



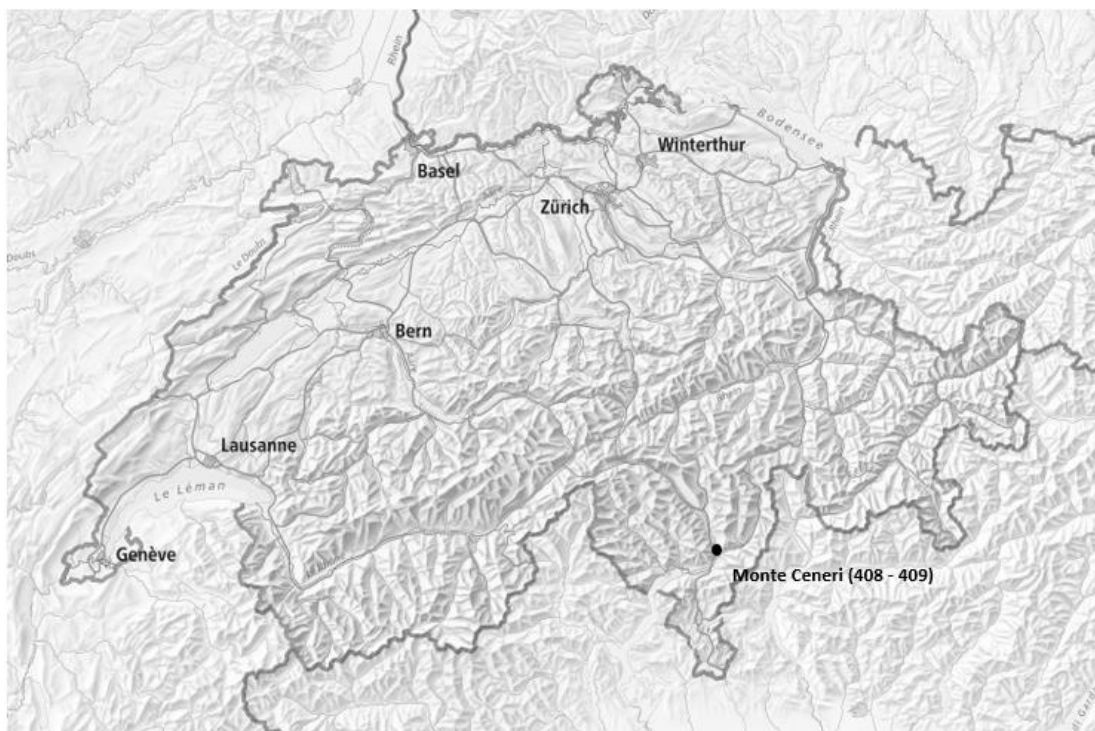
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Monte Ceneri - 2018

Evaluation et traitement des données WIM



Ittigen, 31.05.2019

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_2018_408_409

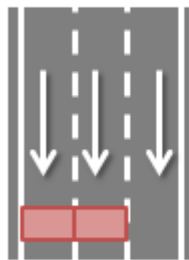
Version 1

Créé le 31.05.2019 – 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
Monte Ceneri	TI	A2	408 / 409	F3	IV	2	2 + 3
Situation							
409 : Direction Chiasso (Lugano)  1 2 -				408 : Direction Gotthard (Bellinzona)  3 4			
Enregistrements							
Type de fichiers :			Fichiers journaliers				
Format de fichiers :			NoASTRAANNEEMOISJOUR.extension				
Extension de fichiers :			*.V00, *.V01				
Filtre poids véhicules :			> 2998 kg				
Classification SWISS :			SWISS10				
Fichier de données							
Fichiers journaliers manquants			09.07.2018 – 12.07.2018 (408) 09.07.2018 (409) 11.07.2018 – 12.07.2018 (409) 30.07.2018 – 13.08.2018 08.10.2018 – 15.10.2018 05.11.2018 – 11.11.2018 22.11.2018 – 31.12.2018 (409)				
Perte potentielle de données			10.05.2018 – 15 : 31 à 23 : 05 (408)				
Evènements particuliers							
Décisions							
Concaténation							
Nom de fichiers :			2018_408_concat.log ; 2018_409_concat.log ;				
Nombre d'enregistrements :			972'400 (408) ; 715'564 (409)				
Nombre de jours effectifs :			330.7 (408) ; 292.0 (409)				

2 Intégrité des données

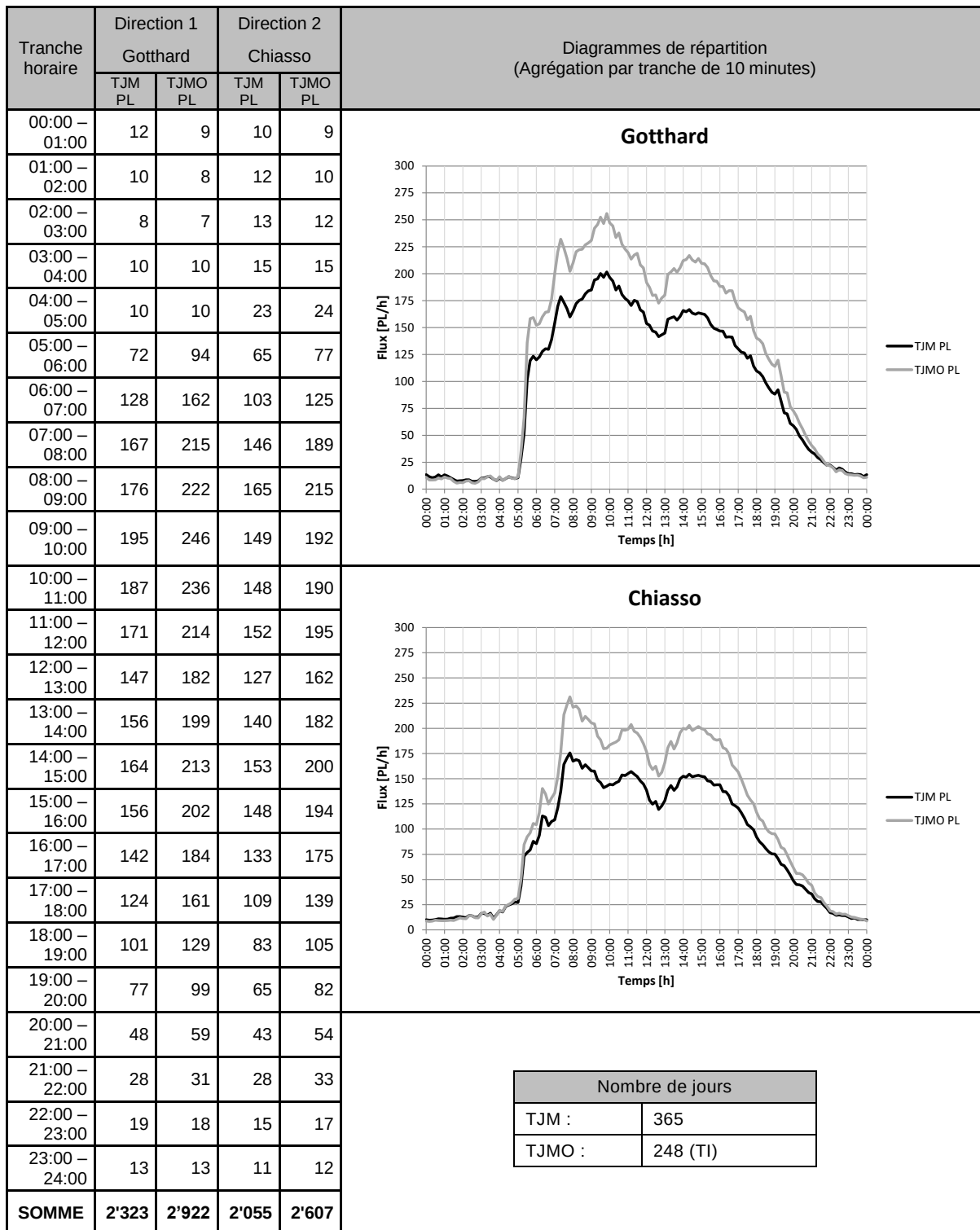
Documents de référence : [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

Filtre des données (démarche pas à pas)	
1)	Véhicules de moins de 3.5 tonnes (304'497 enregistrements).
2)	775'182 enregistrements direction D1 (408). 2'216 enregistrements direction D2 (408). 605'335 enregistrements direction D1 (409). 734 enregistrements direction D2 (409).
3)	Longueur totale nulle (145 enregistrements).
4)	Longueur totale supérieure à 26.00m (6'789 enregistrements).
5)	Poids nul sur un des axes (26 enregistrements).
6)	Entraxe inférieur à 60cm (3'813 enregistrements).
7)	Poids total supérieur à 65 tonnes (438 enregistrements, hors grues mobiles).
8)	Poids sur un axe supérieur à 18 tonnes (74 enregistrements, hors grues mobiles).
9)	Longueur totale inférieure à 4.00m (638 enregistrements).
<i>Décisions</i>	
1)	Exclusion (2018_408_409_u3500.log).
2)	Exclusion des enregistrements direction D2 (1 seule direction enregistrée)
3)	Exclusion.
4)	Exclusion.
5)	Exclusion.
6)	Exclusion.
7)	Exclusion.
8)	Exclusion.
9)	Exclusion.
<i>Fichiers</i>	
Nom de fichier de traitement statistique :	2018_408_409.log
Nombre d'enregistrements :	1'368'594
Nom de fichier d'exclusions :	2018_408_409_exclus.log
Nombre d'enregistrements :	14'873

Sur un total de 1'687'964 enregistrements, 304'497 ont été séparés en raison de leur appartenance aux véhicules légers (< 3.5 tonnes) et 14'873 enregistrements (1.08%) ont été exclus du jeu de données de base en raison d'incohérences potentielles de données.

