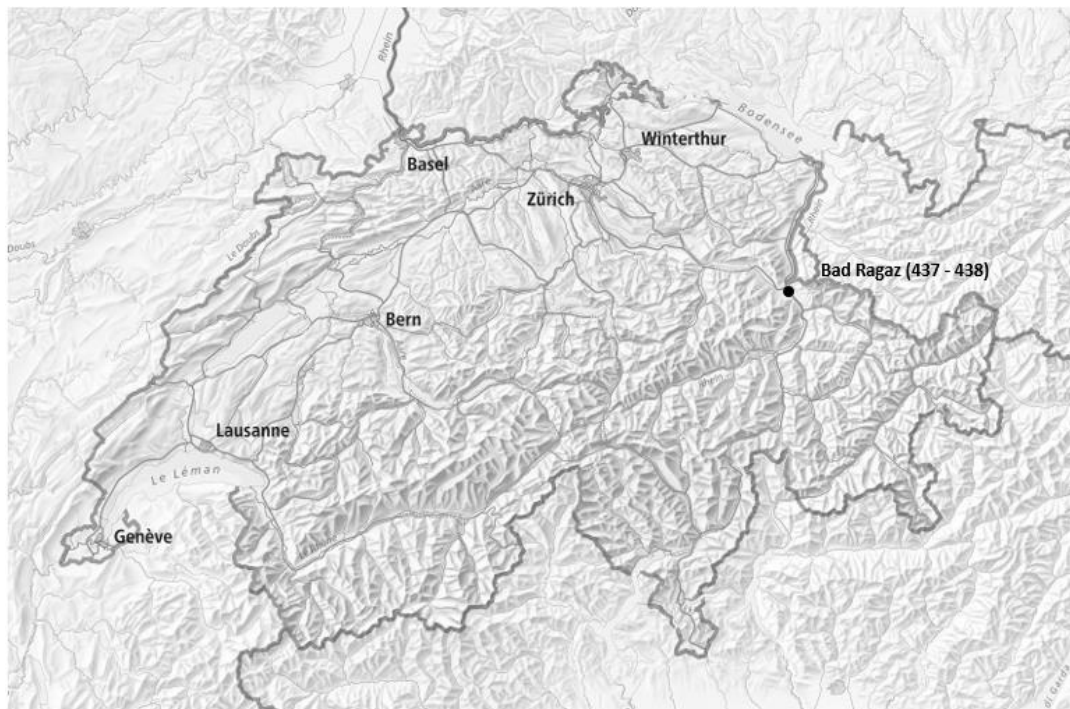




## Bad Ragaz - 2015

### *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\_2015\_437\_438



Version 1

Créé le 30.11.2017 – 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
Bad Ragaz	SG	A13	437 / 438	F4	VI	2	2x2
Situation							
<p><b>437 : Direction Zürich</b></p>  <p><b>438 : Direction Coire</b></p> 							
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							
Perte potentielle de données	20.01.2015 – 14 : 04 à 14 : 16 (437) 02.03.2015 – 13 : 26 à 15 : 26 (437) 10.03.2015 – 15 : 01 à 15 : 16 (437) 10.03.2015 – 15 : 45 à 15 : 57 (437) 10.03.2015 – 16 : 22 à 16 : 31 (437) 11.03.2015 – 09 : 51 à 10 : 42 (437) 22.08.2015 – 15 : 33 à 15 : 50 (437) 15.01.2015 – 11 : 31 à 13 : 31 (438) 21.01.2015 – 13 : 45 à 14 : 31 (438) 27.02.2015 – 09 : 08 à 10 : 02 (438) 12.03.2015 – 15 : 06 à 15 : 16 (438) 22.09.2015 – 08 : 26 à 10 : 21 (438) 02.11.2015 – 03 : 57 à 04 : 00 (438)						
<i>Evènements particuliers</i>							
<i>Décisions</i>							
<i>Concaténation</i>							
Nom de fichiers :	2015_437_concat.log ; 2015_438_concat.log ;						
Nombre d'enregistrements :	7'936'232 (437) ; 7'951'634 (438)						
Nombre de jours effectifs :	364.8 (437) ; 364.8 (438)						

