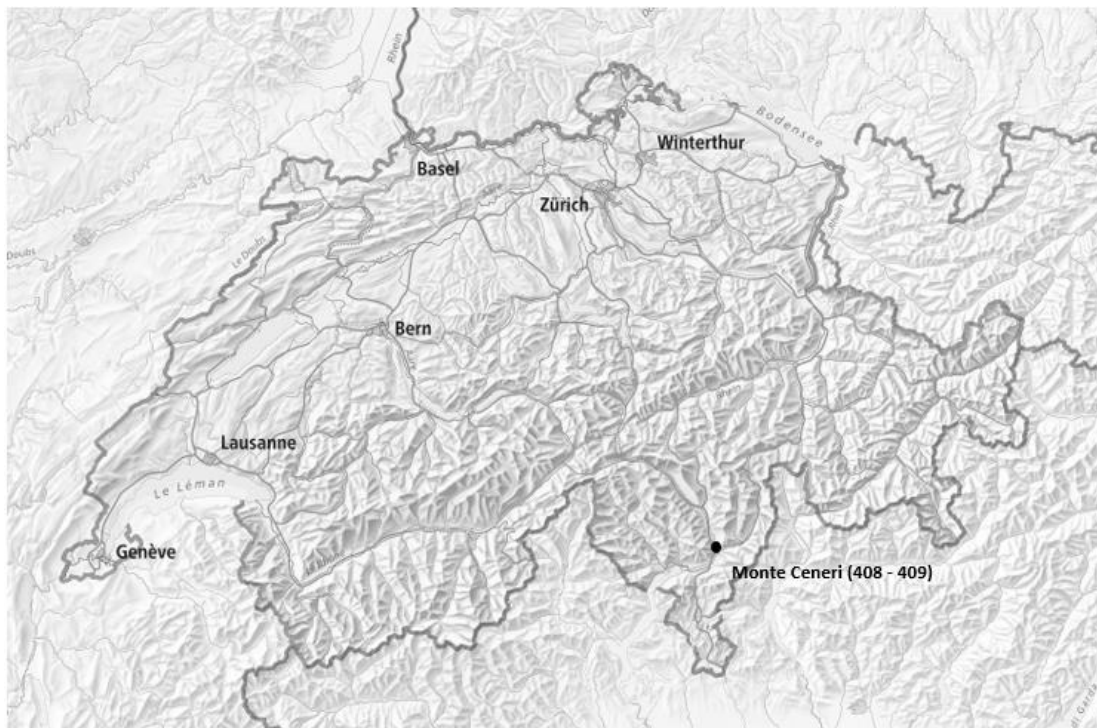




Monte Ceneri - 2021

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_2021_408_409

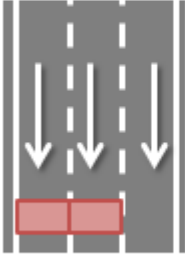

Version 1

Créé le 14.04.2022 – 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							
<p>409 : Direction Chiasso (Lugano)</p>  <p>1 2 -</p>				<p>408 : Direction Gotthard (Bellinzona)</p>  <p>3 4</p>			
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	-						
Perte potentielle de données	-						
<i>Evènements particuliers</i>							
<i>Décisions</i>							
<i>Concaténation</i>							
Nom de fichiers :	2021_408_concat.log ; 2021_409_concat.log ;						
Nombre d'enregistrements :	1'060'235 (408) ; 830'074 (409)						
Nombre de jours effectifs :	365						

2 Intégrité des données

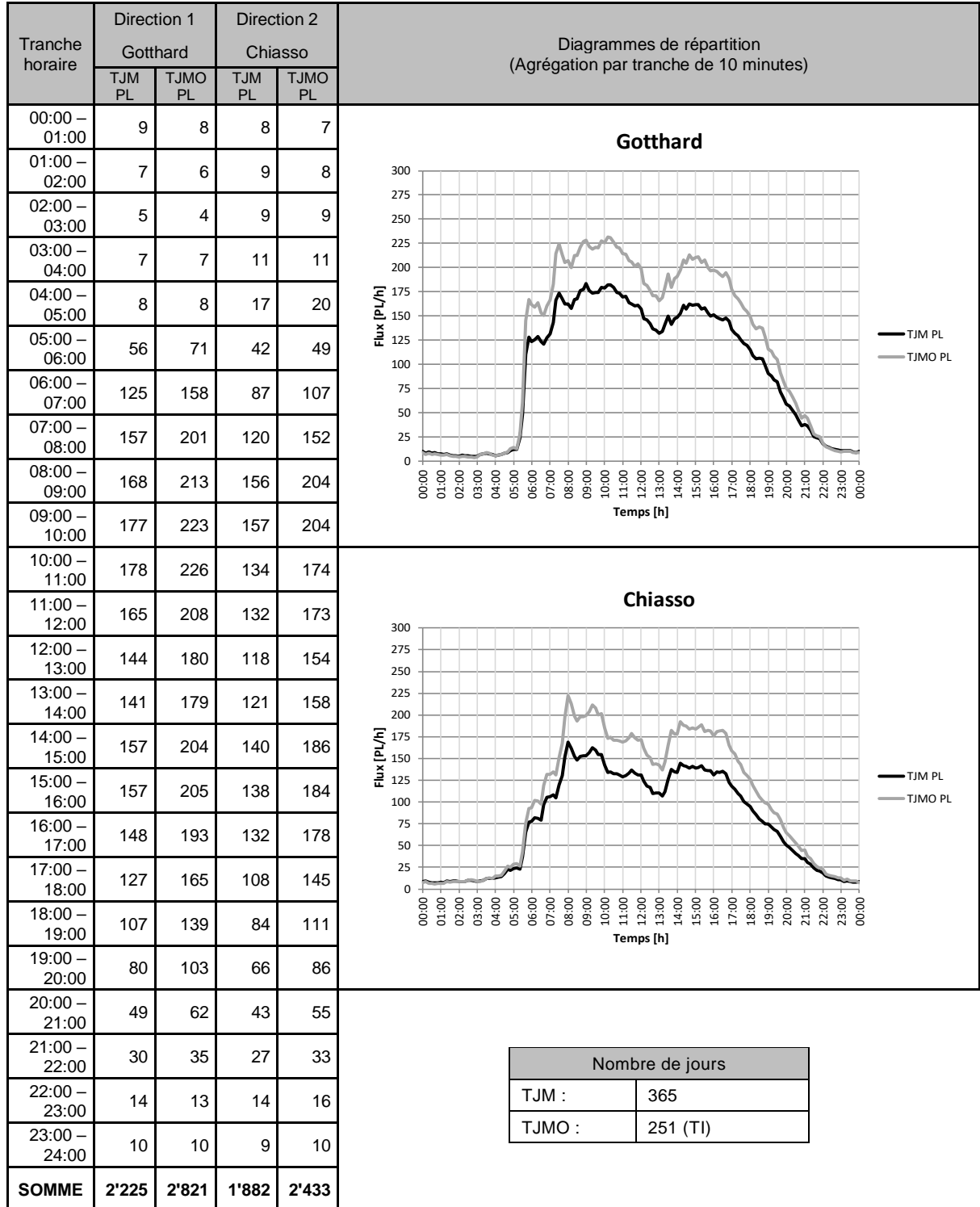
Documents de référence : [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

Filtre des données (démarche pas à pas)	
1)	Véhicules de moins de 3.5 tonnes (362'757 enregistrements).
2)	816'335 enregistrements direction D1 (408). 16'029 enregistrements direction D2 (408). 693'976 enregistrements direction D1 (409). 1'212 enregistrements direction D2 (409).
3)	Longueur totale nulle (213 enregistrements).
4)	Longueur totale supérieure à 26.00m (7'410 enregistrements).
5)	Poids nul sur un des axes (14 enregistrements).
6)	Entraxe inférieur à 60cm (2'418 enregistrements).
7)	Poids total supérieur à 65 tonnes (372 enregistrements, hors grues mobiles).
8)	Poids sur un axe supérieur à 18 tonnes (108 enregistrements, hors grues mobiles).
9)	Longueur totale inférieure à 4.00m (875 enregistrements).
<i>Décisions</i>	
1)	Exclusion (2021_408_409_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 :	2021_408_409.log
Nombre d'enregistrements :	1'498'901
Nom de fichier d'exclusions :	2021_408_409_exclus.log
Nombre d'enregistrements :	28'651

Sur un total de 1'890'309 enregistrements, 362'757 ont été séparés en raison de leur appartenance aux véhicules légers (< 3.5 tonnes) et 28'651 enregistrements (1.88%) ont été exclus du jeu de données de base en raison d'incohérences potentielles de données.