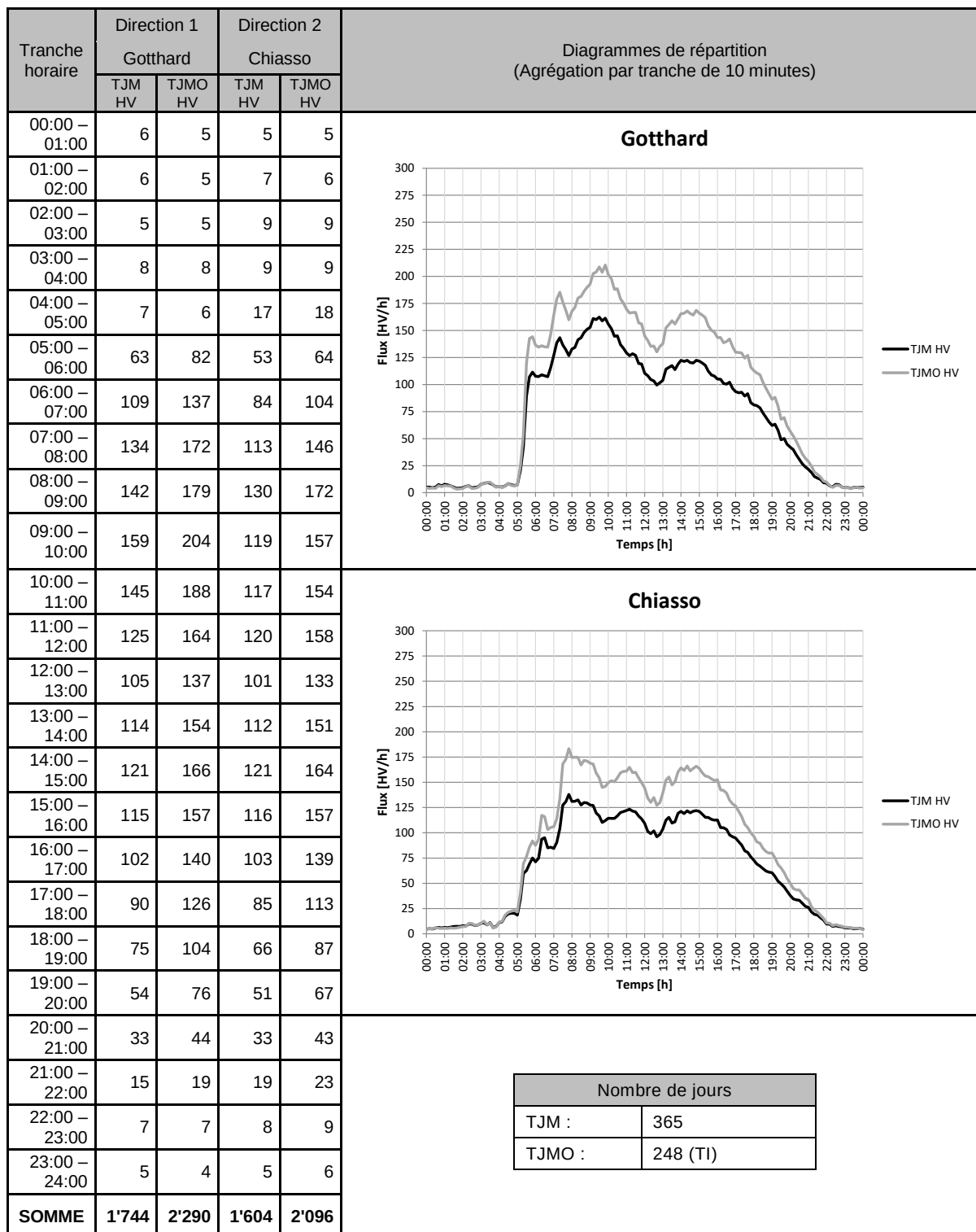
3 Traitements statistiques

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)

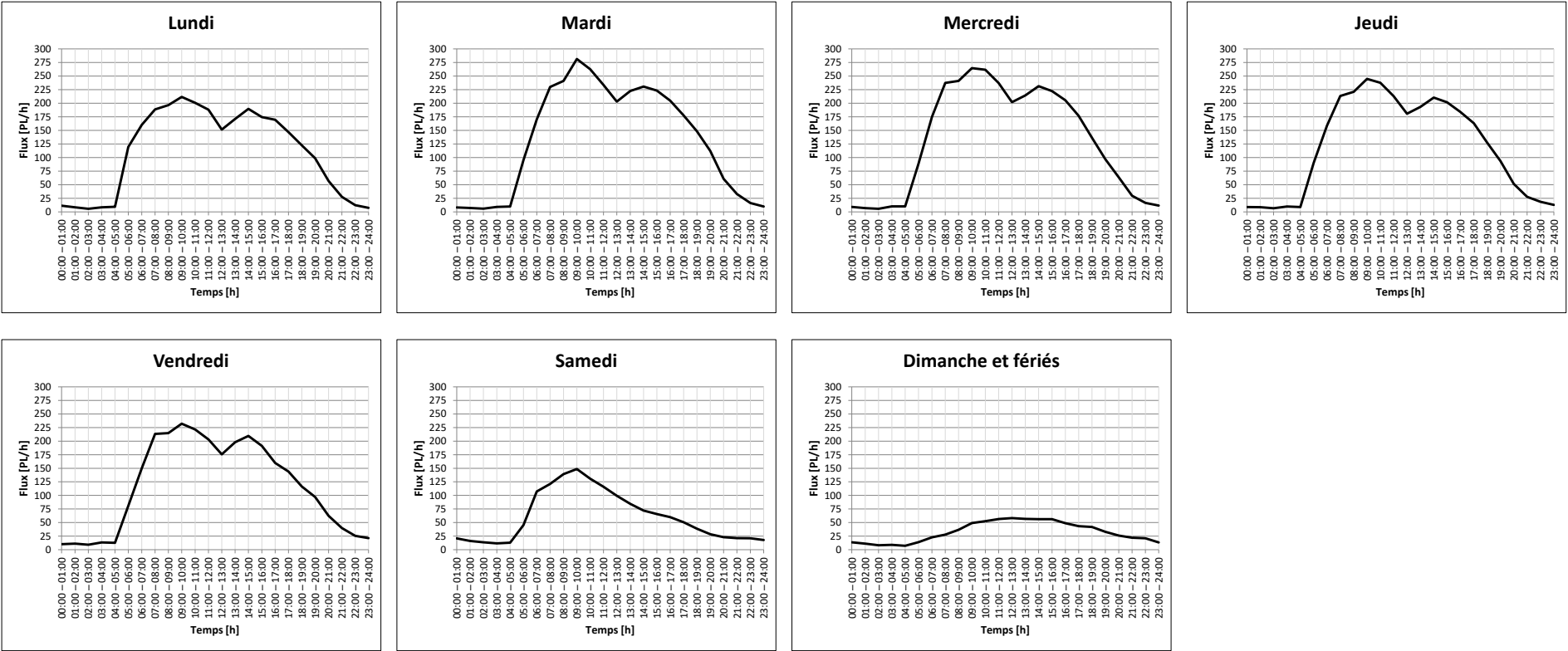


Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

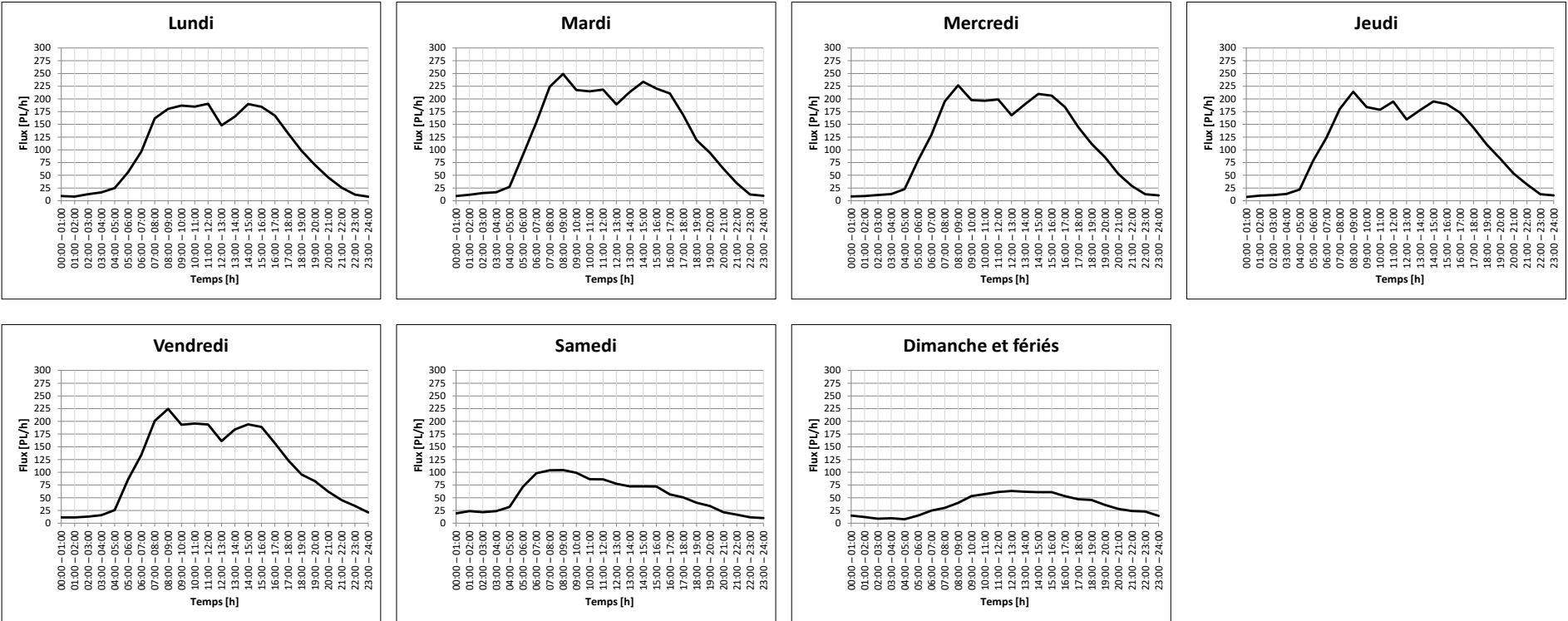
3.3 Répartition horaire journalière

Jours	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche et fériés
Nombre (TI)	49	50	49	49	51	50	67

Direction 1 : Gotthard (Agrégation par heure)



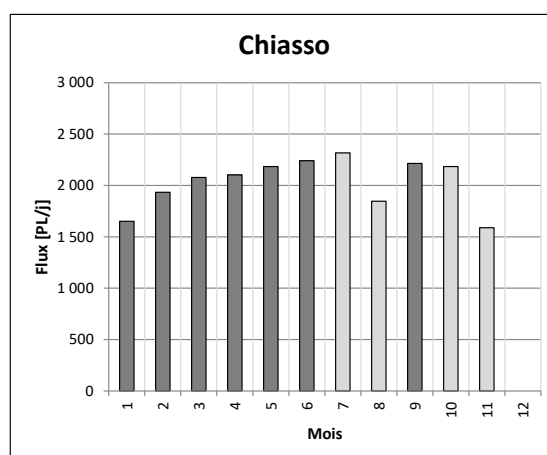
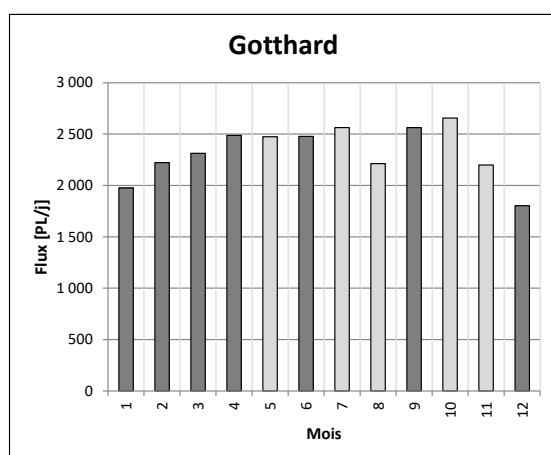
Direction 2 : Chiasso (Agrégation par heure)



