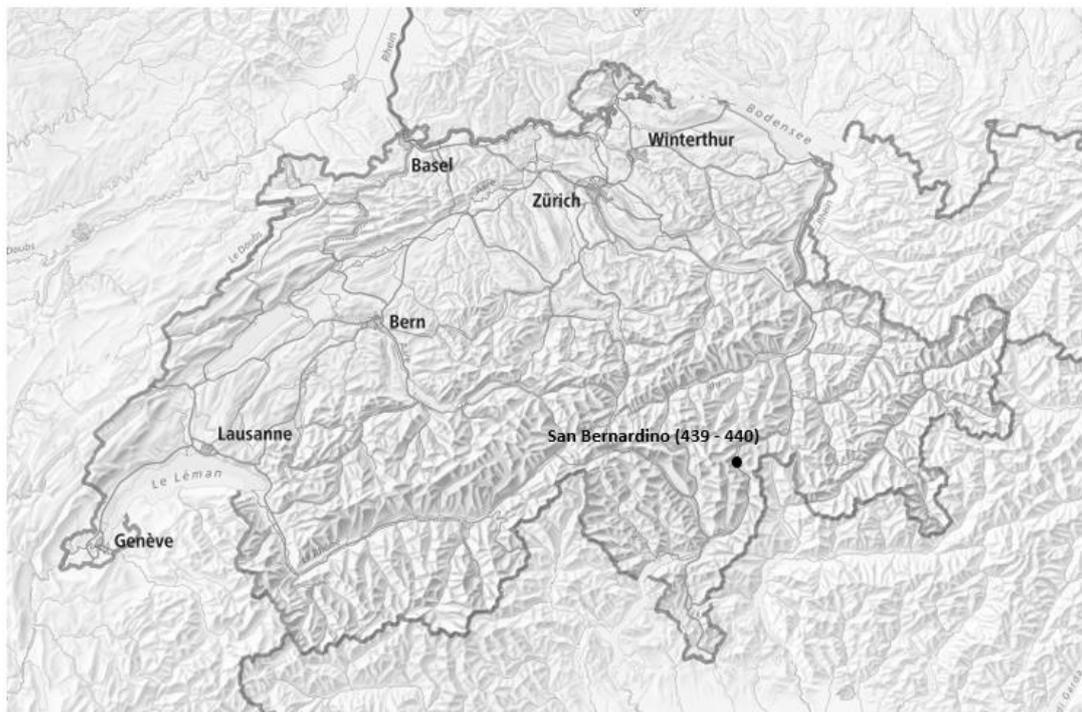




## San Bernardino - 2019

### *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\_2019\_439\_440

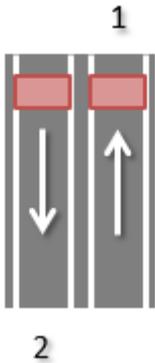
Version 1

Créé le 13.05.2020 – MAF

# Table des matières

	<b>Impressum</b> .....	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Fiche de station</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Intégrité des données</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Traitements statistiques</b> .....	<b>6</b>
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
<b>4</b>	<b>Modèle selon norme SN 640 320</b> .....	<b>13</b>
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
<b>5</b>	<b>Caractéristiques des poids lourds</b> .....	<b>15</b>
5.1	Caractéristiques des catégories de poids lourds .....	15
5.2	Caractéristiques globales de l'échantillon .....	19
<b>6</b>	<b>Modèle selon norme SIA 261</b> .....	<b>21</b>
6.1	Modèle de charge 1 selon SIA 261 .....	21
6.1.1	Charge concentrée Q .....	21
6.1.2	Charge répartie q .....	21
<b>7</b>	<b>Tendances</b> .....	<b>22</b>
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
<b>8</b>	<b>Niveau de confiance</b> .....	<b>29</b>
	<b>Bibliographie</b> .....	<b>30</b>

# 1 Fiche de station

Station	Canton	RN	N° ASTRA	Filiale	UT	Directions	Voies
San Bernardino	GR	A13	439 / 440	F5	V	2	2x1
Situation							
				Direction 1 : 439 - Direction Coire Direction 2 : 440 - Direction Bellinzone			
Enregistrements							
Type de fichiers :	Fichiers journaliers						
Format de fichiers :	WIM_ ANNEEMOISJOUR_NoASTRA.extension						
Extension de fichiers :	*.csv						
Filtre poids véhicules :	-						
Classification SWISS :	SWISS10						

Fichier de données	
Fichiers journaliers manquants	24.05.2019 – 25.05.2019 04.07.2019 – 05.07.2019 25.07.2019 – 27.07.2019 20.08.2019 – 31.12.2019 (439)
Perte potentielle de données	23.05.2019 – 02 : 00 à 00 : 00 26.05.2019 – 00 : 00 à 02 : 00 03.07.2019 – 02 : 00 à 00 : 00 06.07.2019 – 00 : 00 à 02 : 00 24.07.2019 – 02 : 00 à 00 : 00 28.07.2019 – 00 : 00 à 02 : 00 19.08.2019 – 08 : 42 à 00 : 00 (439) 19.08.2019 – 09 : 32 à 00 : 00 (440)
<i>Evènements particuliers</i>	
Arrêt des mesures de la station à partir du 19 août 2019. Les données statistiques de ce rapport sont à prendre avec précaution.	
<i>Décisions</i>	
<i>Concaténation</i>	
Nom de fichiers :	2019_439_concat.log ; 2019_440_concat.log ;
Nombre d'enregistrements :	836'024 (439) ; 844'717 (440)
Nombre de jours effectifs :	220.4 (439) ; 220.4 (440)

## 2 Intégrité des données

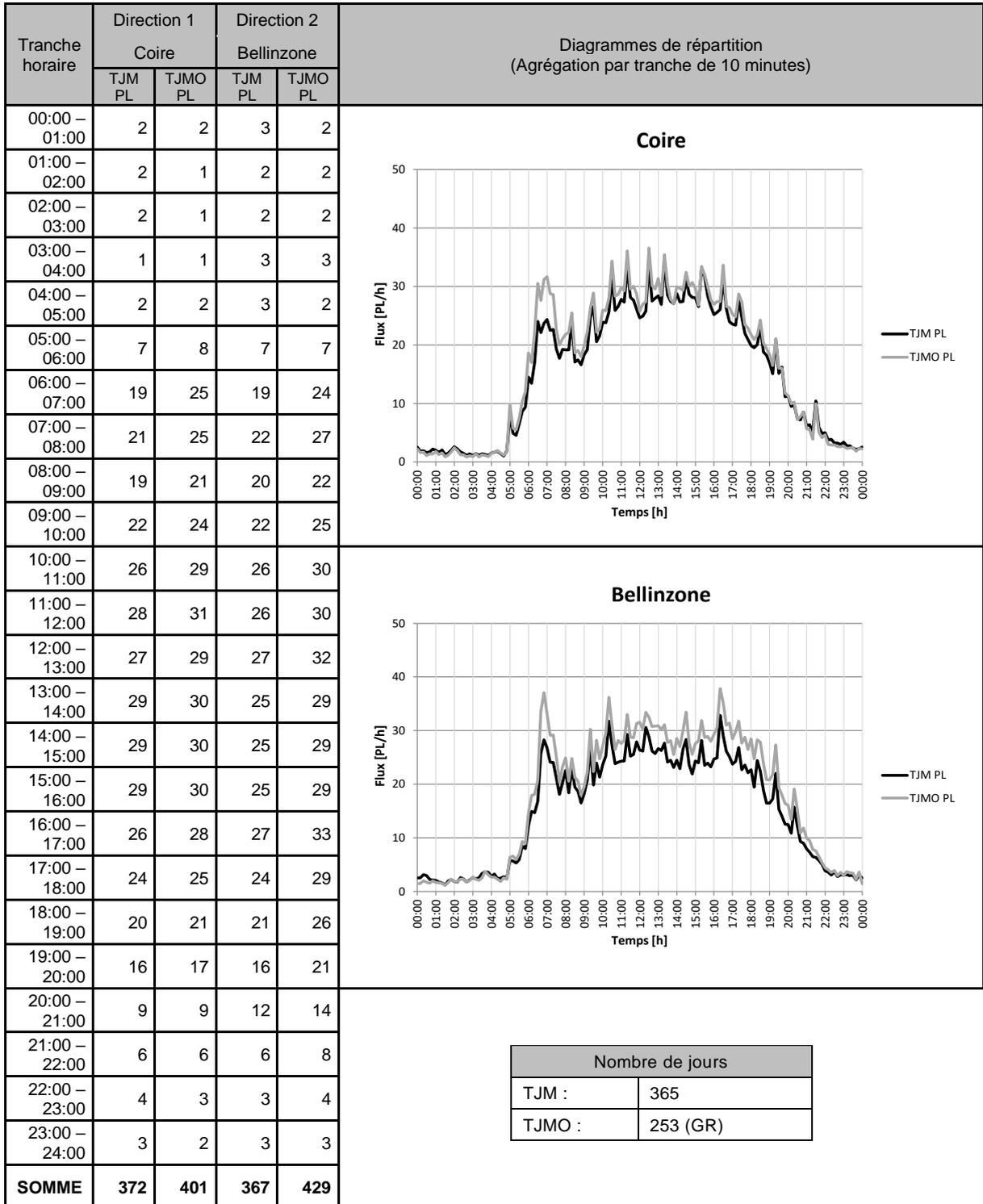
Documents de référence : [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

Filtre des données (démarche pas à pas)	
1)	Véhicules de moins de 3.5 tonnes (1'512'233 enregistrements).
2)	86'408 enregistrements direction D1. 82'100 enregistrements direction D2.
3)	Longueur totale nulle (0 enregistrements).
4)	Longueur totale supérieure à 26.00m (158 enregistrements).
5)	Poids nul sur un des axes (0 enregistrements).
6)	Entraxe inférieur à 60cm (4'712 enregistrements).
7)	Poids total supérieur à 65 tonnes (209 enregistrements, hors grues mobiles).
8)	Poids sur un axe supérieur à 18 tonnes (77 enregistrements, hors grues mobiles).
9)	Longueur inférieure à 4.00m (465 enregistrements).
<i>Décisions</i>	
1)	Exclusion (2019_439_440_u3500.log).
2)	-
3)	-
4)	Exclusion.
5)	-
6)	Exclusion.
7)	Exclusion.
8)	Exclusion.
9)	Exclusion.
<i>Fichiers</i>	
Nom de fichier de traitement statistique :	2019_439_440.log
Nombre d'enregistrements :	162'887
Nom de fichier d'exclusions :	2019_439_440_exclus.log
Nombre d'enregistrements :	5'621

Sur un total de 1'680'741 enregistrements, 1'512'233 ont été séparés en raison de leur appartenance aux véhicules légers (< 3.5 tonnes) et 5'621 enregistrements (3.34%) ont été exclus du jeu de données de base en raison d'incohérences potentielles de données.

