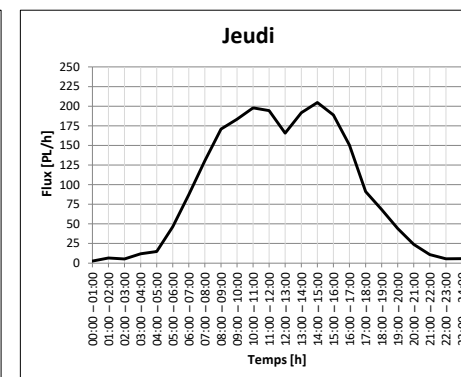
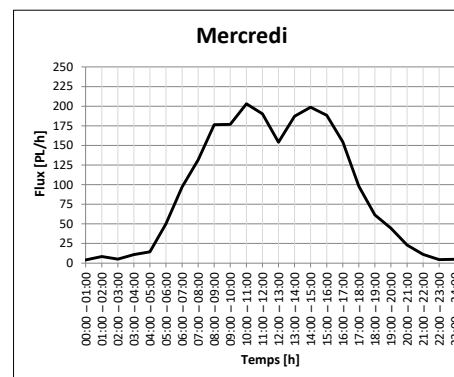
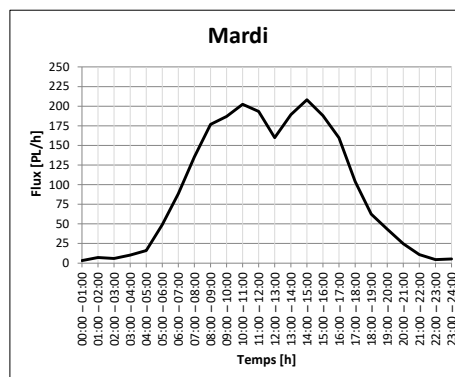
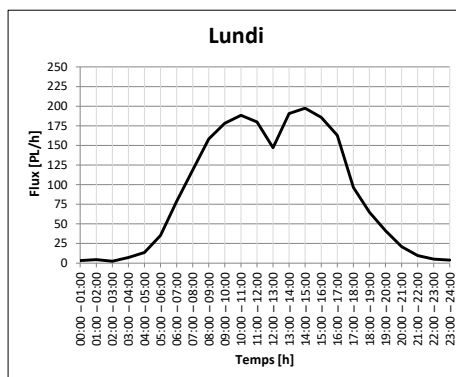


Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

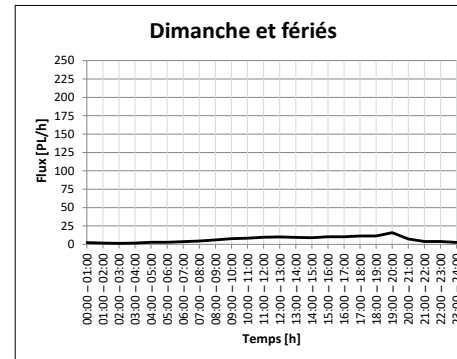
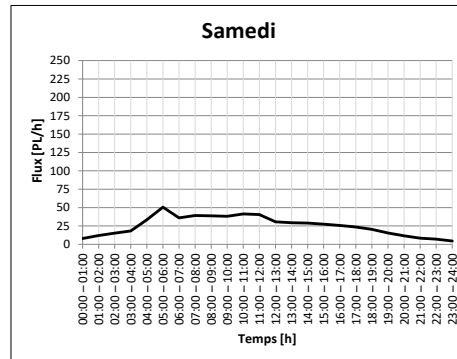
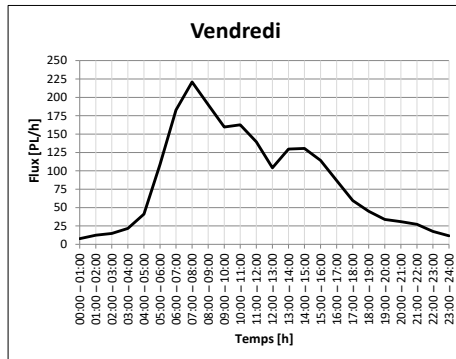
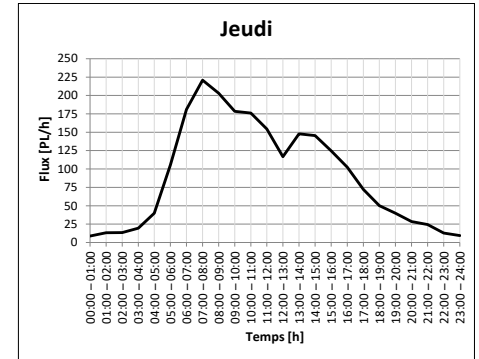
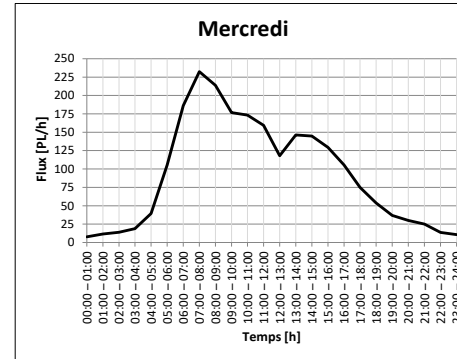
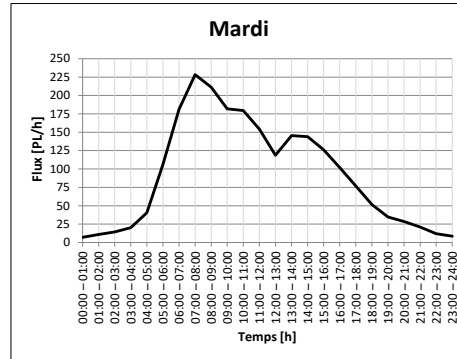
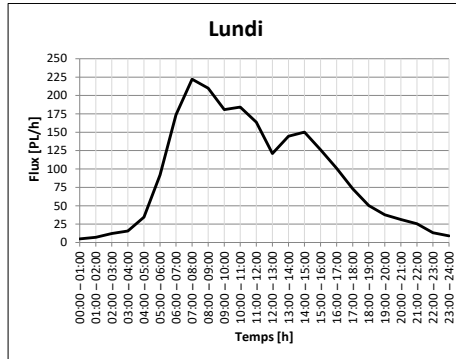
3.3 Répartition horaire journalière

Jours	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche et fériés
Nombre (VD)	49	52	50	50	51	52	61

Direction 1 : Lausanne (Agrégation par heure)



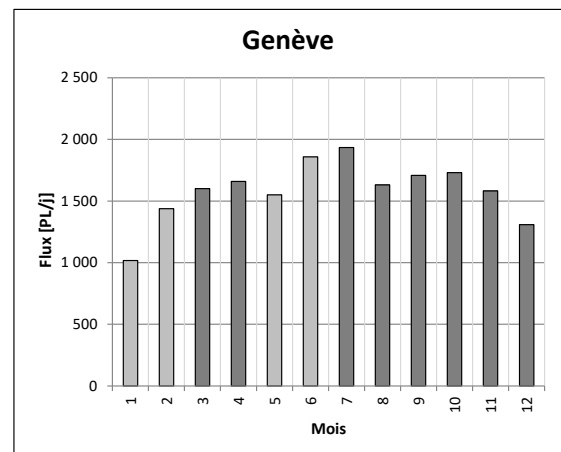
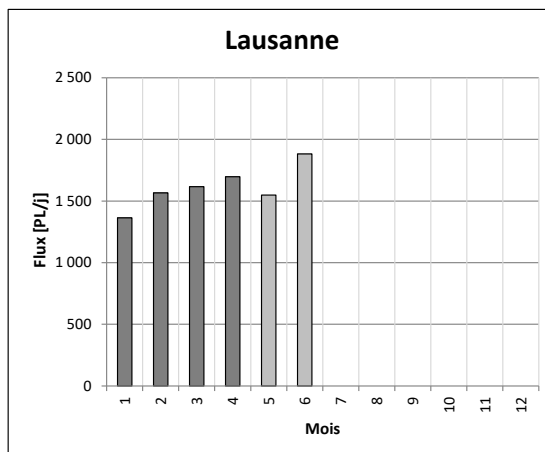
Direction 2 : Genève (Agrégation par heure)



3.4 Détection de véhicules

3.4.1 Par mois

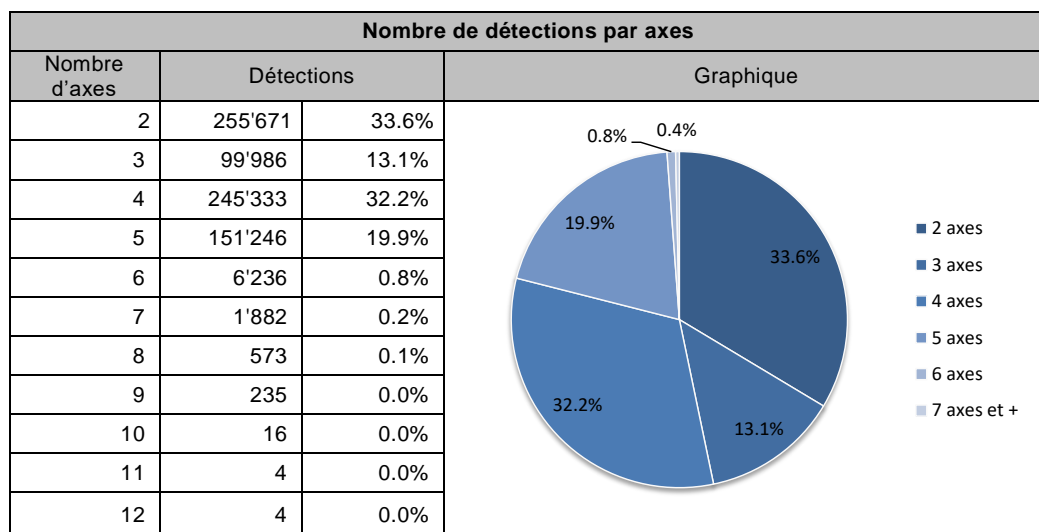
Nombre de détections par mois		
Mois	Direction 1 : Lausanne	Direction 2 : Genève
Janvier	42'281	10'180
Février	43'826	24'191
Mars	50'109	49'612
Avril	50'926	49'788
Mai	21'667	21'696
Juin	45'178	44'574
Juillet	2'502	59'956
Août	-	50'567
Septembre	-	51'235
Octobre	1'261	53'641
Novembre	-	47'437
Décembre	-	40'559



Remarque : Le calcul des répartitions mensuelles prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données). Mois de janvier (406), février (406), mai et juin : valeurs de détections non estimées, valeurs journalières estimées.