3.4 Détection de véhicules

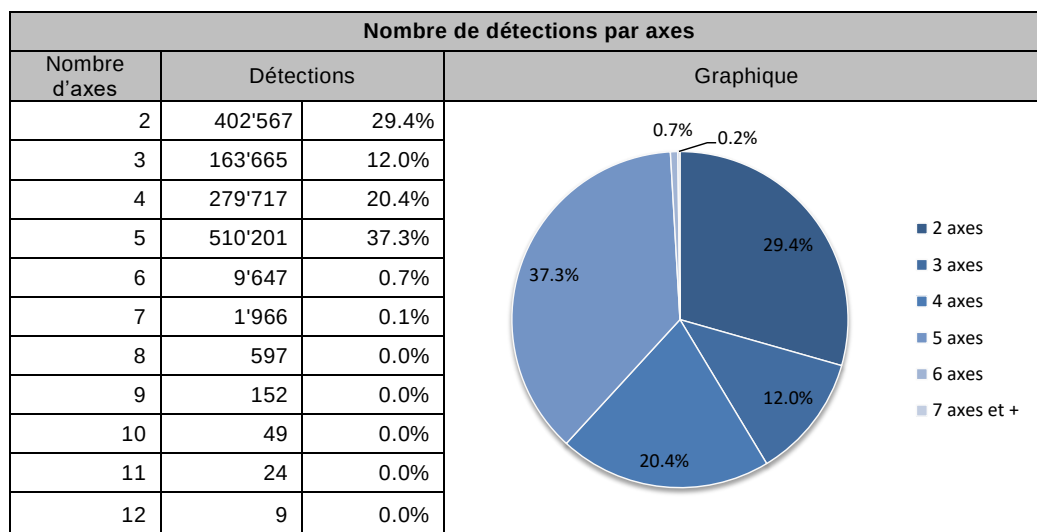
3.4.1 Par mois

Nombre de détections par mois		
Mois	Direction 1 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso
Janvier	61'245	51'190
Février	62'220	54'171
Mars	71'688	64'396
Avril	74'636	63'075
Mai	75'928	67'732
Juin	74'330	67'255
Juillet	64'077	60'232
Août	39'833	33'236
Septembre	76'902	66'418
Octobre	61'107	50'212
Novembre	50'588	22'231
Décembre	55'892	-



Remarque : Le calcul des répartitions mensuelles prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données). Mois de mai (408), juillet, août, octobre, novembre et décembre (409) : valeurs de détections non estimées, valeurs journalières estimées.

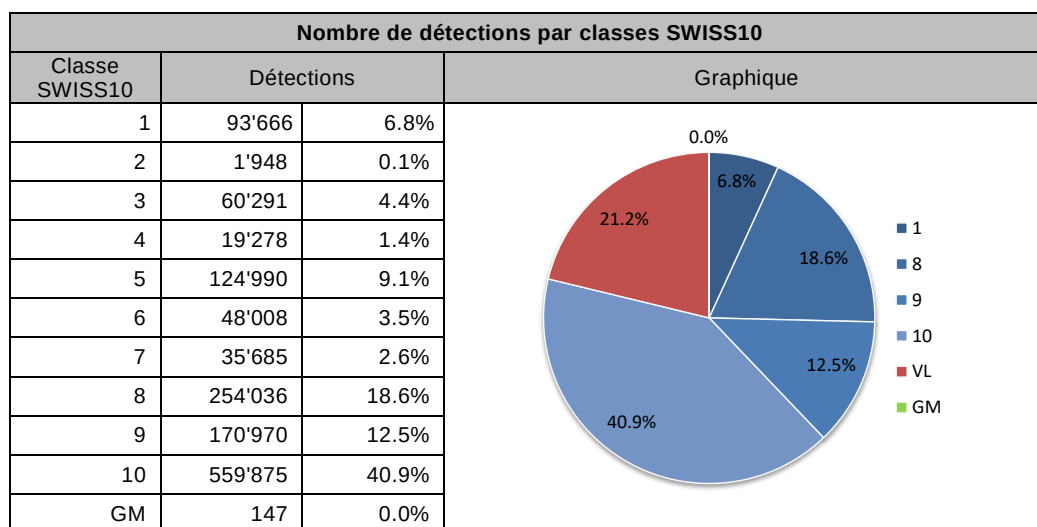
3.4.2 Par nombre d'axes



3.4.3 Par classes SWISS10

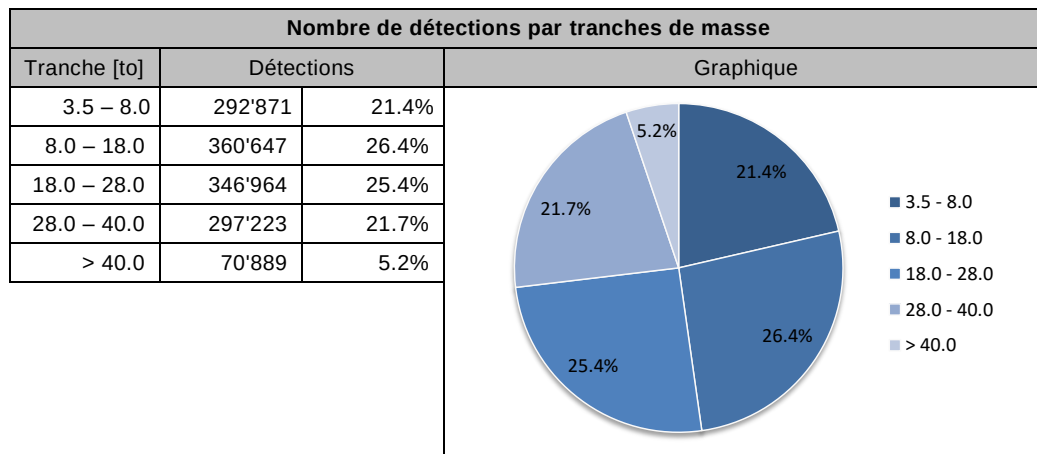
Classes de véhicules Swiss 10 [4]

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	2 : Véhicules assimilables à des camions (véhicules > 3.5 t)
6 : Voiture de livraison avec remorque		
7 : Voiture de livraison avec galerie		
1 : Bus, car	1 : Bus, car	
8 : Camion	5 : Camion	
9 : Train routier	6 : Train articulé + véhicule articulé	
10 : Véhicule articulé		



On constate que 290'200 enregistrements (classes 2 à 7, 21.2%) 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/Tr	0 - - - - 0 + - - - - 000		10	382'840	28.0%
S/S	Non-cohérent			185'030	13.5%
S/S	0 - - - - 0		8	149'118	10.9%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - - 00		10	111'826	8.2%
S/S	0 - - - - 0		1	66'042	4.8%
S/S/S	Non-cohérent			45'710	3.3%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - 00 - -		9	41'810	3.1%
S/S/Ta	Non-cohérent			39'450	2.9%
Ta/Ta	00 - - - 00		8	37'744	2.8%
S/Ta	Non-cohérent			35'933	2.6%
S/S/Tr	0 - - - - 0 + - - 000 - -		9	35'679	2.6%
S/Ta	0 - - - - 00		8	34'454	2.5%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + 0 - - - - 0		9	27'857	2.0%
S/Ta/Ta	0 - - - - 00 + - - - 00 - -		9	26'382	1.9%
S/Ta	0 - - - - 00		1	23'736	1.7%
S/Ta/S/S	0 - - - - 00 + 0 - - - - 0		9	22'109	1.6%
S/S/Tr	Non-cohérent			19'962	1.5%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + - - - - 0 - 0		10	13'669	1.0%
Autres silhouettes selon SN 640 320					
S/S/S	0 - - - - 0 + - - 0 - -		10	11'855	0.9%
Ta/Tr	00 - - 000		Non-classé (8)	4'951	0.4%
S/S/S/Ta	0 - - - - 0 + 0 - - - 00		9	1'638	0.1%

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

4 Modèle selon norme SN 640 320

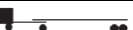
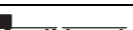
Documents de référence : [1] [2] [6] [12]

4.1 Répartition entre les voies de circulation

Répartition entre les voies de circulation						
Configuration	Direction 1 : Gotthard		Direction 2 : Chiasso			Sur la base de :
	3	4	1	2	-	
1x2 voies 1x3 voies	6.3%	46.8%	40.5%	6.5%	NI	Nombre de détections
	2.0%	53.8%	39.8%	4.4%	NI	Masse totale
	1.6%	59.2%	35.5%	3.8%	NI	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 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso	Norme 2011	Direction 1 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso	Norme 2011
	0.88	0.65	0.7	0.87	0.62	0.6
	1.55	1.12	1.4	2.20	1.50	2.1
	3.02	0.99	1.5	5.56	1.71	2.7
	2.57	1.64	1.9	6.12	3.80	3.0
	0.98	0.83	0.5	0.92	0.75	0.5
	0.83	1.43	1.7	0.72	1.35	1.8
	1.44	0.96	1.8	1.52	0.96	2.2
	2.86	2.20	2.0	3.63	2.77	2.2
	2.08	1.54	2.0	2.07	1.48	1.9
	2.77	2.86	1.7	3.07	3.26	1.6
	2.93	2.35	1.3	3.18	2.58	1.0
	2.61	1.69	2.5	3.26	2.05	2.6
	1.63	1.32	1.2	2.26	1.81	0.9
	3.50	2.40	0.7	3.79	2.55	0.6
	1.45	1.07	1.4	2.09	1.51	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 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso	Norme 2011	Direction 1 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso	Norme 2011
1 : Bus, car	2.94	2.03	2.3	3.32	2.26	2.3
8 : Camion	1.35	0.78	0.9	1.89	0.94	1.0
9 : Train routier	2.39	1.97	1.9	2.81	2.29	2.0
10 : Véhicule articulé	2.52	1.83	1.7	3.14	2.23	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 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso	Norme 2011	Direction 1 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso	Norme 2011
Silhouettes (2-6 axes)	1.90	1.39	1.6	2.41	1.67	1.7
	99.4%	99.4%		99.4%	99.4%	
Catégories	2.30	1.62		2.84	1.93	
	71.5%	76.8%		71.5%	76.8%	
Classes	2.30	1.62		2.86	1.94	
	70.3%	75.3%		70.3%	75.3%	

4.5 Classe de trafic pondéral équivalent actuelle selon SN 640 324

Chaussées souples et semi-rigides

Direction 1 : Gotthard

$$TF_0 = \frac{768'446 \text{ PL}}{330.7 \text{ jours}} \cdot 1.90 \cdot \frac{59.2\%}{60.8\%} = 4'312 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

Direction 2 : Chiasso

$$TF_0 = \frac{600'148 \text{ PL}}{292.0 \text{ jours}} \cdot 1.39 \cdot \frac{35.5\%}{39.2\%} = 2'583 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

Chaussées rigides et combinées

Direction 1 : Gotthard

$$TF_0 = \frac{768'446 \text{ PL}}{330.7 \text{ jours}} \cdot 2.41 \cdot \frac{59.2\%}{60.8\%} = 5'458 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

Direction 2 : Chiasso

$$TF_0 = \frac{600'148 \text{ PL}}{292.0 \text{ jours}} \cdot 1.67 \cdot \frac{35.5\%}{39.2\%} = 3'110 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

