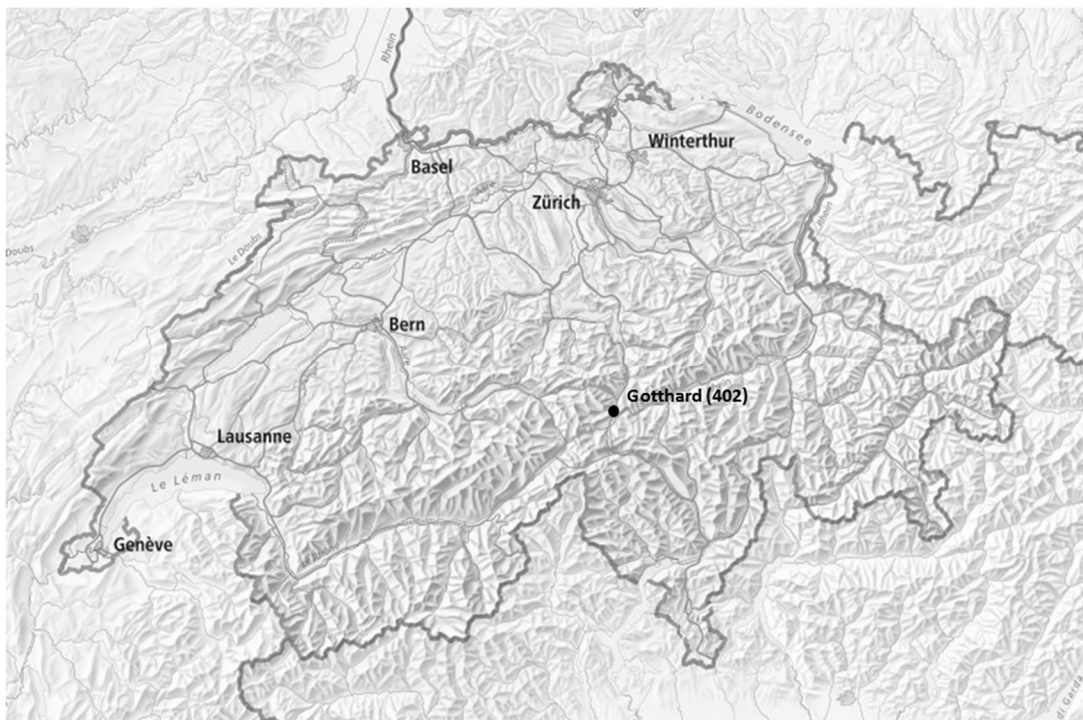




Gotthard - 2022

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_2022_402

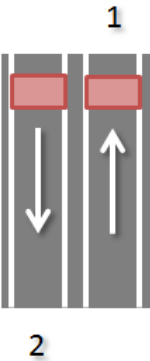
Version 1

Créé le 17.10.2023 – 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 VSS 40 320	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 VSS 40 324	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 VSS 40 320	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
Gotthard	UR	A2	402	F3	XI	(1)*	2
Situation							
				<p>Voie 1 : Direction Bellizone Voie 2 : Direction Wassen</p>			
Enregistrements							
Type de fichiers :	Fichiers journaliers						
Format de fichiers :	NoASTRAANNEEMOISJOUR.extension						
Extension de fichiers :	*.V00, *.V01, *.V02						
Filtre poids véhicules :	> 2998 kg						
Classification SWISS :	SWISS10						
Fichier de données							
Fichiers journaliers manquants	12.04.2022 24.10.2022 – 25.10.2022 27.10.2022						
Perte potentielle de données	28.04.2022 – 17:06 à 19:06						
Evènements particuliers							
1)	21.10.2022 – 03:00 à 03:02			Dédoublage du fichier de données. Non concordance des enregistrements.			
Décisions							
1)	Fichier 40221021.V00 de 00:00 à 03:00 : Informations conservées. Fichier 40221021.V00 de 03:00 à 03:02 : Informations non-conservées. Fichier 40221021.V01 de 03:00 à 00:00 : Informations conservées.						
Concaténation							
Nom de fichier :	2022_402_concat.log						
Nombre d'enregistrements :	1'132'581						
Nombre de jours effectifs :	360.9						

*Remarque : 1 direction enregistrée. Les directions réelles (Bellinzone – Wassen) sont représentées par les voies (Voie 1 – Voie 2).

2 Intégrité des données

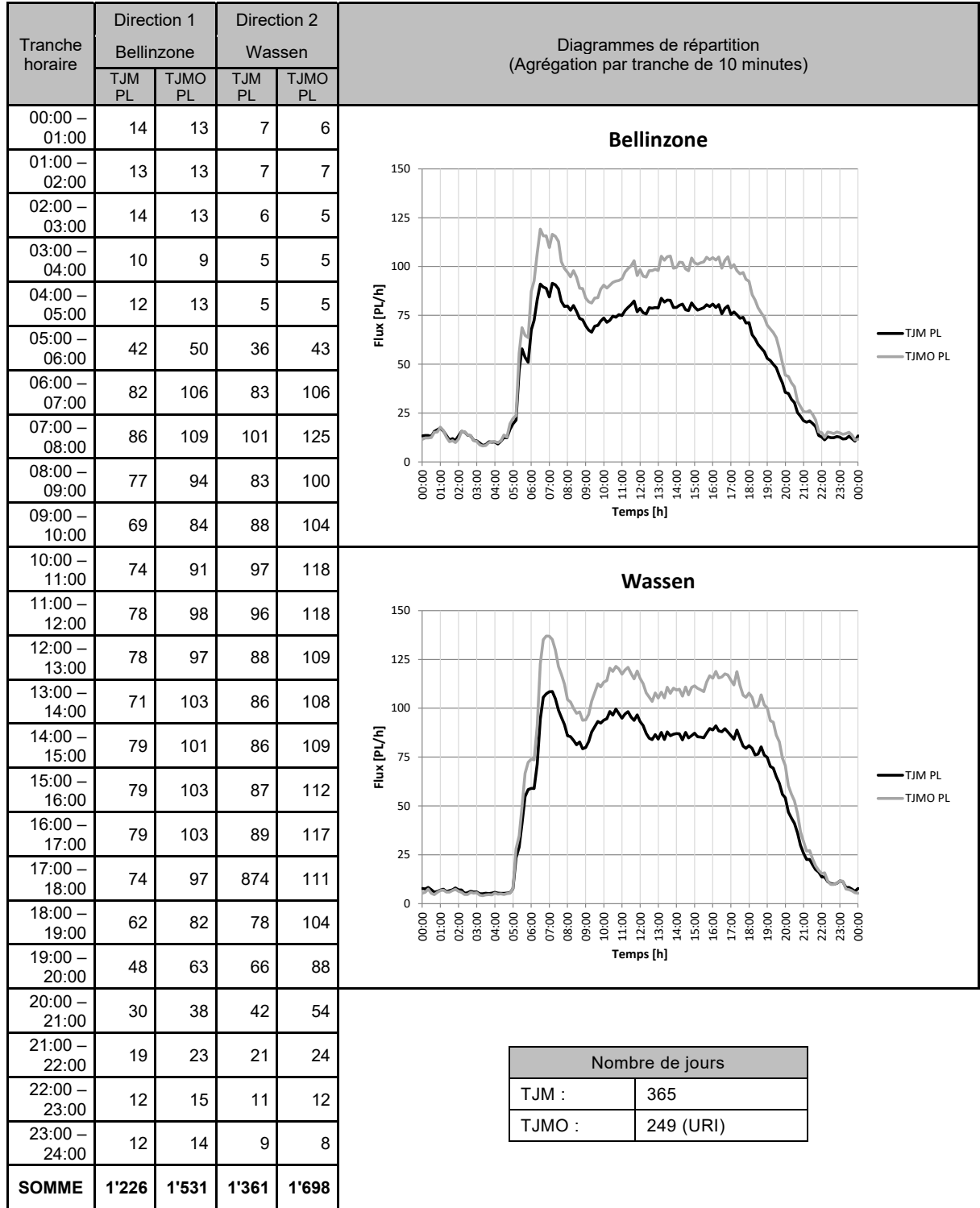
Documents de référence : [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

Filtre des données (démarche pas à pas)	
1)	Véhicules de moins de 3.5 tonnes (195'102 enregistrements).
2)	936'720 enregistrements direction D1. 759 enregistrements direction D2.
3)	Longueur totale nulle (17 enregistrements).
4)	Longueur totale supérieure à 26.00m (721 enregistrements).
5)	Poids nul sur un des axes (11 enregistrements).
6)	Entraxe inférieur à 60cm (2'263 enregistrements).
7)	Poids total supérieur à 65 tonnes (212 enregistrements, hors grues mobiles).
8)	Poids sur un axe supérieur à 18 tonnes (5 enregistrements, hors grues mobiles).
9)	Longueur totale inférieure à 4.00m (50 enregistrements).
<i>Décisions</i>	
1)	Exclusion (2022_402_u3500.log).
2)	Exclusion des enregistrements direction D2 (1 seule direction enregistrée, voir remarque chap.1)
3)	Exclusion.
4)	Exclusion.
5)	Exclusion.
6)	Exclusion.
7)	Exclusion.
8)	Exclusion.
9)	Exclusion.
<i>Fichiers</i>	
Nom de fichier de traitement statistique :	2022_402.log
Nombre d'enregistrements :	933'441
Nom de fichier d'exclusions :	2022_402_exclus.log
Nombre d'enregistrements :	4'038

Sur un total de 1'132'581 enregistrements, 195'102 ont été séparés en raison de leur appartenance aux véhicules légers (< 3.5 tonnes) et 4'038 enregistrements (0.43%) ont été exclus du jeu de données de base en raison d'incohérences potentielles de données.