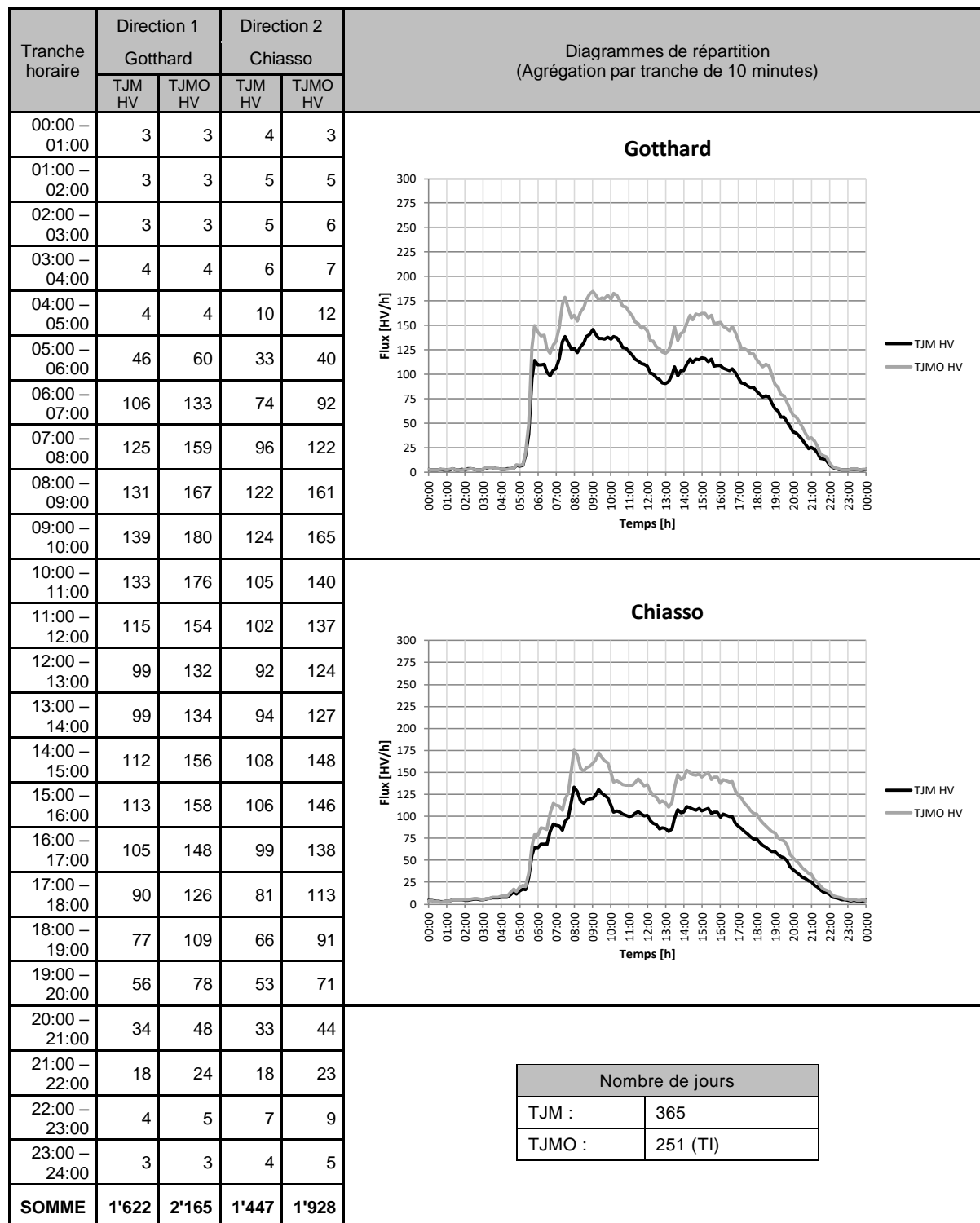
3 Traitements statistiques

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)

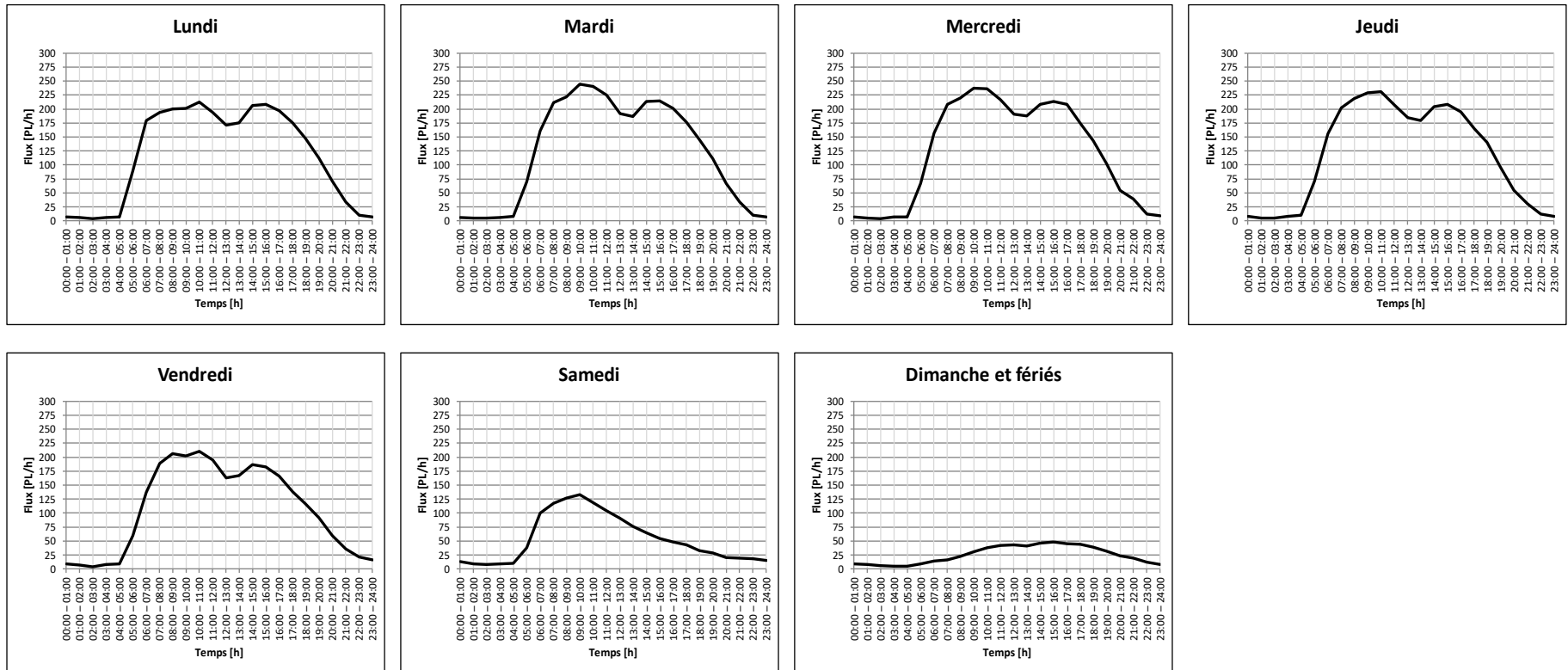


Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

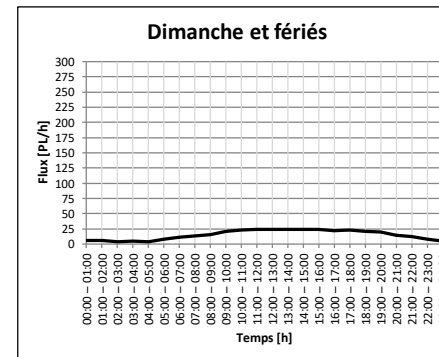
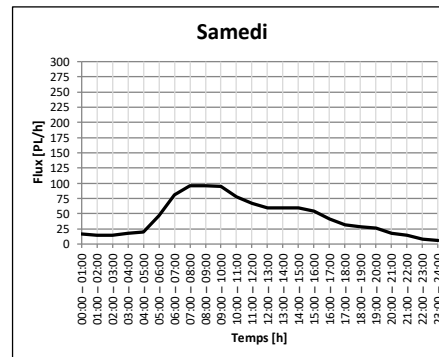
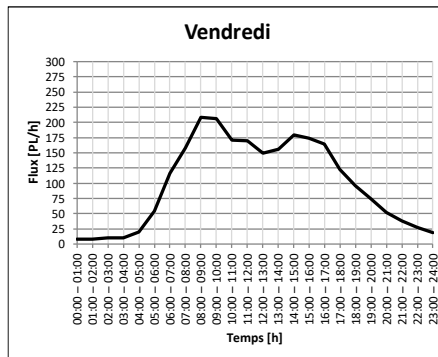
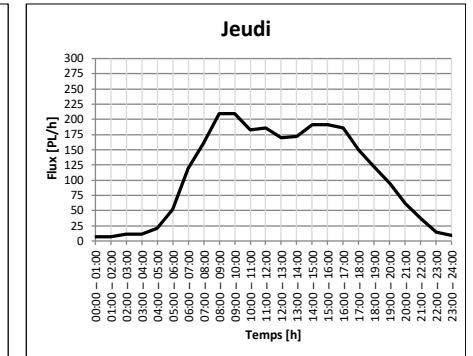
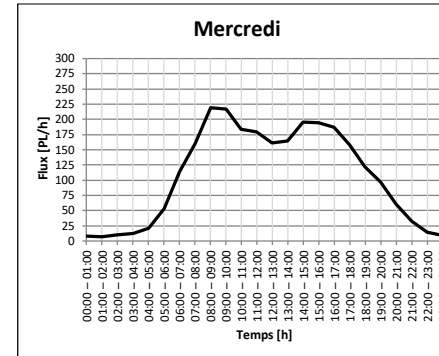
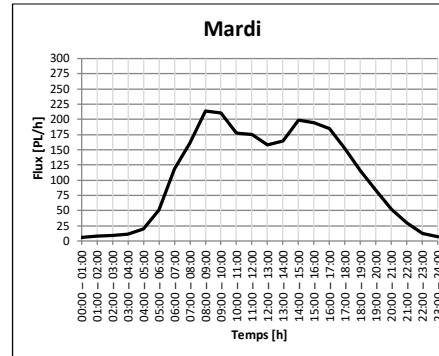
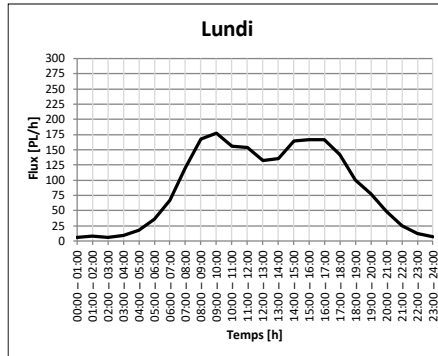
3.3 Répartition horaire journalière

Jours	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche et fériés
Nombre (TI)	49	51	50	50	51	50	64

Direction 1 : Gotthard (Agrégation par heure)



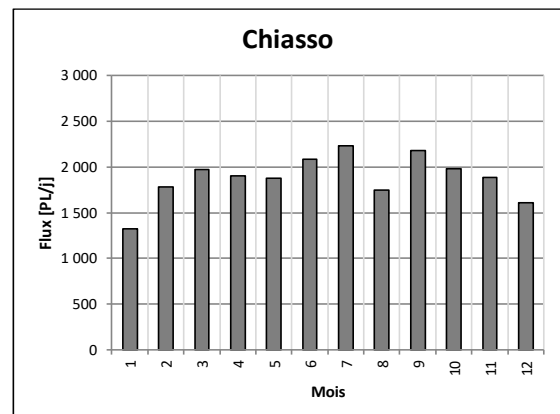
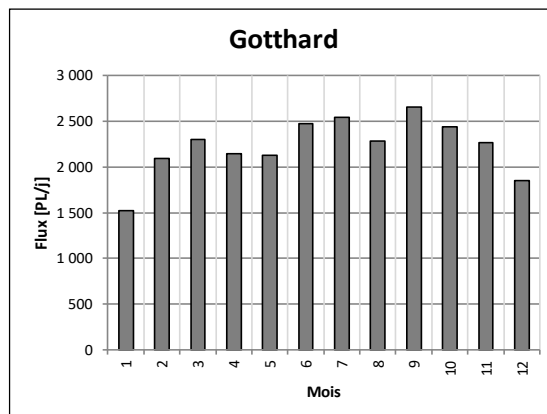
Direction 2 : Chiasso (Agrégation par heure)