## 2 Intégrité des données

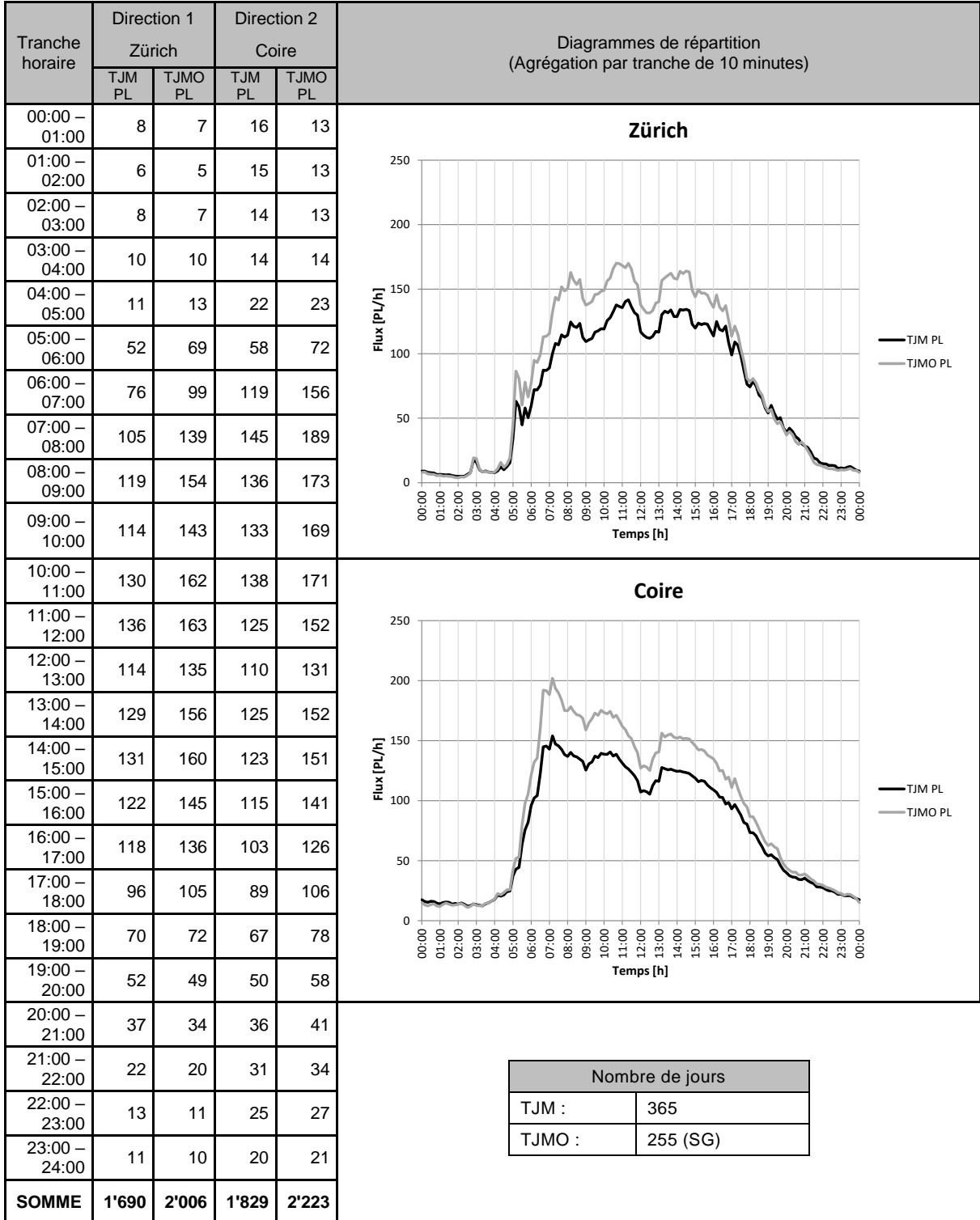
Documents de référence : [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

Filtre des données (démarche pas à pas)	
1)	Véhicules de moins de 3.5 tonnes (14'579'720 enregistrements).
2)	633'346 enregistrements direction D1. 674'800 enregistrements direction D2.
3)	Longueur totale nulle (0 enregistrements).
4)	Longueur totale supérieure à 26.00m (265 enregistrements).
5)	Poids nul sur un des axes (0 enregistrements).
6)	Entraxe inférieur à 60cm (14'192 enregistrements).
7)	Poids total supérieur à 65 tonnes (1'727 enregistrements, hors grues mobiles).
8)	Poids sur un axe supérieur à 18 tonnes (374 enregistrements, hors grues mobiles).
9)	Longueur totale inférieure à 4.00m (8'505 enregistrements).
<i>Décisions</i>	
1)	Exclusion (2015_437_438_u3500.log).
2)	-
3)	-
4)	Exclusion.
5)	-
6)	Exclusion.
7)	Exclusion.
8)	Exclusion.
9)	Exclusion.
<i>Fichiers</i>	
Nom de fichier de traitement statistique :	2015_437_438.log
Nombre d'enregistrements :	1'283'083
Nom de fichier d'exclusions :	2015_437_438_exclus.log
Nombre d'enregistrements :	25'063

Sur un total de 15'887'866 enregistrements, 14'579'720 ont été séparés en raison de leur appartenance aux véhicules légers (< 3.5 tonnes) et 25'063 enregistrements (1.92%) ont été exclus du jeu de données de base en raison d'incohérences potentielles de données.