Des observations ont été répertoriées sur les mois de juillet et octobre de la station 405, le nombre de jours concernés étant insuffisant (1 jour ou moins), aucune estimation n'est effectuée.

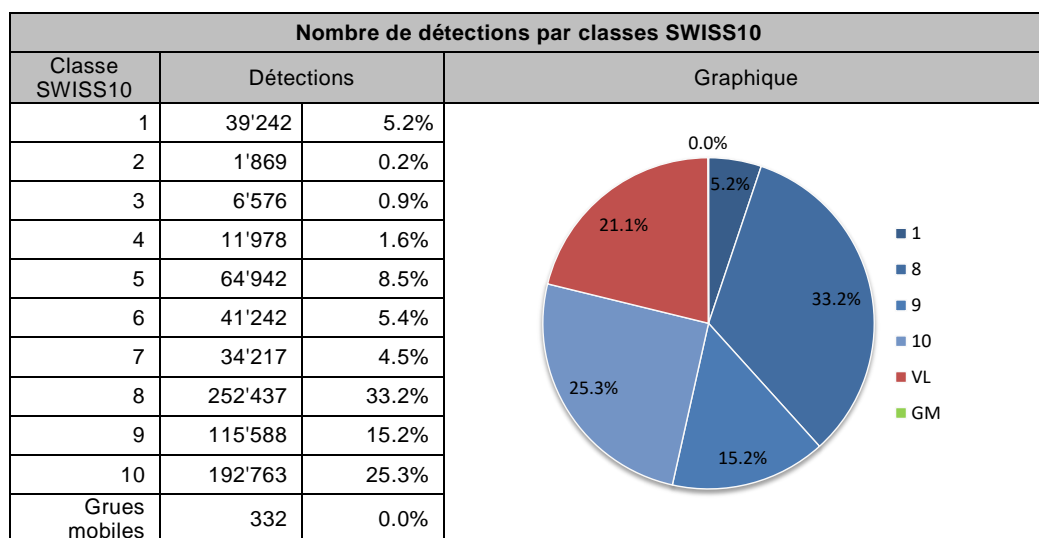
3.4.2 Par nombre d'axes



3.4.3 Par classes SWISS10

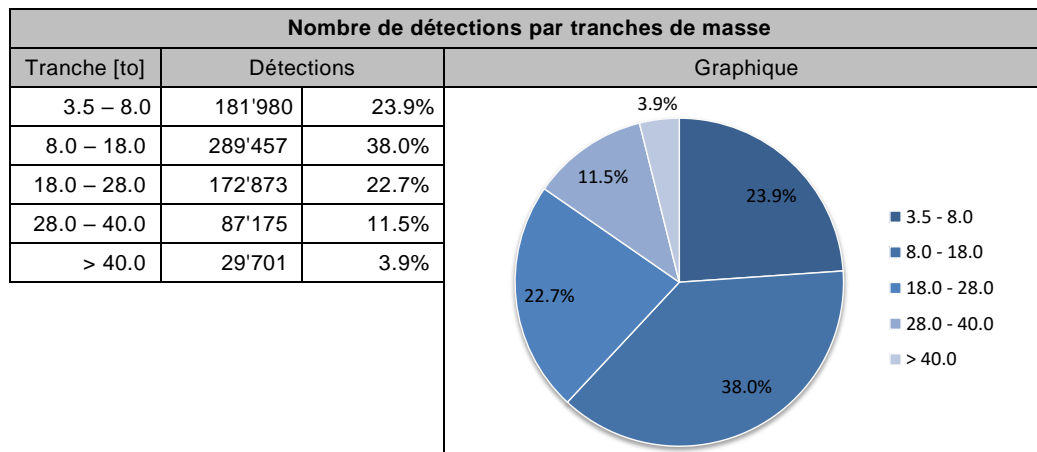
Classes de véhicules Swiss 10 [4]

Saisie des classes selon le schéma «Swiss 10 »	Saisie pour le comptage suisse de la circulation routière (CSCR)	Saisie pour la gestion du trafic
2 : Motocycle	2 : Motocycle	1 : Véhicules assimilables à des VT (véhicules < 3.5 t)
3 : Voiture de tourisme	3 : Voiture de tourisme	
4 : Voiture de tourisme avec remorque		
5 : Voiture de livraison	4 : Voiture de livraison	
6 : Voiture de livraison avec remorque		
7 : Voiture de livraison avec galerie		
1 : Bus, car	1 : Bus, car	2 : Véhicules assimilables à des camions (véhicules > 3.5 t)
8 : Camion	5 : Camion	
9 : Train routier	6 : Train articulé + véhicule articulé	
10 : Véhicule articulé		



On constate que 160'824 enregistrements (classes 2 à 7, 21.1%) sont classifiés parmi les catégories assimilables aux véhicules légers alors que leurs enregistrements font référence à des véhicules lourds.

3.4.4 Par tranches de masse



3.4.5 Silhouettes prédominantes

Selon [6] : « Est décrite comme classe prédominante du trafic poids lourds toute silhouette dont la part se monte à plus de 1% du nombre total de poids lourds »

Silhouettes prédominantes					
Configuration		Silhouette	SWISS10	Détections	
S/S	0 - - - - 0		8	150'819	19.8%
S/S/Tr	0 - - - - 0 + - - - - 000		10	85'239	11.2%
S/S	<i>Non-cohérent</i>			74'011	9.7%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - - 00		10	67'393	8.9%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + 0 - - - - 0		9	49'926	6.6%
S/S/Ta	<i>Non-cohérent</i>			49'028	6.4%
Ta/Ta	00 - - - 00		8	43'750	5.7%
S/Ta	0 - - - - 00		8	32'644	4.3%
S/S	0 - - - - 0		1	29'202	3.8%
S/S/S	<i>Non-cohérent</i>			25'189	3.3%
S/Ta/S/S	0 - - - - 00 + 0 - - - - 0		9	20'840	2.7%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - 00 - -		9	20'522	2.7%
S/S/S	0 - - - - 0 + - - 0 - -		10	16'607	2.2%
S/Ta	<i>Non-cohérent</i>			10'645	1.4%
S/S/Tr	<i>Non-cohérent</i>			10'320	1.4%
S/S/Tr	0 - - - - 0 + - - 000 - -		9	9'525	1.3%
Autres silhouettes selon SN 640 320					
S/Ta	0 - - - - 00		1	6'939	0.9%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + - - - - 0 - 0		10	6'647	0.9%
S/Ta/Ta	0 - - - - 00 + - - - 00 - -		9	5'963	0.8%
Ta/Tr	00 - - 000		Non-classé (8)	2'269	0.3%
S/S/S/Ta	0 - - - - 0 + 0 - - - - 00		9	1'487	0.2%

Légendes : S : essieu simple, Ta : essieu tandem, Tr : essieu tridem

4 Modèle selon norme SN 640 320
















Documents de référence : [1] [2] [6] [12]

4.1 Répartition entre les voies de circulation

Répartition entre les voies de circulation							
Configuration	Direction 1 : Lausanne			Direction 2 : Genève			Sur la base de :
	1	2	3	3	2	1	
2x3 voies	17.0%	32.8%	NI	NI	35.3%	14.8%	Nombre de détections
	17.9%	31.6%	NI	NI	34.9%	15.6%	Masse totale
	17.4%	30.1%	NI	NI	36.9%	15.6%	Trafic pondéral équivalent total W

Légendes : NI : non-instrumenté

4.2 Facteurs d'équivalence par classes de véhicules

Facteurs d'équivalence k moyen par classes de véhicules						
Silhouette	Chaussées souples et semi-rigides			Chaussées rigides et combinées		
	Direction 1 : Lausanne	Direction 2 : Genève	Norme 2011	Direction 1 : Lausanne	Direction 2 : Genève	Norme 2011
	0.67	0.82	0.7	0.63	0.79	0.6
	1.36	1.47	1.4	1.98	2.13	2.1
	1.92	1.41	1.5	3.47	2.51	2.7
	2.62	2.61	1.9	6.08	5.96	3.0
	0.82	1.56	0.5	0.71	1.52	0.5
	1.04	1.92	1.7	0.98	1.92	1.8
	0.97	1.20	1.8	1.02	1.29	2.2
	2.34	2.43	2.0	2.92	3.08	2.2
	1.32	2.01	2.0	1.26	1.99	1.9
	2.00	2.05	1.7	2.20	2.22	1.6
	2.35	2.02	1.3	2.59	2.20	1.0
	1.57	2.19	2.5	1.01	2.79	2.6
	1.43	1.55	1.2	2.07	2.25	0.9
	2.54	2.72	0.7	2.71	2.91	0.6
	1.07	1.18	1.4	1.50	1.67	2.1

4.3 Facteurs d'équivalence par catégories de véhicules

Facteurs d'équivalence k moyen par catégories de véhicules						
Catégorie SWISS10	Chaussées souples et semi-rigides			Chaussées rigides et combinées		
	Direction 1 : Lausanne	Direction 2 : Genève	Norme 2011	Direction 1 : Lausanne	Direction 2 : Genève	Norme 2011
1 : Bus, car	2.19	2.33	2.3	2.41	2.59	2.3
8 : Camion	1.00	1.04	0.9	1.34	1.34	1.0
9 : Train routier	1.64	2.04	1.9	1.80	2.29	2.0
10 : Véhicule articulé	1.66	1.88	1.7	1.97	2.26	2.0