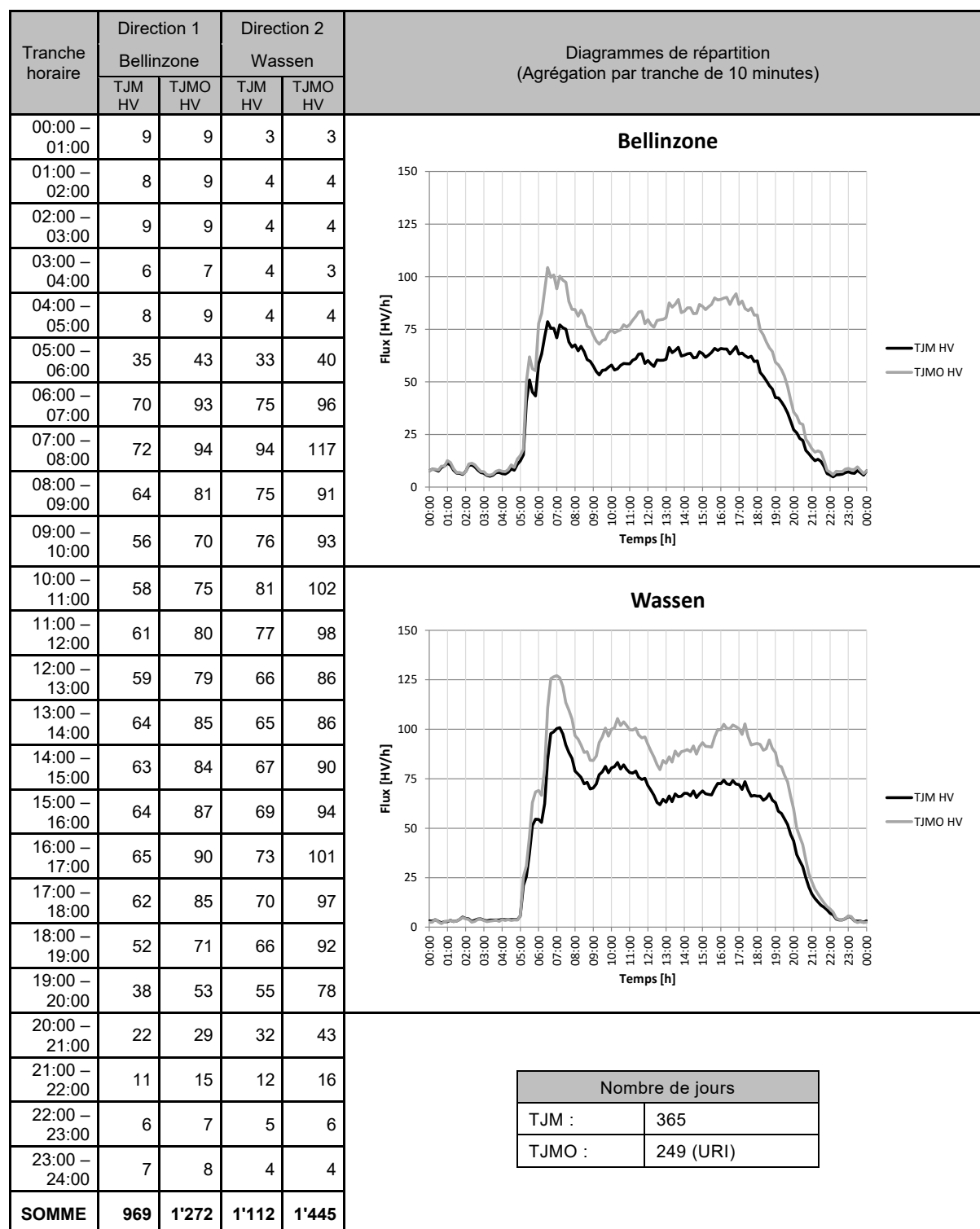
3 Traitements statistiques

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)

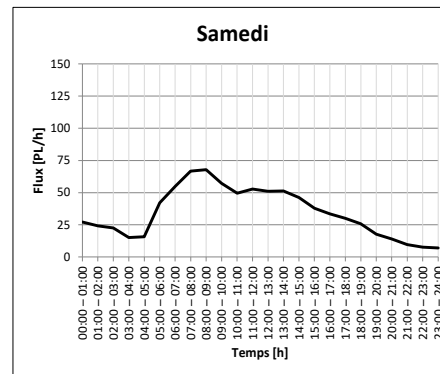
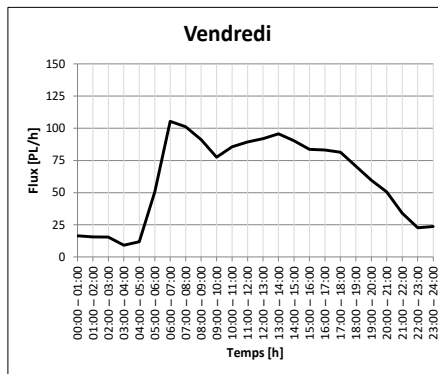
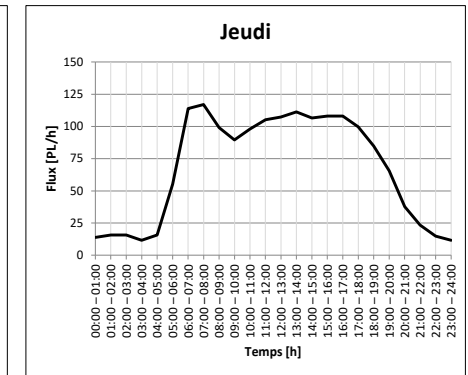
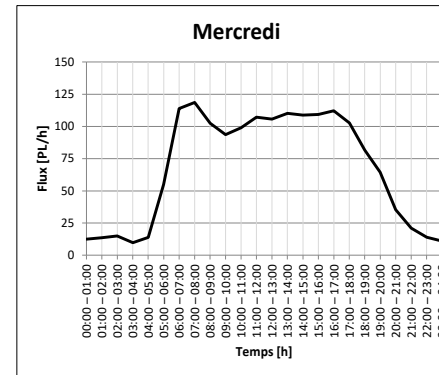
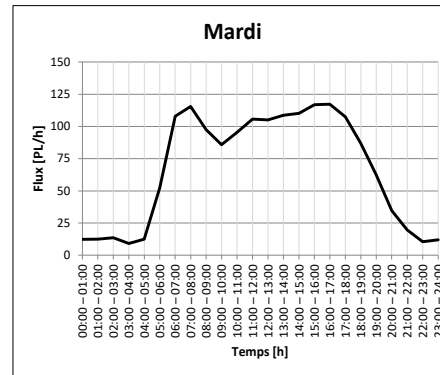
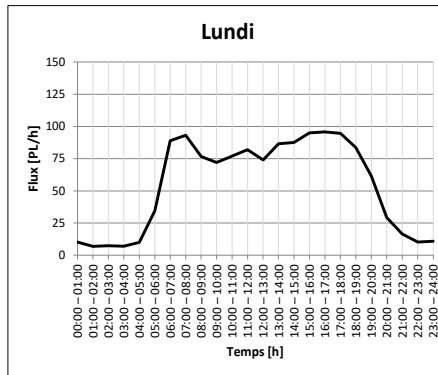


Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

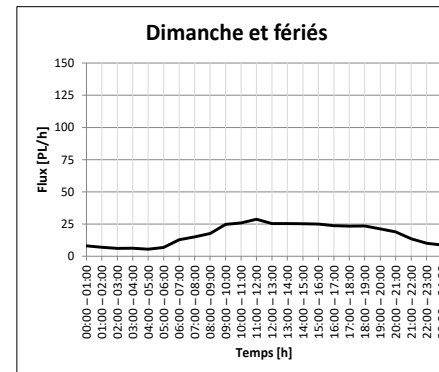
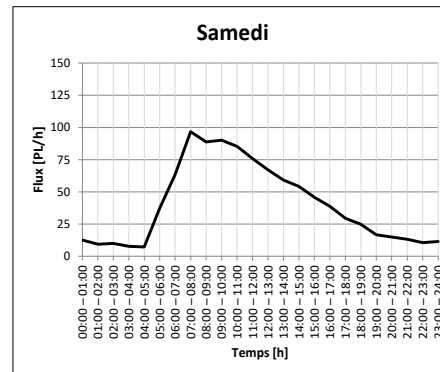
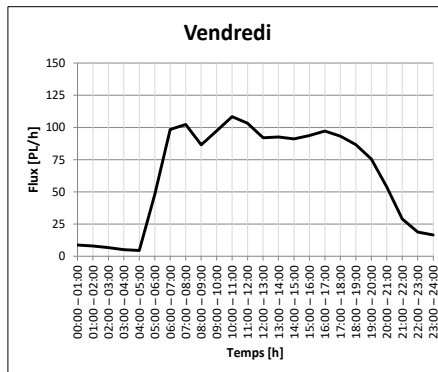
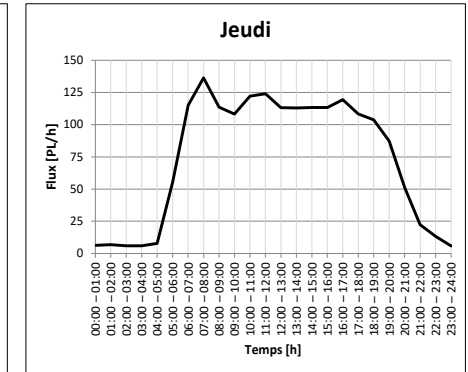
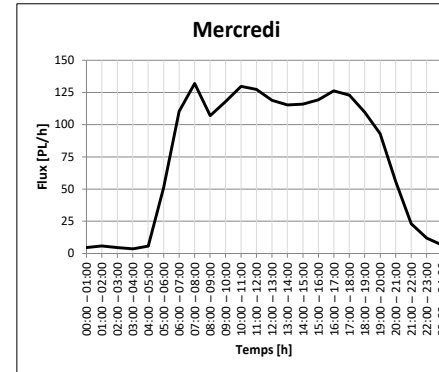
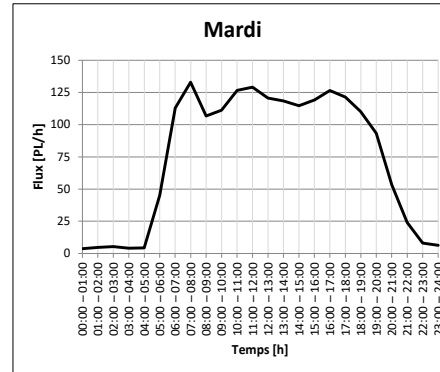
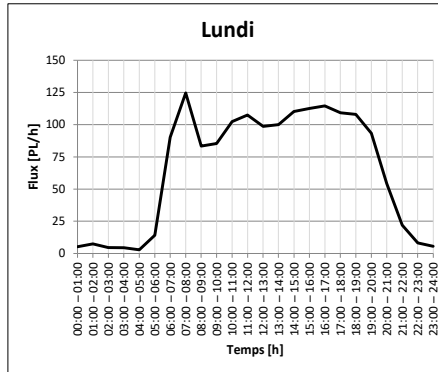
3.3 Répartition horaire journalière

Jours	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche et fériés
Nombre (URI)	47	51	52	48	51	50	66

Direction 1 : Bellinzone (Agrégation par heure)