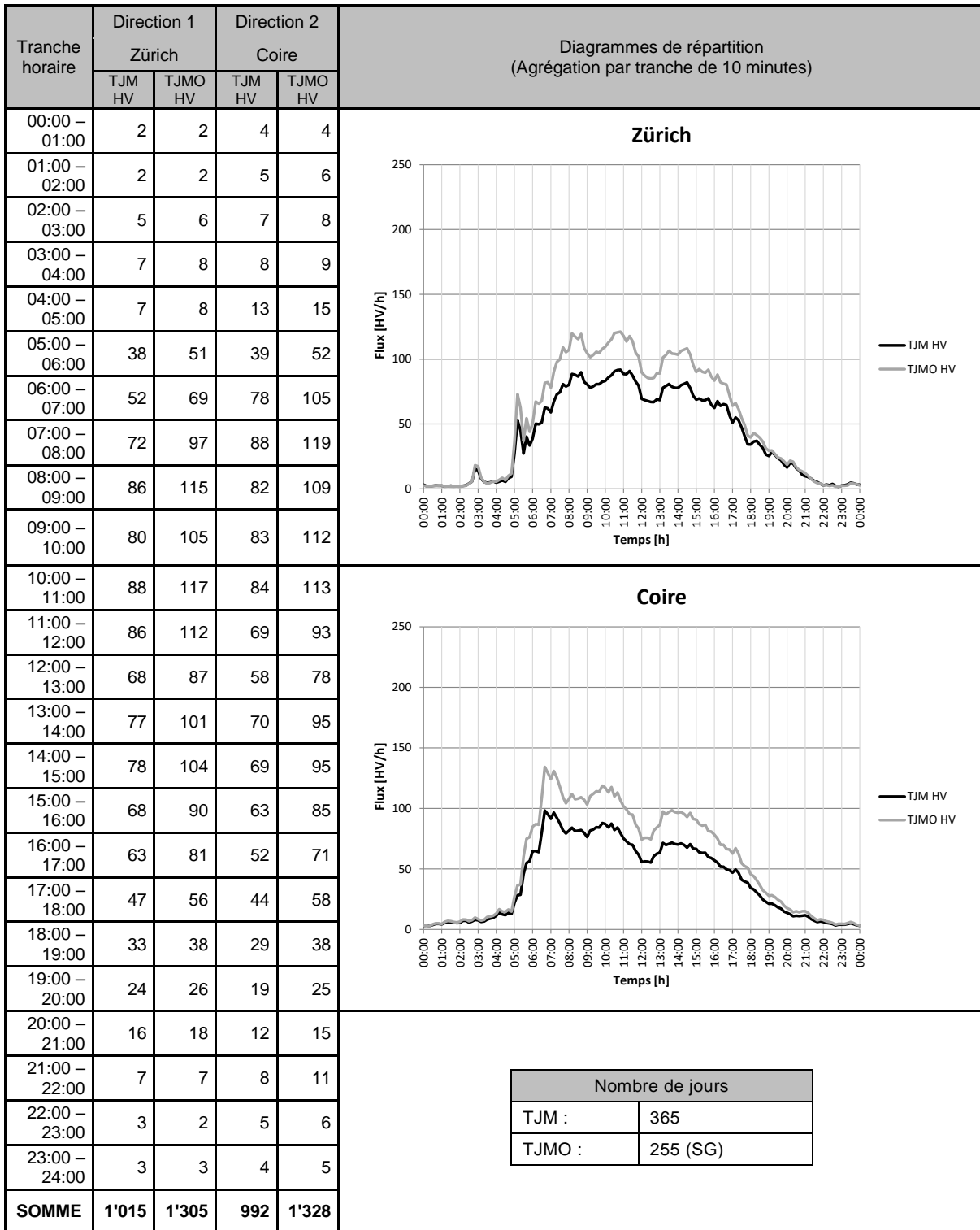
### 3 Traitements statistiques

#### 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)

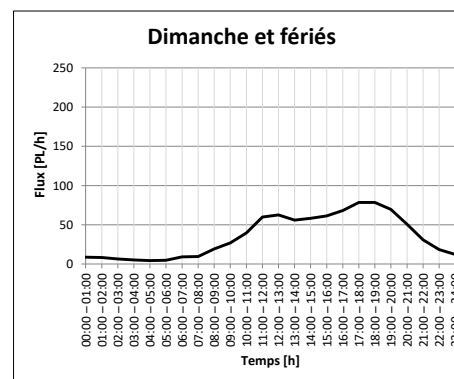
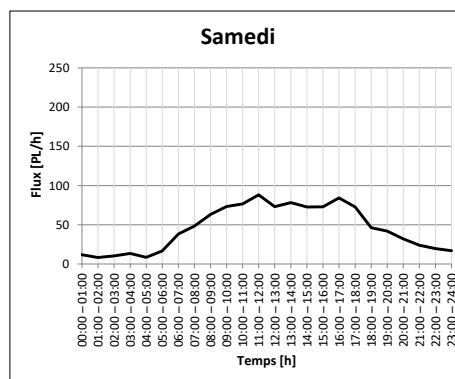
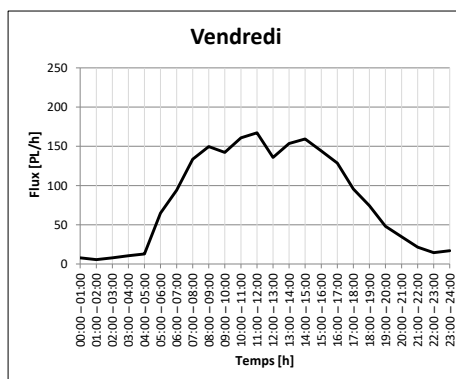
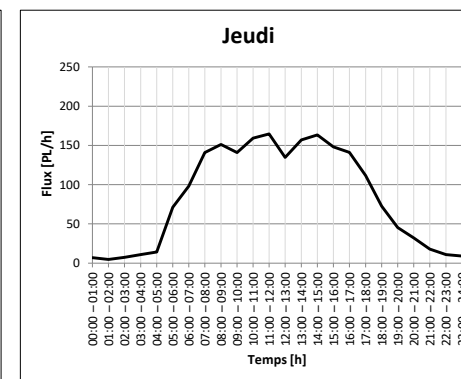
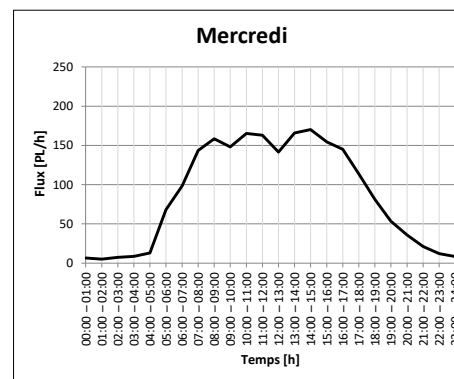
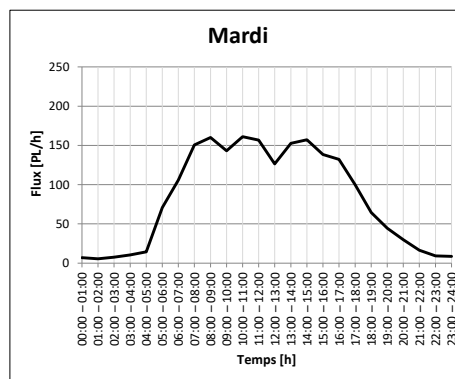
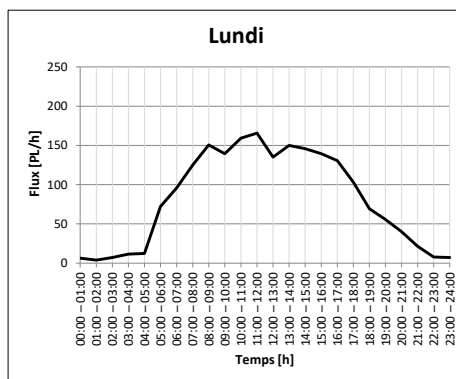


Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

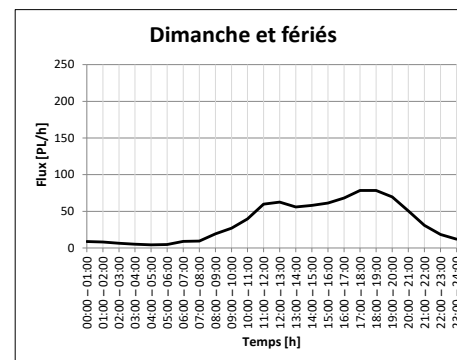
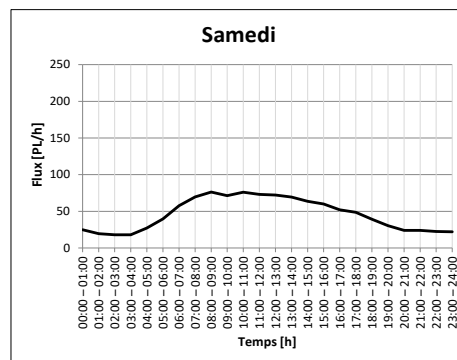
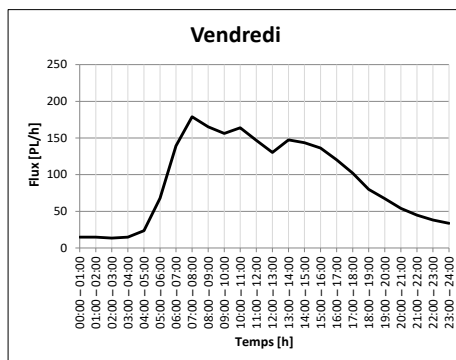
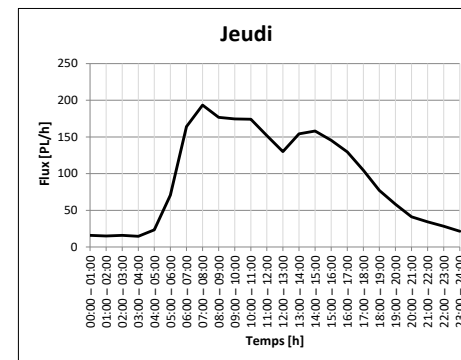
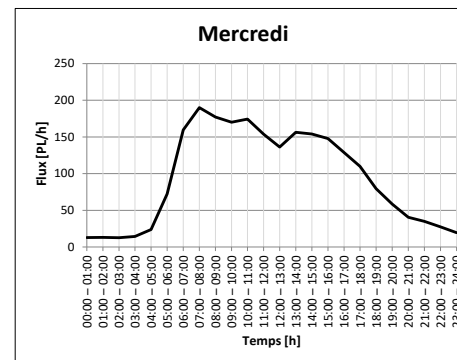
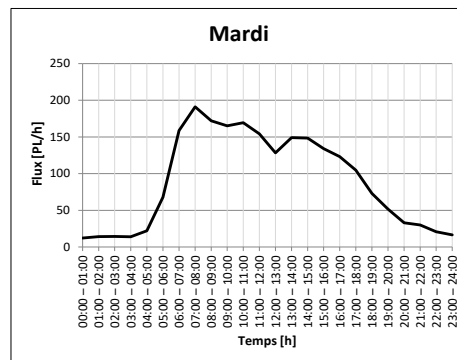
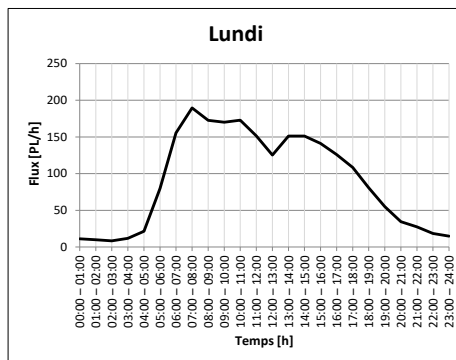
### 3.3 Répartition horaire journalière