4.4 Facteur d'équivalence moyen

Facteurs d'équivalence k moyen pour le type de route / Part sur échantillon de données						
Données	Chaussées souples et semi-rigides			Chaussées rigides et combinées		
	Direction 1 : Lausanne	Direction 2 : Genève	Norme 2011	Direction 1 : Lausanne	Direction 2 : Genève	Norme 2011
Silhouettes (2-6 axes)	1.23	1.35	1.6	1.50	1.65	1.7
	98.0%	98.7%		98.0%	98.7%	
Catégories	1.43	1.59		1.72	1.90	
	75.4%	74.1%		75.4%	74.1%	
Classes	1.43	1.59		1.71	1.90	
	73.1%	71.8%		73.1%	71.8%	

4.5 Classe de trafic pondéral équivalent actuelle selon SN 640 324

Chaussées souples et semi-rigides

Direction 1 : Lausanne

$$TF_0 = \frac{257'750\text{PL}}{159.5 \text{ jours}} \cdot 1.23 \cdot \frac{30.1\%}{47.5\%} = 1'261 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

Direction 2 : Genève

$$TF_0 = \frac{503'436\text{PL}}{309.8 \text{ jours}} \cdot 1.35 \cdot \frac{36.9\%}{52.5\%} = 1'545 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

Chaussées rigides et combinées

Direction 1 : Lausanne

$$TF_0 = \frac{257'750\text{PL}}{159.5 \text{ jours}} \cdot 1.50 \cdot \frac{30.1\%}{47.5\%} = 1'533 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

Direction 2 : Genève

$$TF_0 = \frac{503'436\text{PL}}{309.8 \text{ jours}} \cdot 1.65 \cdot \frac{36.9\%}{52.5\%} = 1'881 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

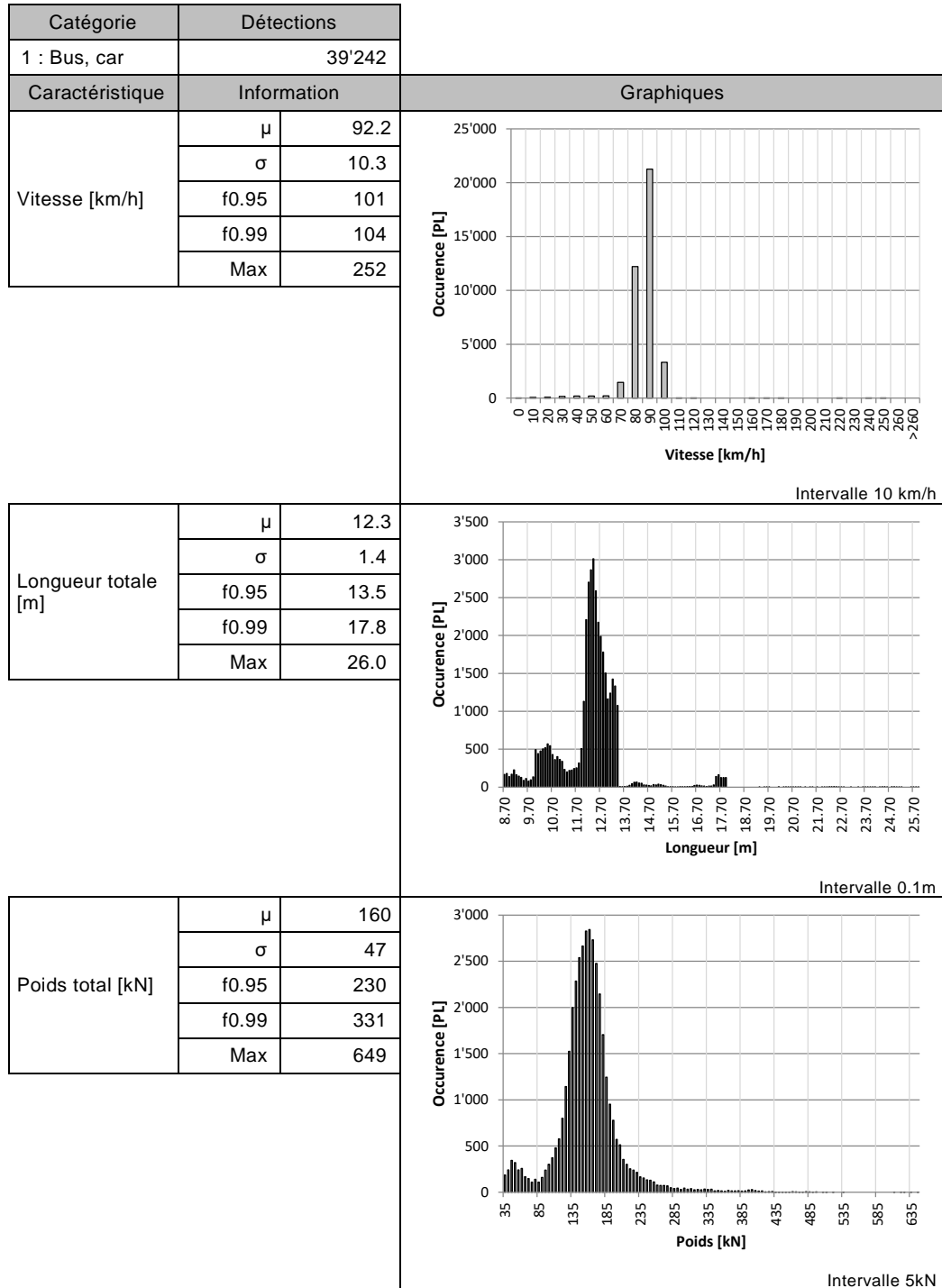
4.6 Tendances pour l'estimation du taux d'accroissement annuel

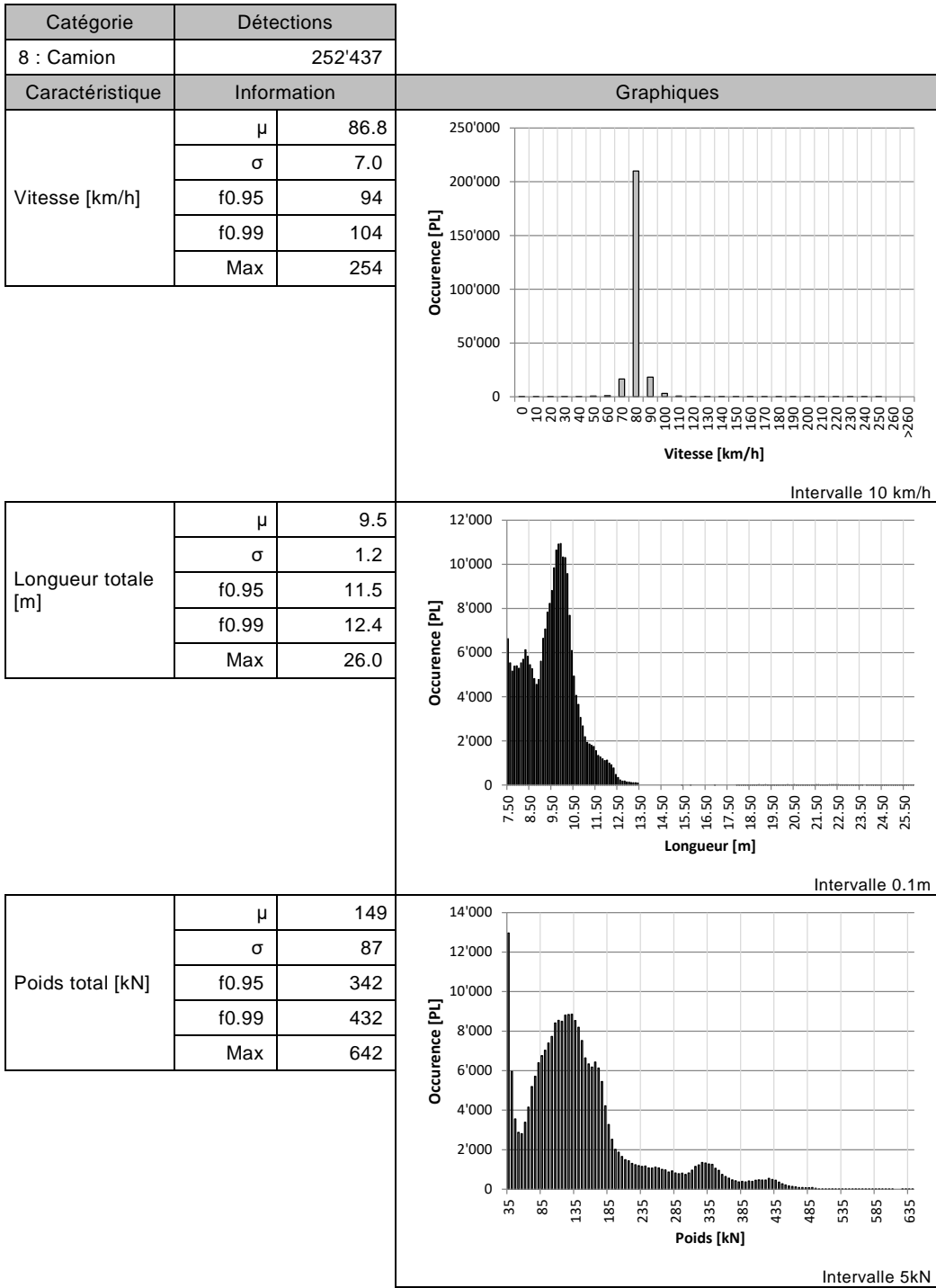
Tendance pour l'estimation du taux d'accroissement annuel		
Direction 1 : Lausanne	Direction 2 : Genève	Sur la base de :
-	-	Nombre de détections
-	-	Masse totale
-	-	Trafic pondéral équivalent total W