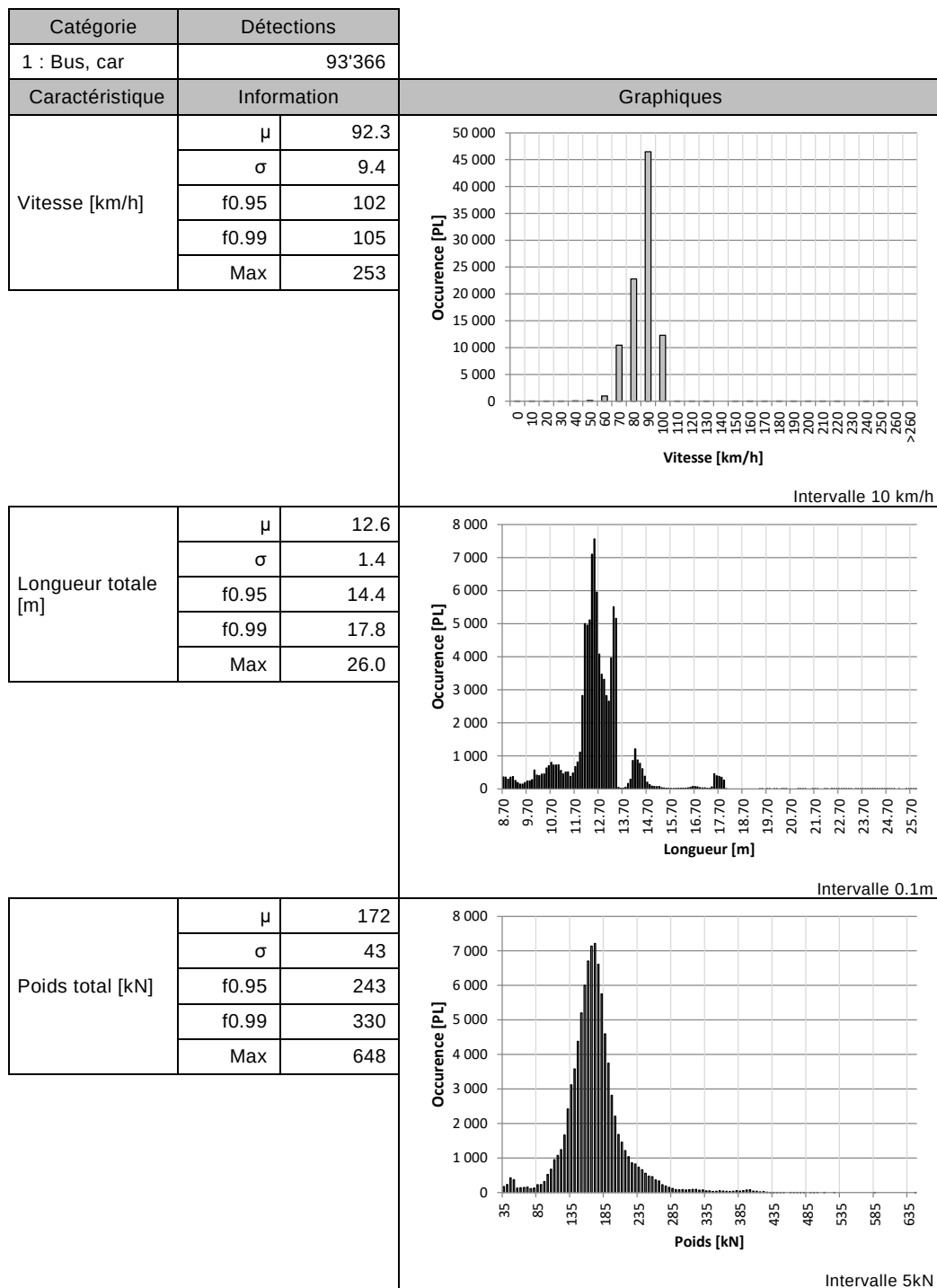
4.6 Tendance pour l'estimation du taux d'accroissement annuel

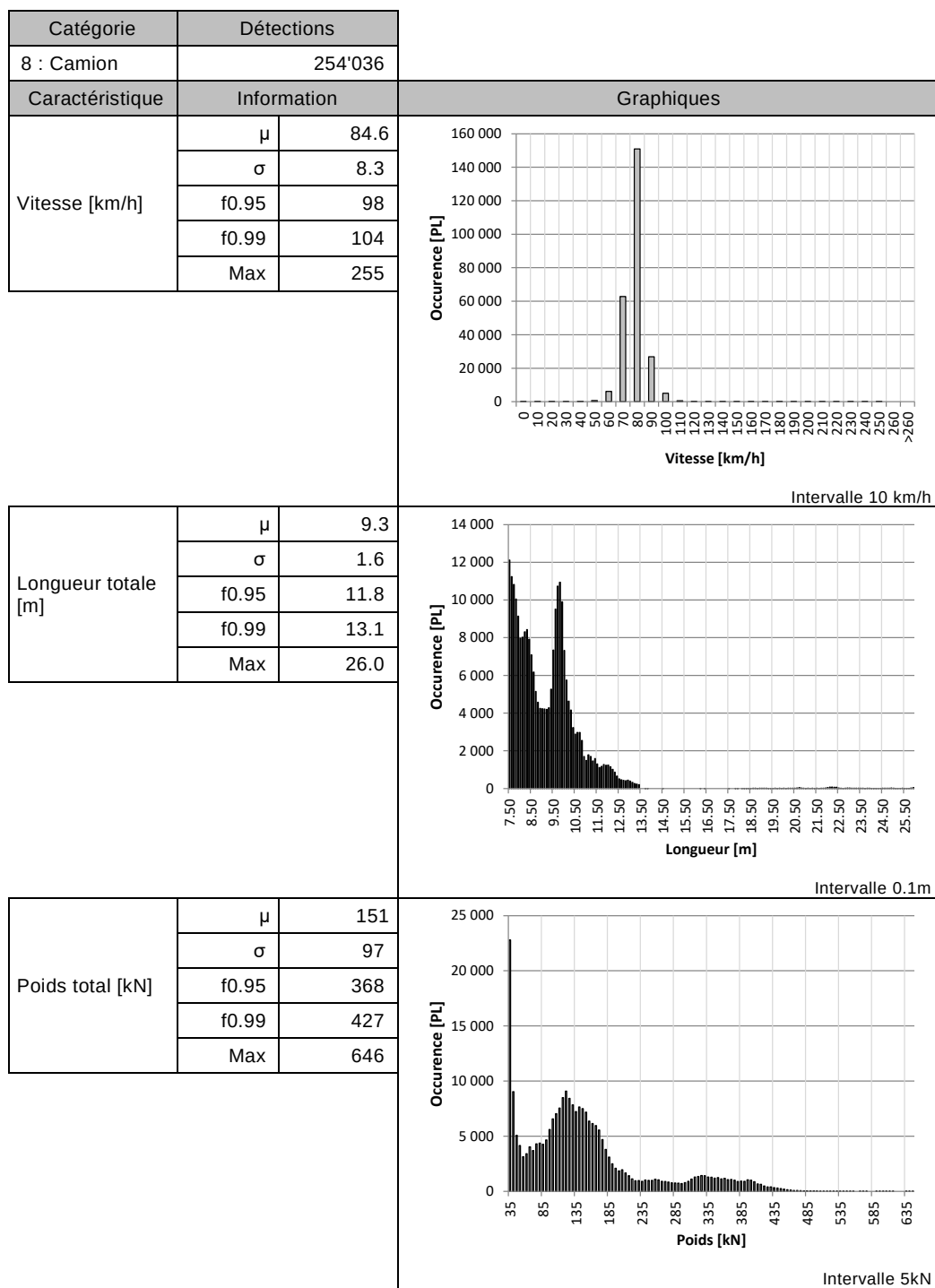
Tendance pour l'estimation du taux d'accroissement annuel		
Direction 1 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso	Sur la base de :
+1.8%	-0.1%	Nombre de détections
+1.2%	-0.4%	Masse totale
+3.4%	0.0%	Trafic pondéral équivalent total W

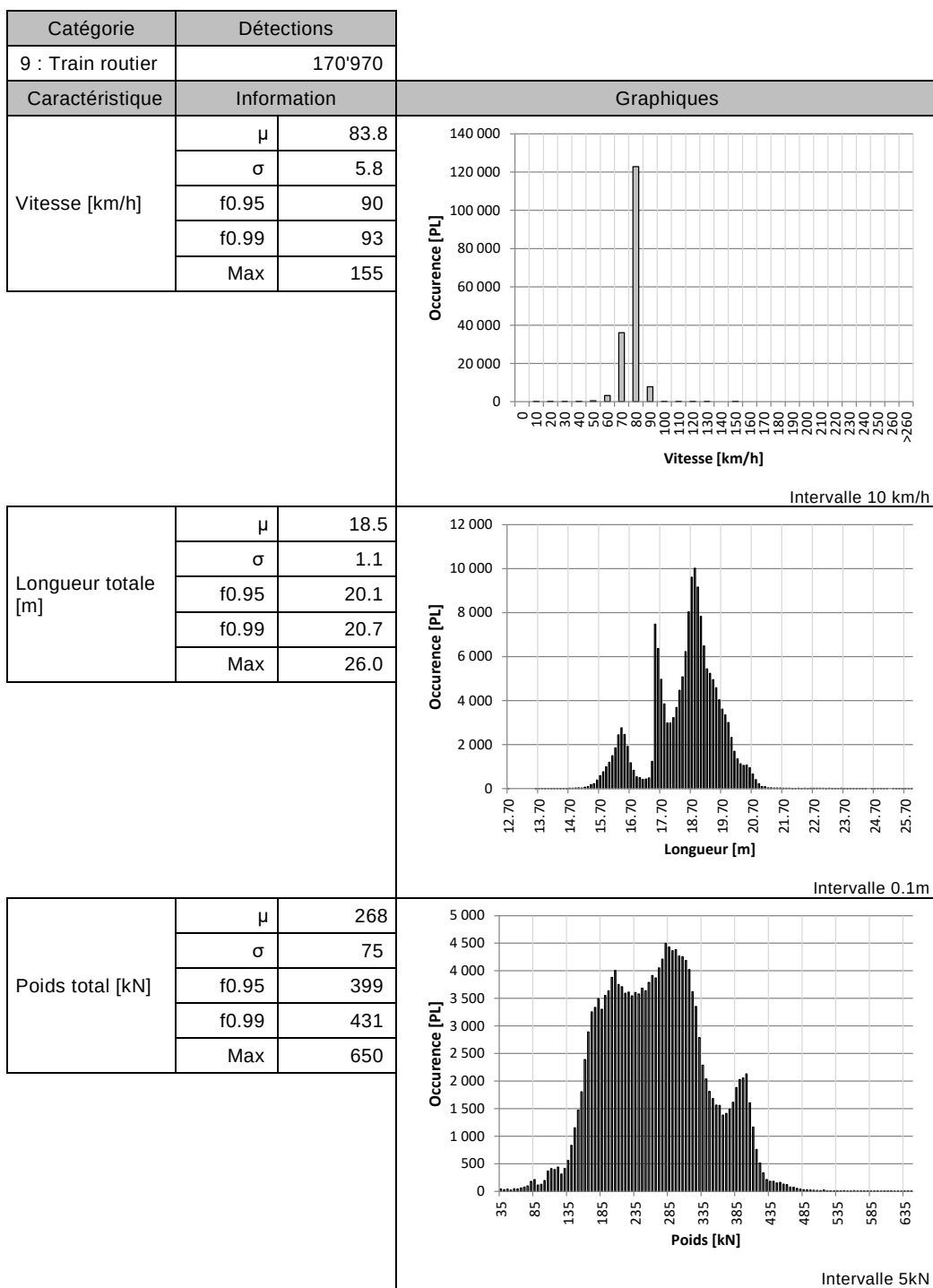
Cette section est déterminée sur la base des rapports annuels 2013 à 2018.