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

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



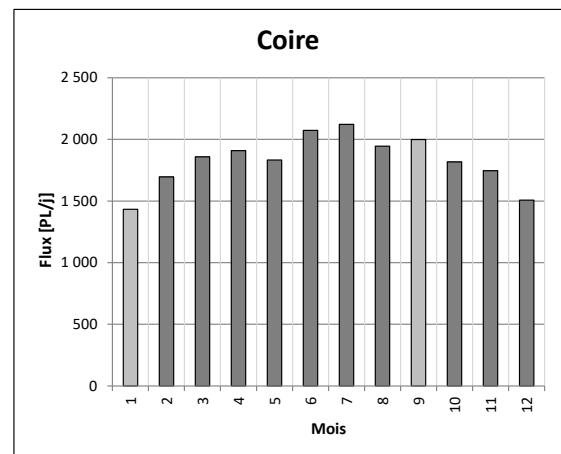
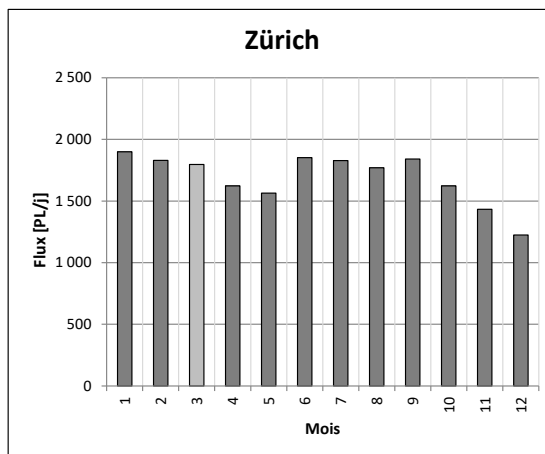
**Direction 2 : Coire** (Agrégation par heure)



## 3.4 Détection de véhicules

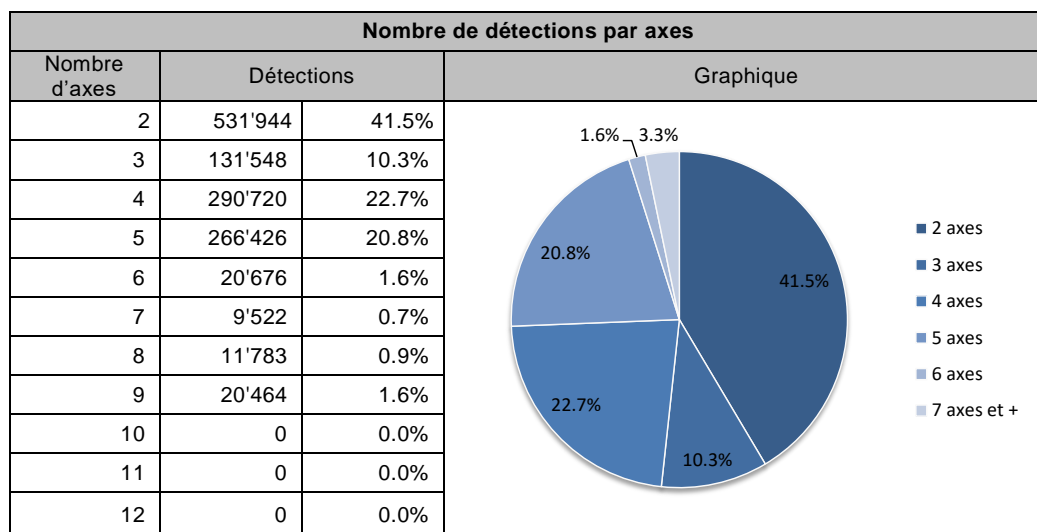
### 3.4.1 Par mois

Nombre de détections par mois		
Mois	Direction 1 : Zürich	Direction 2 : Coire
Janvier	58'884	44'256
Février	51'217	47'453
Mars	55'514	57'609
Avril	48'660	57'241
Mai	48'494	56'820
Juin	55'548	62'202
Juillet	56'658	67'762
Août	54'857	60'272
Septembre	55'197	59'758
Octobre	50'320	56'309
Novembre	42'998	52'363
Décembre	37'949	46'742



*Remarque : Le calcul des répartitions mensuelles prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données). Mois de janvier (438), mars (437) et septembre (438) : valeurs de détections non estimées, valeurs journalières estimées.*