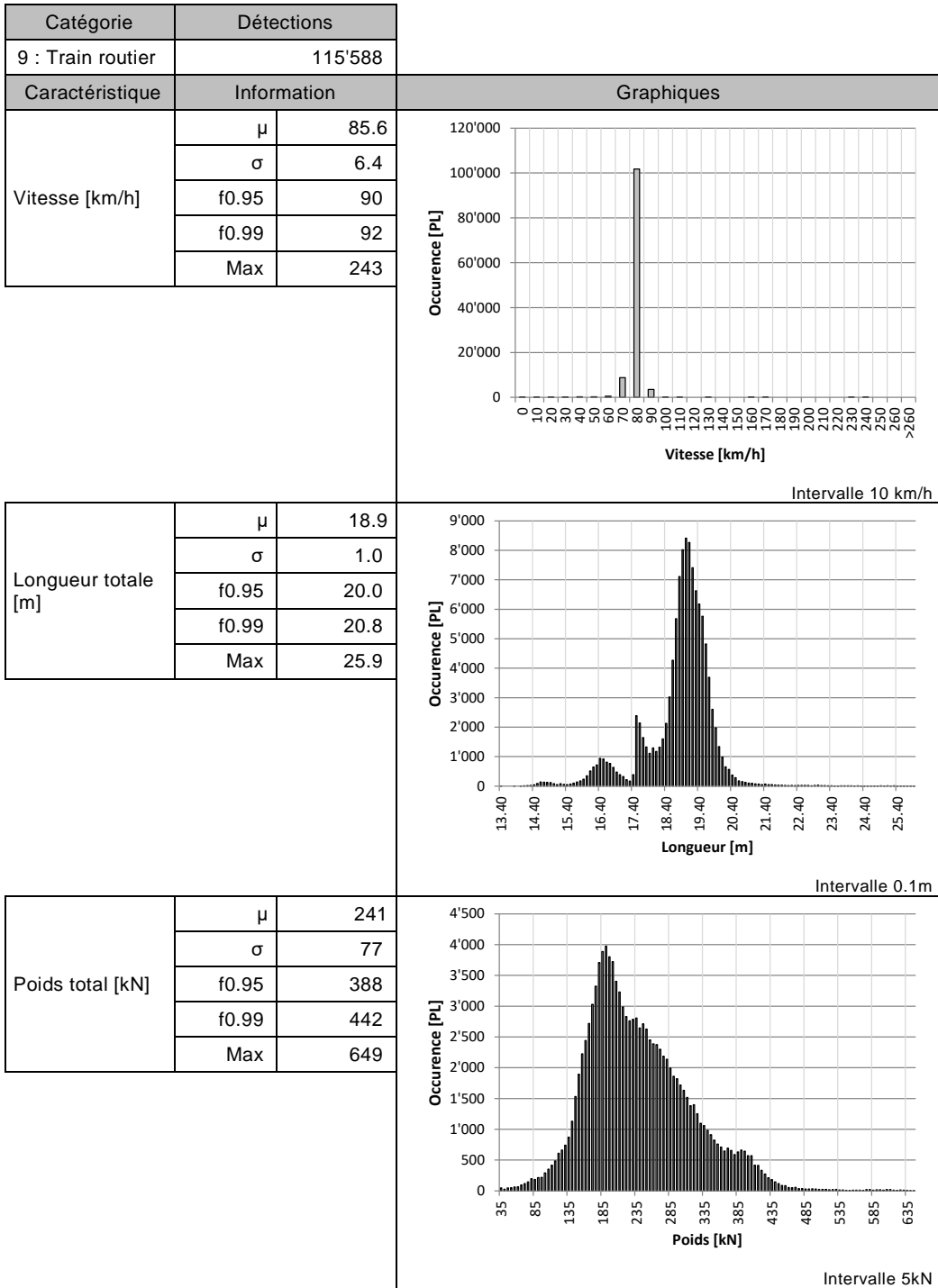
Cette section sera déterminée lorsque des tendances seront établies (plusieurs rapports annuels)