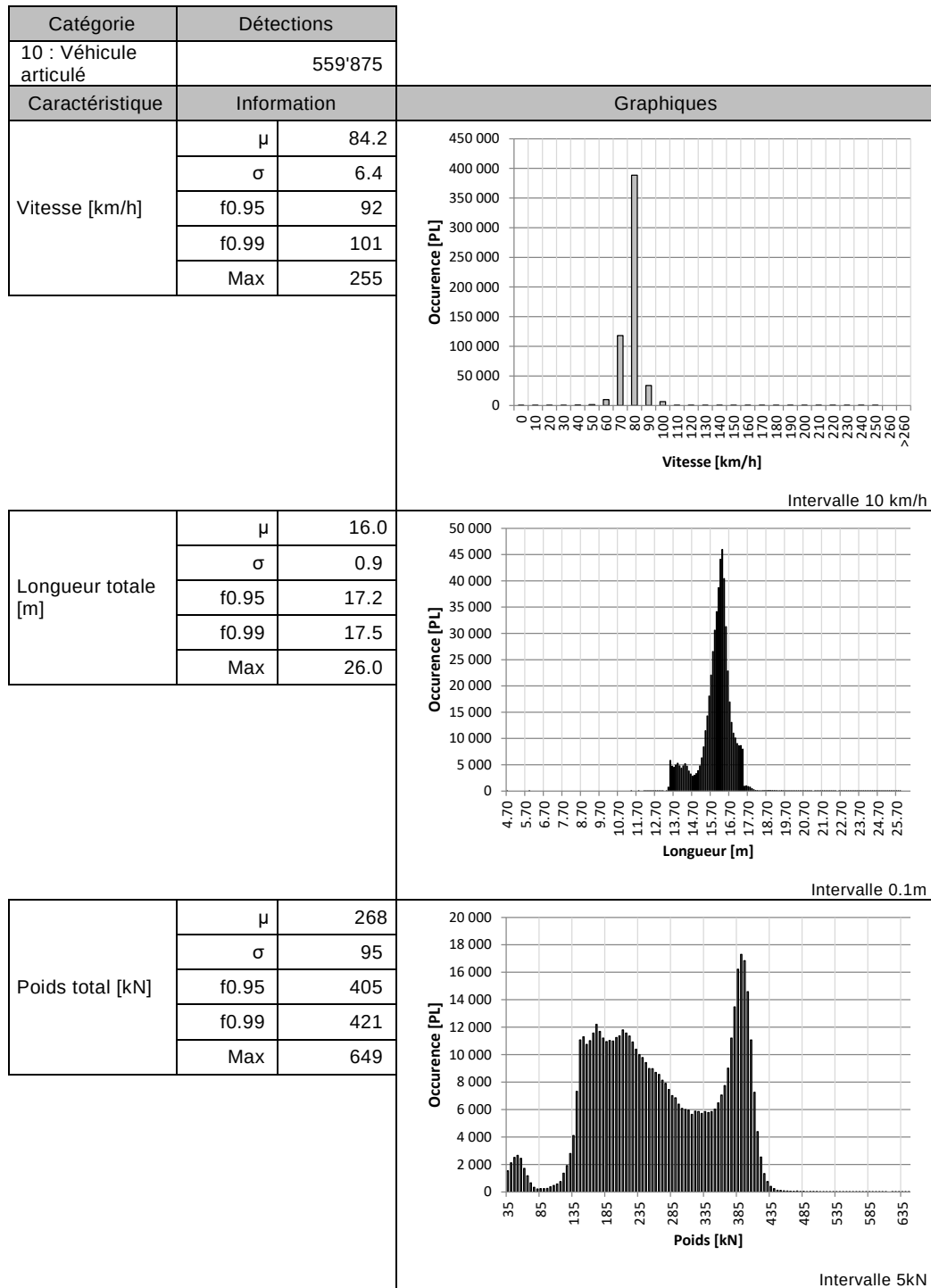
5 Caractéristiques des poids lourds

5.1 Caractéristiques des catégories de poids lourds



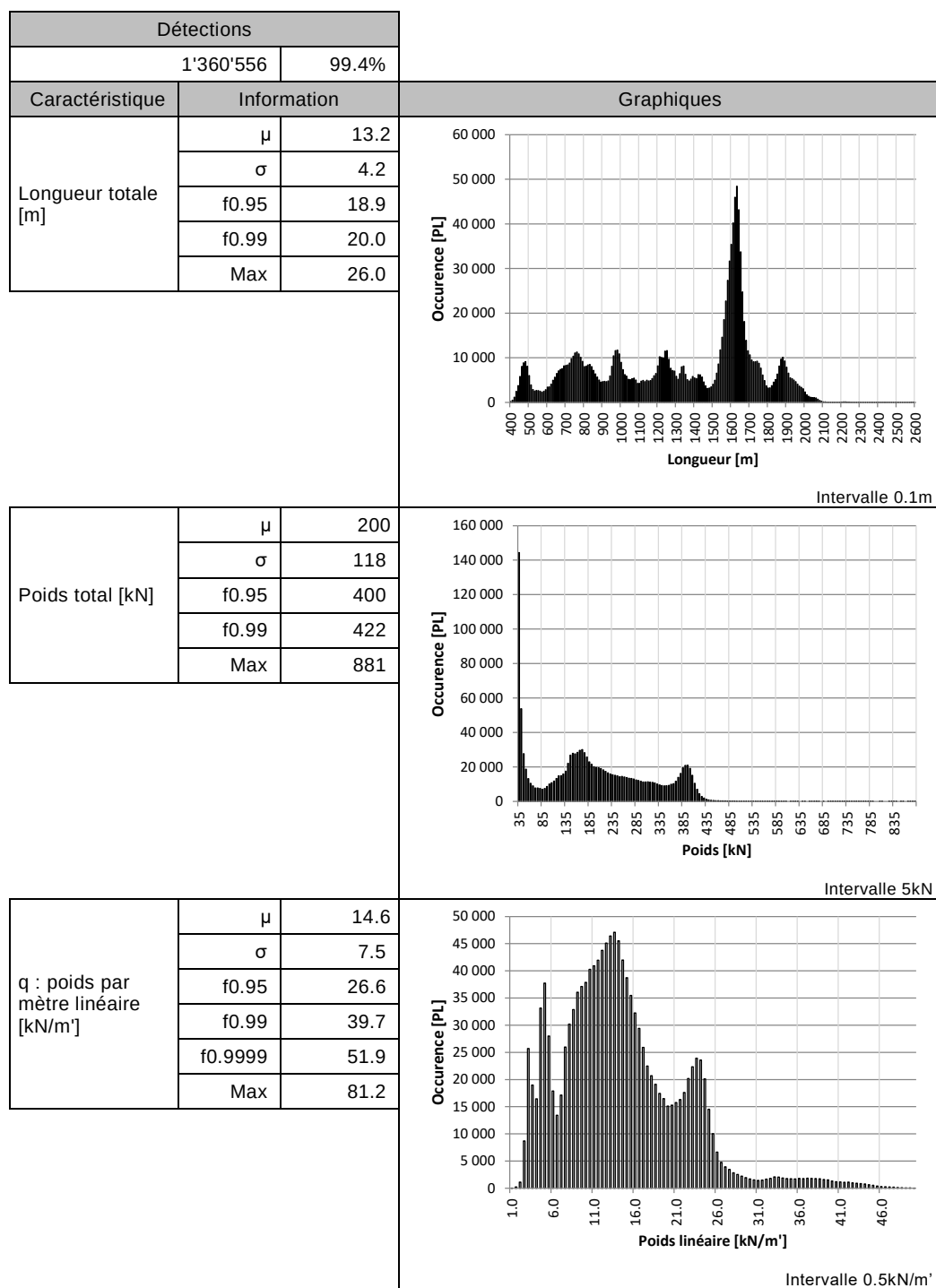


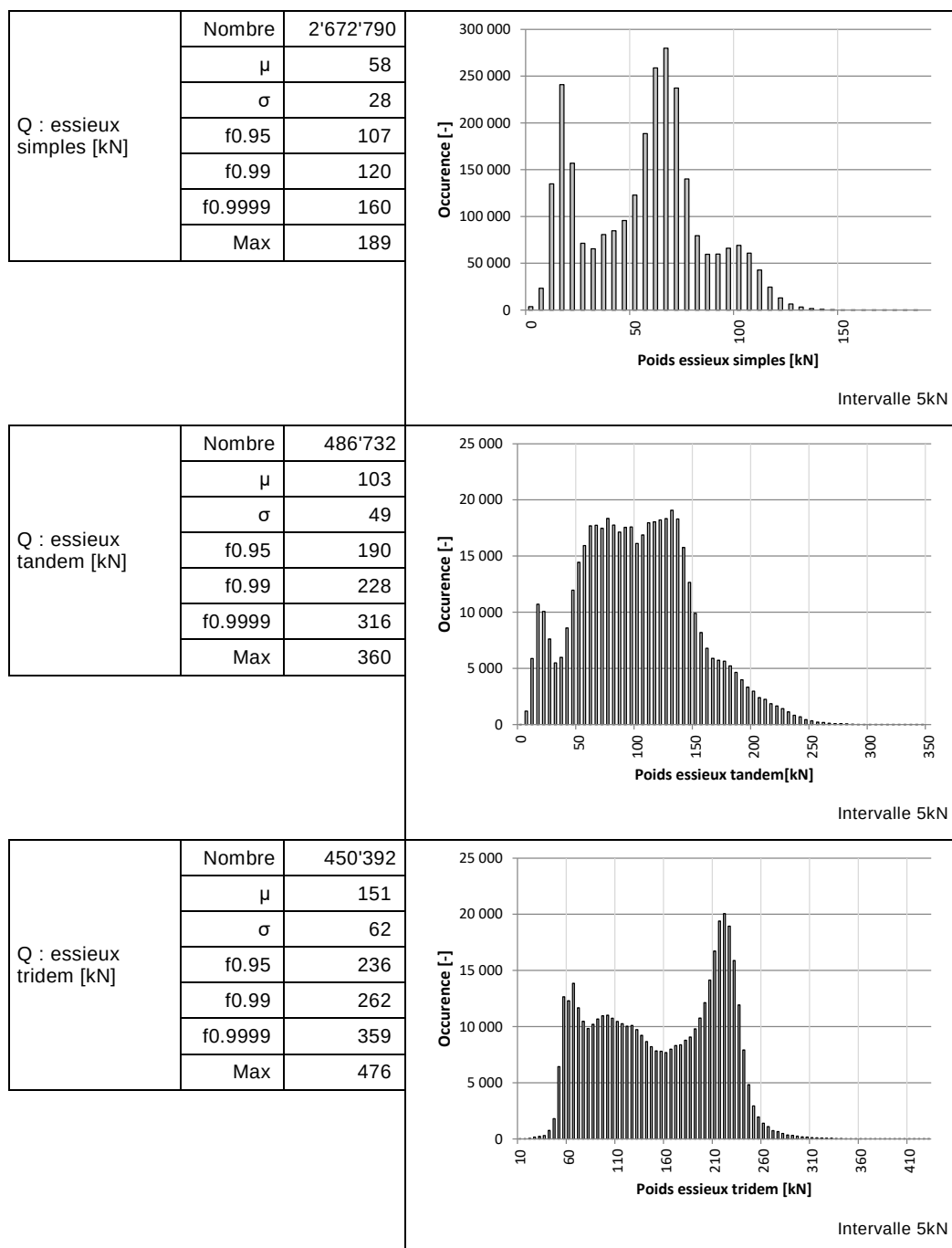




5.2 Caractéristiques globales de l'échantillon

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



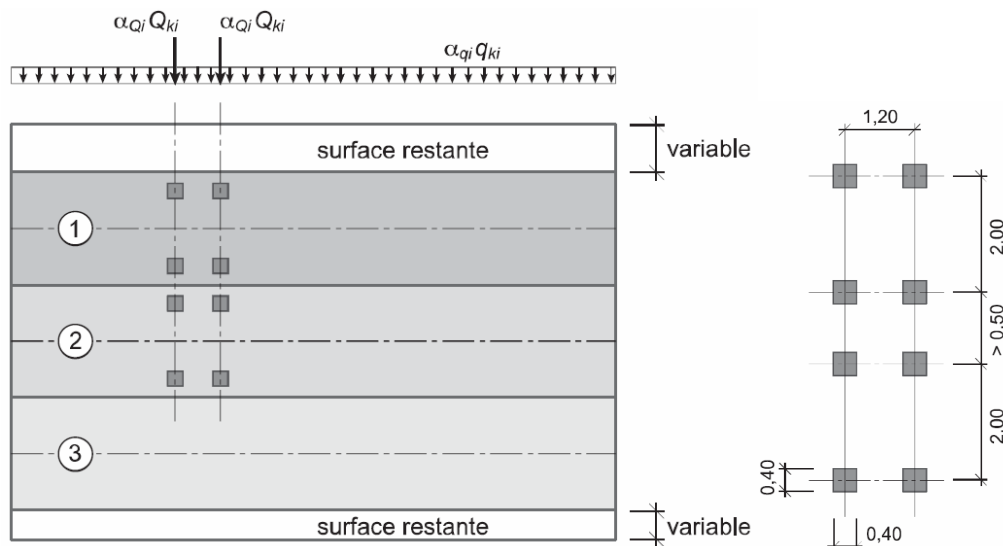


6 Modèle selon norme SIA 261

Document de référence : [3]

Les données considérées sont celles des silhouettes détectées de 2 à 6 axes, soit 99.4% 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