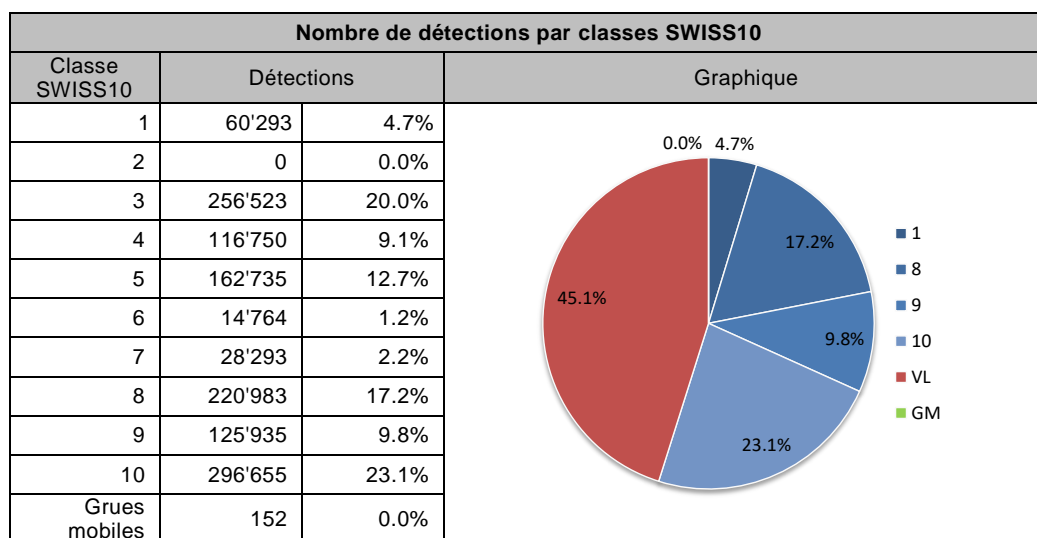
### 3.4.2 Par nombre d'axes



### 3.4.3 Par classes SWISS10

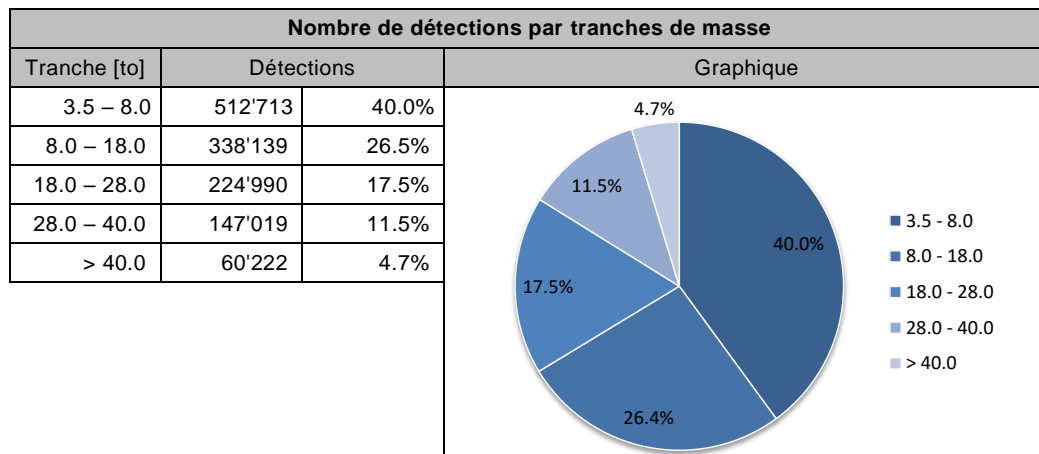
#### Classes de véhicules Swiss 10 [4]

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 579'065 enregistrements (classes 2 à 7, 45.1%) sont classifiés parmi les catégories assimilables aux véhicules légers alors que leurs enregistrements font référence à des véhicules lourds.

### 3.4.4 Par tranches de masse



### 3.4.5 Silhouettes prédominantes

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

Silhouettes prédominantes					
Configuration		Silhouette	SWISS10	Détections	
S/S	Non-cohérent			351'816	27.4%
S/S/Tr	0 - - - - 0 + - - - - 000		10	141'145	11.0%
S/S	0 - - - - 0		8	139'533	10.9%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - - 00		10	84'771	6.6%
S/S/Ta	Non-cohérent			73'839	5.8%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + 0 - - - - 0		9	52'961	4.1%
S/S/S	Non-cohérent			44'040	3.4%
S/S	0 - - - - 0		1	39'357	3.1%
Ta/Ta	Non-cohérent			38'259	3.0%
S/Ta/S/S	0 - - - - 00 + 0 - - - - 0		9	36'395	2.8%
S/Ta	0 - - - - 00		8	33'236	2.6%
S/S/Tr	Non-cohérent			24'349	1.9%
S/S/S	0 - - - - 0 + - - 0 - -		10	19'958	1.6%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + - - - - 0 - 0		10	15'038	1.2%
S/Ta	0 - - - - 00		1	14'935	1.2%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - 00 - -		9	14'503	1.1%
S/Ta	Non-cohérent			12'920	1.0%
Autres silhouettes selon SN 640 320					
S/Ta/Ta	0 - - - - 00 + - - - 00 - -		9	7'770	0.6%
Ta/Tr	00 - - 000		Non-classé (8)	2'969	0.2%
S/S/S/Ta	0 - - - - 0 + 0 - - - - 00		9	1'482	0.1%
Ta/Ta	00 - - - 00		8	356	0.0%

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






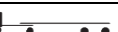




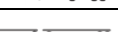
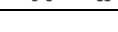
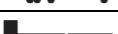