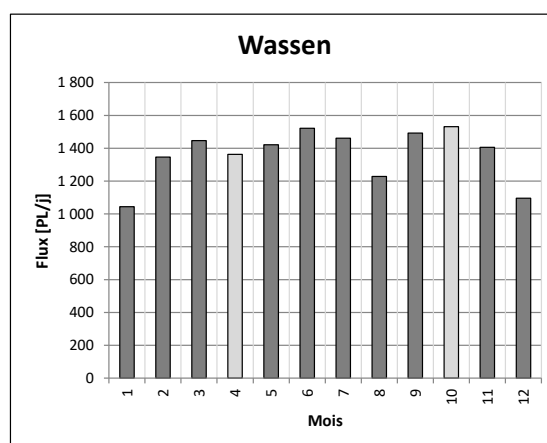
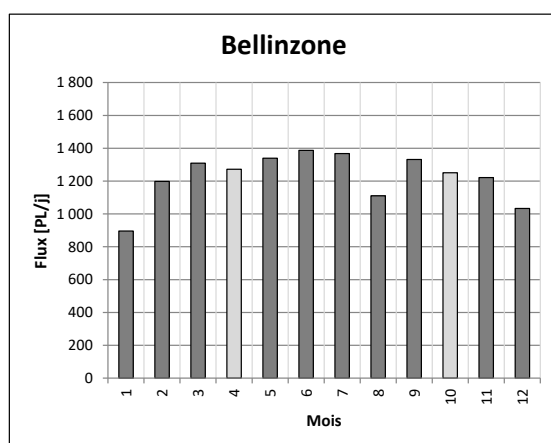
Direction 2 : Wassen (Agrégation par heure)



3.4 Détection de véhicules

3.4.1 Par mois

Nombre de détections par mois		
Mois	Direction 1 : Bellinzone	Direction 2 : Wassen
Janvier	27'747	32'363
Février	33'516	37'685
Mars	40'584	44'834
Avril	36'812	39'423
Mai	41'507	44'067
Juin	41'613	45'645
Juillet	42'380	45'295
Août	34'449	38'093
Septembre	39'972	44'768
Octobre	35'015	42'885
Novembre	36'632	42'166
Décembre	32'046	33'944



Remarque : Le calcul des répartitions mensuelles prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données). Mois de d'avril et octobre : valeurs de détections non estimées, valeurs journalières estimées.

3.4.2 Par nombre d'axes

Nombre de détections par axes			
Nombre d'axes	Détections		Graphique
2	150'036	16.1%	
3	94'302	10.1%	
4	219'800	23.5%	
5	643'231	49.6%	
6	5'073	0.5%	
7	711	0.1%	
8	195	0.0%	
9	55	0.0%	
10	12	0.0%	
11	24	0.0%	
12	2	0.0%	

3.4.3 Par classes SWISS10

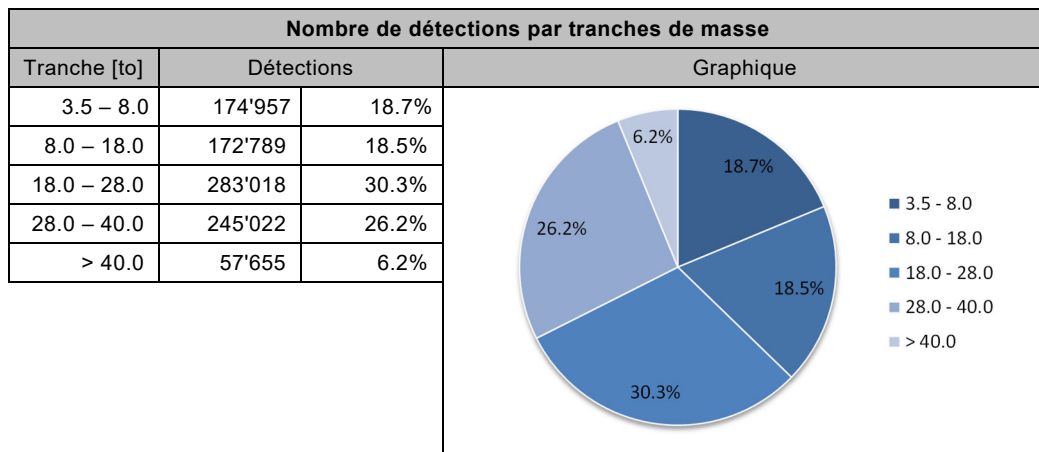
Classes de véhicules Swiss 10 [4]

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		

Nombre de détections par classes SWISS10			
Classe SWISS10	Détections		Graphique
1	39'764	4.3%	
2	4	0.0%	
3	1'197	0.1%	
4	21'177	2.3%	
5	49'135	5.3%	
6	45'801	4.9%	
7	24'480	2.6%	
8	100'280	10.7%	
9	199'985	21.4%	
10	451'570	48.4%	
Grues mobiles	48	0.0%	

On constate que 141'794 enregistrements (classes 2 à 7, 15.2%) 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	315'035	33.7%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - - 00		10	103'249	11.1%
S/S/Tr	0 - - - - 0 + - - 000 - -		9	67'451	7.2%
S/S	0 - - - - 0		8	66'235	7.1%
S/S	<i>Non-cohérent</i>			56'419	6.0%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - 00 - -		9	45'278	4.9%
S/S/S	<i>Non-cohérent</i>			39'209	4.2%
S/S/Ta	<i>Non-cohérent</i>			32'471	3.5%
S/Ta/Ta	0 - - - - 00 + - - - 00 - -		9	28'972	3.1%
S/S	0 - - - - 0		1	25'498	2.7%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + 0 - - - - 0		9	24'937	2.7%
S/Ta/S/S	0 - - - - 00 + 0 - - - - 0		9	22'064	2.4%
S/Ta	<i>Non-cohérent</i>			15'567	1.7%
S/Ta	0 - - - - 00		8	11'470	1.2%
S/S/S	0 - - - - 0 + - - 0 - -		10	11'470	1.1%
S/S/Tr	<i>Non-cohérent</i>			10'323	1.1%
S/Ta	0 - - - - 00		1	10'118	1.1%
Autres silhouettes selon VSS 40 320					
Ta/Ta	00 - - - 00		8	8'282	0.9%
Ta/Tr	00 - - 000		Non-classé (8)	1'629	0.2%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + - - - - 0 - 0		10	1'595	0.2%
S/S/S/Ta	0 - - - - 0 + 0 - - - 00		9	532	0.1%

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
















4 Modèle selon norme VSS 40 320

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

4.1 Répartition entre les voies de circulation

Répartition entre les voies de circulation			
Configuration	Direction 1 : Bellinzone	Direction 2 : Wassen	Sur la base de :
2x1 voie	47.4%	52.6%	Nombre de détections
	45.2%	54.8%	Masse totale
	42.5%	57.5%	Trafic pondéral équivalent total W

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 : Bellinzone	Direction 2 : Wassen	Norme 2022	Direction 1 : Bellinzone	Direction 2 : Wassen	Norme 2022
	0.39	0.39	0.8	0.37	0.37	0.7
	1.00	0.90	1.3	1.28	1.13	1.7
	1.91	0.39	1.7	3.42	0.56	3.0
	2.32	2.67	2.3	5.31	6.31	5.4
	1.65	2.08	1.7	1.60	2.06	1.6
	2.17	2.14	2.1	2.44	2.36	2.3
	1.90	3.13	2.0	2.02	3.43	2.5
	1.85	2.19	2.0	2.23	2.71	2.5
	1.46	1.47	1.4	1.97	2.03	2.0
	1.05	1.11	1.2	0.96	1.03	1.1
	1.04	1.38	1.3	0.94	1.33	1.3
	1.03	1.35	1.3	1.05	1.45	1.3
	2.07	2.57	2.4	2.71	3.33	3.0
	2.68	2.45	2.5	2.86	2.60	2.6
	1.17	1.11	1.1	1.66	1.58	1.4

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 : Bellinzone	Direction 2 : Wassen	Norme 2022	Direction 1 : Bellinzone	Direction 2 : Wassen	Norme 2022
1 : Bus, car	2.20	2.05	2.1	2.46	2.30	2.3
8 : Camion	0.55	0.46	0.9	0.64	0.49	1.1
9 : Train routier	1.85	2.13	1.8	2.19	2.53	2.0
10 : Véhicule articulé	1.77	2.28	1.9	2.22	2.90	2.3

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 : Bellinzone	Direction 2 : Wassen	Norme 2022	Direction 1 : Bellinzone	Direction 2 : Wassen	Norme 2022
Silhouettes (2-6 axes)	1.45	1.77	1.8	1.81	2.19	2.1
	98.2%	99.6%		98.2%	99.6%	
Catégories	1.67	2.03		2.05	2.50	
	79.7%	82.8%		79.7%	82.8%	
Classes	1.67	2.03		2.05	2.51	
	78.1%	80.9%		78.1%	80.9%	

4.5 Classe de trafic pondéral équivalent actuelle selon VSS 40 324

Chaussées souples et semi-rigides

Direction 1 : Bellinzone

$$TF_0 = \frac{442'273 \text{ PL}}{360.9 \text{ jours}} \cdot 1.45 = 1'782 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

Direction 2 : Wassen

$$TF_0 = \frac{491'168 \text{ PL}}{360.9 \text{ jours}} \cdot 1.77 = 2'407 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

Chaussées rigides et combinées

Direction 1 : Bellinzone

$$TF_0 = \frac{442'273 \text{ PL}}{360.9 \text{ jours}} \cdot 1.91 = 2'217 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