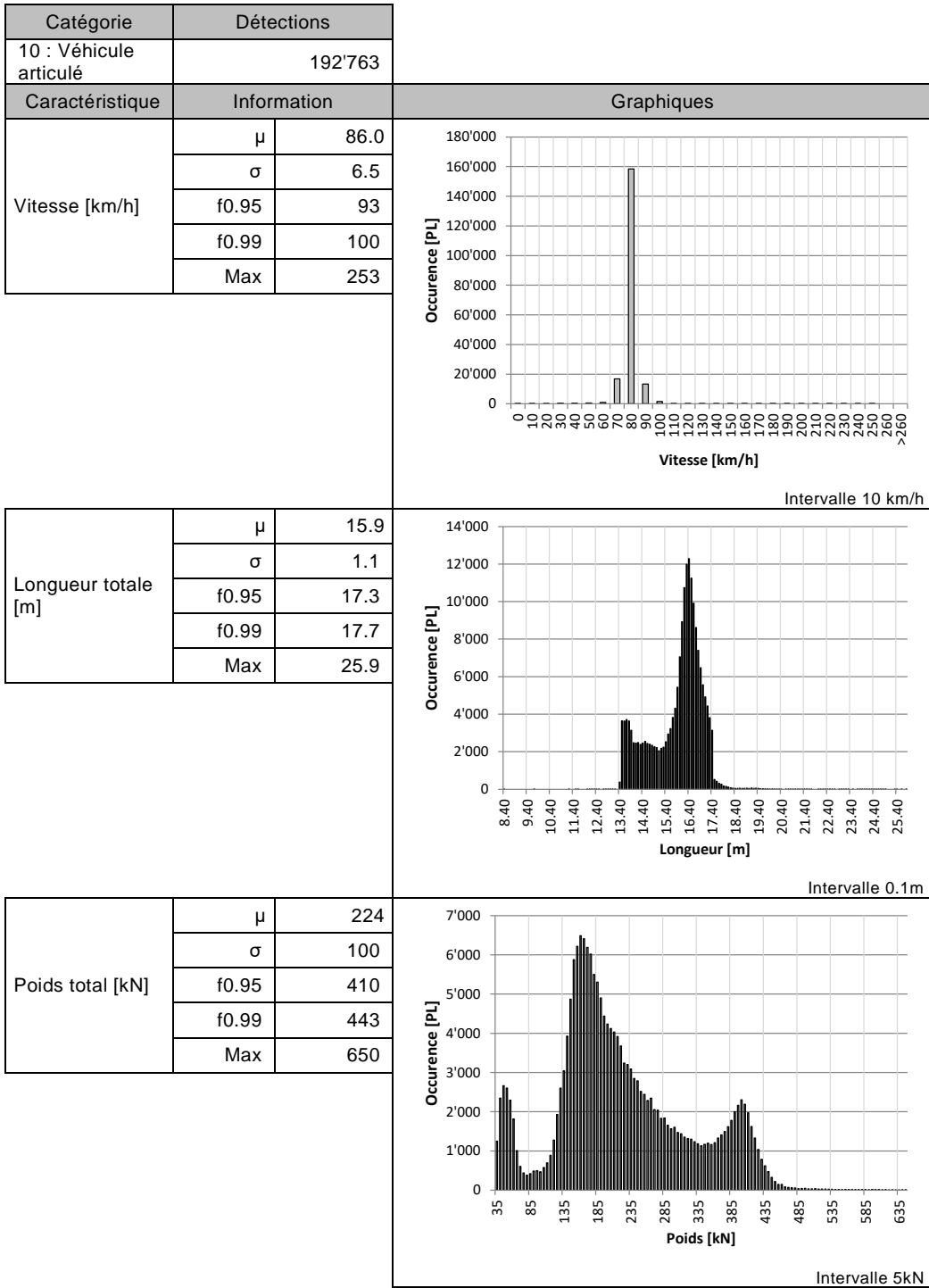
5 Caractéristiques des poids lourds

5.1 Caractéristiques des catégories de poids lourds



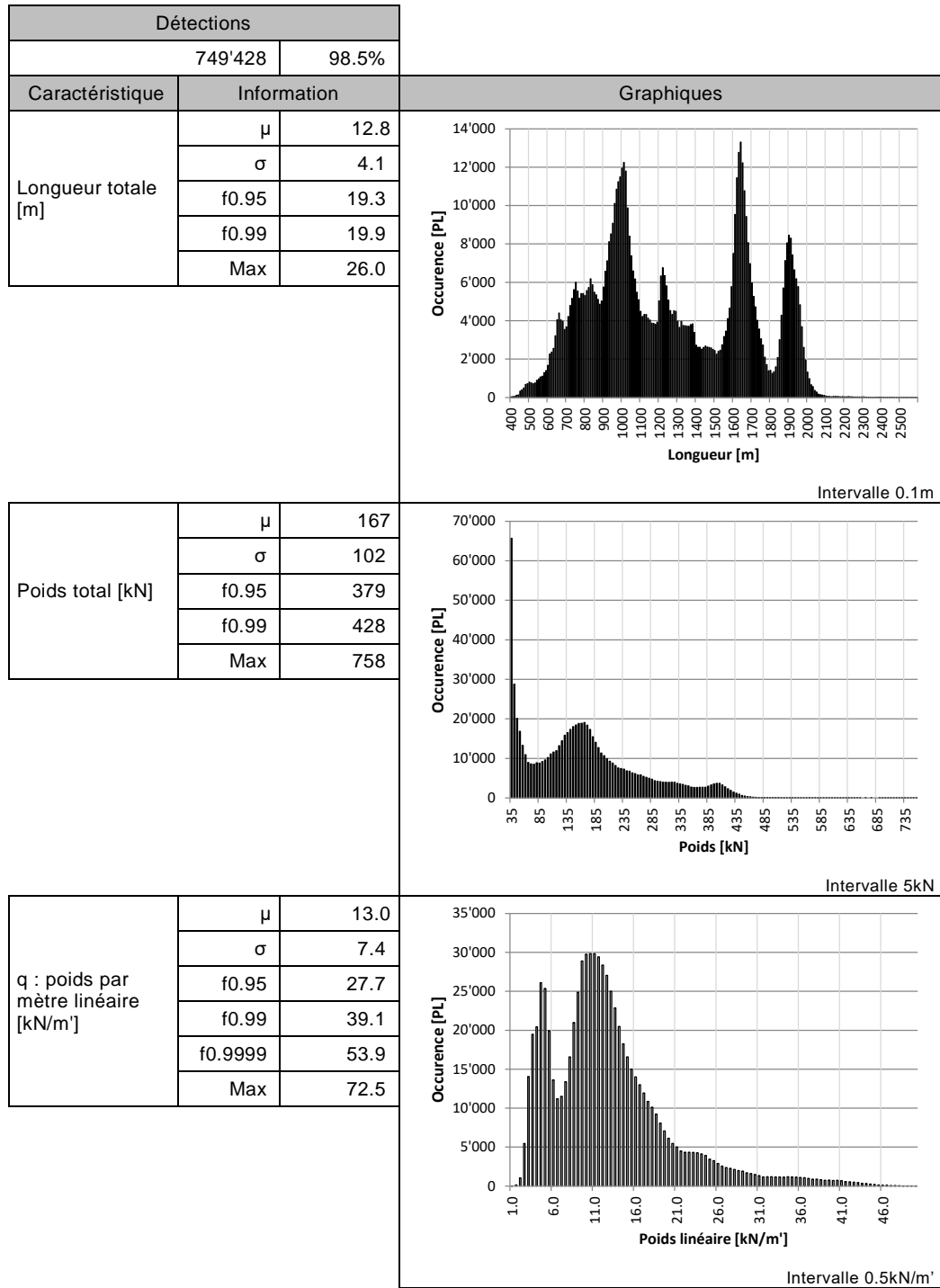


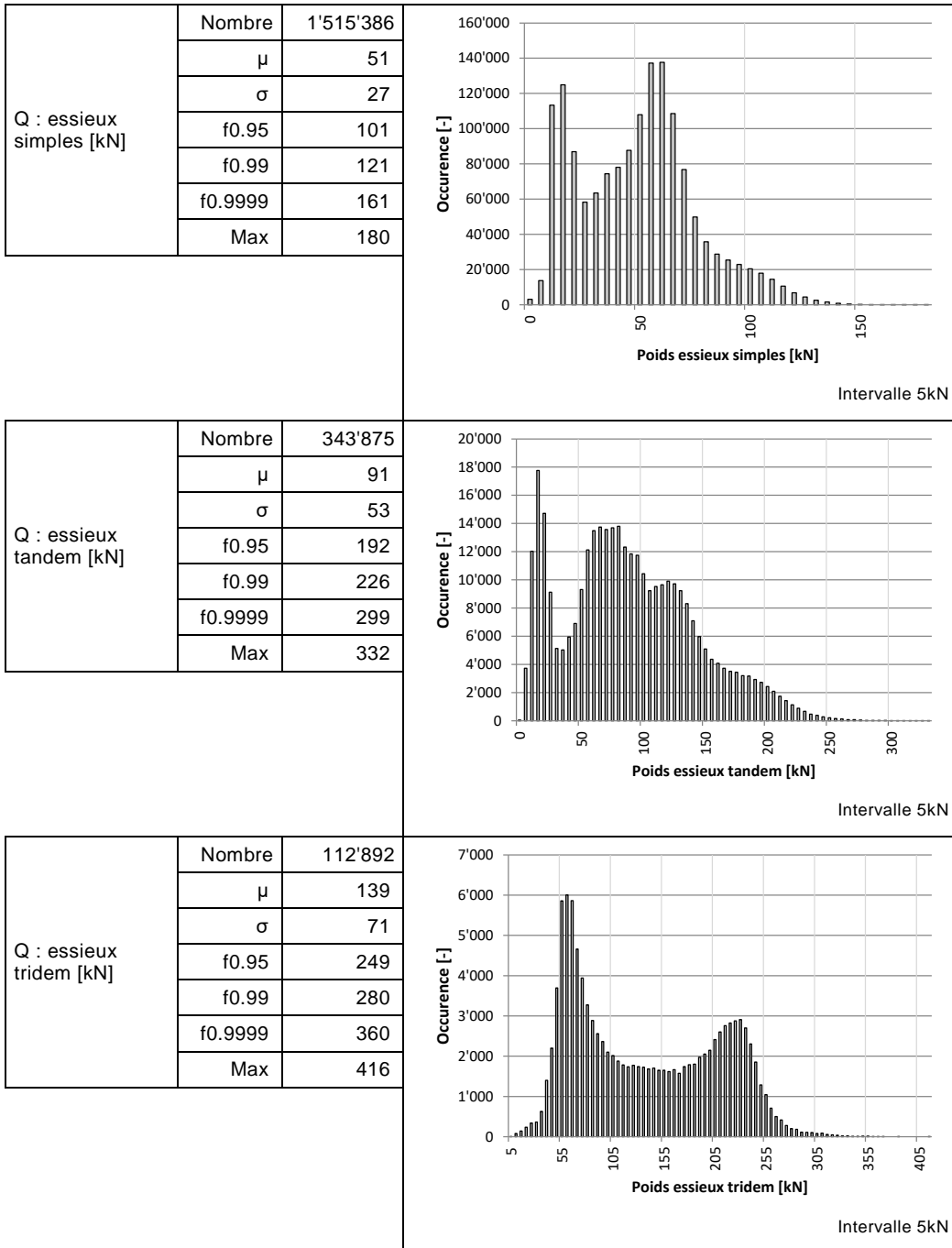




5.2 Caractéristiques globales de l'échantillon

Sur la base des silhouettes de 2 à 6 axes détectées.



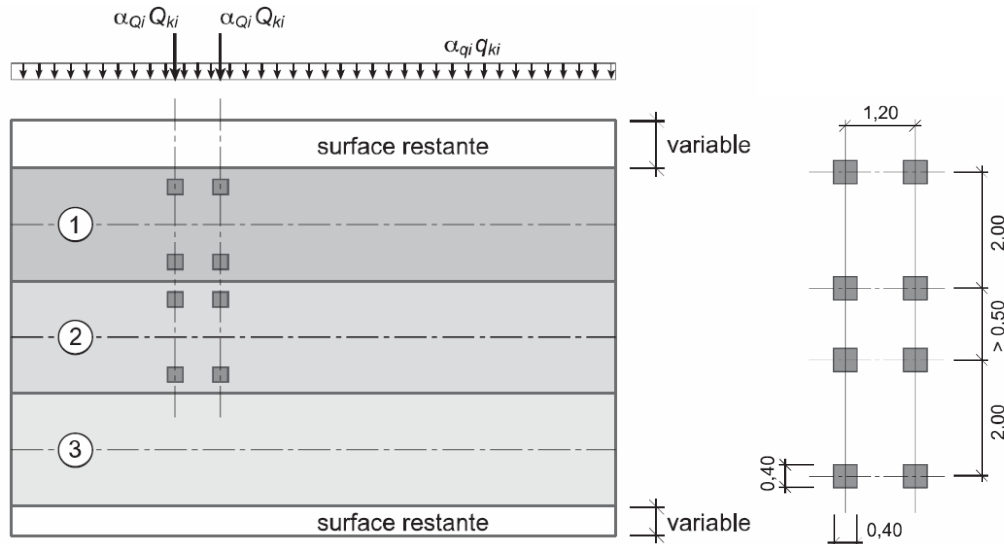


6 Modèle selon norme SIA 261

Document de référence : [3]

Les données considérées sont celles des silhouettes détectées de 2 à 6 axes, soit 98.5% de l'échantillon total.

6.1 Modèle de charge 1 selon SIA 261



- ① voie de circulation fictive $Q_{k1} = 300 \text{ kN}$ $q_{k1} = 9,0 \text{ kN/m}^2$
- ② voie de circulation fictive $Q_{k2} = 200 \text{ kN}$ $q_{k2} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- ③ voie de circulation fictive $q_{k3} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- surface restante $q_{kr} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