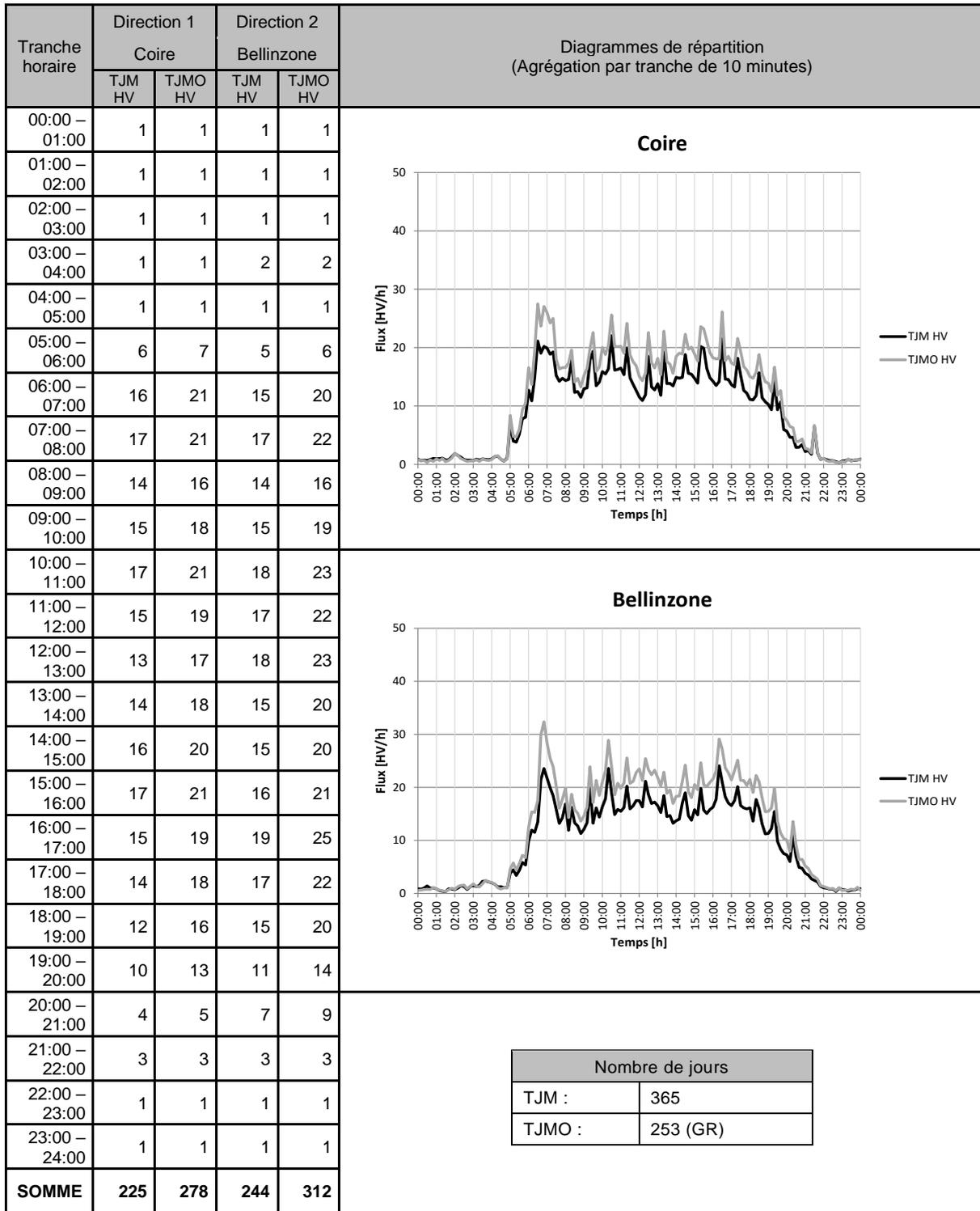
### 3 Traitements statistiques

#### 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)

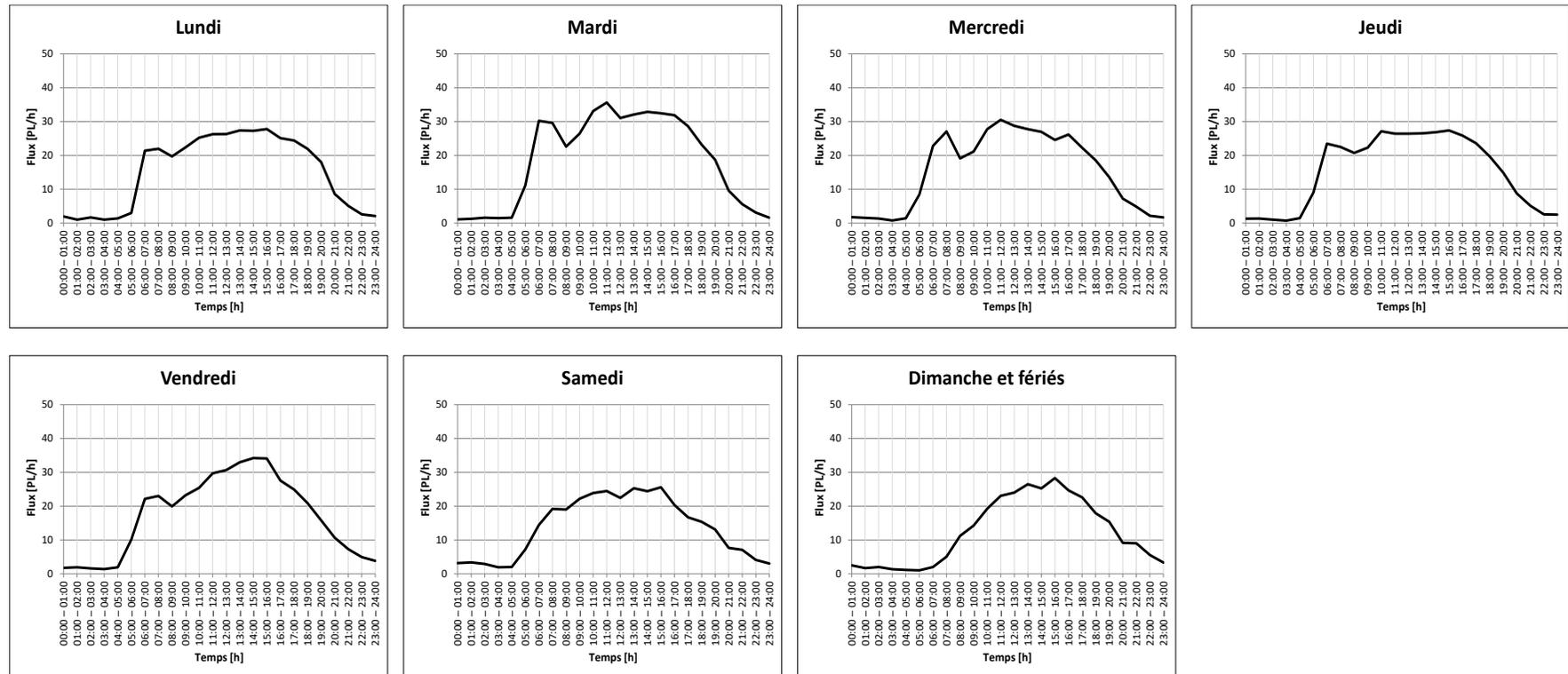


Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

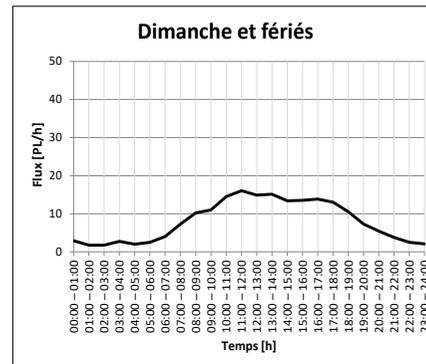
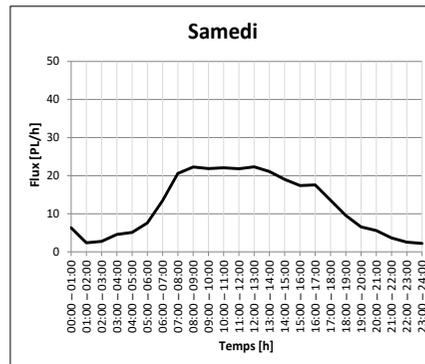
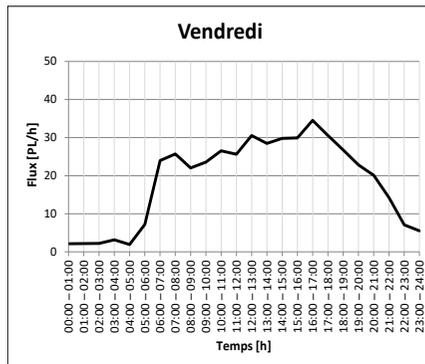
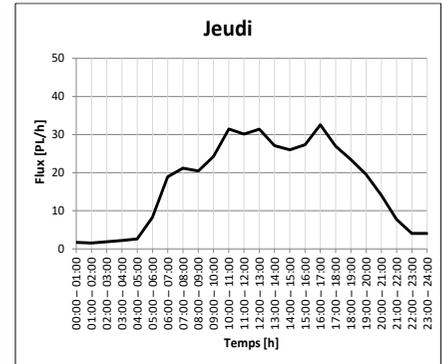
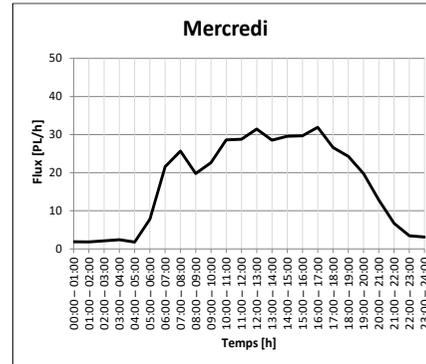
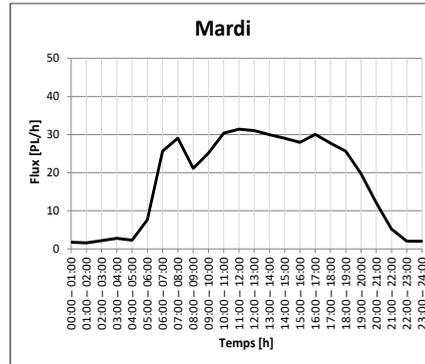
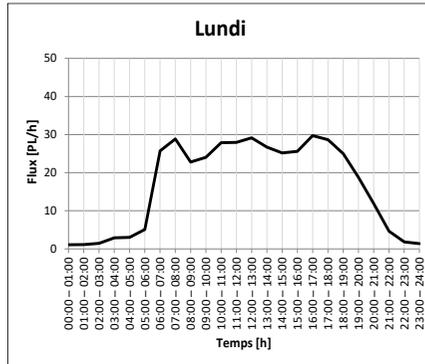
### 3.3 Répartition horaire journalière

Jours	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche et fériés
Nombre (GR)	50	52	51	49	51	52	60