Direction 2 : Wassen

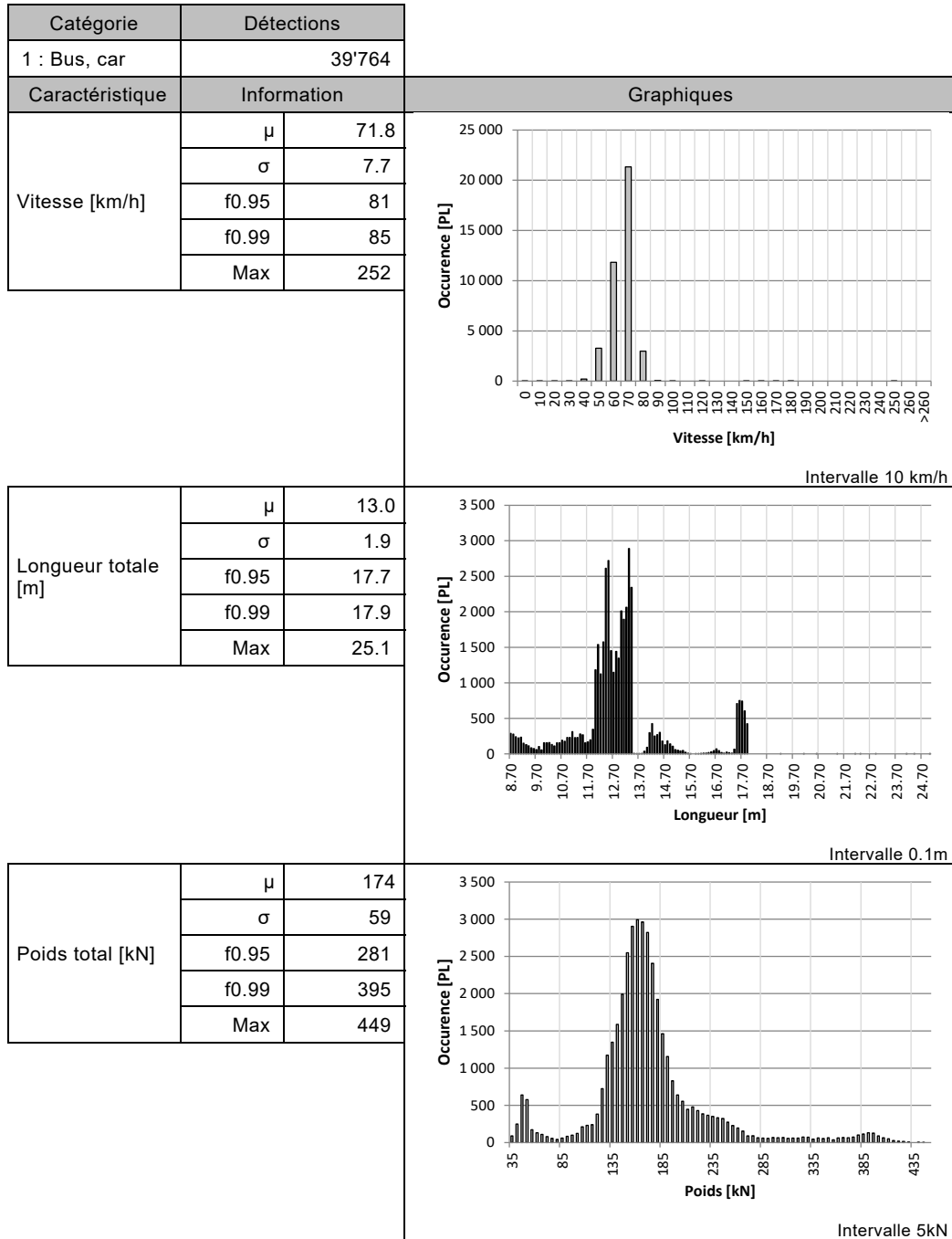
$$TF_0 = \frac{491'168 \text{ PL}}{360.9 \text{ jours}} \cdot 2.19 = 2'979 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

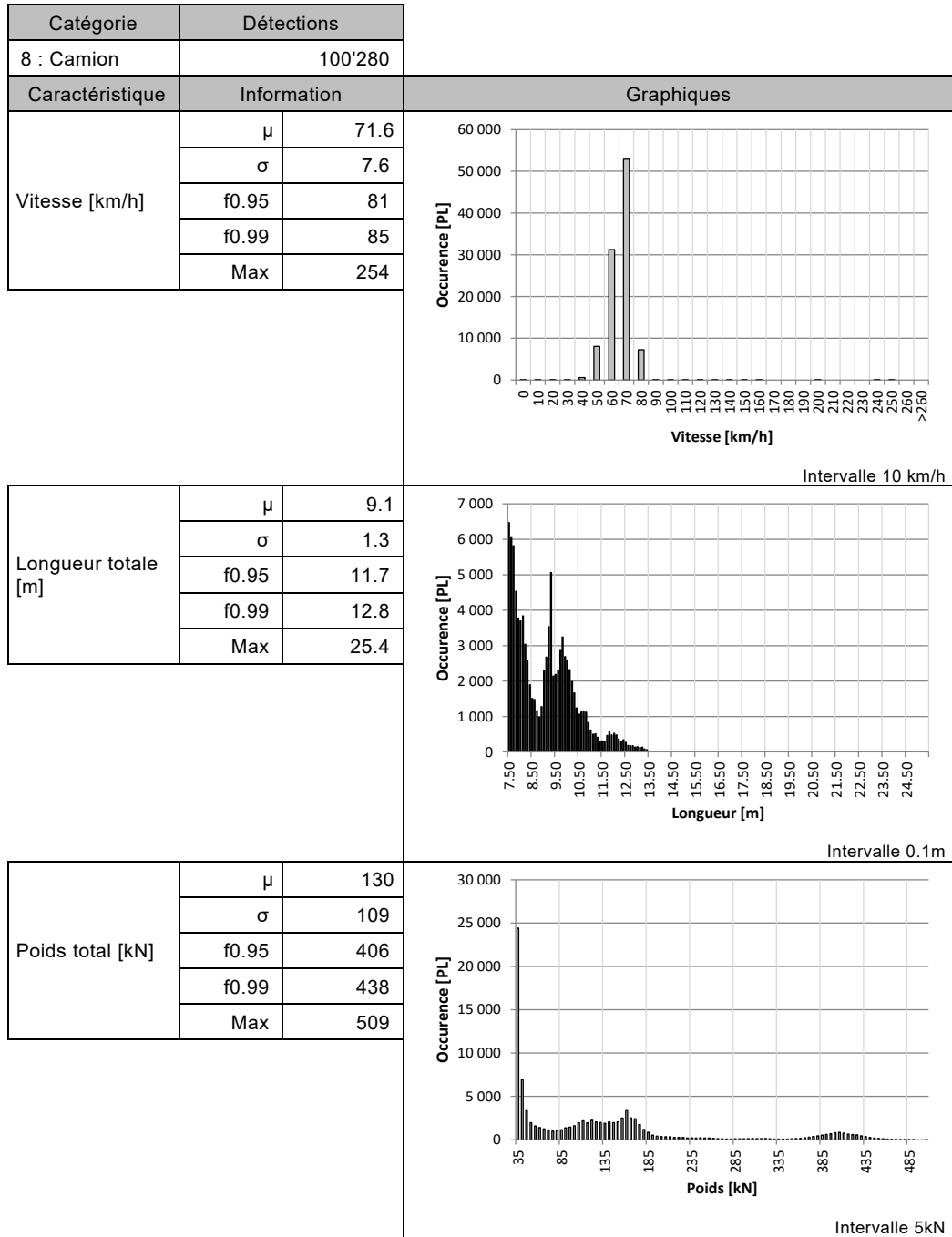
4.6 Tendances pour l'estimation du taux d'accroissement annuel

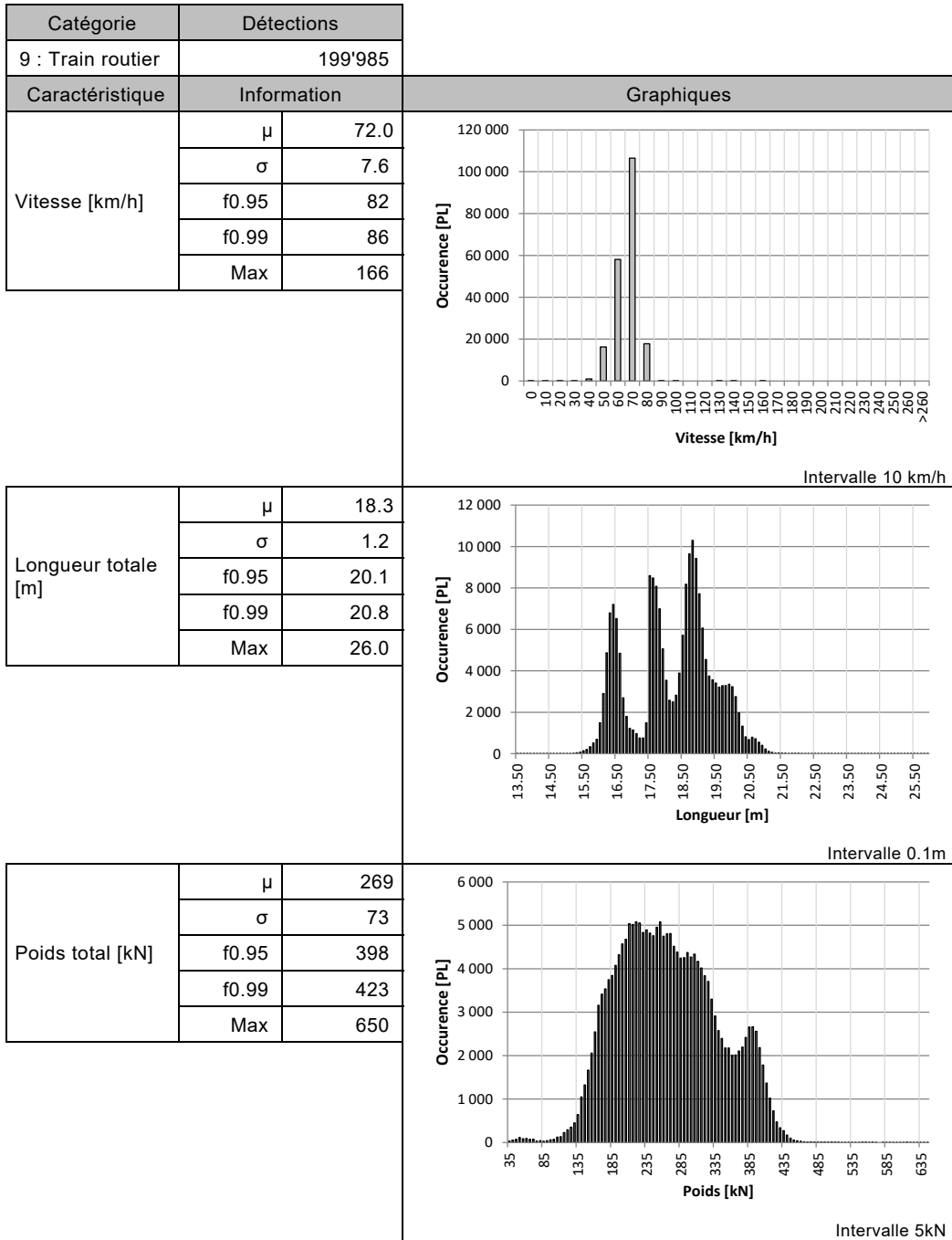
En raison de la situation sanitaire des années précédentes (COVID-19), les tendances ne sont pas analysées.