3.4 Détection de véhicules

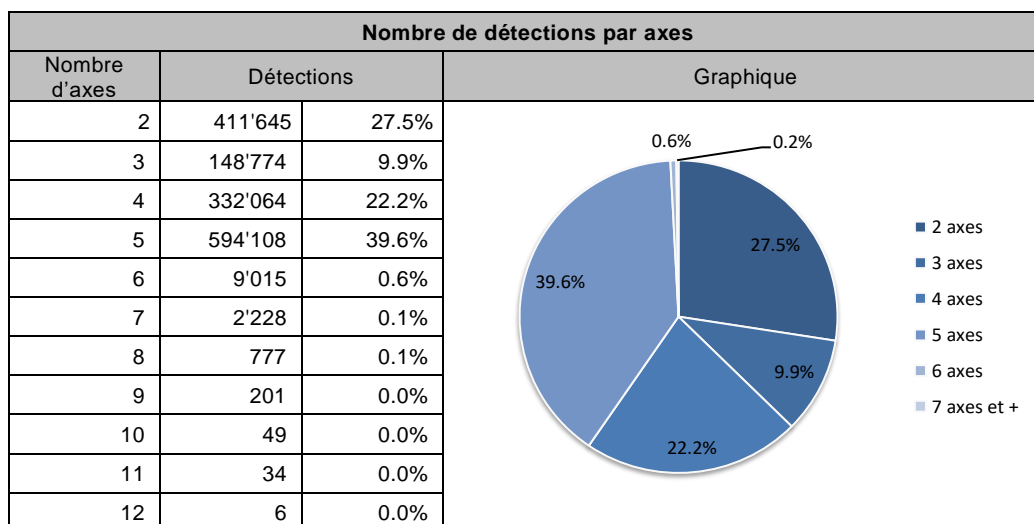
3.4.1 Par mois

Nombre de détections par mois		
Mois	Direction 1 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso
Janvier	47'121	40'989
Février	58'540	49'955
Mars	71'327	61'115
Avril	64'346	57'021
Mai	65'865	58'171
Juin	74'202	62'545
Juillet	78'894	69'197
Août	70'830	54'190
Septembre	79'817	65'412
Octobre	75'765	61'560
Novembre	67'990	56'704
Décembre	57'439	49'906



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

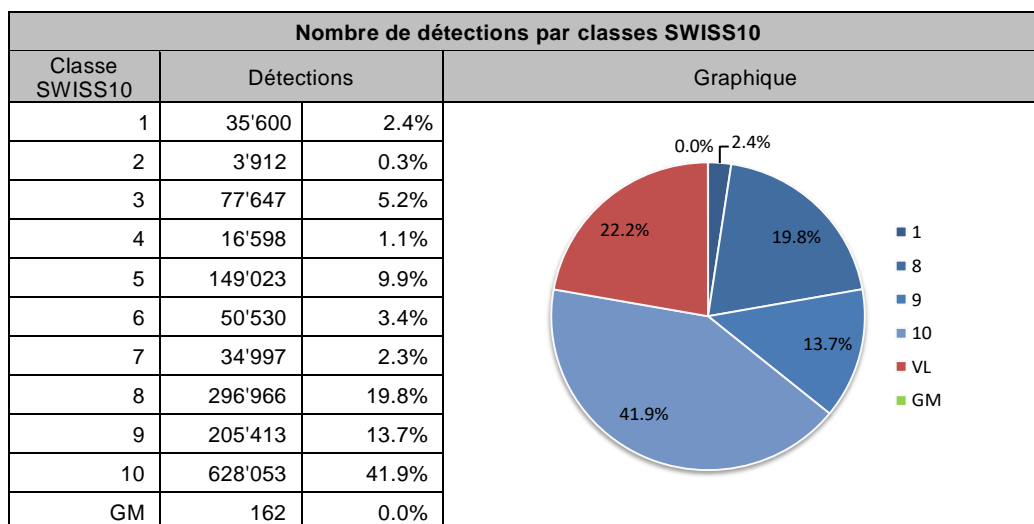
3.4.2 Par nombre d'axes



3.4.3 Par classes SWISS10

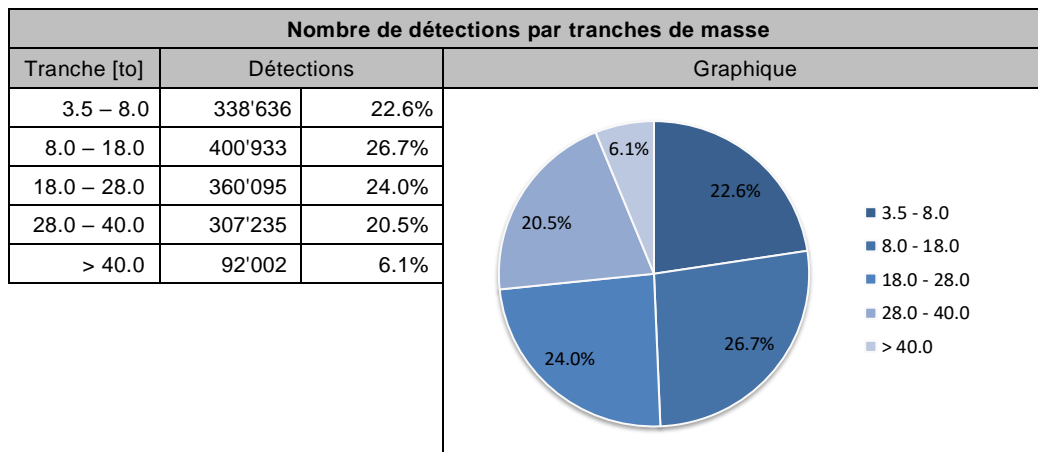
Classes de véhicules Swiss 10 [4]

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 332'707 enregistrements (classes 2 à 7, 22.2%) 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	433'630	28.9%
S/S	<i>Non-cohérent</i>			222'501	14.8%
S/S	0 - - - - 0		8	167'206	11.2%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - - 00		10	140'069	9.3%
S/S/Tr	0 - - - - 0 + - - 000 - -		9	58'274	3.9%
S/S/S	<i>Non-cohérent</i>			49'998	3.3%
Ta/Ta	00 - - - 00		8	48'622	3.2%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - 00 - -		9	45'814	3.1%
S/Ta	0 - - - - 00		8	40'196	2.7%
S/S/Ta	<i>Non-cohérent</i>			39'912	2.7%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + 0 - - - - 0		9	32'618	2.2%
S/Ta/Ta	0 - - - - 00 + - - - 00 - -		9	29'127	1.9%
S/S/Tr	<i>Non-cohérent</i>			24'699	1.6%
S/Ta/S/S	0 - - - - 00 + 0 - - - - 0		9	23'296	1.6%
S/S	0 - - - - 0		1	20'116	1.3%
S/Ta	<i>Non-cohérent</i>			18'647	1.2%
S/S/S	0 - - - - 0 + - - 0 - -		10	16'888	1.1%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + - - - 0 - 0		10	15'500	1.0%
Autres silhouettes selon SN 640 320					
S/Ta	0 - - - - 00		1	9'235	0.6%
Ta/Tr	00 - - 000		Non-classé (8)	5'559	0.4%
S/S/S/Ta	0 - - - - 0 + 0 - - - 00		9	1'713	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	7.5%	46.7%	37.9%	5.6%	NI	Nombre de détections
	1.9%	55.2%	39.4%	3.5%	NI	Masse totale
	0.7%	61.5%	35.3%	2.5%	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 2019	Direction 1 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso	Norme 2019
	0.83	0.59	0.7	0.82	0.55	0.6
	1.32	1.00	1.4	1.74	1.31	2.1
	1.99	1.16	1.5	3.55	2.03	2.7
	2.64	2.53	1.9	6.22	6.03	3.0
	0.94	0.80	0.5	0.89	0.72	0.5
	0.81	1.53	1.7	0.70	1.46	1.8
	1.51	0.88	1.7	1.62	0.87	1.8
	2.77	2.00	1.8	3.59	2.51	2.2
	2.00	1.43	2.0	1.98	1.36	2.2
	2.69	2.18	2.0	2.99	2.46	1.9
	2.93	2.28	1.7	3.18	2.55	1.6
	2.29	1.61	1.7	2.79	1.95	1.6
	1.59	1.23	1.3	2.20	1.66	1.0
	3.09	1.64	2.5	3.33	1.69	2.6
	1.39	0.91	1.2	2.01	1.27	0.9

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 2019	Direction 1 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso	Norme 2019
1 : Bus, car	2.47	1.39	2.3	2.84	1.54	2.3
8 : Camion	1.13	0.76	0.9	1.49	0.96	1.0
9 : Train routier	2.50	1.66	1.9	3.00	1.91	2.0
10 : Véhicule articulé	2.44	1.65	1.7	3.08	1.99	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 2019	Direction 1 : Gotthard	Direction 2 : Chiasso	Norme 2019
Silhouettes (2-6 axes)	1.74	1.25	1.6	2.22	1.52	1.7
	99.5%	99.2%		99.5%	99.2%	
Catégories	2.16	1.42		2.71	1.71	
	70.7%	77.8%		70.7%	77.8%	
Classes	2.17	1.43		2.73	1.73	
	69.4%	76.3%		69.4%	76.3%	

4.5 Classe de trafic pondéral équivalent actuelle selon SN 640 324

Chaussées souples et semi-rigides

Direction 1 : Gotthard

$$TF_0 = \frac{812'136 \text{ PL}}{365 \text{ jours}} \cdot 1.74 \cdot \frac{61.5\%}{62.2\%} = 3'829 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

Direction 2 : Chiasso

$$TF_0 = \frac{686'765 \text{ PL}}{365 \text{ jours}} \cdot 1.25 \cdot \frac{35.3\%}{37.8\%} = 2'195 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

Chaussées rigides et combinées

Direction 1 : Gotthard

$$TF_0 = \frac{812'136 \text{ PL}}{365 \text{ jours}} \cdot 2.22 \cdot \frac{61.5\%}{62.2\%} = 4'875 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