6.1.1 Charge concentrée Q

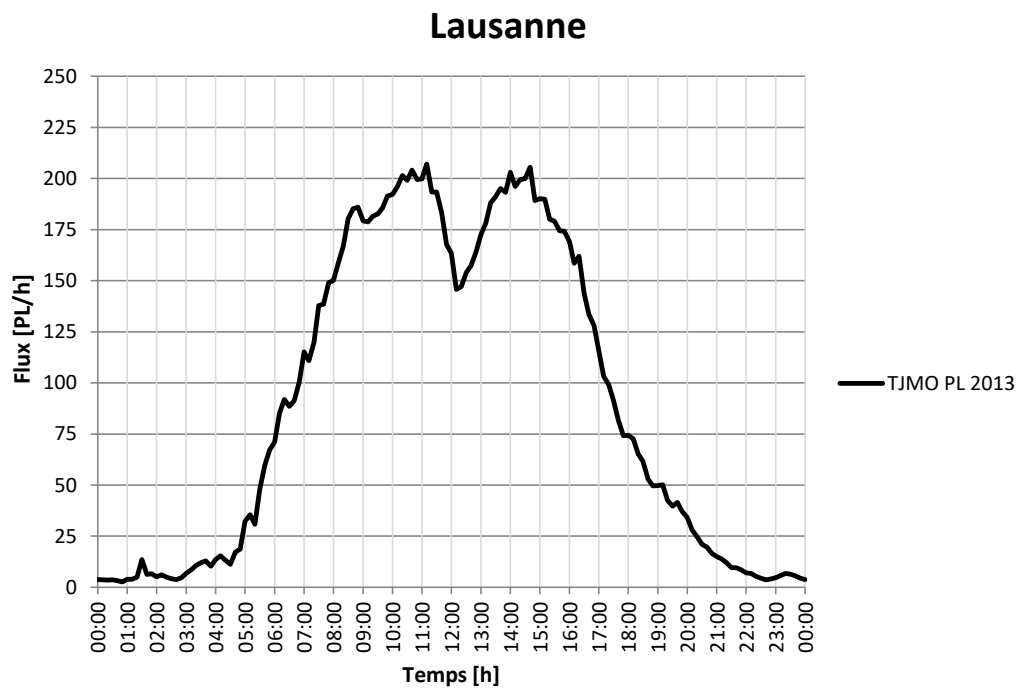
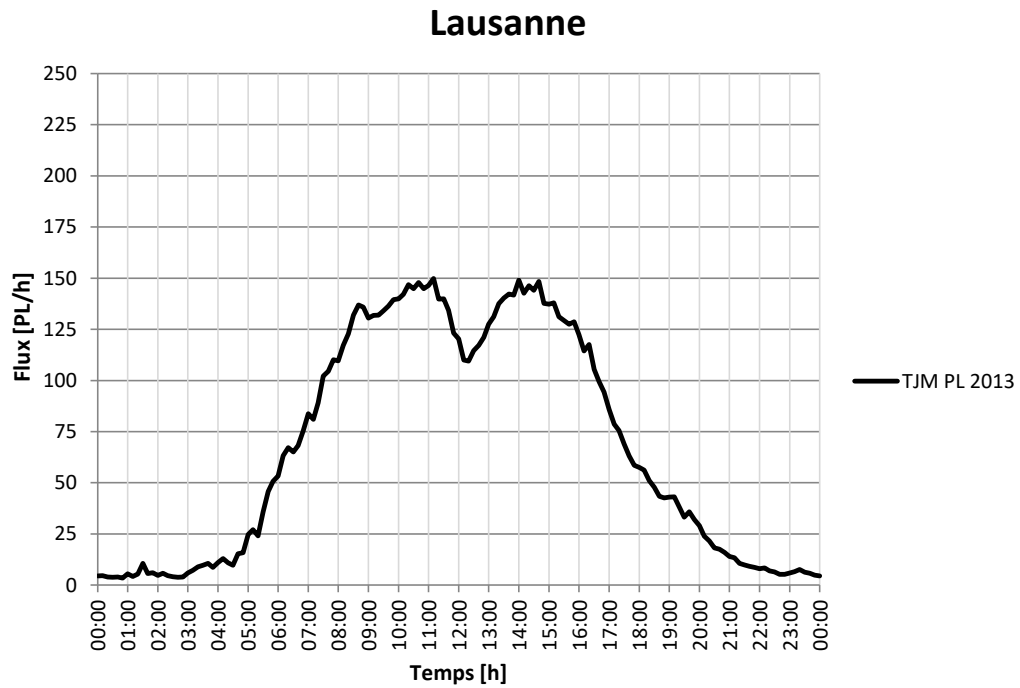
Charge concentrée Q					
Type d'essieu	Charge moy. [kN]	Charge moy. par axe [kN]	f0.95 [kN] (par axe)	f0.99 [kN] (par axe)	f0.9999 [kN] (par axe)
Simple	51	51	101	121	161
Tandem	91	46	192 (96)	226 (113)	299 (150)
Tridem	139	46	249 (83)	280 (93)	360 (120)

6.1.2 Charge répartie q

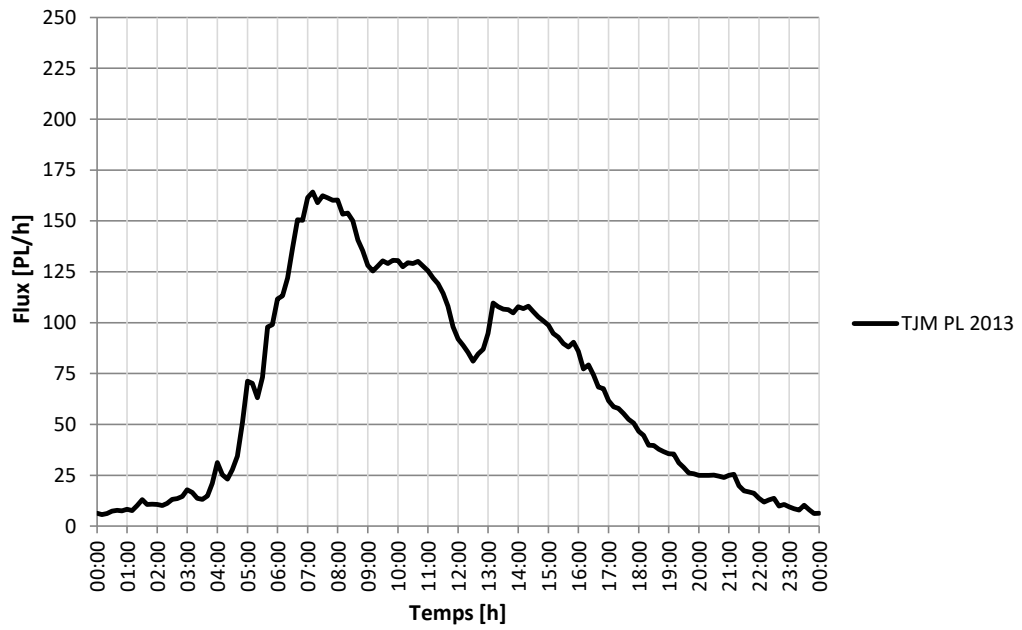
Charge répartie q				
Caractéristique	Charge moy.	f0.95	f0.99	f0.9999
Poids par mètre linéaire [kN/m']	13.0	27.7	39.1	53.9
Poids par surface (largeur 3 m) [kN/m²]	4.3	9.2	13.0	18.0

7 Tendances

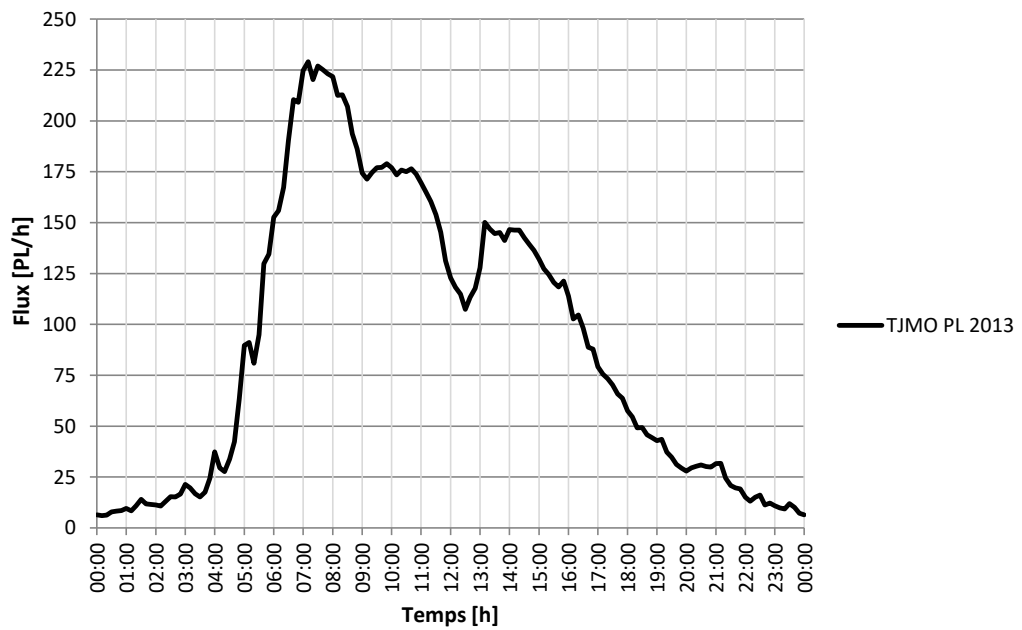
7.1 Evolution de la répartition horaire annuelle