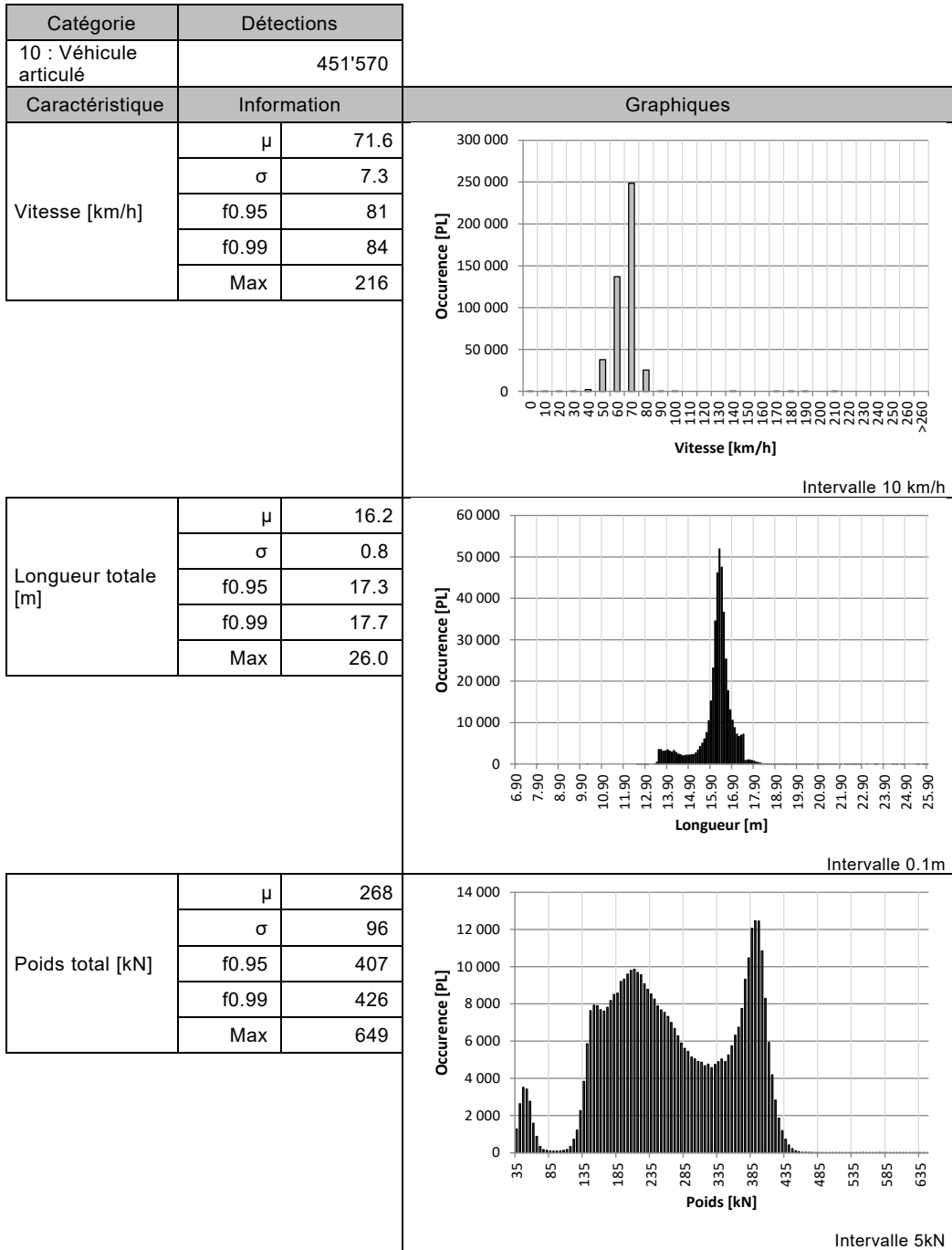
5 Caractéristiques des poids lourds

5.1 Caractéristiques des catégories de poids lourds



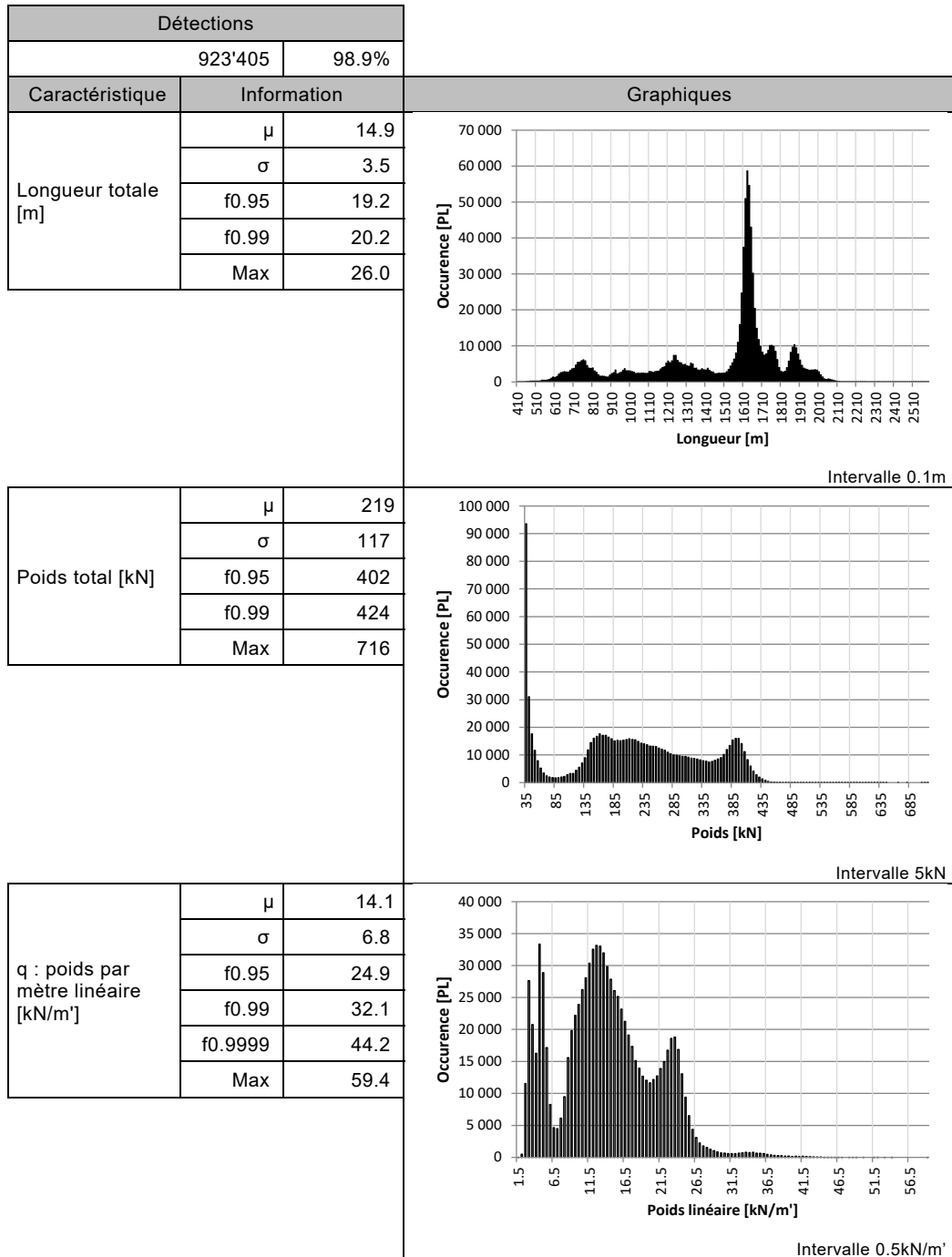


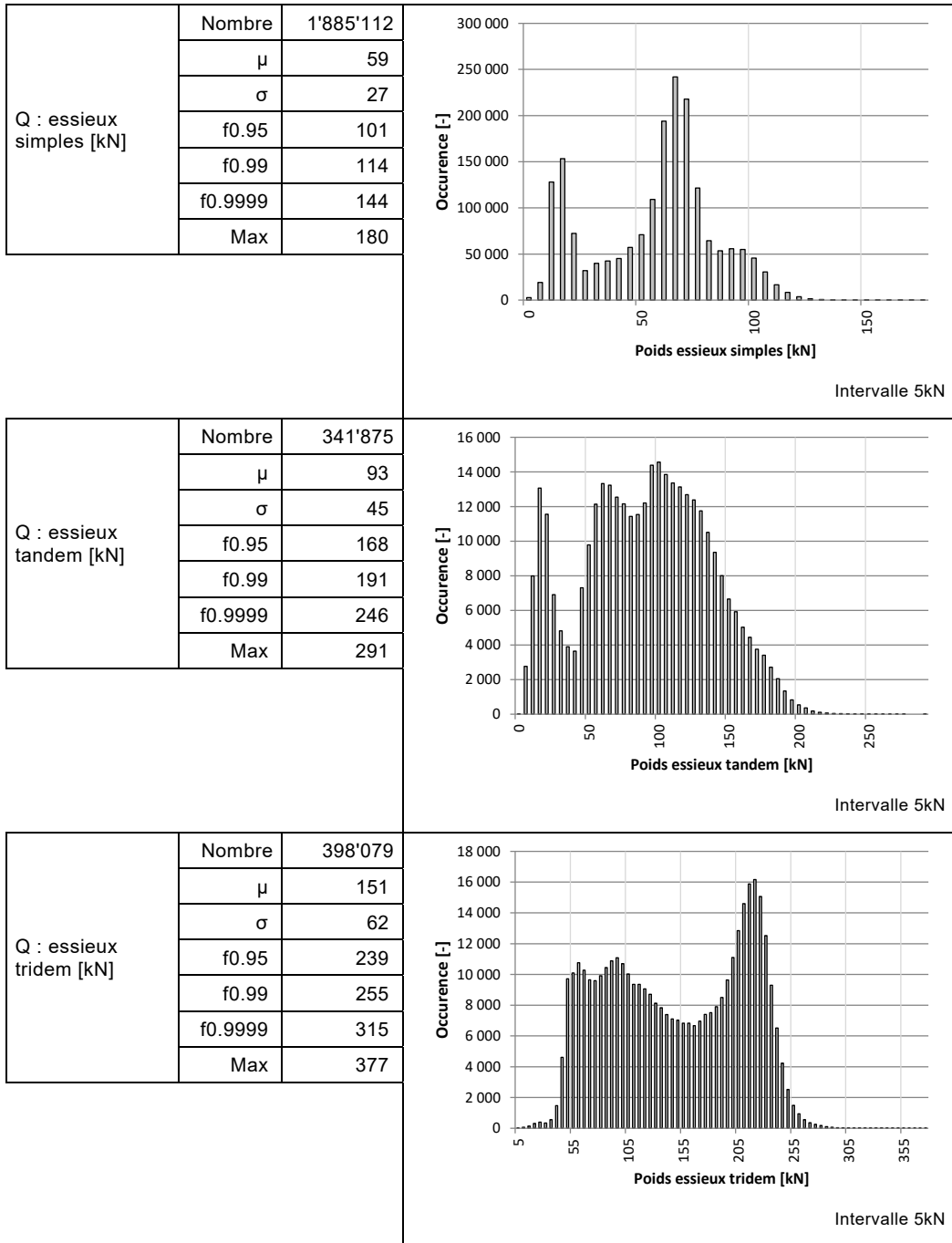




5.2 Caractéristiques globales de l'échantillon

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



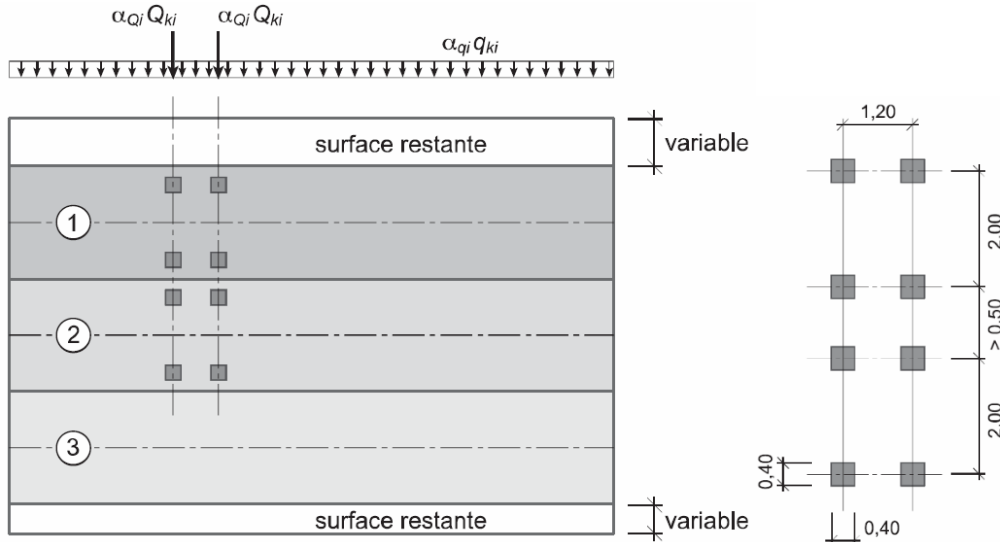


6 Modèle selon norme SIA 261

Document de référence : [3]