**Direction 1 : Coire** (Agrégation par heure)



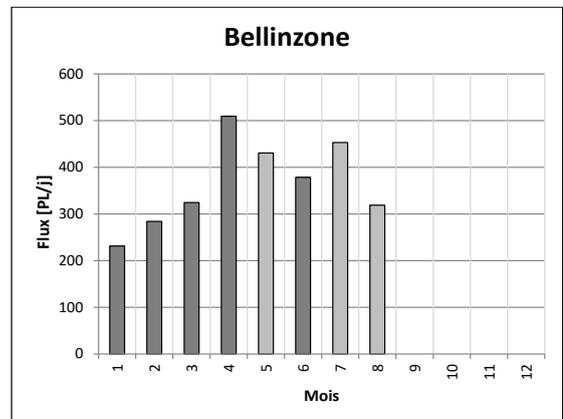
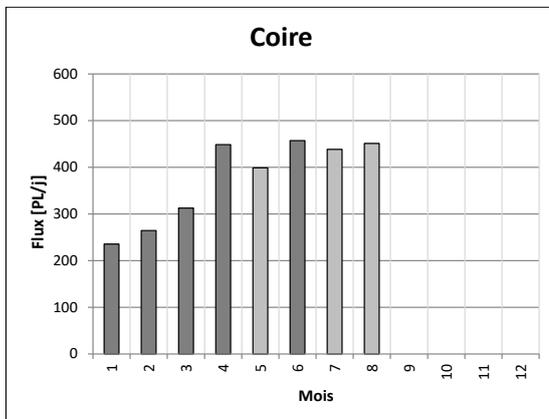
**Direction 2 : Bellinzone** (Agrégation par heure)



### 3.4 Détection de véhicules

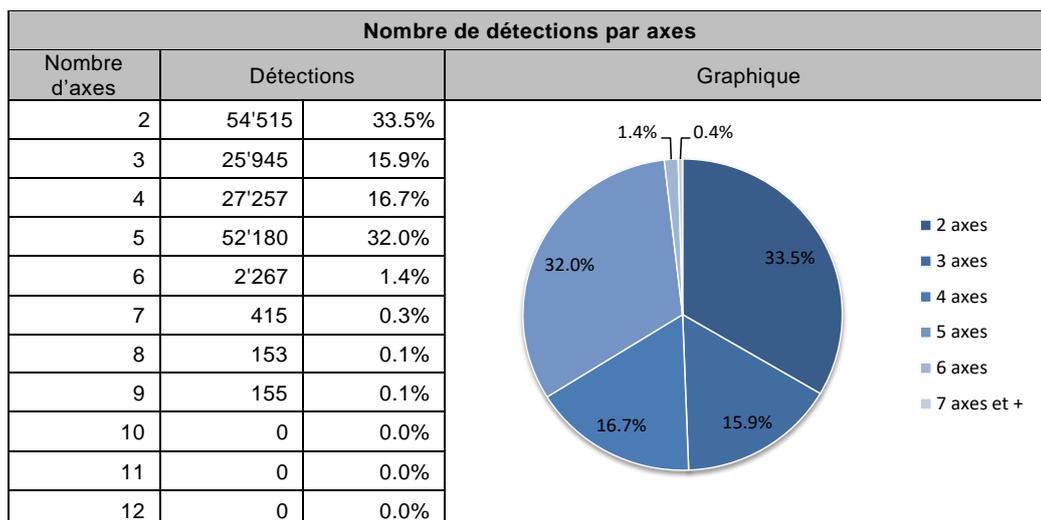
#### 3.4.1 Par mois

Nombre de détections par mois		
Mois	Direction 1 : Coire	Direction 2 : Bellinzone
Janvier	7'295	7'172
Février	7'397	7'947
Mars	9'684	10'056
Avril	13'450	15'282
Mai	11'165	12'056
Juin	13'715	11'348
Juillet	10'516	10'870
Août	8'748	6'186
Septembre	-	-
Octobre	-	-
Novembre	-	-
Décembre	-	-



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

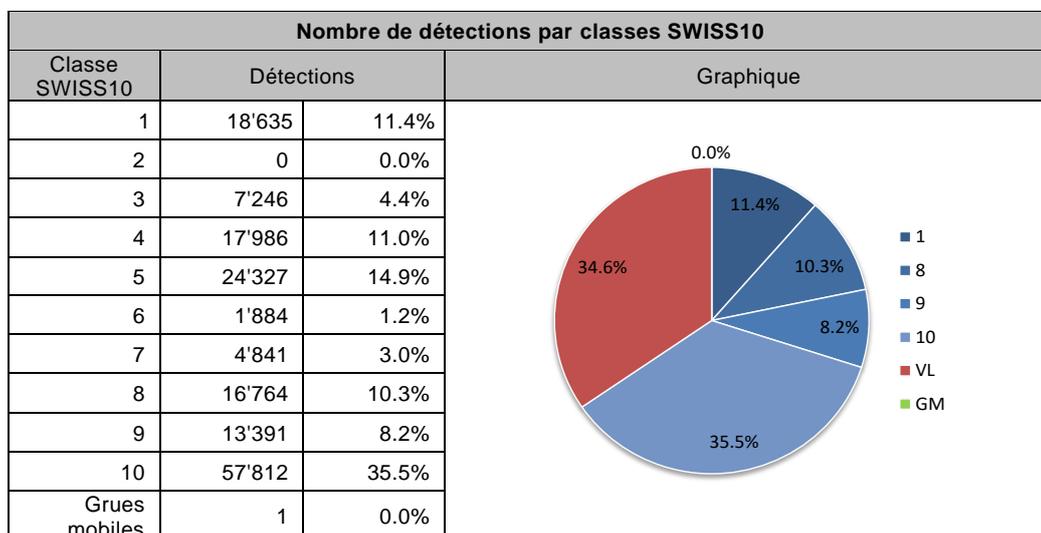
### 3.4.2 Par nombre d'axes



### 3.4.3 Par classes SWISS10

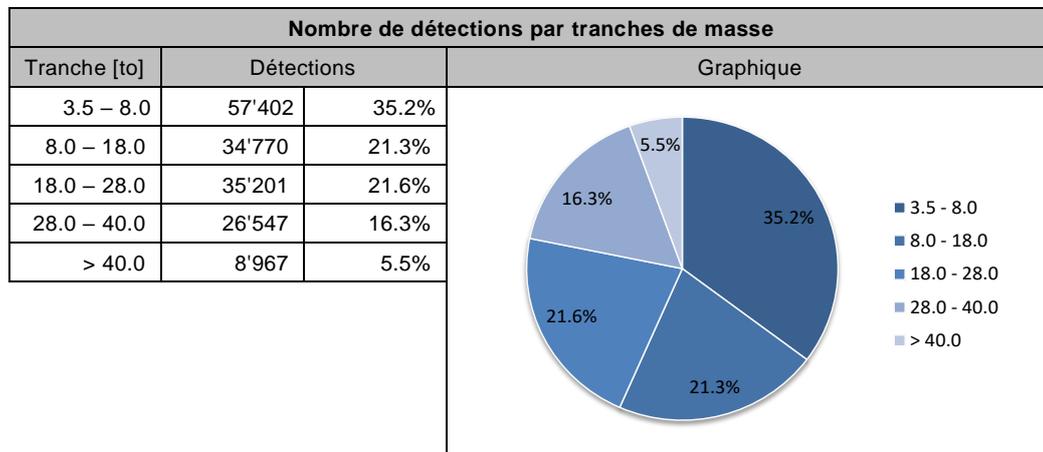
#### Classes de véhicules Swiss 10 [4]

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	
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 56'284 enregistrements (classes 2 à 7, 34.6%) 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	37'674	23.1%
S/S	Non-cohérent			28'661	17.6%
S/S	0 - - - - 0		1	14'603	9.0%
S/S/S	Non-cohérent			12'916	7.9%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - - 00		10	11'935	7.3%
S/S	0 - - - - 0		8	11'168	6.9%
S/S/Ta	Non-cohérent			7'621	4.7%
S/Ta	Non-cohérent			5'294	3.3%
S/S/Tr	Non-cohérent			5'085	3.1%
S/Ta/S/S	0 - - - - 00 + 0 - - - - 0		9	3'655	2.2%
S/Ta	0 - - - - 00		1	3'110	1.9%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - 00 - -		9	2'794	1.7%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + 0 - - - - 0		9	2'259	1.4%
S/Ta	0 - - - - 00		8	2'075	1.3%
S/Ta/Ta	0 - - - - 00 + - - - 00 - -		9	1'743	1.1%
Autres silhouettes selon SN 640 320					
S/S/S	0 - - - - 0 + - - 0 - -		10	1'066	0.7%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + - - - - 0 - 0		10	494	0.3%
S/S/S/Ta	0 - - - - 0 + 0 - - - - 00		9	348	0.2%
Ta/Tr	00 - - 000		Non-classé (8)	77	0.0%
Ta/Ta	00 - - - 00		8	18	0.0%

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

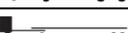
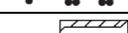
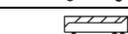
## 4 Modèle selon norme SN 640 320

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

### 4.1 Répartition entre les voies de circulation

Répartition entre les voies de circulation			
Configuration	Direction 1 : Coire	Direction 2 : Bellinzone	Sur la base de :
2x1 voies	50.3%	49.7%	Nombre de détections
	50.6%	49.4%	Masse totale
	51.7%	48.3%	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 : Coire	Direction 2 : Bellinzone	Norme 2011	Direction 1 : Coire	Direction 2 : Bellinzone	Norme 2011
	0.50	0.52	0.7	0.49	0.49	0.6
	0.86	0.89	1.4	1.10	1.14	2.1
	1.77	0.46	1.5	3.15	0.68	2.7
	2.64	1.38	1.9	6.08	2.94	3.0
	1.11	1.27	0.5	1.06	1.20	0.5
	2.49	1.99	1.7	2.51	2.01	1.8
	1.60	1.19	1.8	1.73	1.21	2.2
	2.98	2.40	2.0	3.95	3.03	2.2
	2.07	1.59	2.0	2.08	1.54	1.9
	2.51	3.16	1.7	2.75	3.62	1.6
	3.95	4.41	1.3	4.38	5.15	1.0
	1.81	1.88	2.5	2.21	2.22	2.6
	1.60	1.54	1.2	2.32	2.18	0.9
	2.33	2.53	0.7	2.47	2.70	0.6
	0.88	1.02	1.4	1.18	1.38	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 : Coire	Direction 2 : Bellinzone	Norme 2011	Direction 1 : Coire	Direction 2 : Bellinzone	Norme 2011
1 : Bus, car	2.08	2.23	2.3	2.25	2.43	2.3
8 : Camion	0.56	0.61	0.9	0.60	0.63	1.0
9 : Train routier	2.13	2.13	1.9	2.53	2.46	2.0
10 : Véhicule articulé	2.69	2.03	1.7	3.48	2.48	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 : Coire	Direction 2 : Bellinzone	Norme 2011	Direction 1 : Coire	Direction 2 : Bellinzone	Norme 2011
Silhouettes (2-6 axes)	1.46	1.38	1.6	1.82	1.64	1.7
	99.0%	99.6%		99.0%	99.6%	
Catégories	2.14	1.93		2.65	2.27	
	58.8%	60.6%		58.8%	60.6%	
Classes	2.14	1.94		2.64	2.28	
	56.9%	58.7%		56.9%	58.7%	