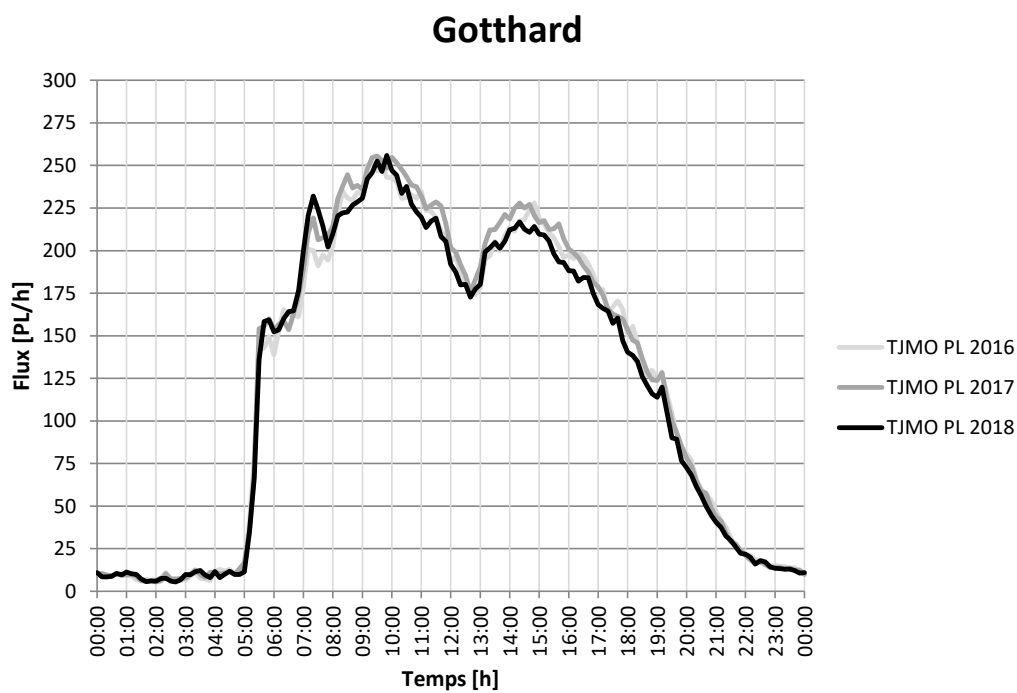
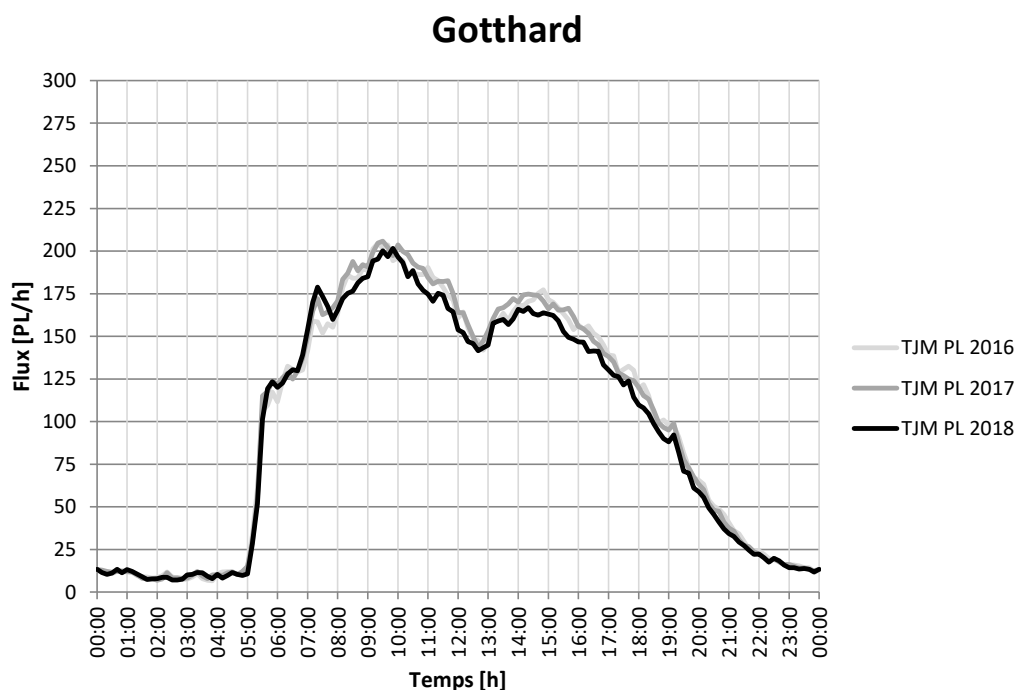
Charge concentrée Q					
Type d'essieu	Charge moy. [kN]	Charge moy. par axe [kN]	f0.95 [kN] (par axe)	f0.99 [kN] (par axe)	f0.9999 [kN] (par axe)
Simple	58	58	107	120	160
Tandem	103	52	190 (95)	228 (114)	316 (158)
Tridem	151	50	236 (79)	262 (87)	359 (120)

6.1.2 Charge répartie q

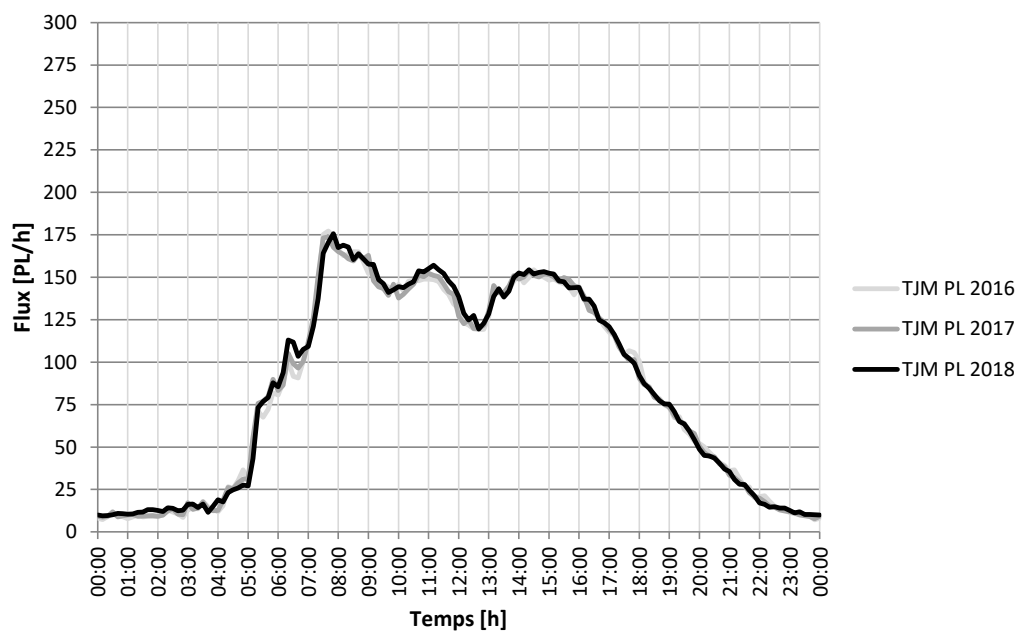
Charge répartie q				
Caractéristique	Charge moy.	f0.95	f0.99	f0.9999
Poids par mètre linéaire [kN/m]	14.6	26.6	39.7	51.9
Poids par surface (largeur 3 m) [kN/m²]	4.9	8.9	13.2	17.3