Direction 2 : Chiasso

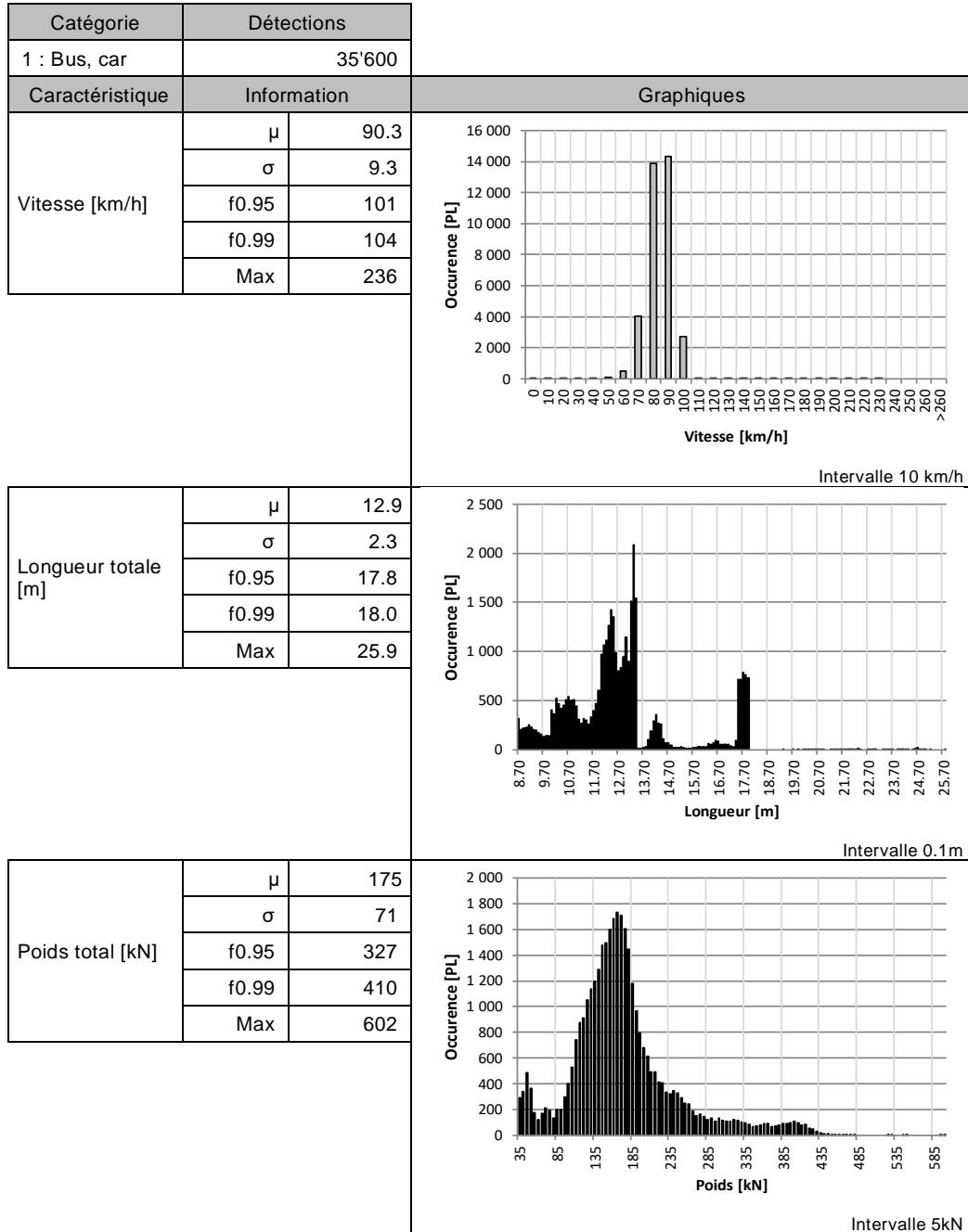
$$TF_0 = \frac{686'765 \text{ PL}}{365 \text{ jours}} \cdot 1.52 \cdot \frac{35.3\%}{37.8\%} = 2'672 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

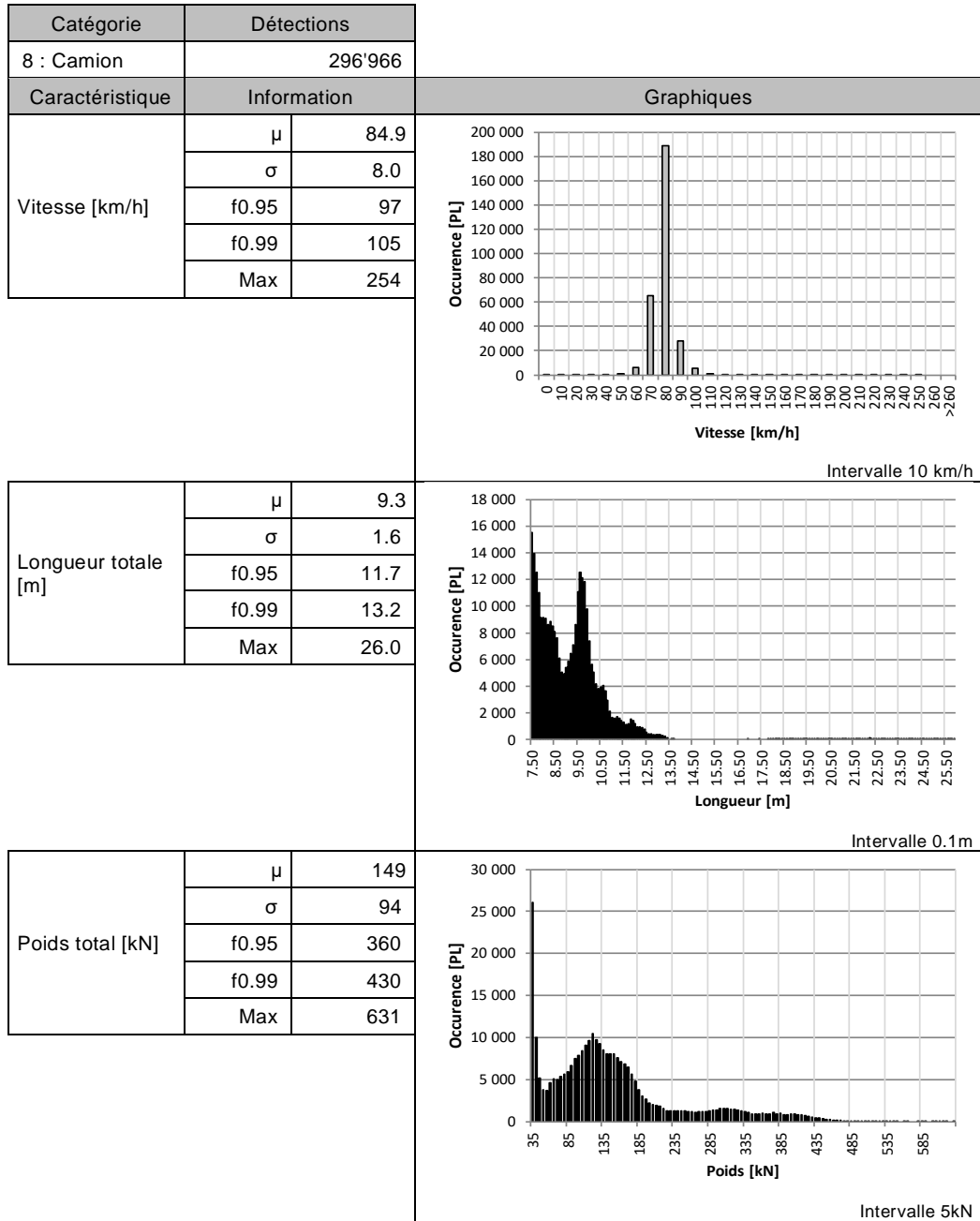
4.6 Tendances pour l'estimation du taux d'accroissement annuel

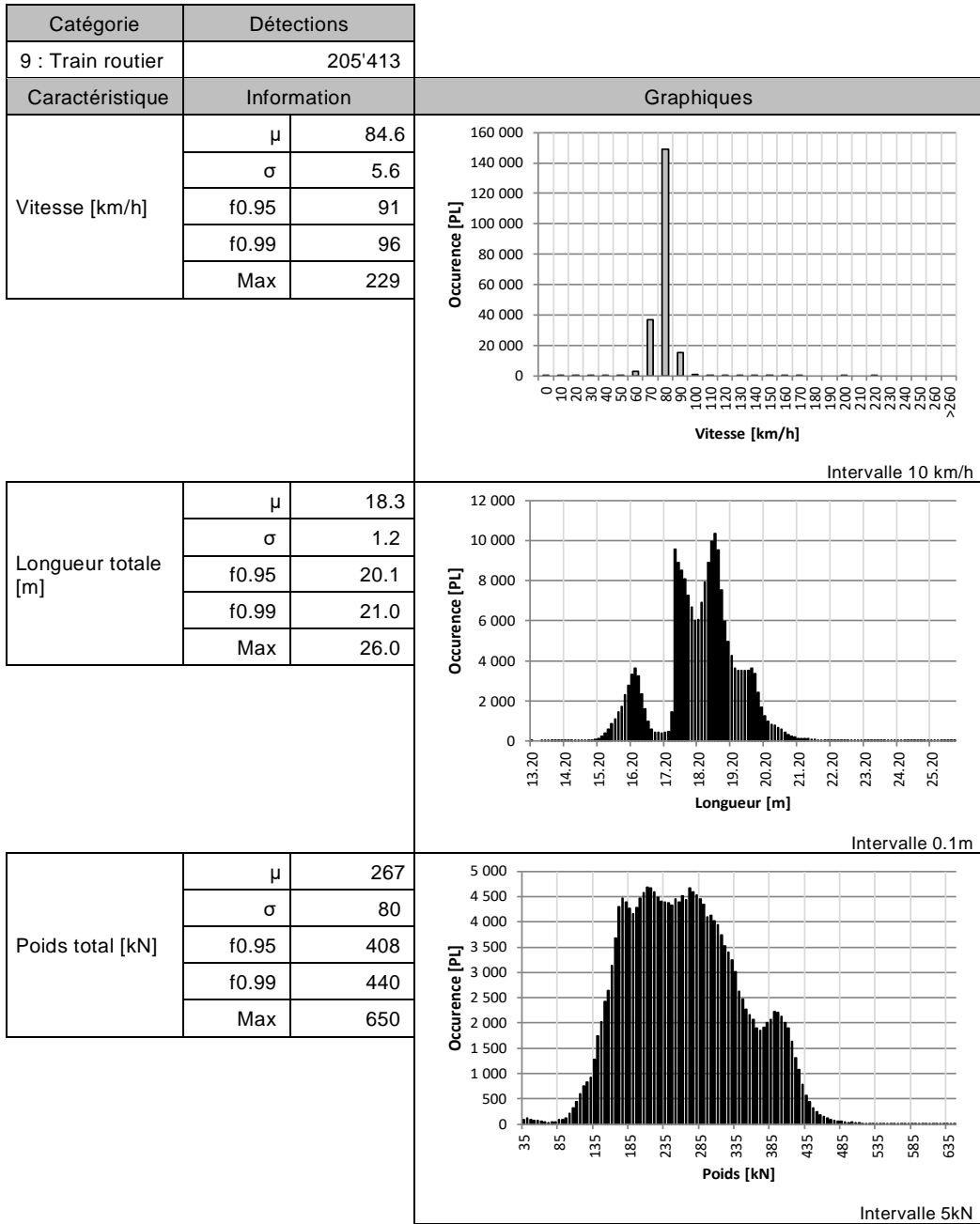
En raison de la situation sanitaire (COVID-19), les tendances ne sont pas analysées.