Les données considérées sont celles des silhouettes détectées de 2 à 6 axes, soit 98.9% 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	59	59	101	114	144
Tandem	93	45	168 (84)	191 (95)	246 (123)
Tridem	151	50	239 (80)	255 (85)	315 (105)

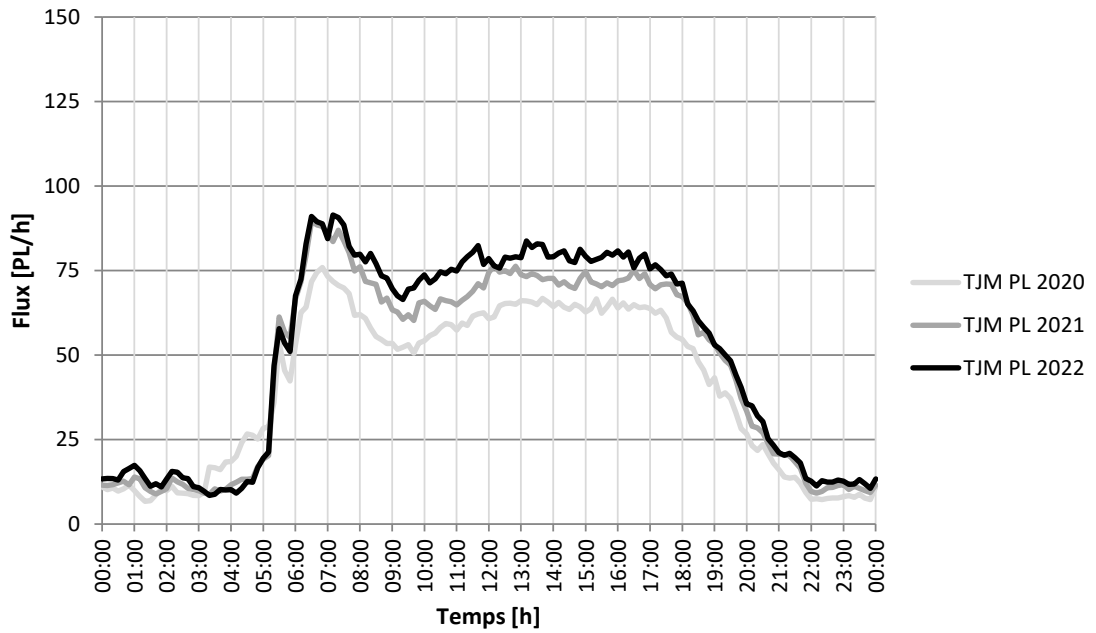
6.1.2 Charge répartie q

Charge répartie q				
Caractéristique	Charge moy.	f0.95	f0.99	f0.9999
Poids par mètre linéaire [kN/m]	14.1	24.9	32.1	44.2
Poids par surface (largeur 3 m) [kN/m ²]	4.7	8.3	10.7	14.7