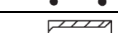
## 4 Modèle selon norme SN 640 320

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

### 4.1 Répartition entre les voies de circulation

Répartition entre les voies de circulation					
Configuration	Direction 1 : Zürich		Direction 2 : Coire		Sur la base de :
	1	2	1	2	
2x2 voies	45.2%	2.8%	48.0%	4.0%	Nombre de détections
	48.7%	1.2%	48.3%	1.8%	Masse totale
	50.0%	0.5%	48.4%	1.1%	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 : Zürich	Direction 2 : Coire	Norme 2011	Direction 1 : Zürich	Direction 2 : Coire	Norme 2011
	0.87	0.80	0.7	0.83	0.78	0.6
	1.31	1.29	1.4	1.80	1.85	2.1
	1.61	1.60	1.5	2.77	2.77	2.7
	2.76	3.06	1.9	6.59	7.44	3.0
	1.06	1.39	0.5	0.96	1.31	0.5
	1.80	2.13	1.7	1.79	2.16	1.8
	1.12	1.29	1.8	1.14	1.36	2.2
	2.90	2.58	2.0	3.76	3.27	2.2
	1.66	1.90	2.0	1.61	1.88	1.9
	1.98	3.23	1.7	2.13	3.72	1.6
	2.89	3.04	1.3	3.16	3.40	1.0
	2.87	1.90	2.5	3.63	2.36	2.6
	1.53	1.59	1.2	2.21	2.38	0.9
	2.82	2.48	0.7	3.03	2.64	0.6
	1.04	1.12	1.4	1.41	1.53	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 : Zürich	Direction 2 : Coire	Norme 2011	Direction 1 : Zürich	Direction 2 : Coire	Norme 2011
1 : Bus, car	2.29	2.09	2.3	2.54	2.34	2.3
8 : Camion	0.97	0.91	0.9	1.04	1.01	1.0
9 : Train routier	2.06	2.07	1.9	2.35	2.38	2.0
10 : Véhicule articulé	2.21	2.09	1.7	2.75	2.49	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 : Zürich	Direction 2 : Coire	Norme 2011	Direction 1 : Zürich	Direction 2 : Coire	Norme 2011
Silhouettes (2-6 axes)	1.21	1.09	1.6	1.49	1.34	1.7
	93.7%	97.9%		93.7%	97.9%	
Catégories	1.84	1.76		2.18	2.05	
	48.8%	50.4%		48.8%	50.4%	
Classes	1.81	1.74		2.12	2.03	
	46.4%	48.3%		46.4%	48.3%	

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

##### Chaussées souples et semi-rigides

###### Direction 1 : Zürich

$$TF_0 = \frac{616'298 \text{ PL}}{364.8 \text{ jours}} \cdot 1.21 \cdot \frac{50.0\%}{50.5\%} = 2'016 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

###### Direction 2 : Coire

$$TF_0 = \frac{666'785 \text{ PL}}{364.8 \text{ jours}} \cdot 1.09 \cdot \frac{48.4\%}{49.5\%} = 1'951 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

##### Chaussées rigides et combinées

###### Direction 1 : Zürich

$$TF_0 = \frac{616'298 \text{ PL}}{364.8 \text{ jours}} \cdot 1.49 \cdot \frac{50.0\%}{50.5\%} = 2'500 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

###### Direction 2 : Coire

$$TF_0 = \frac{666'785 \text{ PL}}{364.8 \text{ jours}} \cdot 1.34 \cdot \frac{48.4\%}{49.5\%} = 2'397 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

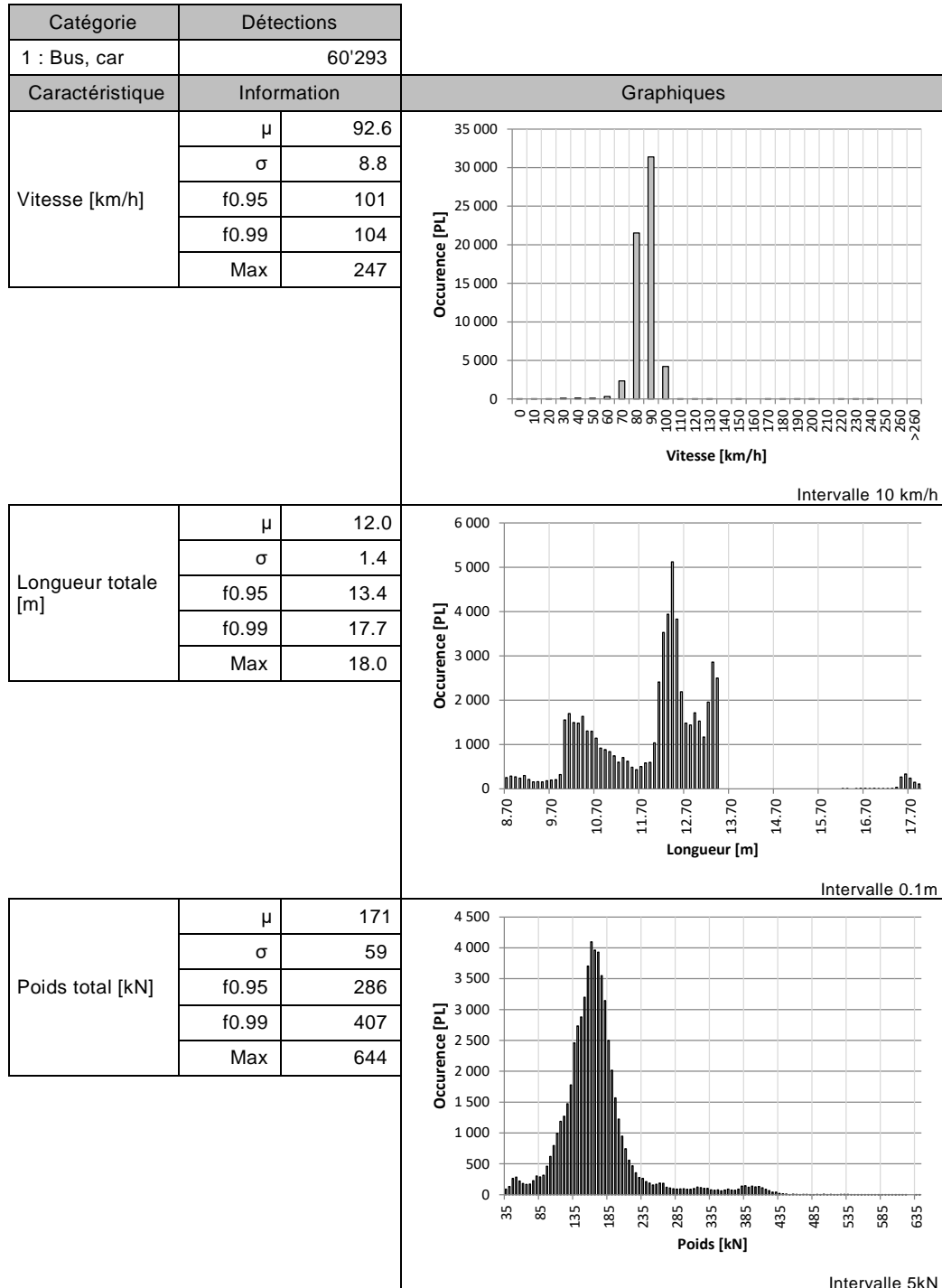
#### 4.6 Tendence pour l'estimation du taux d'accroissement annuel