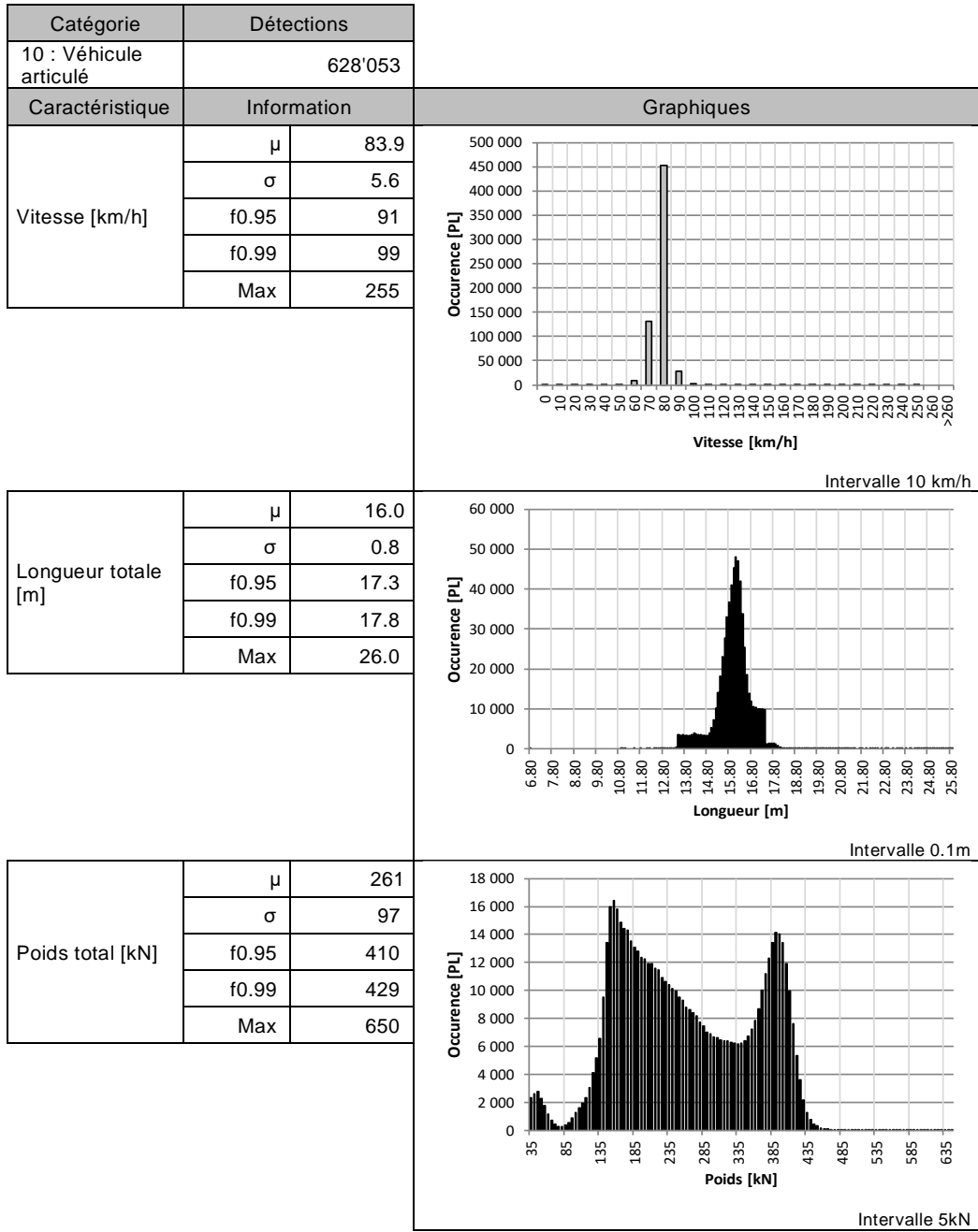
5 Caractéristiques des poids lourds

5.1 Caractéristiques des catégories de poids lourds



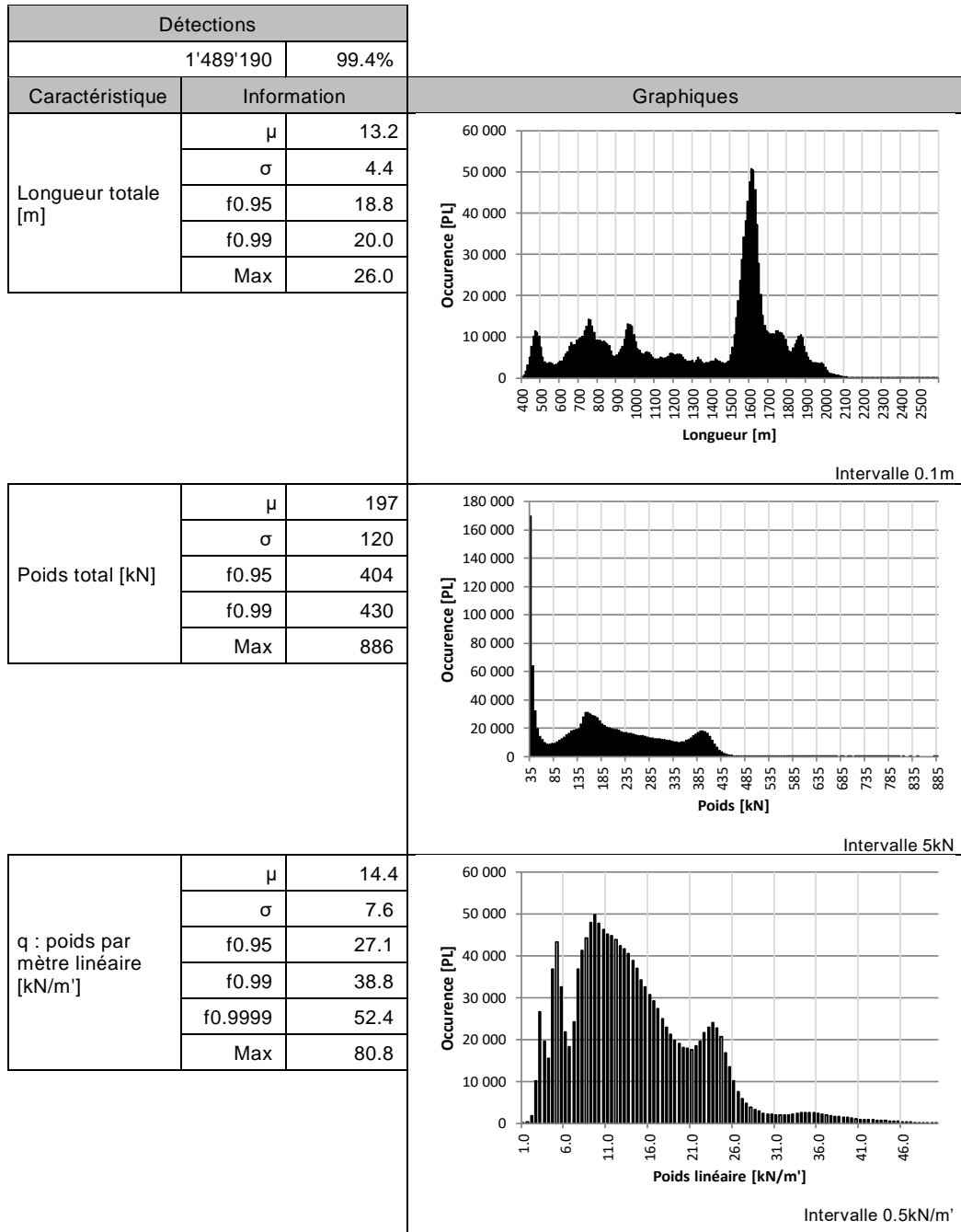


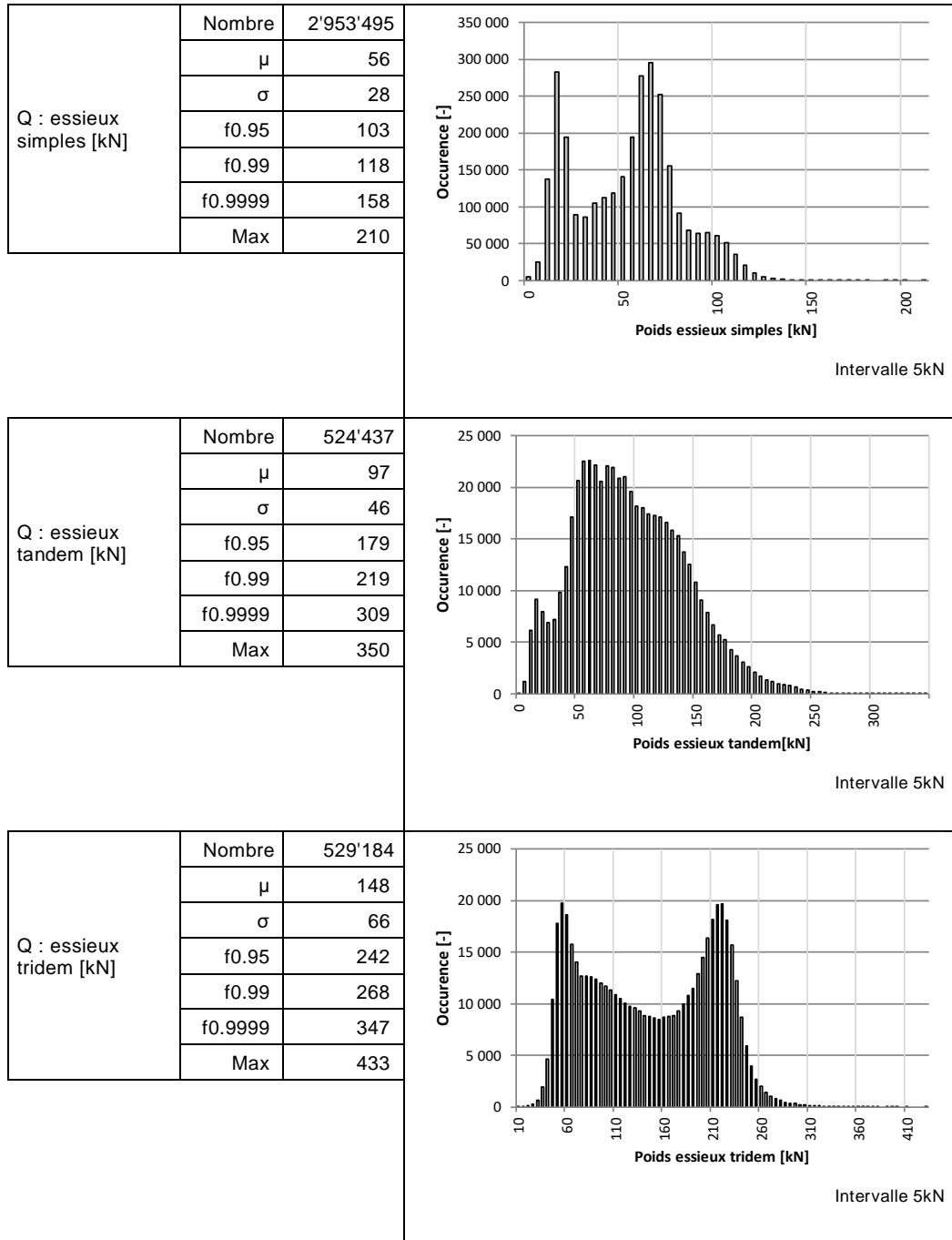




5.2 Caractéristiques globales de l'échantillon

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



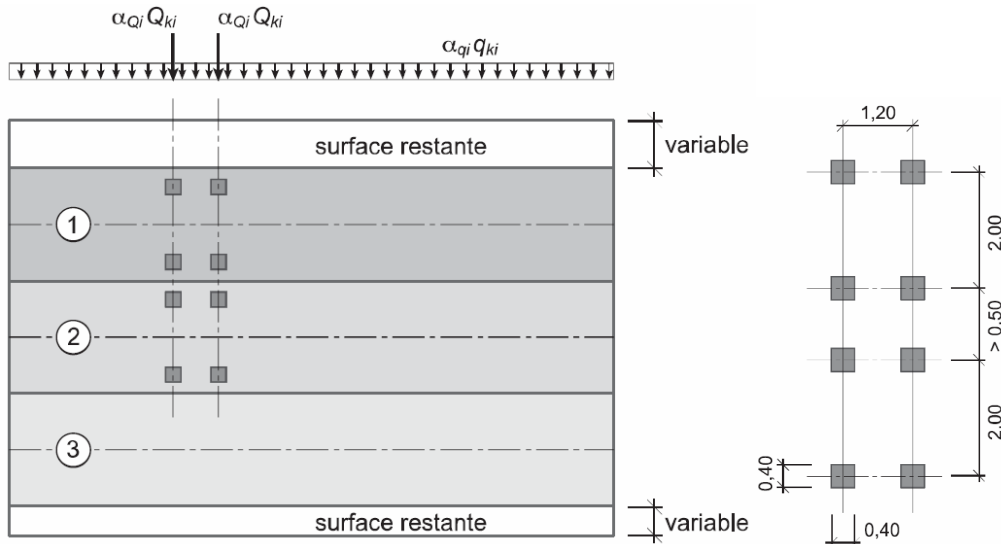


6 Modèle selon norme SIA 261