#### 4.5 Classe de trafic pondéral équivalent actuelle selon SN 640 324

##### *Chaussées souples et semi-rigides*

##### Direction 1 : Coire

$$TF_0 = \frac{81'970 \text{ PL}}{220.4 \text{ jours}} \cdot 1.46 = 542 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T4 : Lourd}$$

##### Direction 2 : Bellinzone

$$TF_0 = \frac{80'917 \text{ PL}}{220.4 \text{ jours}} \cdot 1.38 = 507 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T4 : Lourd}$$

##### *Chaussées rigides et combinées*

##### Direction 1 : Coire

$$TF_0 = \frac{81'970 \text{ PL}}{220.4 \text{ jours}} \cdot 1.82 = 676 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T4 : Lourd}$$

##### Direction 2 : Bellinzone

$$TF_0 = \frac{80'917 \text{ PL}}{220.4 \text{ jours}} \cdot 1.64 = 604 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T4 : Lourd}$$

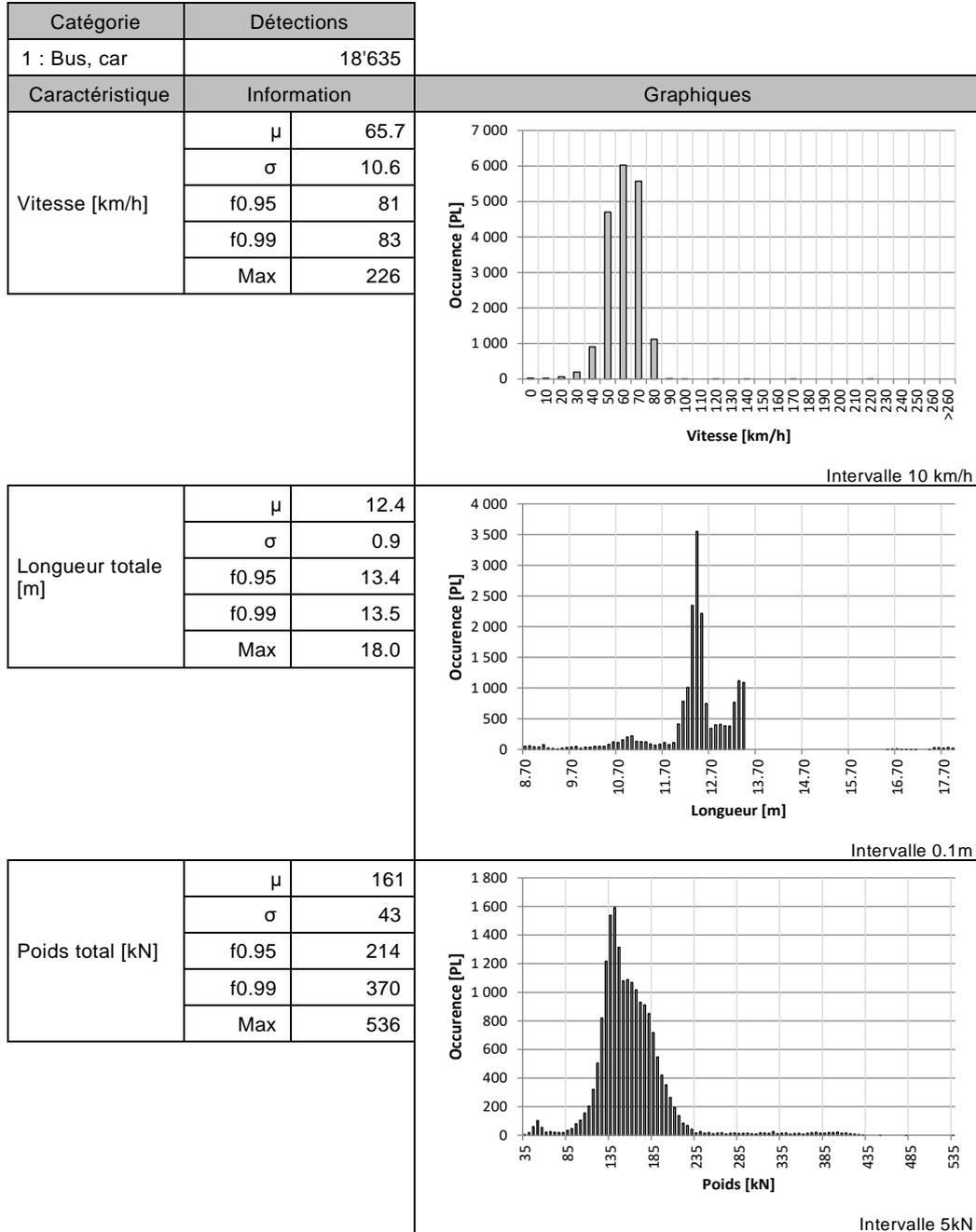
#### 4.6 Tendence pour l'estimation du taux d'accroissement annuel

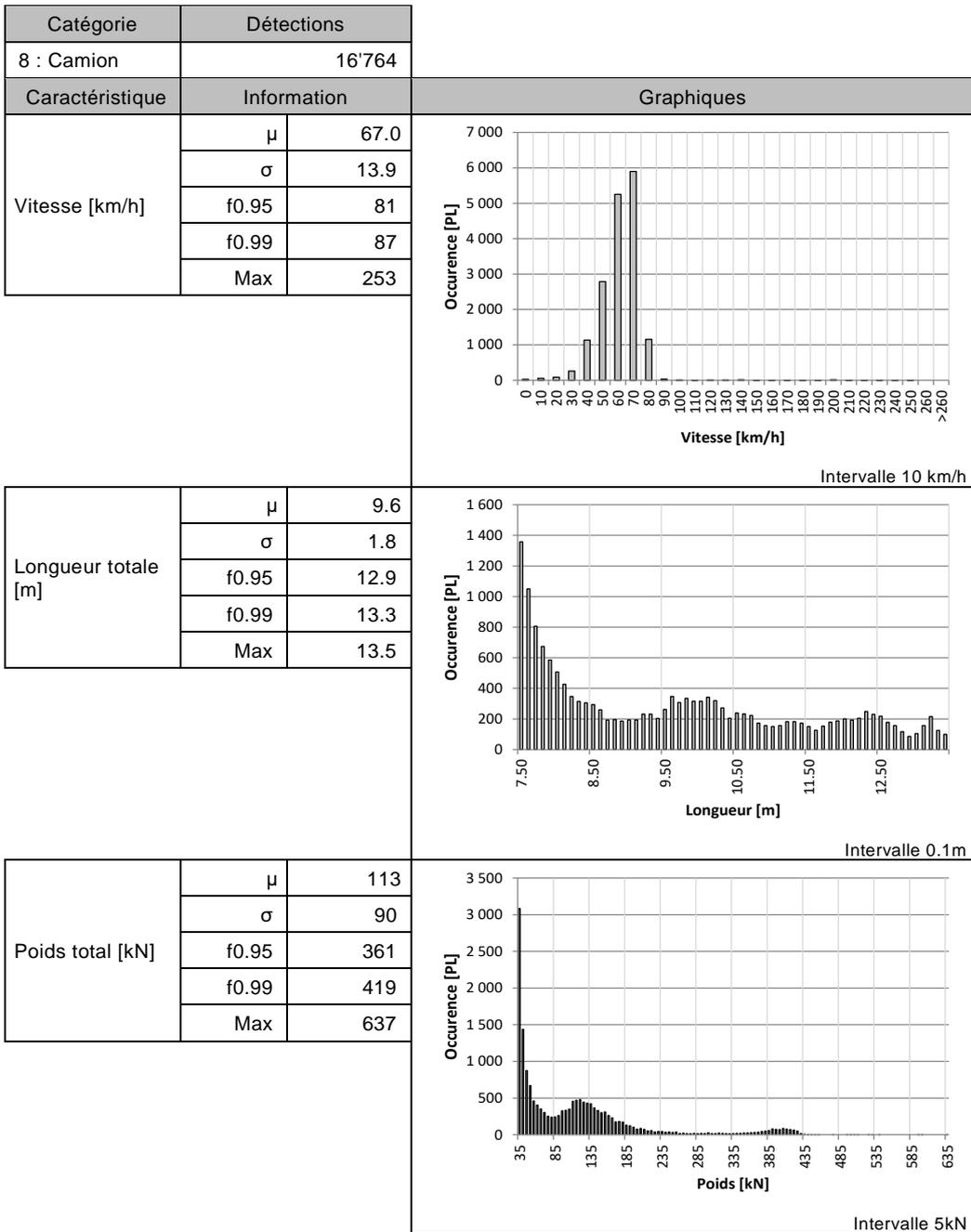
Tendance pour l'estimation du taux d'accroissement annuel		
Direction 1 : Coire	Direction 2 : Bellinzone	Sur la base de :
-0.8%	0.4%	Nombre de détections
-1.6%	-0.9%	Masse totale
-3.0%	-0.5%	Trafic pondéral équivalent total W