7 Tendances

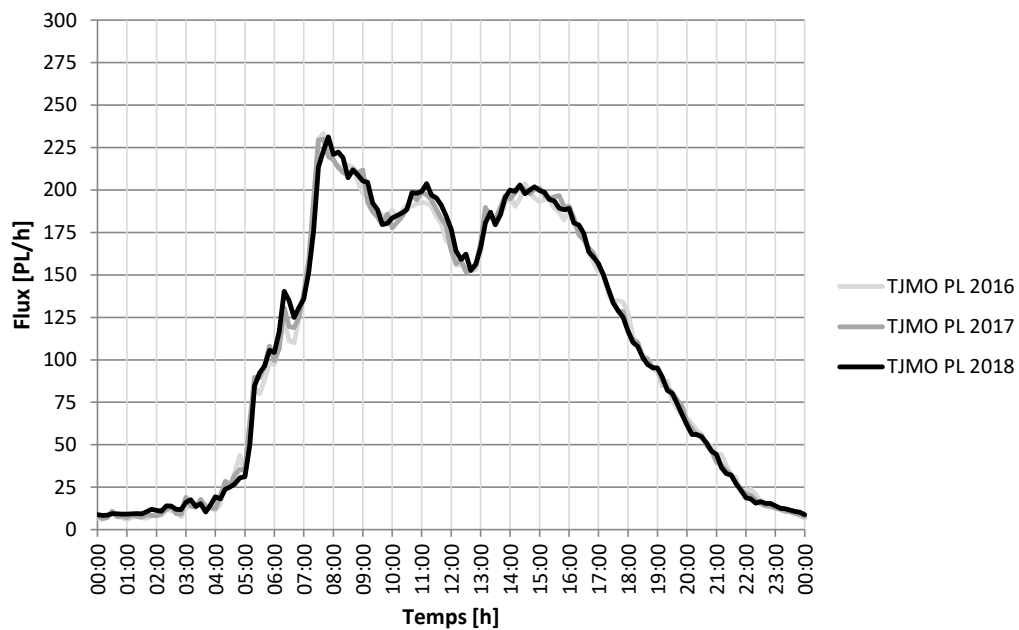
7.1 Evolution de la répartition horaire annuelle



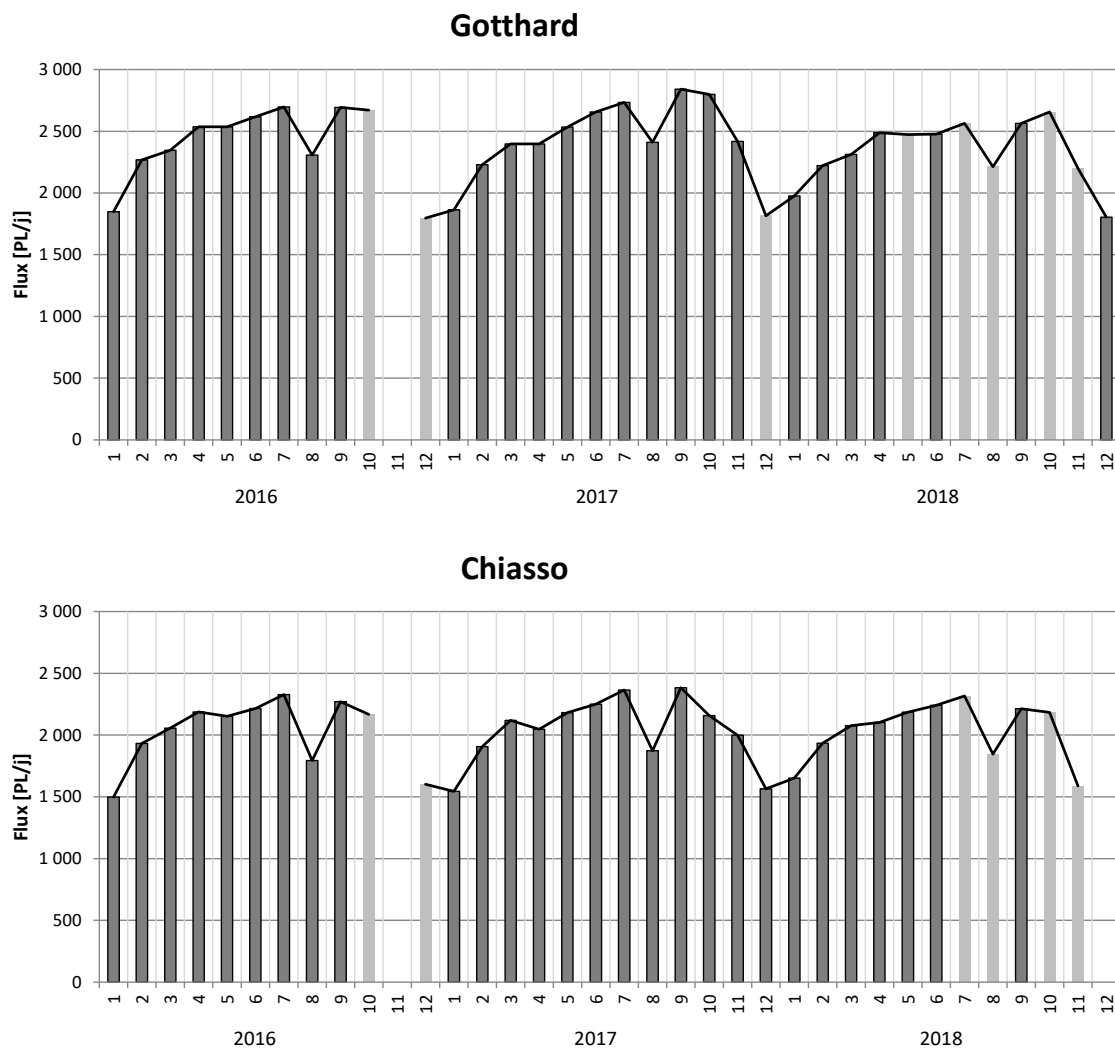
Chiasso



Chiasso



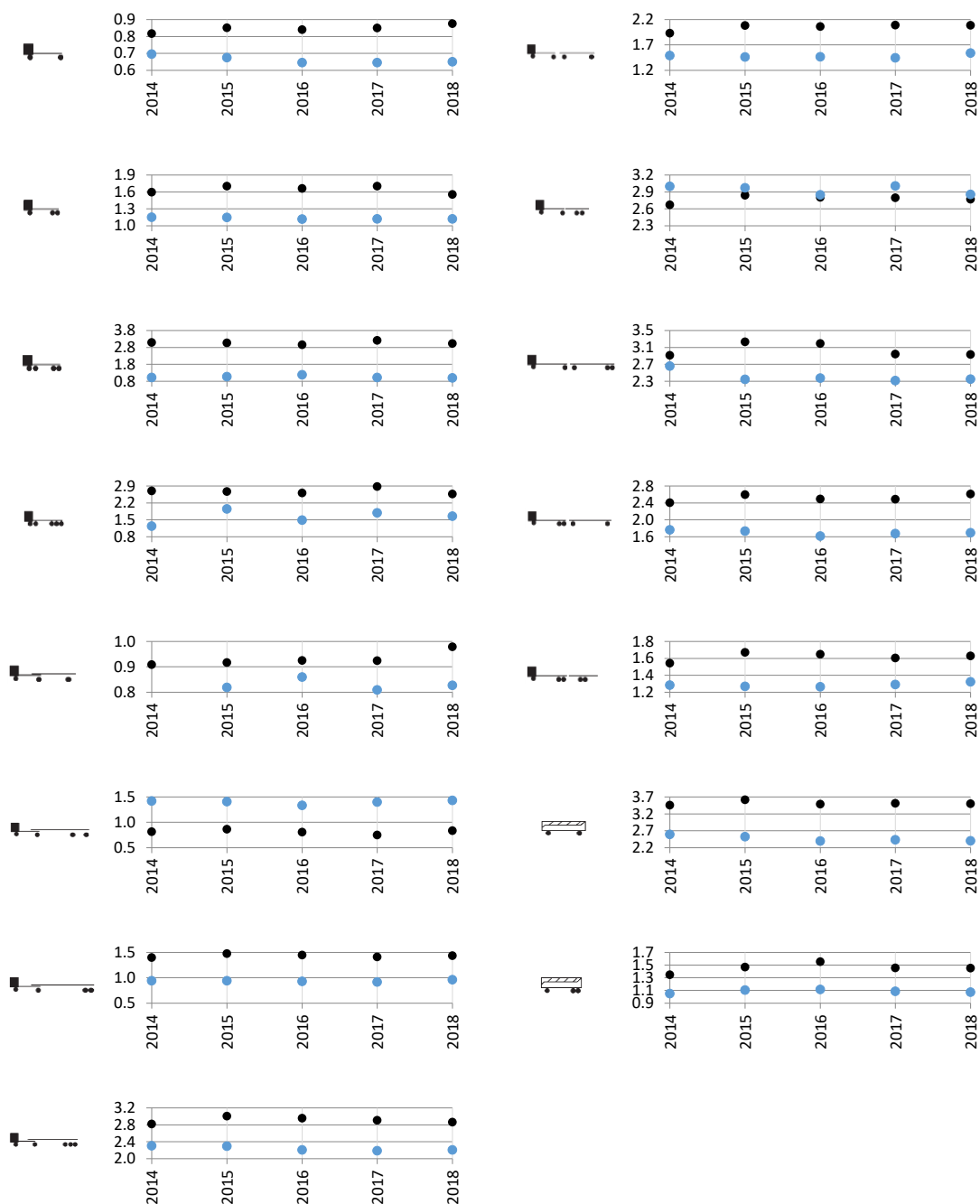
7.2 Evolution de la détection par mois



7.3 Evolution du modèle de la norme SN 640 320

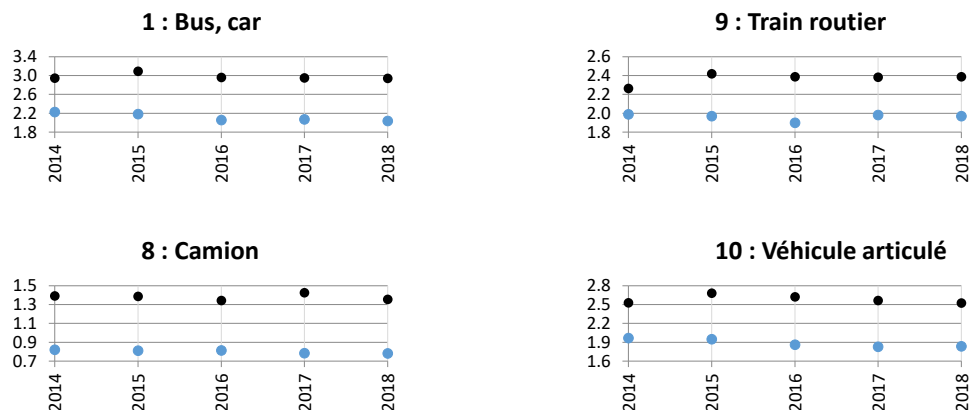
Sont considérées dans ce chapitre uniquement les chaussées souples et semi-rigides.