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	56	56	103	118	158
Tandem	97	49	179 (89)	219 (109)	309 (154)
Tridem	148	49	242 (81)	268 (89)	347 (116)

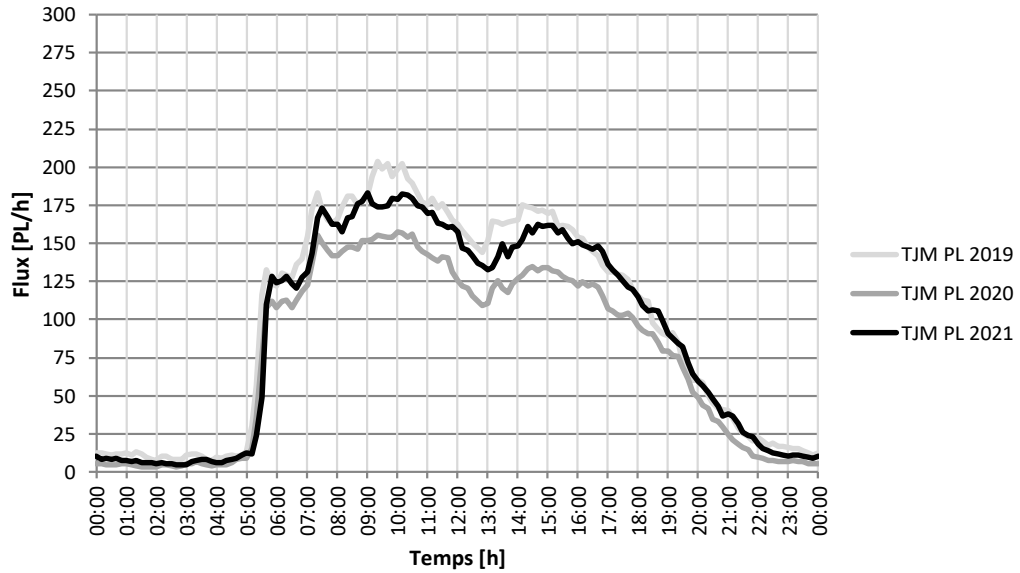
6.1.2 Charge répartie q

Charge répartie q				
Caractéristique	Charge moy.	f0.95	f0.99	f0.9999
Poids par mètre linéaire [kN/m']	14.4	27.1	38.8	52.4
Poids par surface (largeur 3 m) [kN/m²]	4.8	9.0	12.9	17.5