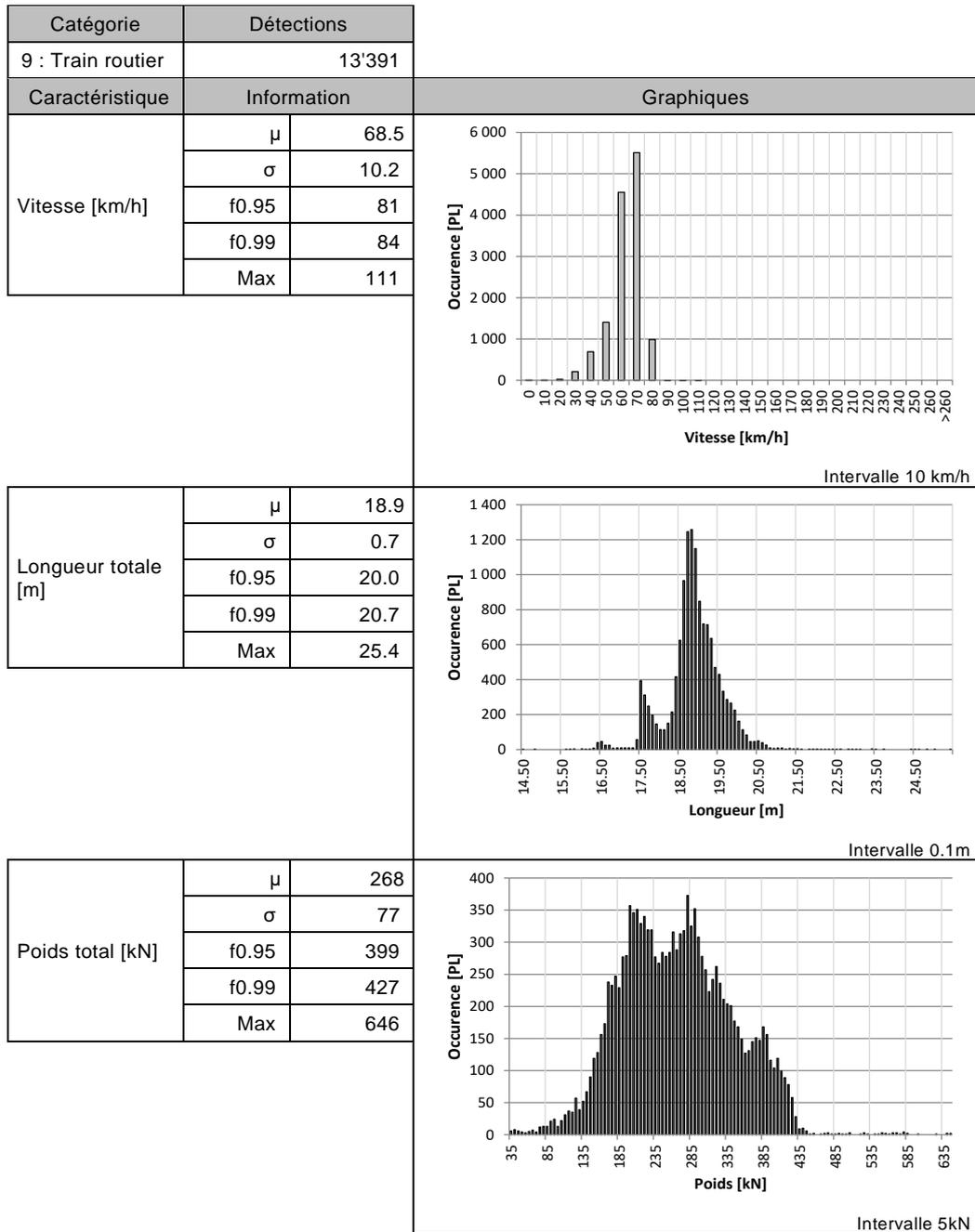
*Cette section est déterminée sur la base des rapports annuels de 2015 à 2019.*