Genève

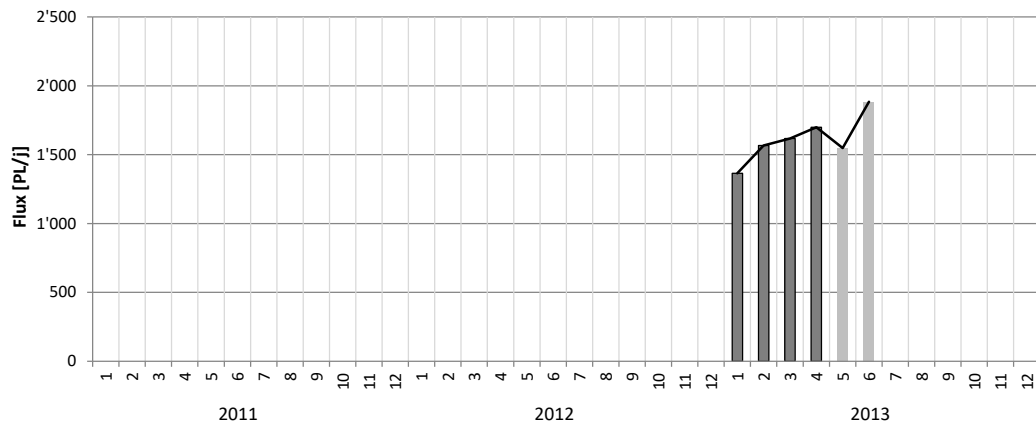


Genève

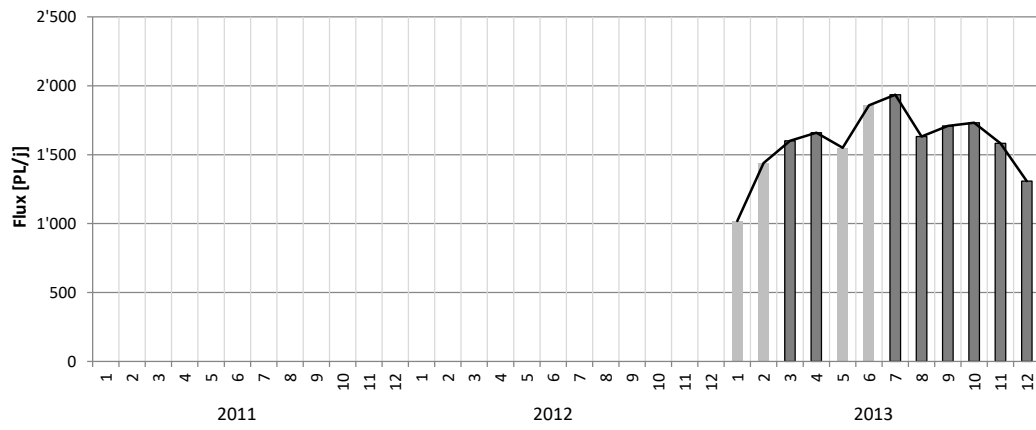


7.2 Evolution de la détection par mois

Lausanne



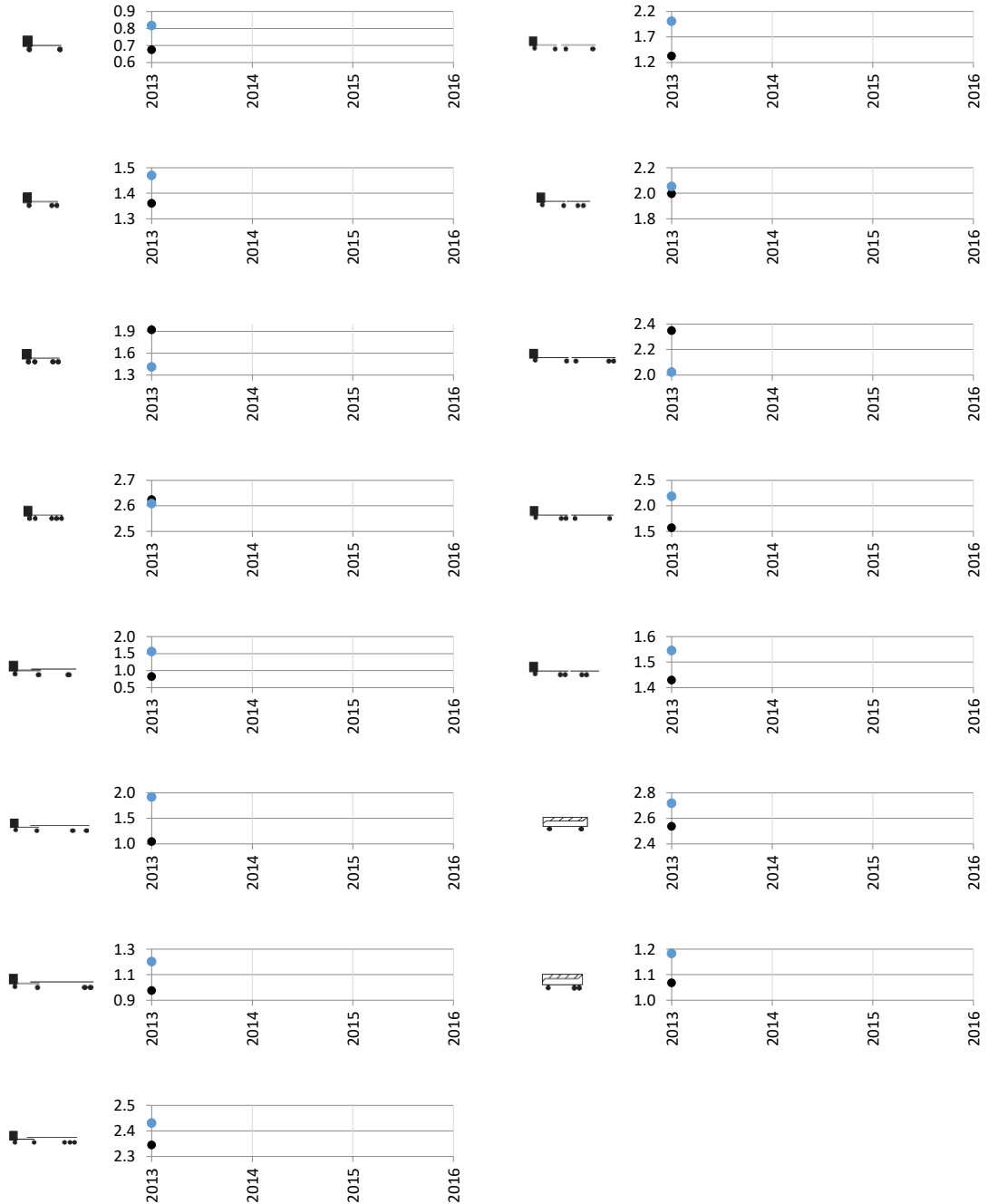
Genève



7.3 Evolution du modèle de la norme SN 640 320

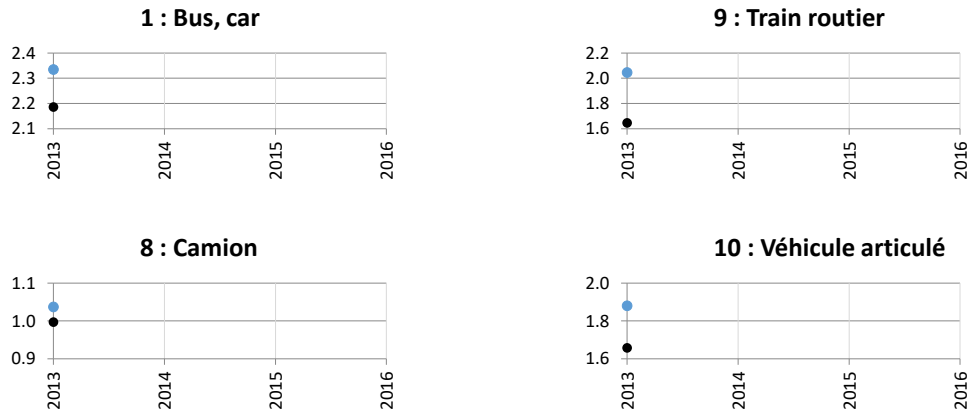
Sont considérées dans ce chapitre uniquement les chaussées souples et semi-rigides.

7.3.1 Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules



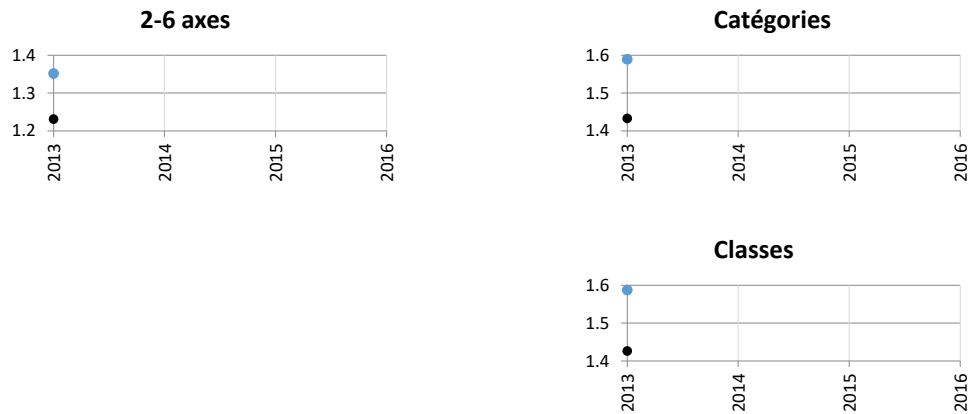
Noir : Direction Lausanne ; Bleu : Direction Genève.

7.3.2 Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules



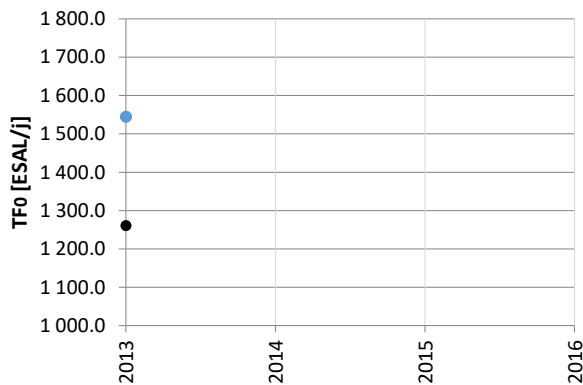
Noir : Direction Lausanne ; Bleu : Direction Genève.

7.3.3 Evolution du facteur d'équivalence moyen



Noir : Direction Lausanne ; Bleu : Direction Genève.

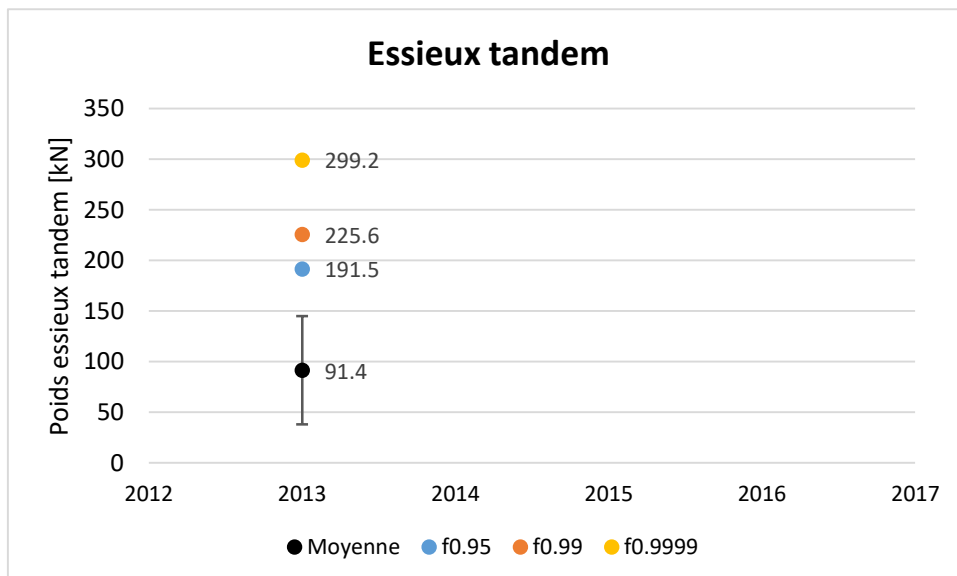
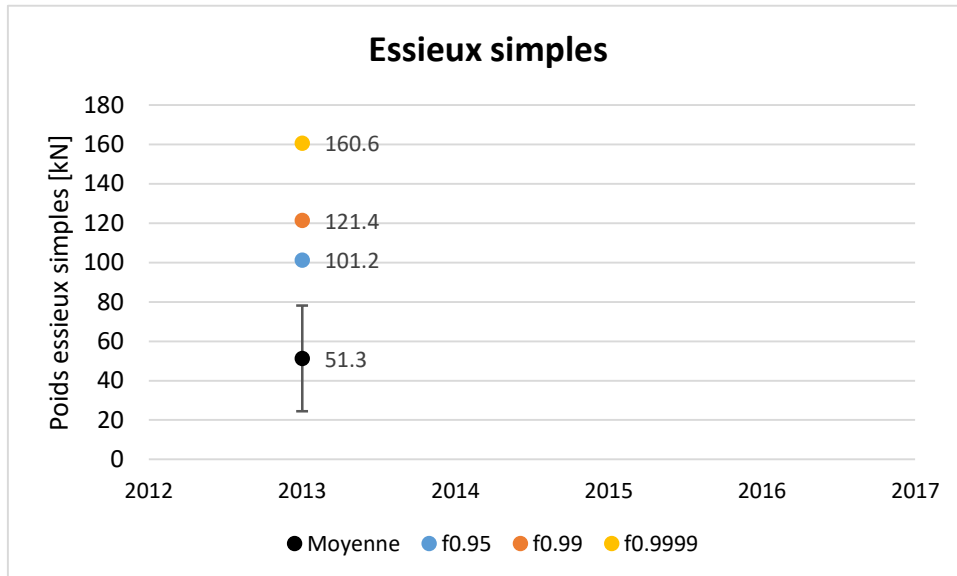
7.3.4 Evolution du trafic pondéral équivalent journalier