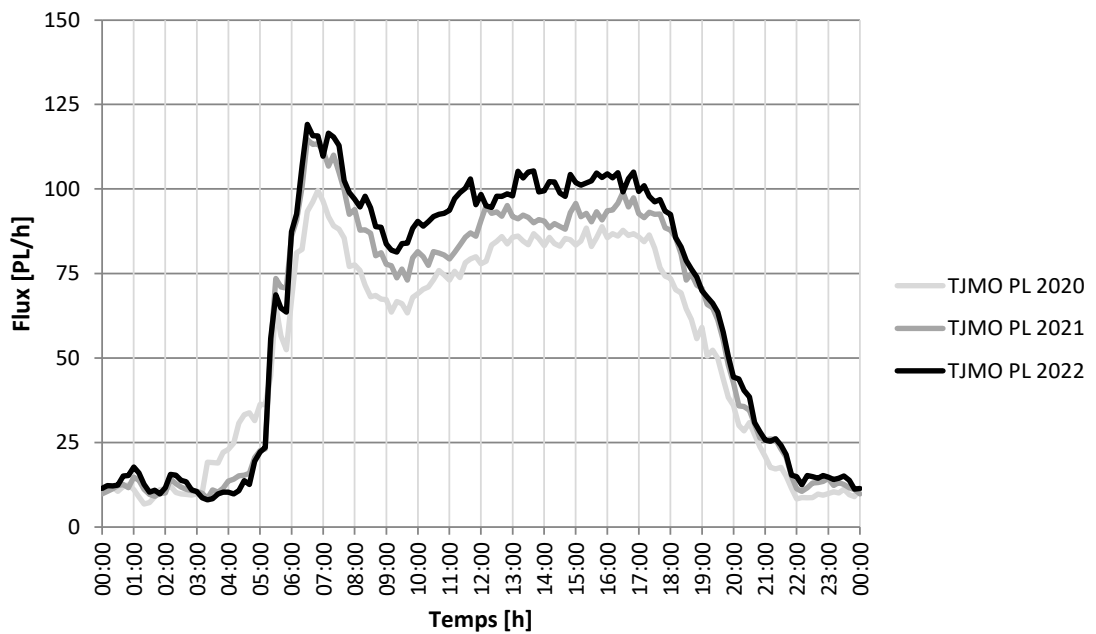
7 Tendances

7.1 Evolution de la répartition horaire annuelle

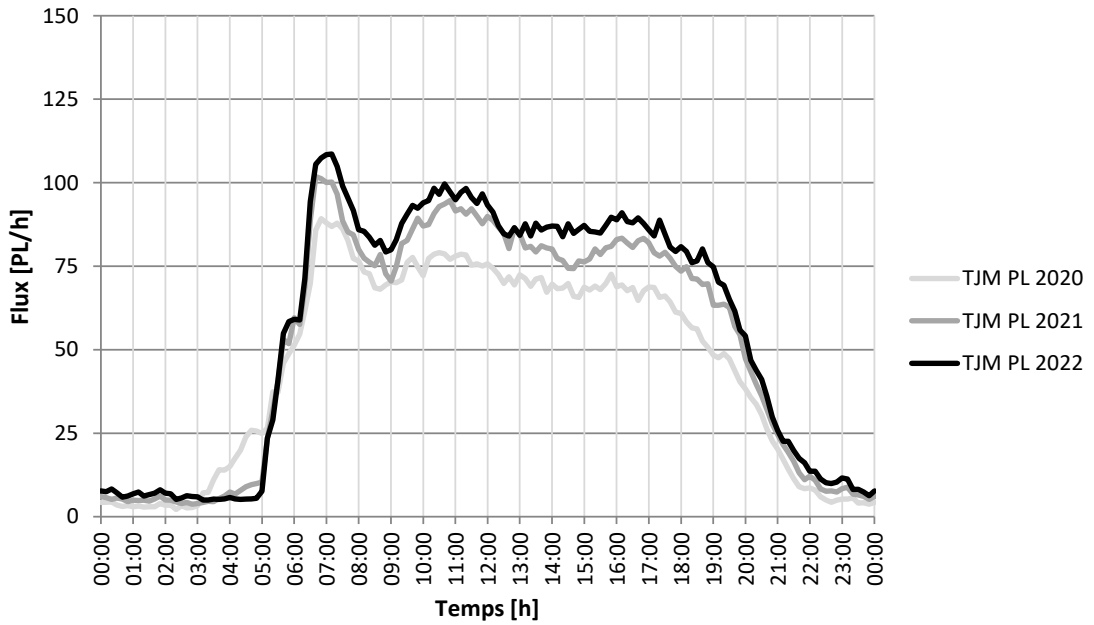
Bellinzone



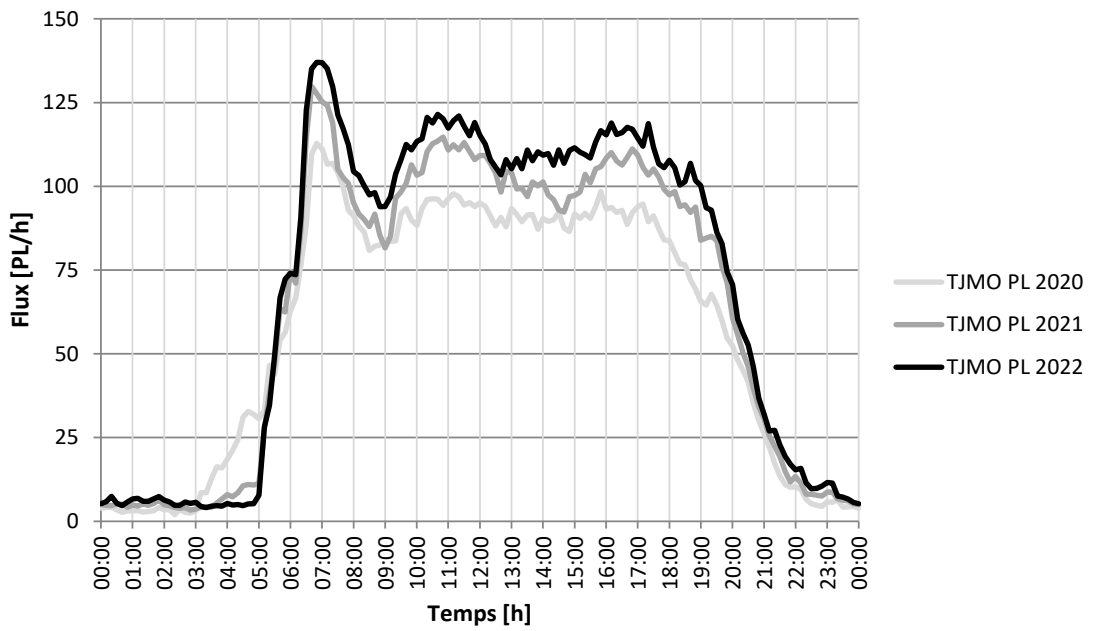
Bellinzone



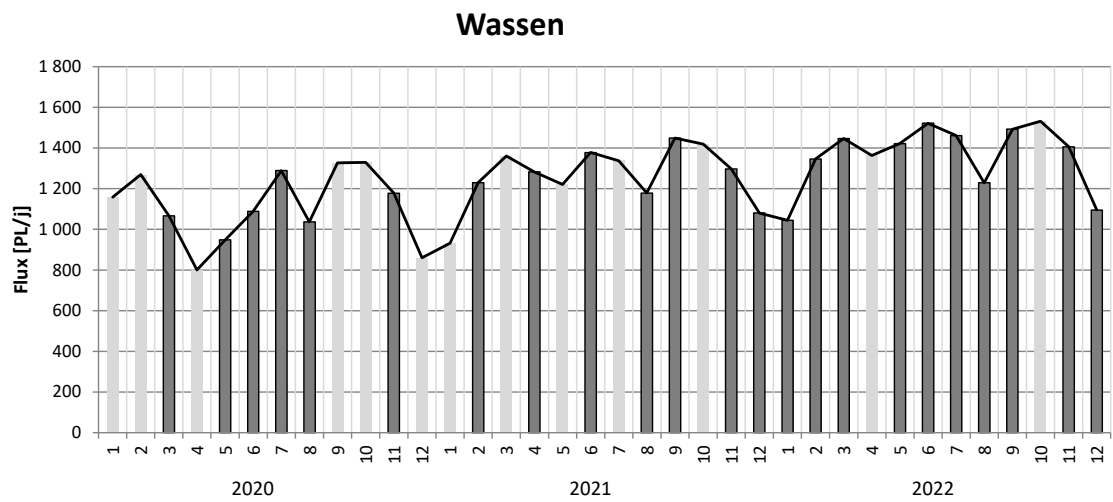
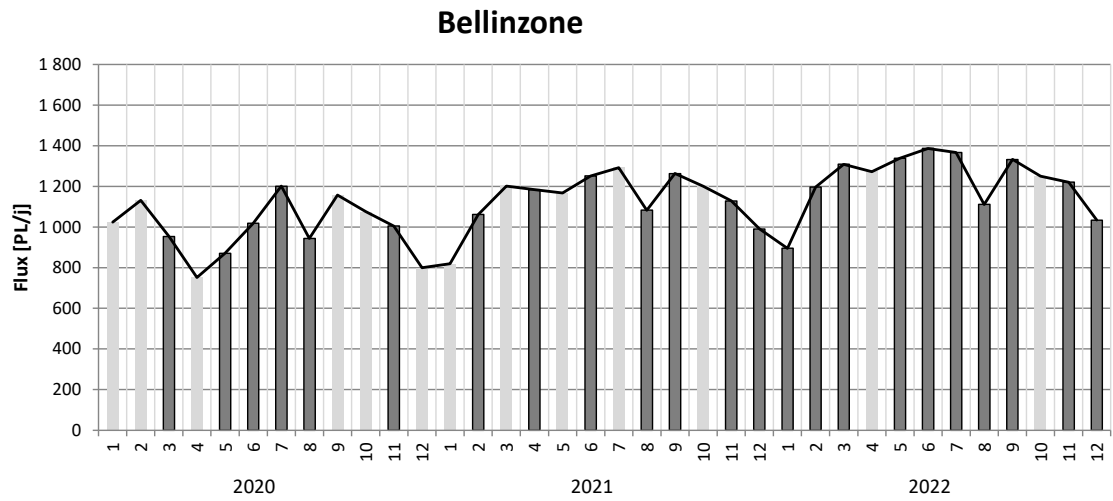
Wassen



Wassen



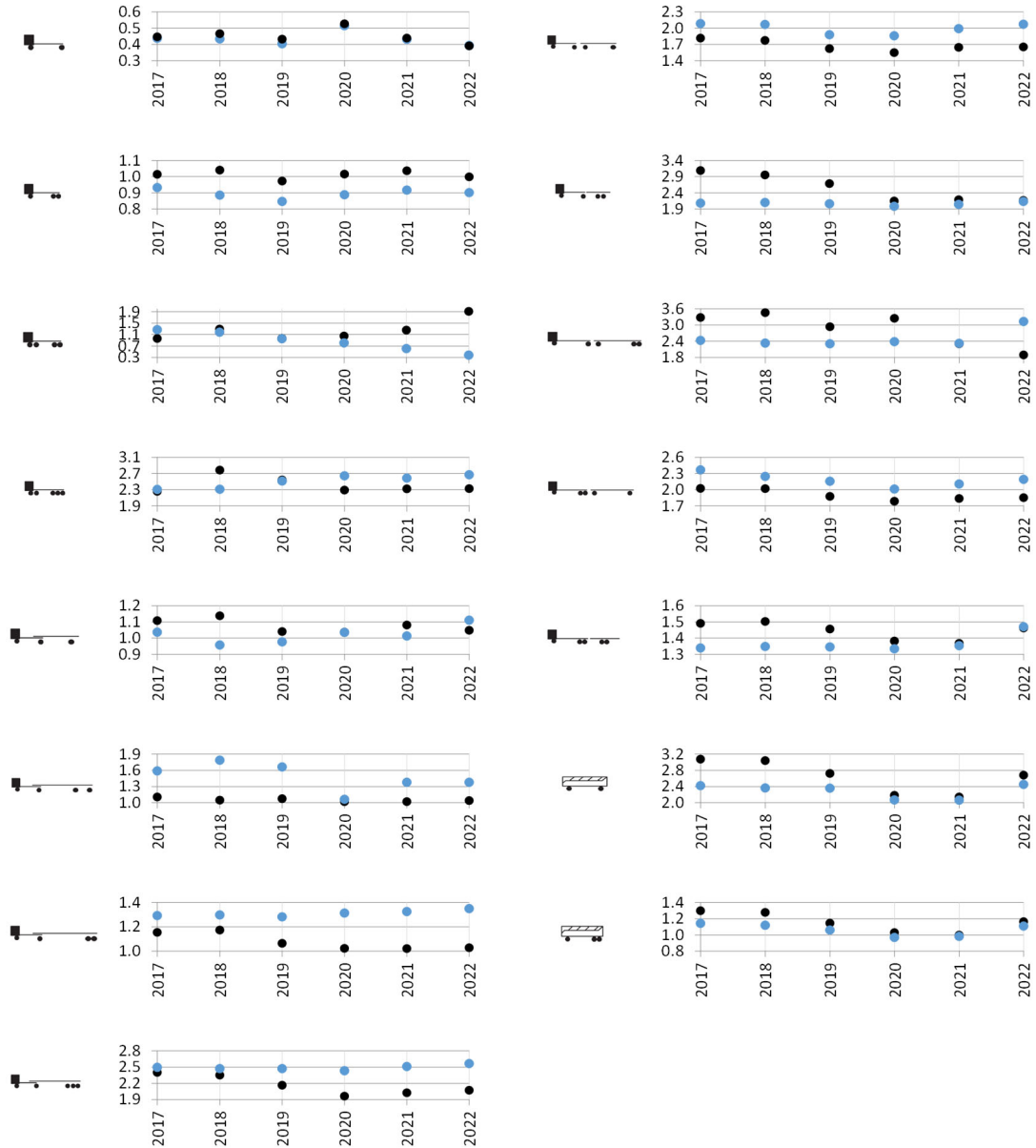
7.2 Evolution de la détection par mois



7.3 Evolution du modèle de la norme VSS 40 320

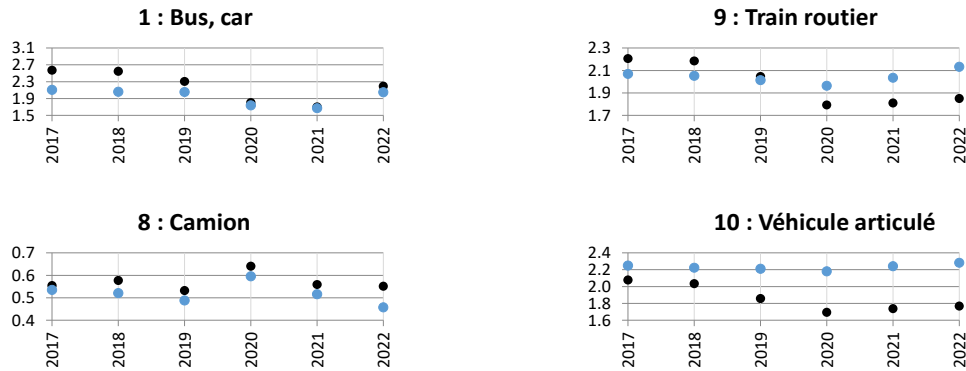
Sont considérées dans ce chapitre uniquement les chaussées souples et semi-rigides.