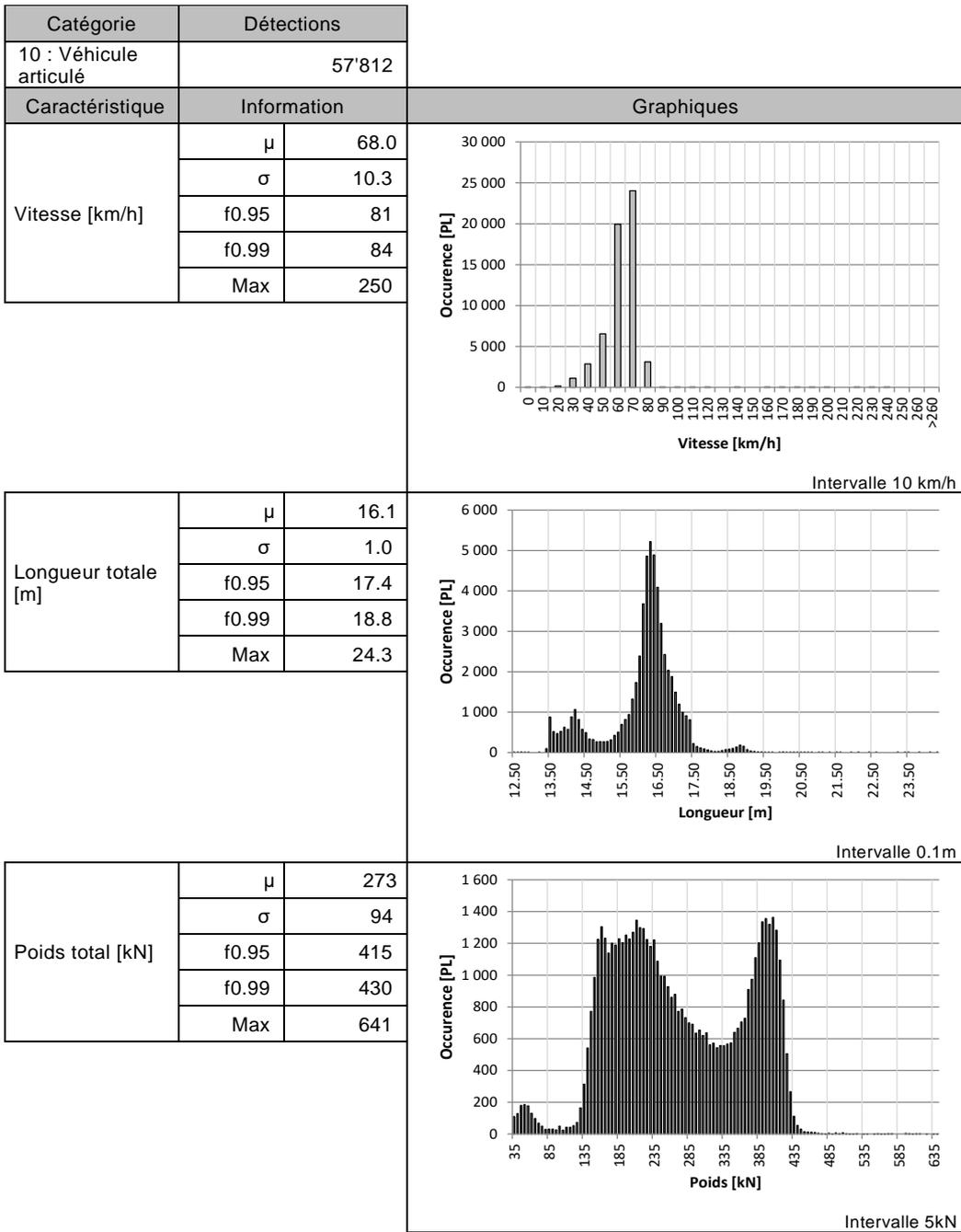
## 5 Caractéristiques des poids lourds

### 5.1 Caractéristiques des catégories de poids lourds



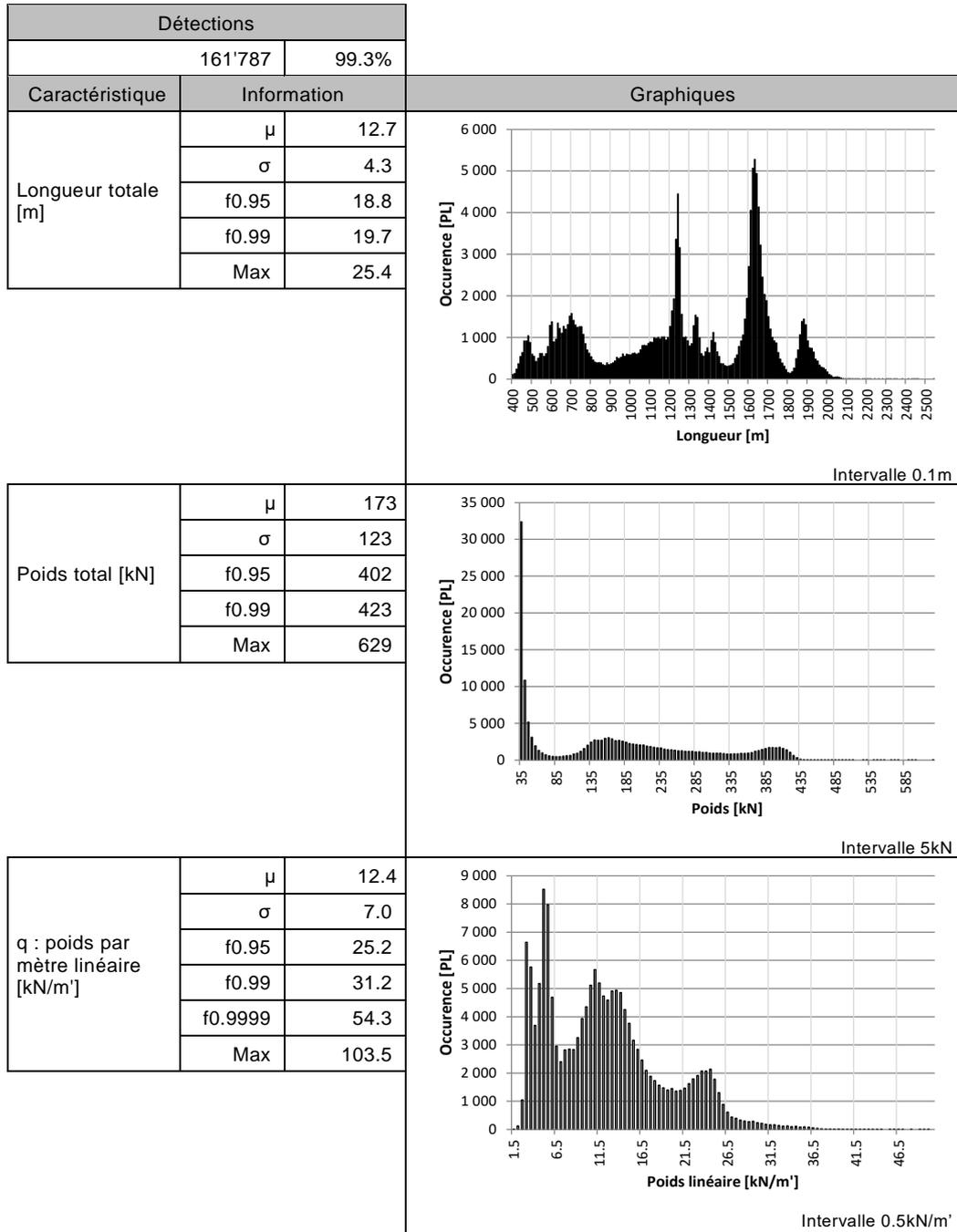


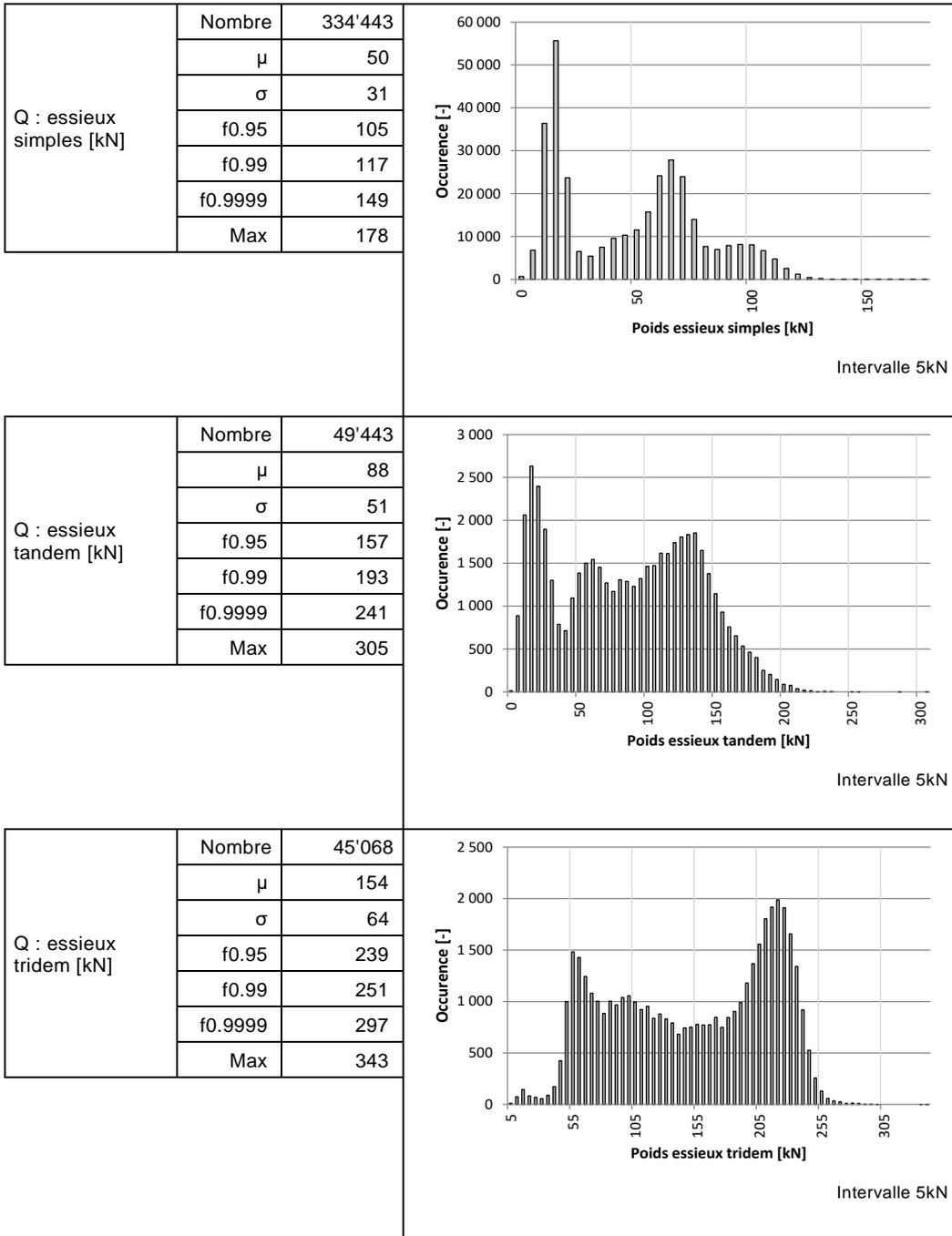




## 5.2 Caractéristiques globales de l'échantillon

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



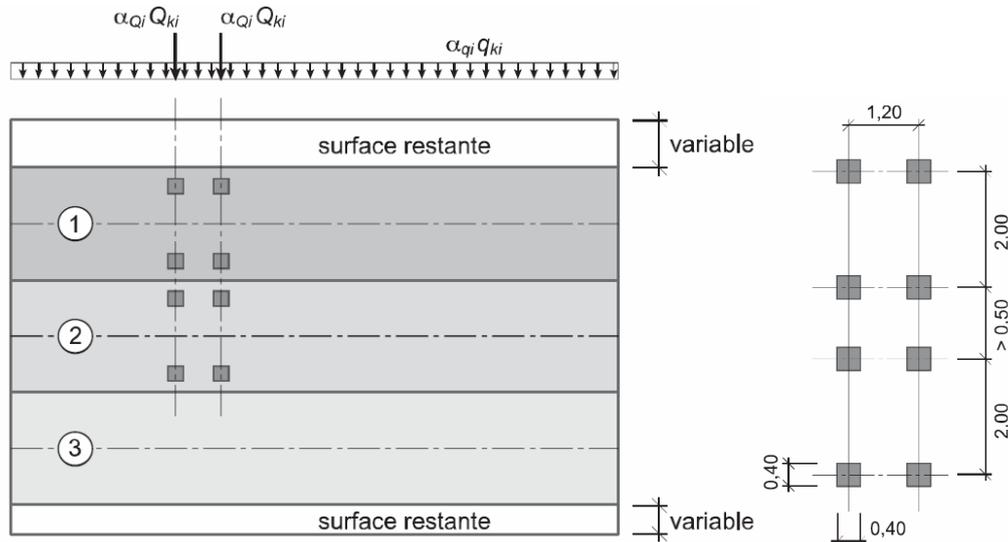


## 6 Modèle selon norme SIA 261

Document de référence : [3]

Les données considérées sont celles des silhouettes détectées de 2 à 6 axes, soit 99.3% 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

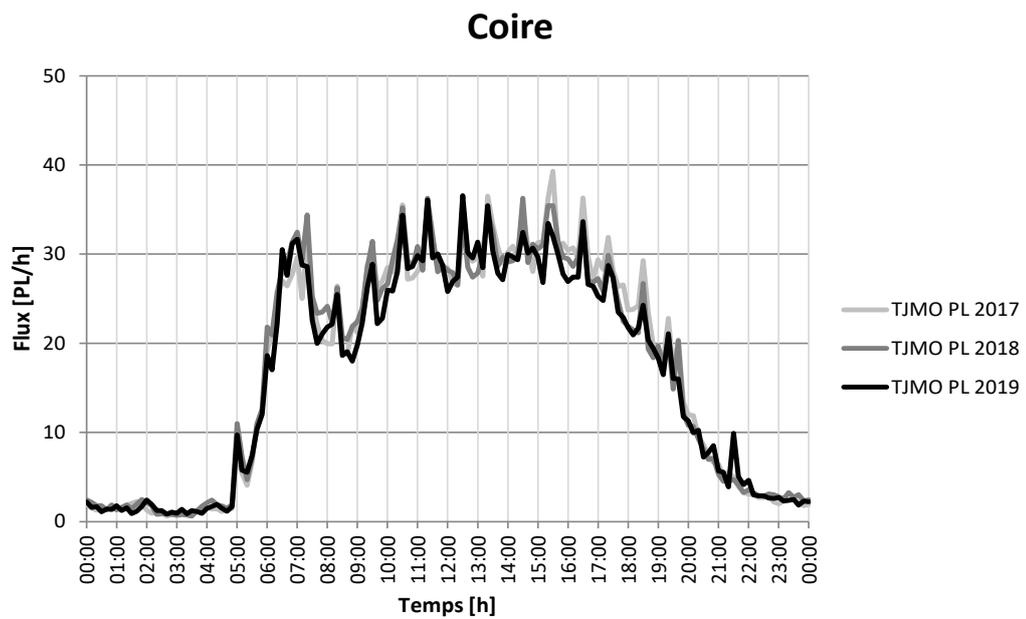
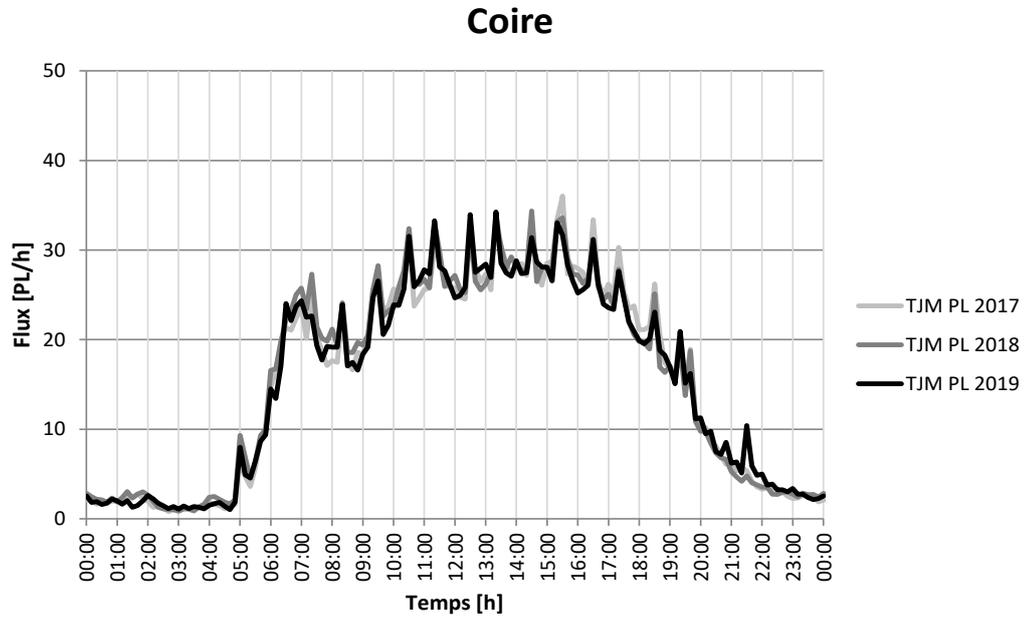
Charge concentrée Q					
Type d'essieu	Charge moy. [kN]	Charge moy. par axe [kN]	f0.95 [kN] (par axe)	f0.99 [kN] (par axe)	f0.9999 [kN] (par axe)
Simple	50	50	105	117	149
Tandem	88	44	168 (84)	193 (96)	241 (120)
Tridem	154	51	239 (80)	251 (84)	297 (99)

#### 6.1.2 Charge répartie q

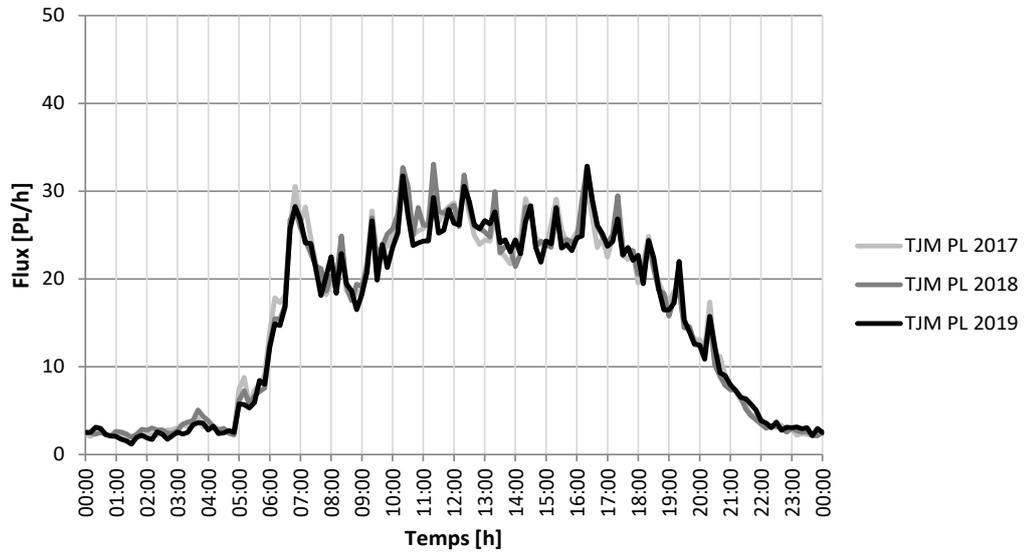
Charge répartie q				
Caractéristique	Charge moy.	f0.95	f0.99	f0.9999
Poids par mètre linéaire [kN/m]	12.4	25.2	31.2	54.3
Poids par surface (largeur 3 m) [kN/m²]	4.1	8.4	10.4	18.1