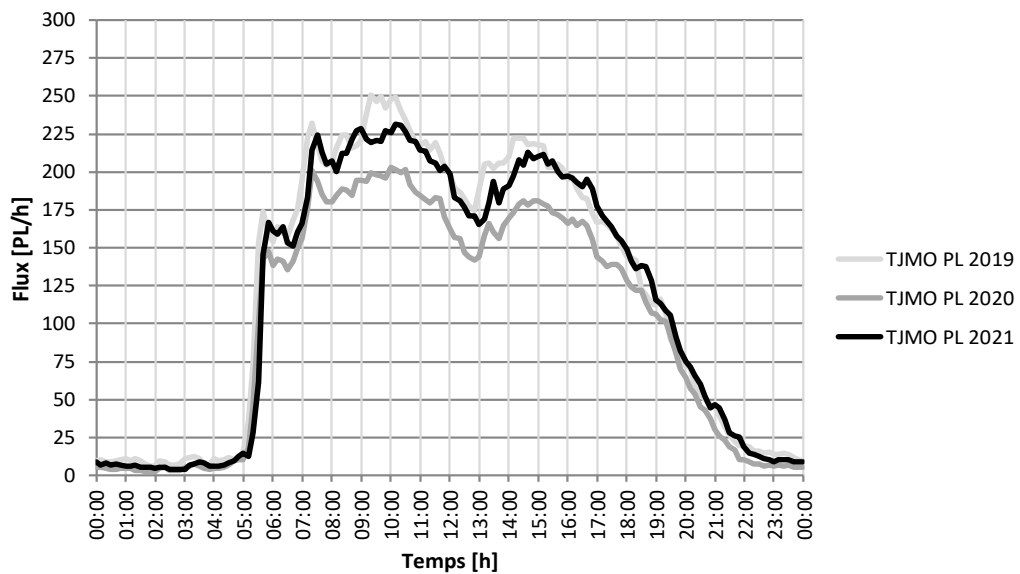
7 Tendances

7.1 Evolution de la répartition horaire annuelle

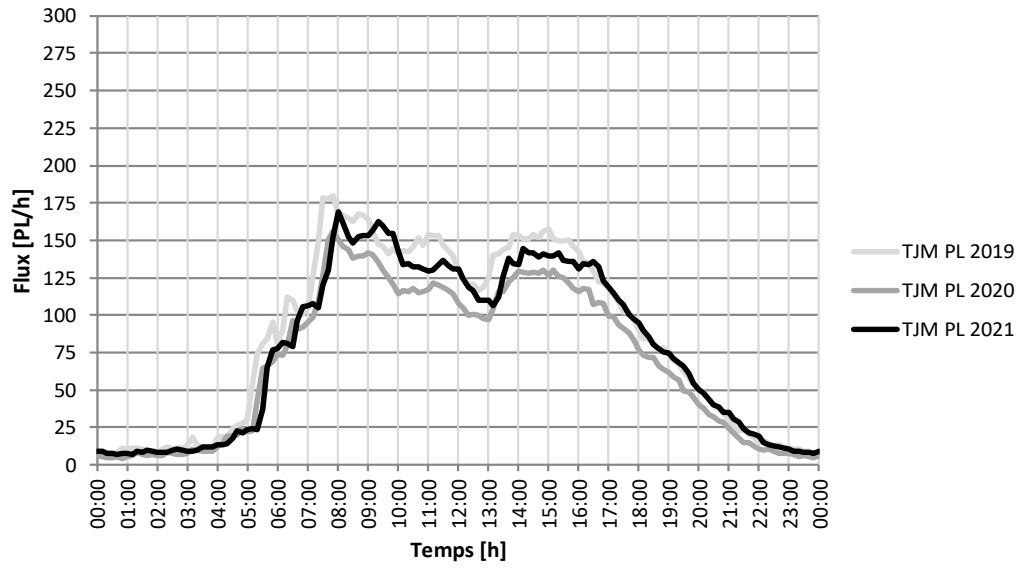
Gotthard



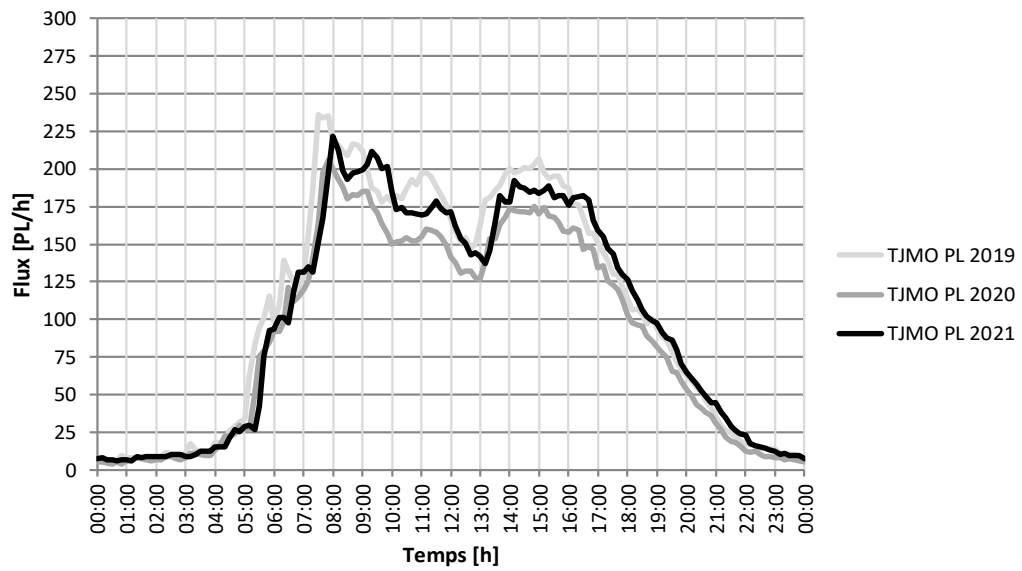
Gotthard



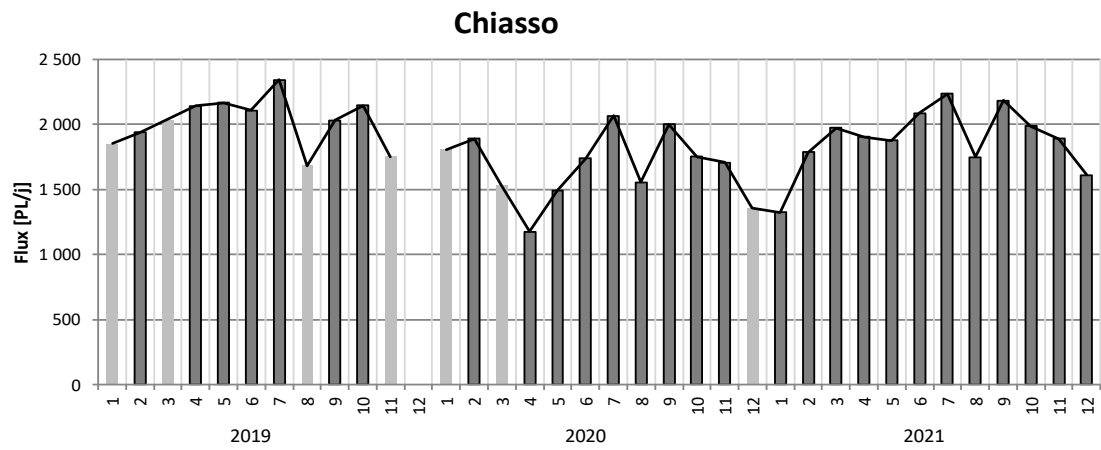
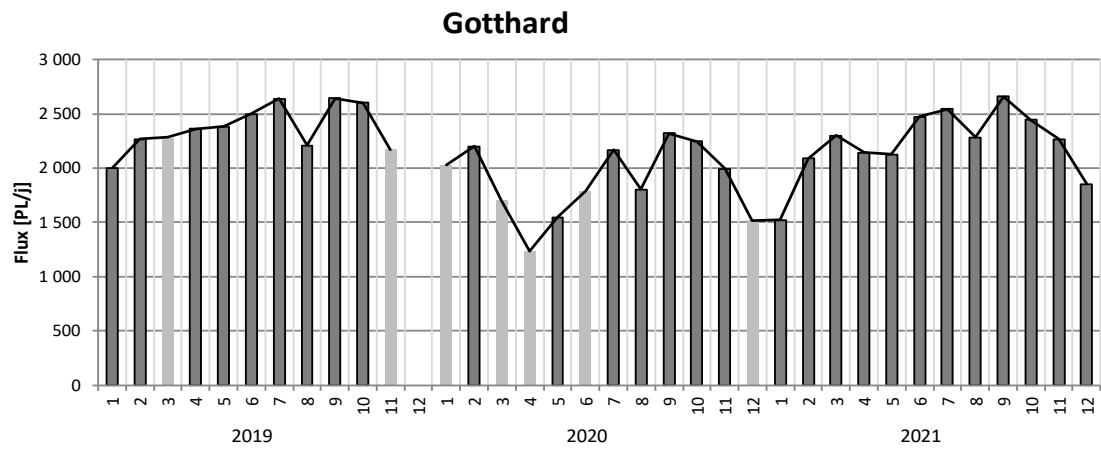
Chiasso



Chiasso



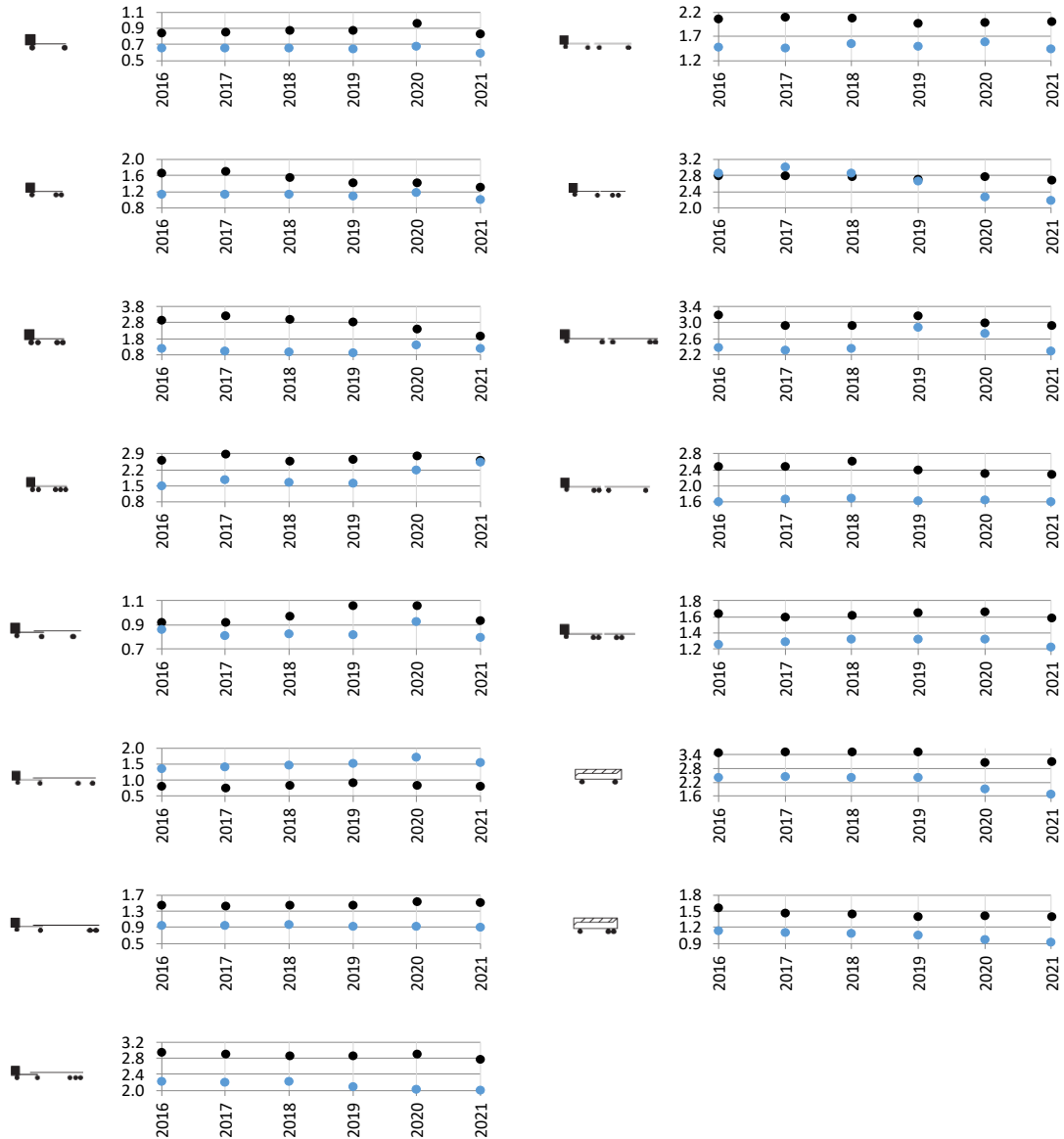
7.2 Evolution de la détection par mois



7.3 Evolution du modèle de la norme SN 640 320

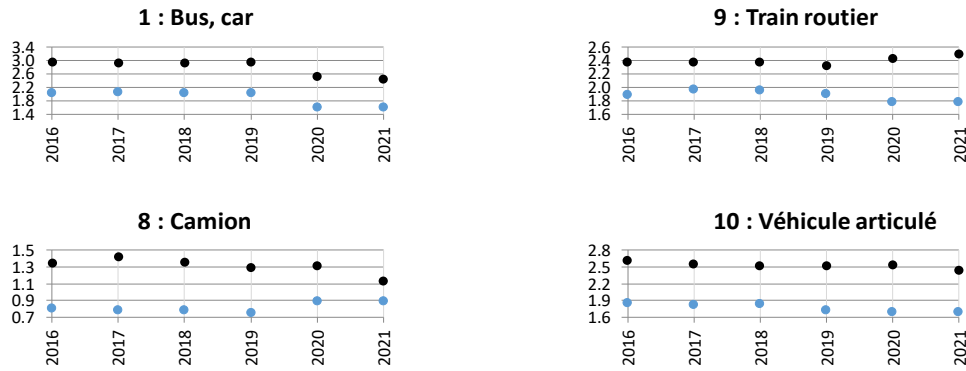
Sont considérées dans ce chapitre uniquement les chaussées souples et semi-rigides.