7.3.1 Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules



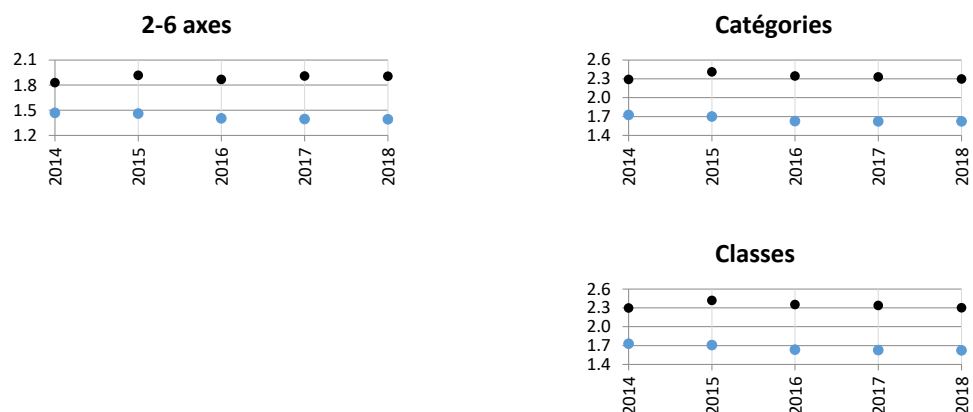
Noir : Direction Gotthard ; Bleu : Direction Chiasso.

7.3.2 Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules



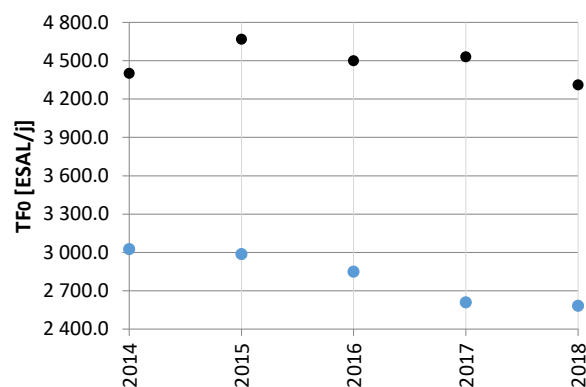
Noir : Direction Gotthard ; Bleu : Direction Chiasso.

7.3.3 Evolution du facteur d'équivalence moyen



Noir : Direction Gotthard ; Bleu : Direction Chiasso.

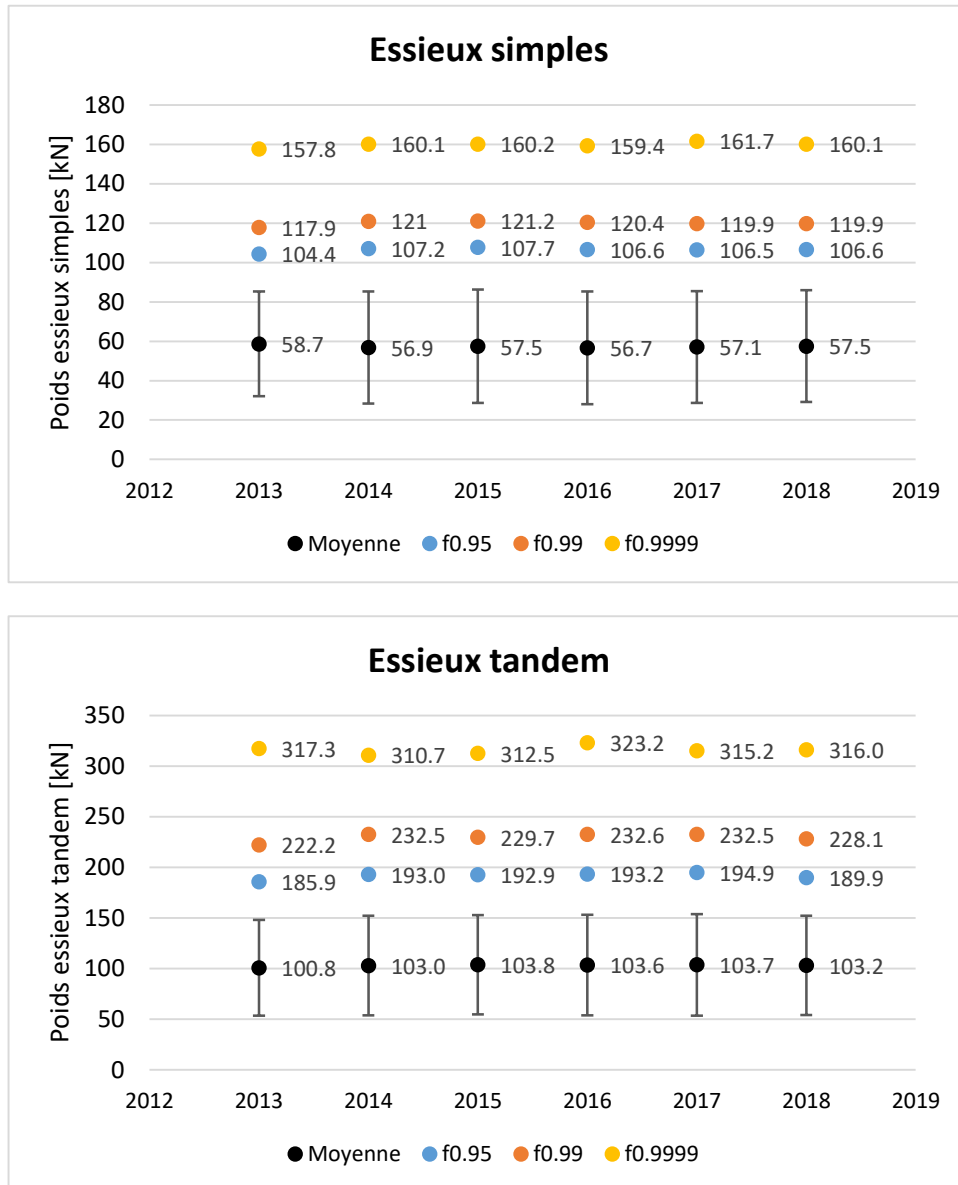
7.3.4 Evolution du trafic pondéral équivalent journalier

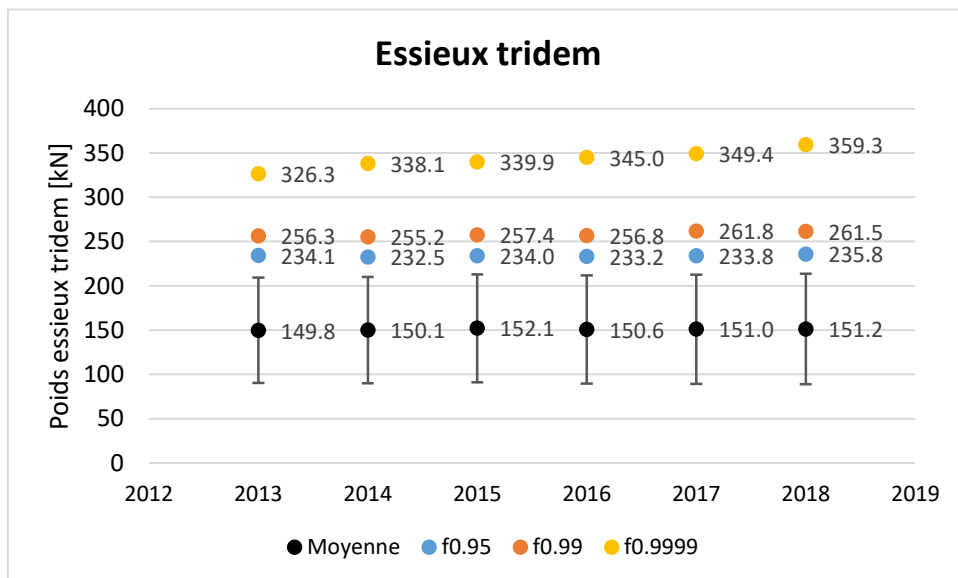


Noir : Direction Gotthard ; Bleu : Direction Chiasso.

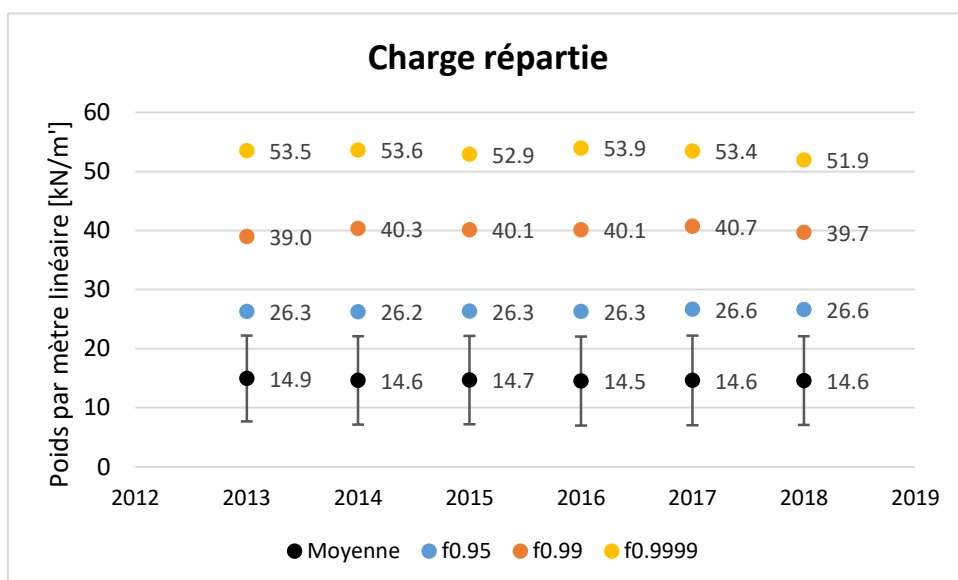
7.4 Evolution du modèle de la norme SIA 261

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]

Niveaux de confiance selon [6], valeurs absolues

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 :	21.09.2016 – Direction Gotthard (Voie 4) 22.09.2015 – Direction Chiasso	
Facteurs de corrections relevés :	Direction Gotthard : -3.25 % Direction Chiasso : -0.40% / -2.22%	
Application du facteur de correction :	Direction Gotthard : Non Direction Chiasso : Non / Oui	
Niveau de confiance à la calibration :	Direction Gotthard : Mauvais Direction Chiasso : Très bon	
Données pouvant être utilisées pour référence :	Direction Gotthard : - Direction Chiasso : 2015	
Constations sur la base du traitement des données WIM		
Pertes de données :	~ 35 jours / 73 jours	
Exclusions :	1.08%	
Cohérence globale des valeurs :	En ordre	
Cohérence des tendances de la station :	En ordre	
Classification SWISS10, VT ≥ 3.5 to :	21.2%	
Silhouettes incohérentes :	25.6% dont 25.1% potentiellement dus à la classification SWISS10 0.5% d'autres incohérences	
Propositions		
La confiance dans les données de la station est satisfaisante. 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. Féart, Prof. A.-G. Dumont (LAVOC-EPFL), L. D'Angelo, Prof. A. Nussbamer (ICOM-EPFL) (2017) « **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, Rapport n° 685*.
 - [6] M.-A. Féart, M. Ould-Henia, M. Delaby (2017) « **Actualisation des facteurs d'équivalence de la norme SN640320** », Office fédéral des routes OFROU, *Projet de recherche VSS 2015/411, Rapport n° 1606*.
 - [7] M.-A. Féart (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., Féart 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. Féart, 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. Féart, 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. Féart, 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.
-