## 7 Tendances

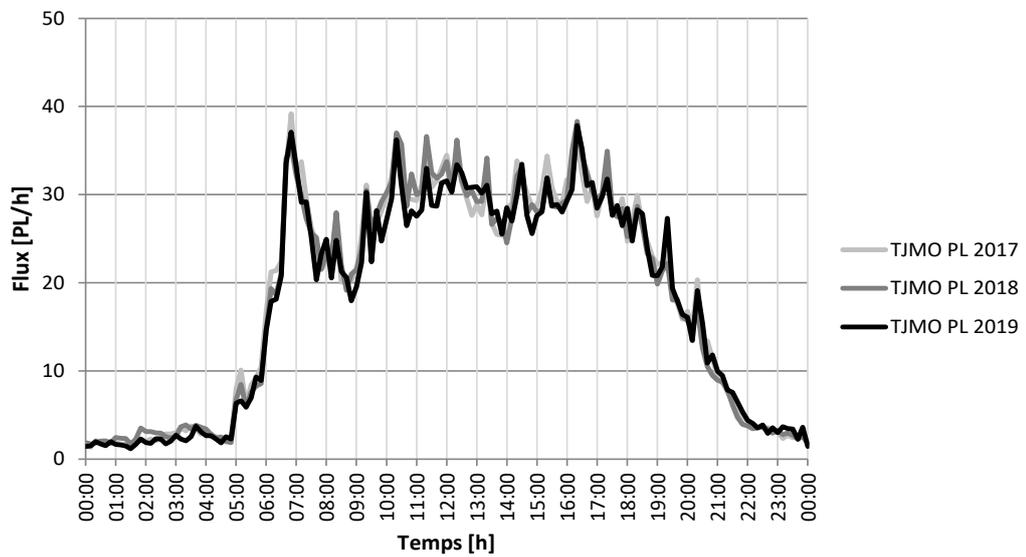
### 7.1 Evolution de la répartition horaire annuelle



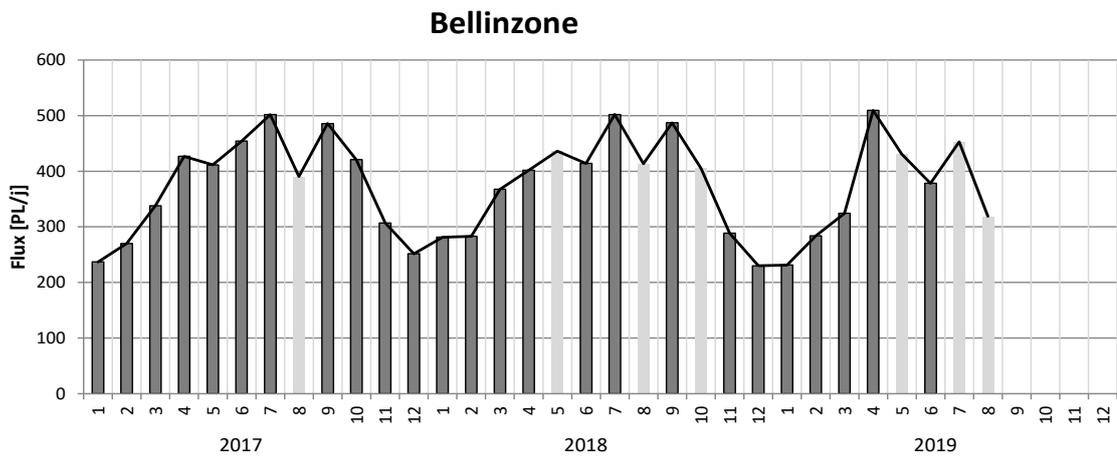
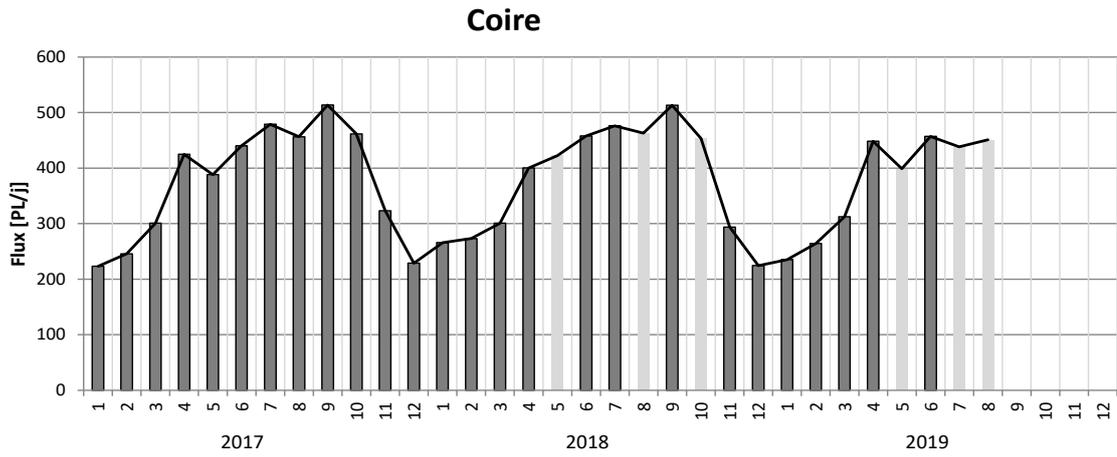
### Bellinzone



### Bellinzone



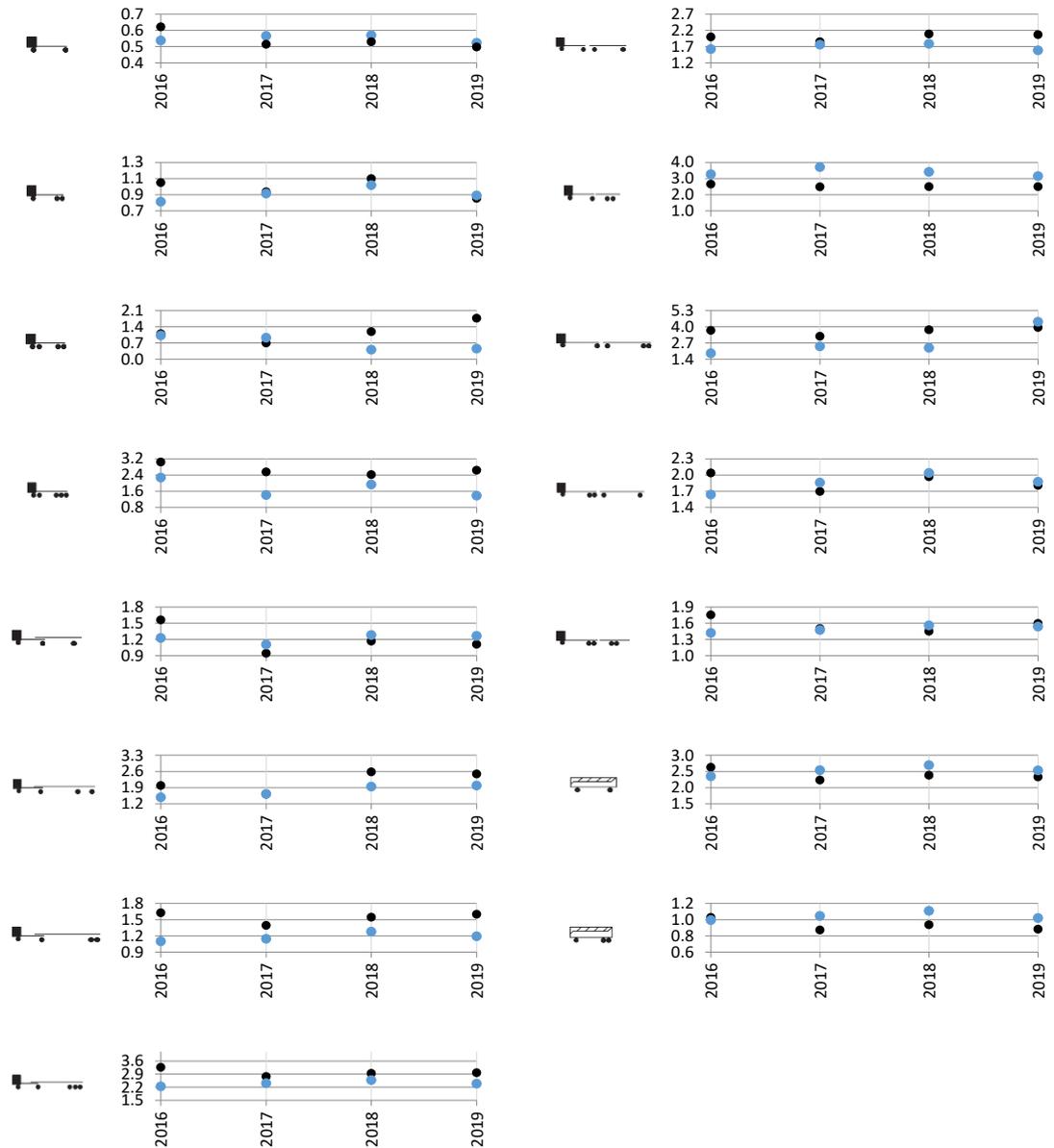
## 7.2 Evolution de la détection par mois



## 7.3 Evolution du modèle de la norme SN 640 320

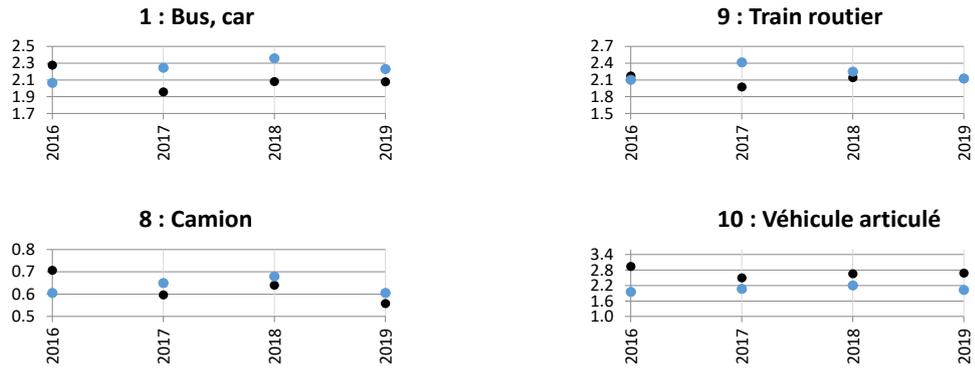
Sont considérées dans ce chapitre uniquement les chaussées souples et semi-rigides.