7.3.1 Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules



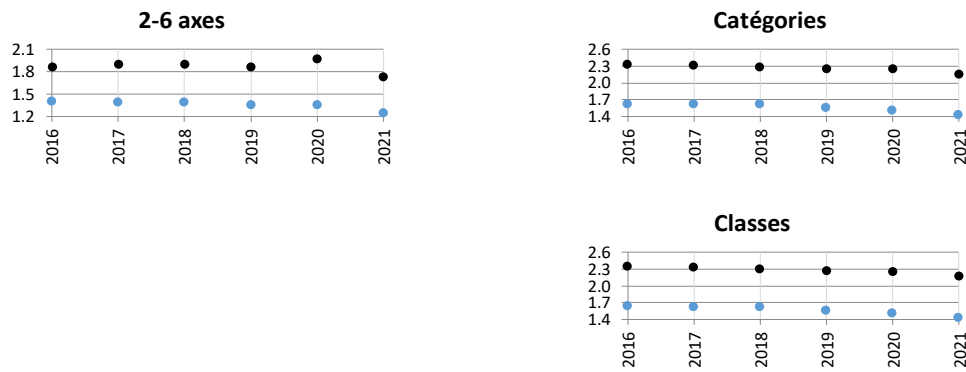
Noir : Direction Gotthard ; Bleu : Direction Chiasso.

7.3.2 Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules



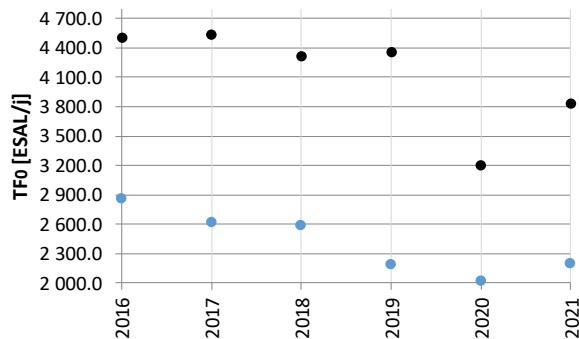
Noir : Direction Gotthard ; Bleu : Direction Chiasso.

7.3.3 Evolution du facteur d'équivalence moyen



Noir : Direction Gotthard ; Bleu : Direction Chiasso.

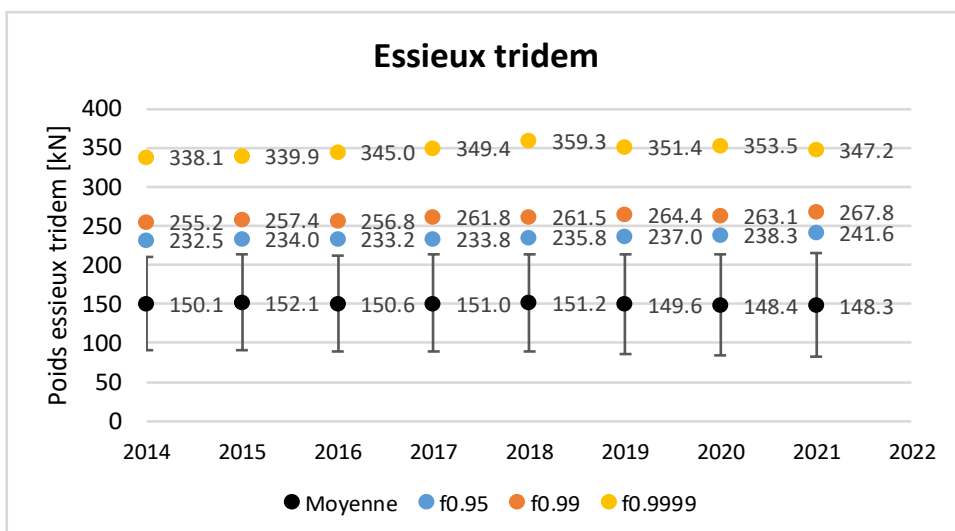
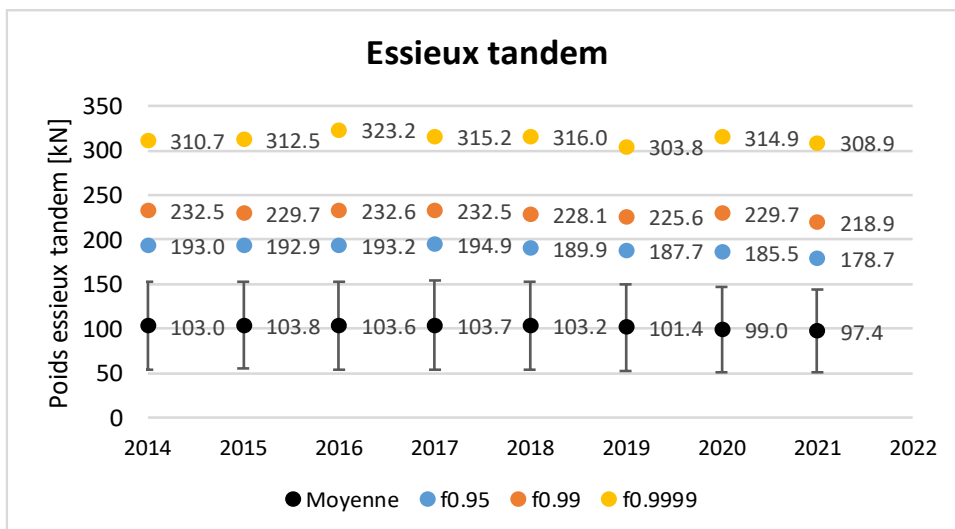
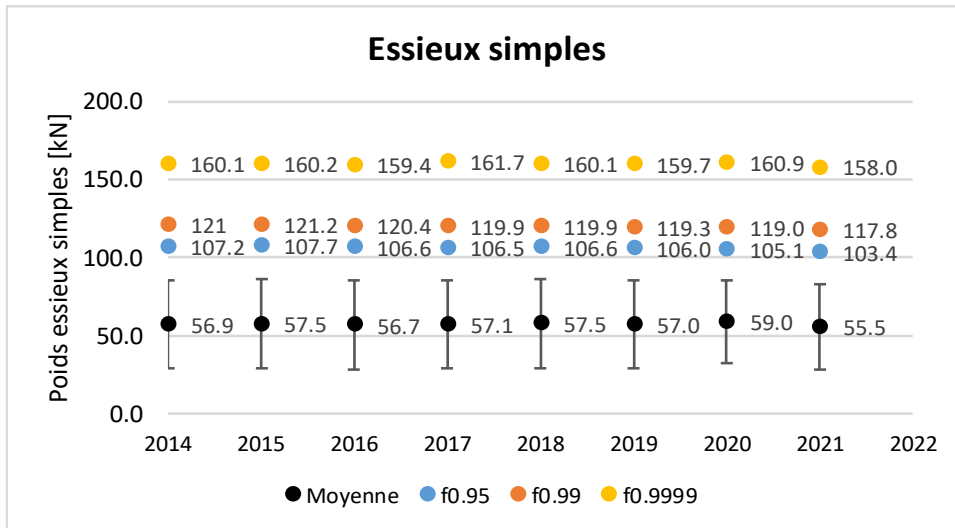
7.3.4 Evolution du trafic pondéral équivalent journalier



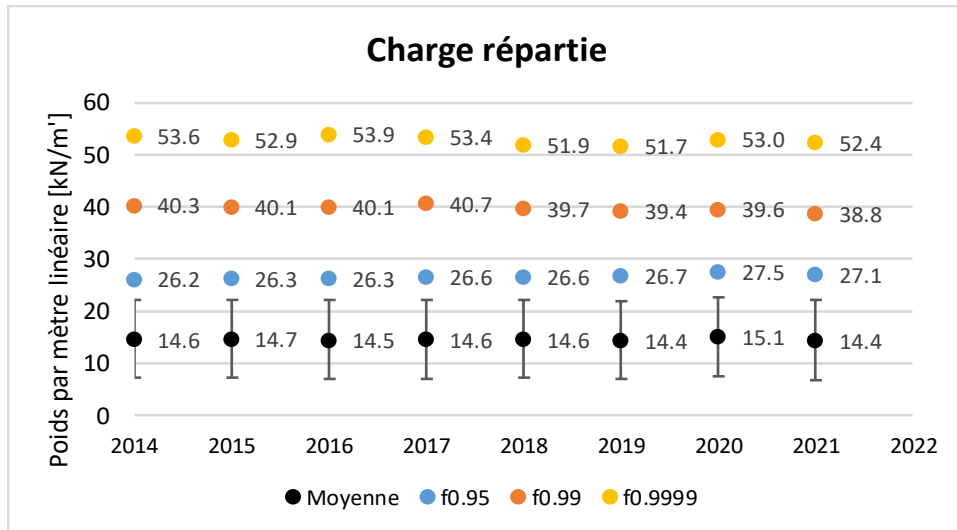
Noir : Direction Gotthard ; Bleu : Direction Chiasso.

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 :	08.04.2021 – Direction Gotthard (Voie 4) 08.09.2021 – Direction Chiasso	
Facteurs de corrections relevés :	Direction Gotthard : -3.94 % Direction Chiasso : -2.70% / 2.74%	
Application du facteur de correction :	Direction Gotthard : Oui Direction Chiasso : Oui / Oui	
Niveau de confiance à la calibration :	Direction Gotthard : Bon Direction Chiasso : Très bon	
Données pouvant être utilisées pour référence :	Direction Gotthard : 2021 Direction Chiasso : -	
Constatations sur la base du traitement des données WIM		
Pertes de données :	0 jour	
Exclusions :	1.88%	
Cohérence globale des valeurs :	En ordre	
Cohérence des tendances de la station :	En ordre	
Classification SWISS10, VT \geq 3.5 to :	22.2%	
Silhouettes incohérentes :	25.8% dont 24.9% potentiellement dus à la classification SWISS10 0.9% d'autres incohérences	
Propositions		
La confiance dans les données de la station est bonne. 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 (Mars 2019), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Trafic pondéral équivalent** », *VSS 40 320*.
- [2] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (Mars 2019), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Sol de fondation et chaussée** », *VSS 40 324*.
- [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 V1.06.

Documentation

- [5] M.-A. Fénart, 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. Fénart, 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. 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.
-