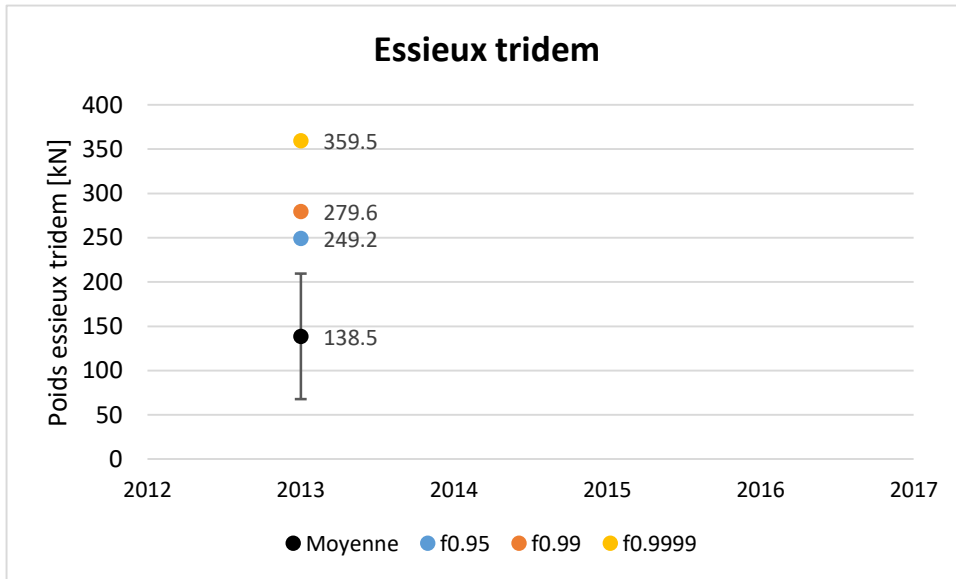


Noir : Direction Lausanne ; Bleu : Direction Genève.

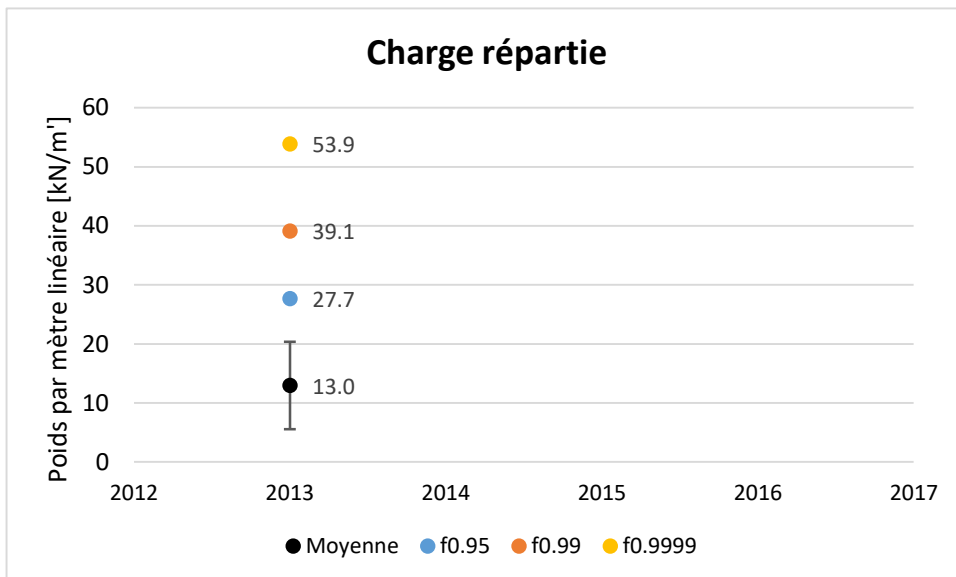
7.4 Evolution du modèle de la norme SIA 261

7.4.1 Evolution des quantiles de la charge concentrée Q





7.4.2 Evolution des quantiles de la charge répartie q



8 Niveau de confiance

Documents de référence : [4] [6]

<i>Niveaux de confiance selon [6], valeurs absolues</i>		
Niveau de confiance	Variation maximale sur les charges	Variation sur les facteurs d'équivalence
Très bon	0.8%	3%
Bon	2.0%	8%
Satisfaisant	3.2%	13%
Mauvais	> 3.2%	> 13%

Niveau de confiance		
Propriétés	Commentaire	Code couleur
Date de la dernière calibration :	27-28.09.2011 – Direction Lausanne 27-28.09.2011 – Direction Genève	
Facteurs de corrections relevés :	Direction Lausanne : -0.56% / 2.39% Direction Genève : -1.16% / -2.88%	
Application du facteur de correction :	Direction Lausanne : Oui / Oui Direction Genève : Oui / Oui	
Niveau de confiance à la calibration :	Direction Lausanne : Mauvais / Satisfaisant Direction Genève : Satisfaisant / Très bon	
Données pouvant être utilisées pour référence :	Direction Lausanne : - Direction Genève : -	
Constations sur la base du traitement des données WIM		
Pertes de données :	~ 205 / 55 jours	
Exclusions :	3.01%	
Cohérence globale des valeurs :	Ecart mesurables	
Cohérence des tendances de la station :	-	
Classification SWISS10, VT ≥ 3.5 to :	21.1%	
Silhouettes incohérentes :	24.8% dont 23.4% potentiellement dus à la classification SWISS10 1.4% d'autres incohérences	
Propositions		
La confiance dans les données de la station est satisfaisante à mauvaise. Une amélioration de la précision des mesures est nécessaire.		
La précision de la classification SWISS10 ne semble pas suffisante. Une vérification selon les valeurs de précision requises dans [4] est conseillée.		

Légendes des codes couleurs		
Code couleur	Légendes	
	Calibration	Données et cohérence
	1 an	Très bon
	2-3 ans	Bon
	4-5 ans	Satisfaisant
	> 5 ans	Mauvais

Bibliographie

Normes

- [1] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (Août 2011), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Trafic pondéral équivalent** », SN 640 320.
- [2] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (Août 2011), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Sol de fondation et chaussée** », SN 640 324.
- [3] Société suisse des ingénieurs et architectes SIA (2014), « **Actions sur les structures porteuses** », norme SIA 261:2014.

Directives

- [4] Office fédéral des routes OFROU (2009), « **Postes de comptage du trafic** », directive ASTRA 13012, édition 2009 V1.05.

Documentation

- [5] M.-A. Fénart, Prof. A.-G. Dumont (LAVOC-EPFL), L. D'Angelo, Prof. A. Nussbamer (ICOM-EPFL) (en cours) « **Simulations de trafic intégrant la détermination d'indices de performance structurale. Partie 1 : Trafic** », Office fédéral des routes OFROU, *Projet de recherche AGB 2010/003*.
 - [6] M.-A. Fénart, M. Ould-Henia, M. Delaby (en cours) « **Actualisation des facteurs d'équivalence de la norme SN640320** », Office fédéral des routes OFROU, *Projet de recherche VSS 2015/411*.
 - [7] M.-A. Fénart (2013) « **Modélisations de trafic – Denges (VD) – Ceneri (TI)** », *Technical report EPFL dans le cadre du projet de recherche AGB 2011/003 « Aktualisierte Bremskräfte zur Überprüfung von Strassenbrücken »*. LAVOC – EPFL.
 - [8] Bressi S., Fürbringer J.-M., Fénart M.-A., Dumont A.-G. (LAVOC / SB-SPH, EPFL) (2014) « **Global Sensitivity Analysis and Monte Carlo Analysis of Swiss design method applied to flexible pavements** », *Conférence EATA 2015*, Stockholm, Suède.
 - [9] J. Martins, M.-A. Fénart, G. Feltrin, A.-G. Dumont, K. Beyer (2015) « **Defining a braking probability to estimate extreme braking forces on road bridges** », *Conférence ICASP12 2015*, Vancouver, Canada.
 - [10] J. Martins, M.-A. Fénart, G. Feltrin, A.-G. Dumont, K. Beyer (2014) « **Deriving a load model for braking forces on road bridges: Comparison between a deterministic and a probabilistic approach** », *Istanbul Bridge Conference*, Istanbul, Turquie.
 - [11] L. D'Angelo, Prof. A. Nussbaumer, M.-A. Fénart, Prof. A.-G. Dumont (2013) « **Fatigue life assessment of existing motorway bridge** », *SEMC 2013*, Afrique du Sud.
 - [12] AASHTO (1986 - 1998), « **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures** », American Association of State Highway and Transportation Officials.
-