### 7.3.1 Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules



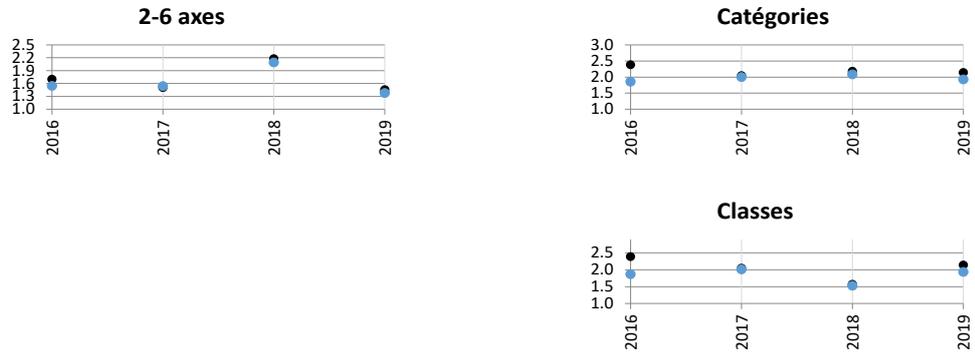
Noir : Direction Coire ; Bleu : Direction Bellinzone.

### 7.3.2 Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules



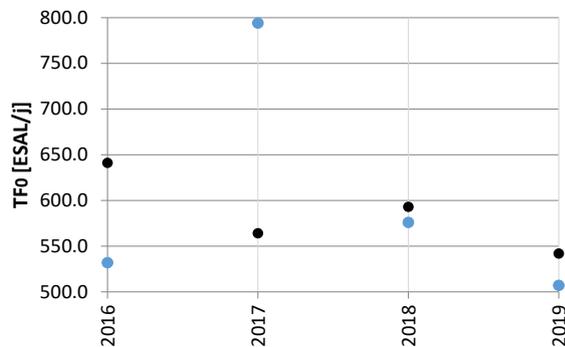
Noir : Direction Coire ; Bleu : Direction Bellinzone.

### 7.3.3 Evolution du facteur d'équivalence moyen



Noir : Direction Coire ; Bleu : Direction Bellinzone.

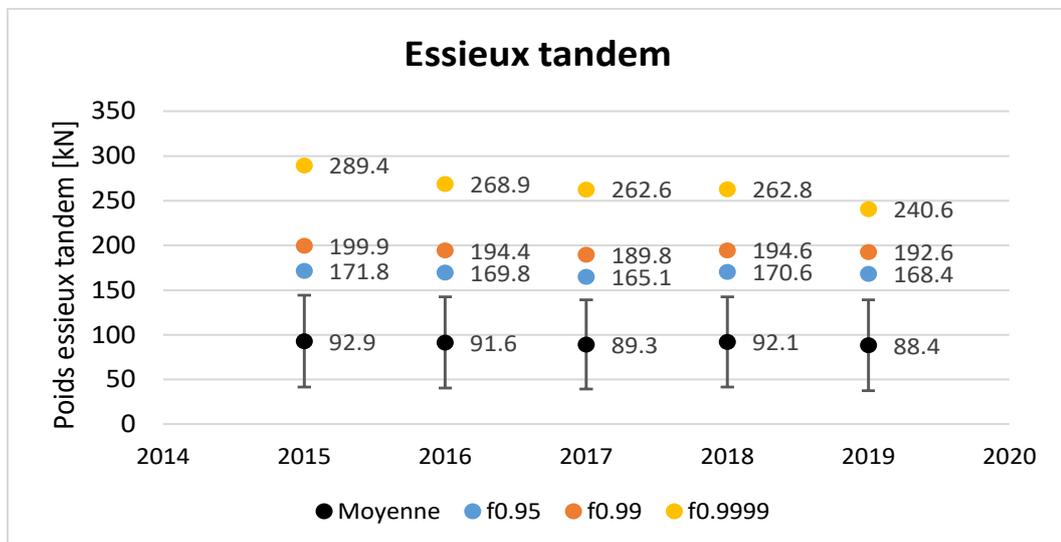
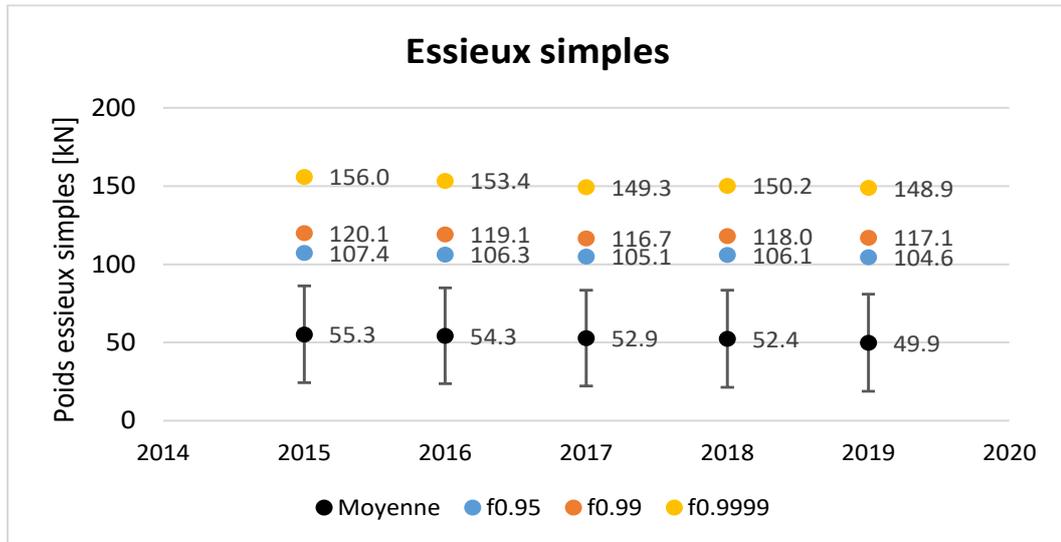
### 7.3.4 Evolution du trafic pondéral équivalent journalier

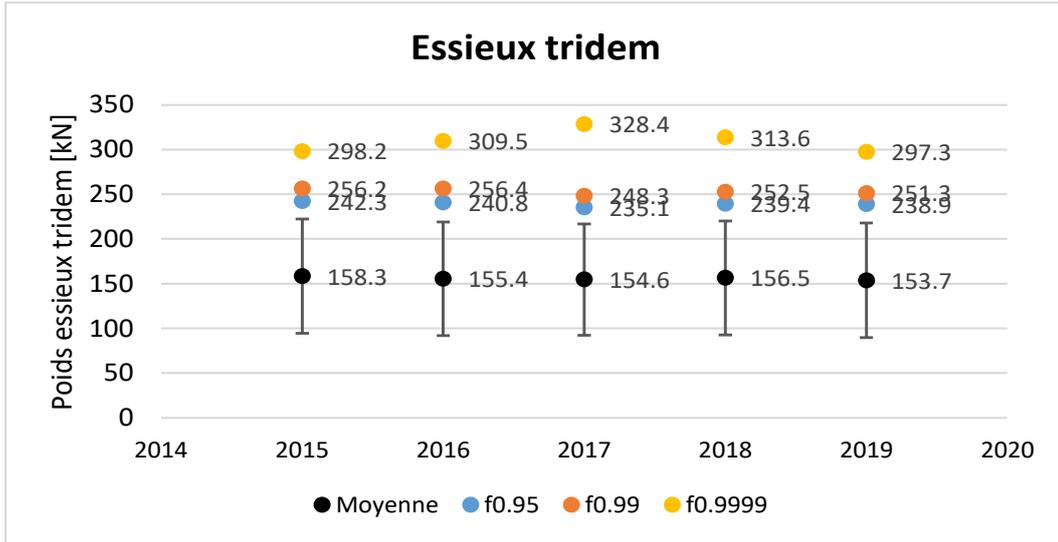


Noir : Direction Coire ; Bleu : Direction Bellinzone.

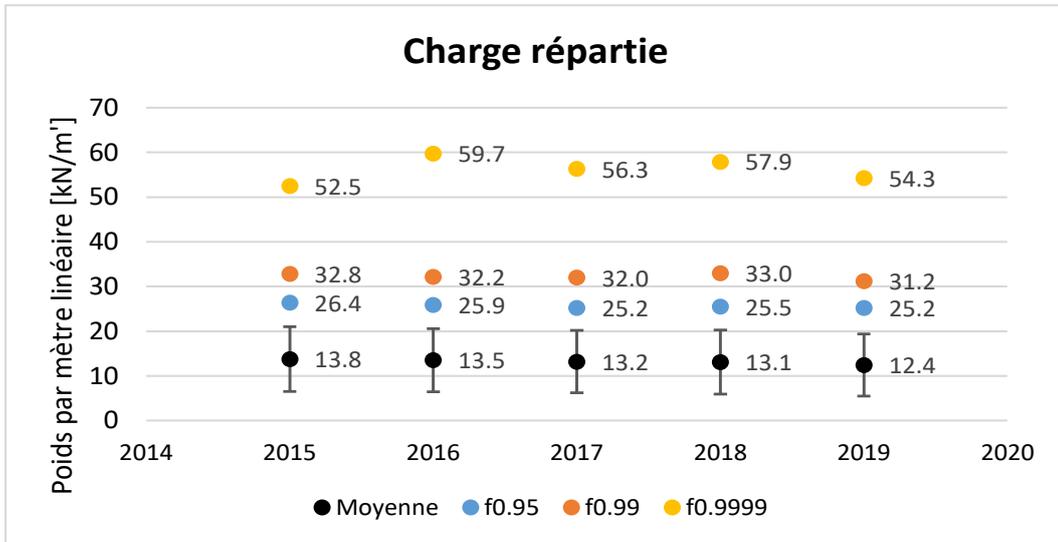
## 7.4 Evolution du modèle de la norme SIA 261

### 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 :	Direction Coire : 14.09.2016 Direction Bellinzone : 14.09.2016	Yellow
Facteurs de corrections relevés :	Direction Coire : -1.07% Direction Bellinzone : -7.09%	Red
Application du facteur de correction :	Direction Coire : Non Direction Bellinzone : Oui	Green
Niveau de confiance à la calibration :	Direction Coire : Bon Direction Bellinzone : Bon	Green
Données pouvant être utilisées pour référence :	Direction Coire : Fin 2016 – 2018 Direction Bellinzone : Fin 2016 – 2018	Yellow
Constations sur la base du traitement des données WIM		
Pertes de données :	~ 145 / 145 jours	Red
Exclusions :	3.34%	Red
Cohérence globale des valeurs :	En ordre	Green
Cohérence des tendances de la station :	En ordre	Green
Classification SWISS10, VT $\geq$ 3.5 to :	34.6%	Red
Silhouettes incohérentes :	39.8% dont 38.7% potentiellement dus à la classification SWISS10 1.1% d'autres incohérences	Red
Propositions		
La confiance dans les données de la station est satisfaisante. 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
Green	1 an	Très bon
Light Green	2-3 ans	Bon
Yellow	4-5 ans	Satisfaisant
Red	> 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) (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.
-