7.3.1 Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules



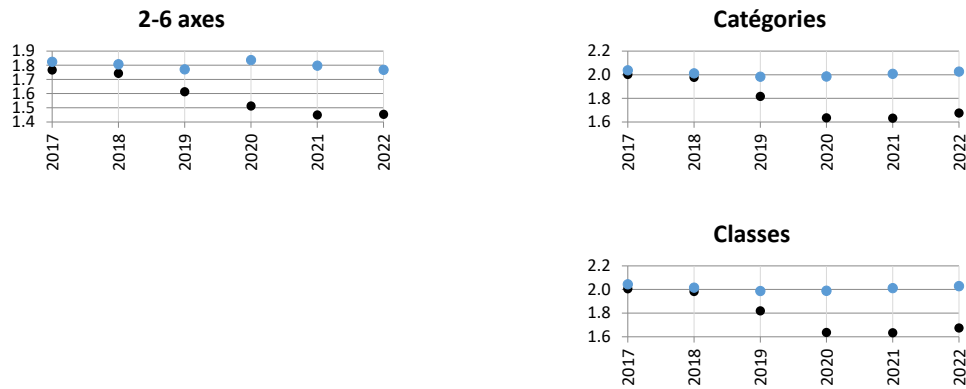
Noir : Direction Bellinzone ; Bleu : Direction Wassen.

7.3.2 Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules



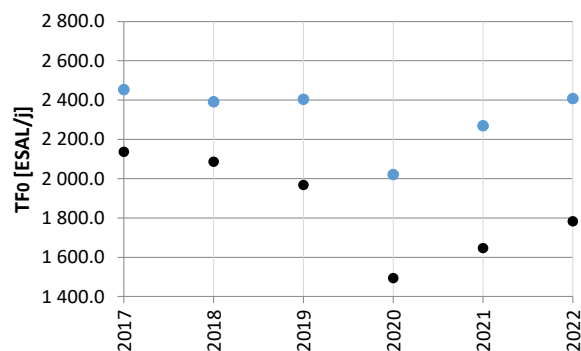
Noir : Direction Bellinzone ; Bleu : Direction Wassen.

7.3.3 Evolution du facteur d'équivalence moyen



Noir : Direction Bellinzone ; Bleu : Direction Wassen.

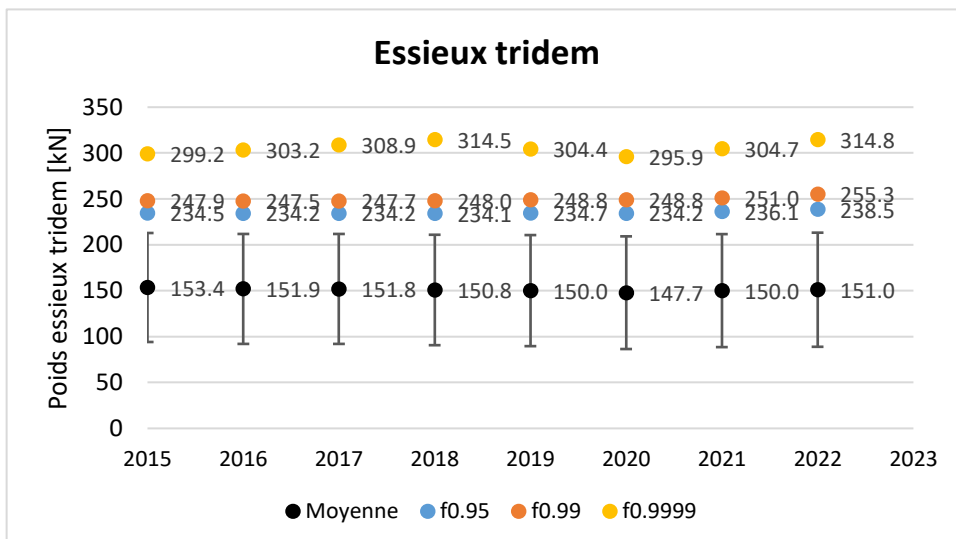
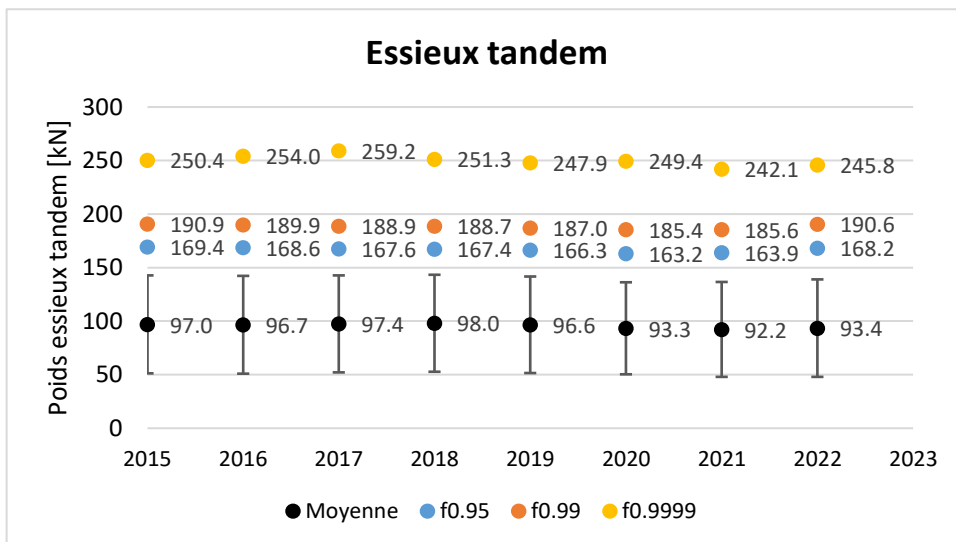
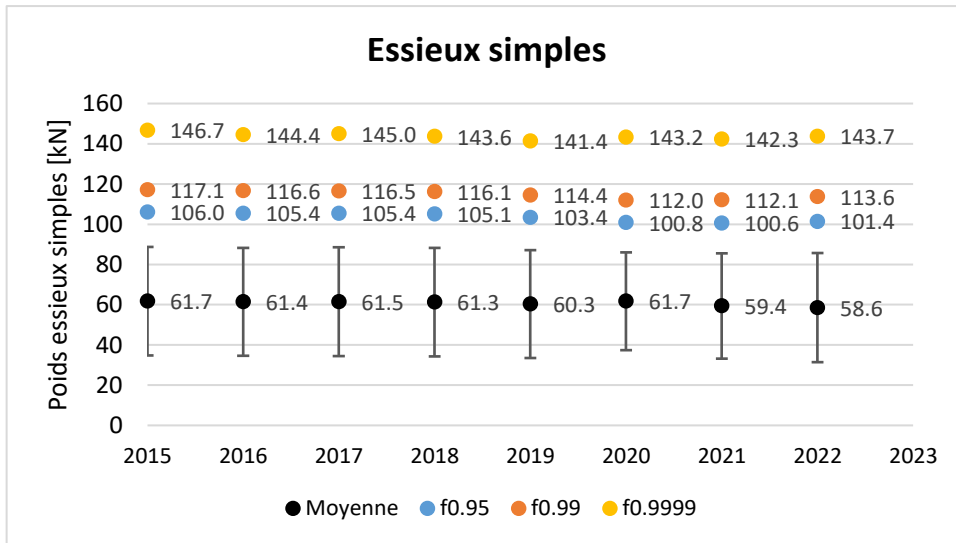
7.3.4 Evolution du trafic pondéral équivalent journalier



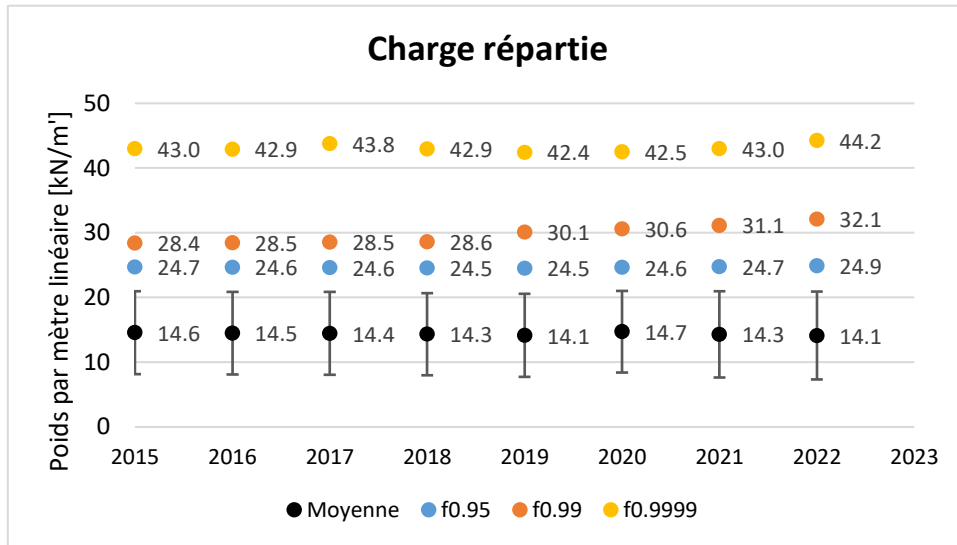
Noir : Direction Bellinzone ; Bleu : Direction Wassen.

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 :	11.10.2022 – Direction Bellinzone 11.10.2022 – Direction Wassen	
Facteurs de corrections relevés :	Direction Bellinzone : 5.51% Direction Wassen : 5.34%	
Application du facteur de correction :	Direction Bellinzone : Oui Direction Wassen : Oui	
Niveau de confiance à la calibration :	Direction Bellinzone : Très bon Direction Wassen : Très bon	
Données pouvant être utilisées pour référence :	Direction Bellinzone : 2016 à 2022 Direction Wassen : 2016 à 2022	
Constations sur la base du traitement des données WIM		
Pertes de données :	~ 4 jours	
Exclusions :	0.43%	
Cohérence globale des valeurs :	Quelques incohérences mineures	
Cohérence des tendances de la station :	En ordre	
Classification SWISS10, VT \geq 3.5 to :	15.2%	
Silhouettes incohérentes :	18.4% dont 17.3% potentiellement dus à la classification SWISS10 1.1% d'autres incohérences	
Propositions		
La confiance dans les données de la station est bonne. Toutefois, 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 (Décembre 2022), « **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.
-