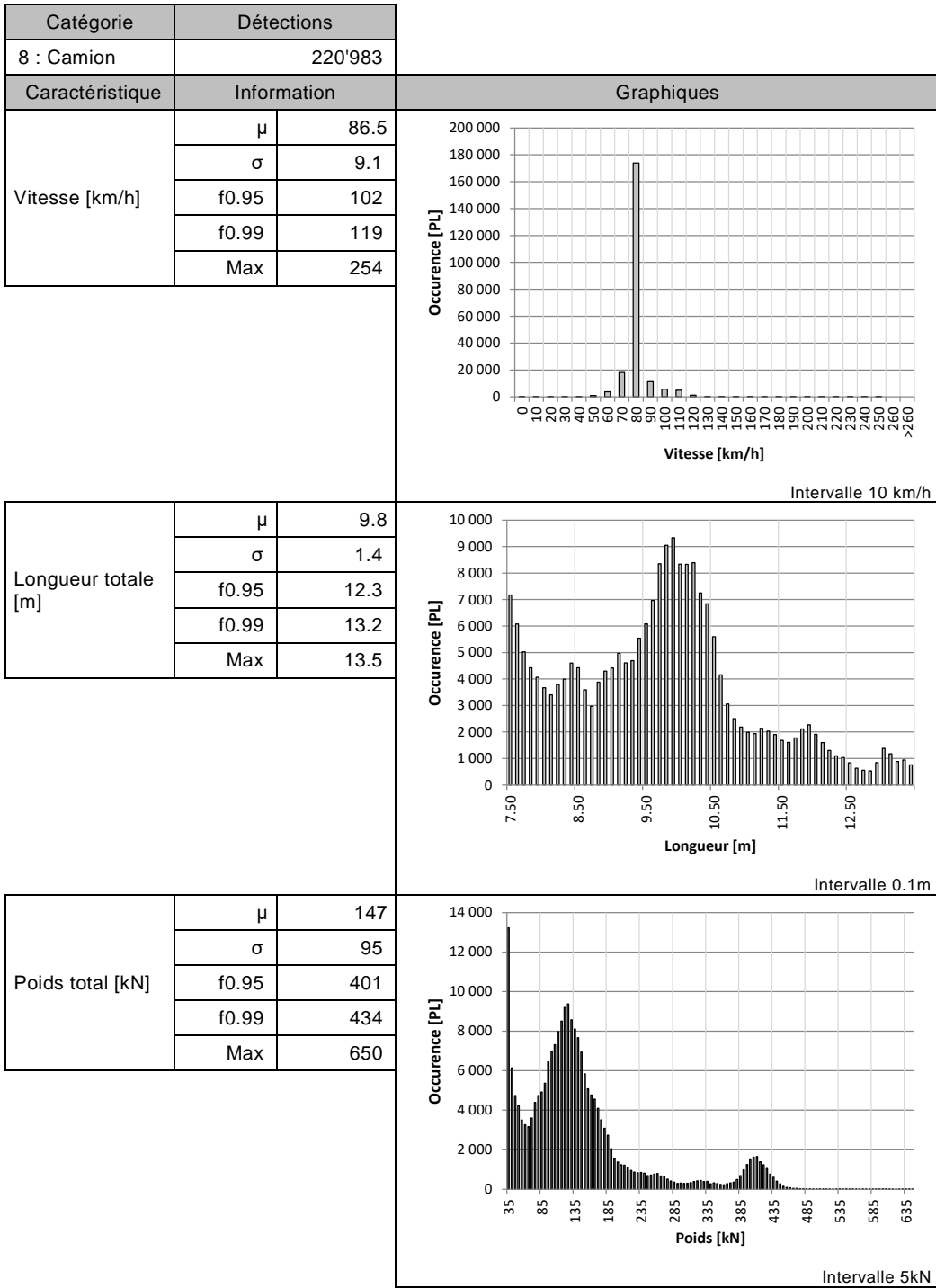
Tendance pour l'estimation du taux d'accroissement annuel		
Direction 1 : Zürich	Direction 2 : Coire	Sur la base de :
1.2%	0.9%	Nombre de détections
0.6%	0.2%	Masse totale
0.0%	-0.5%	Trafic pondéral équivalent total W

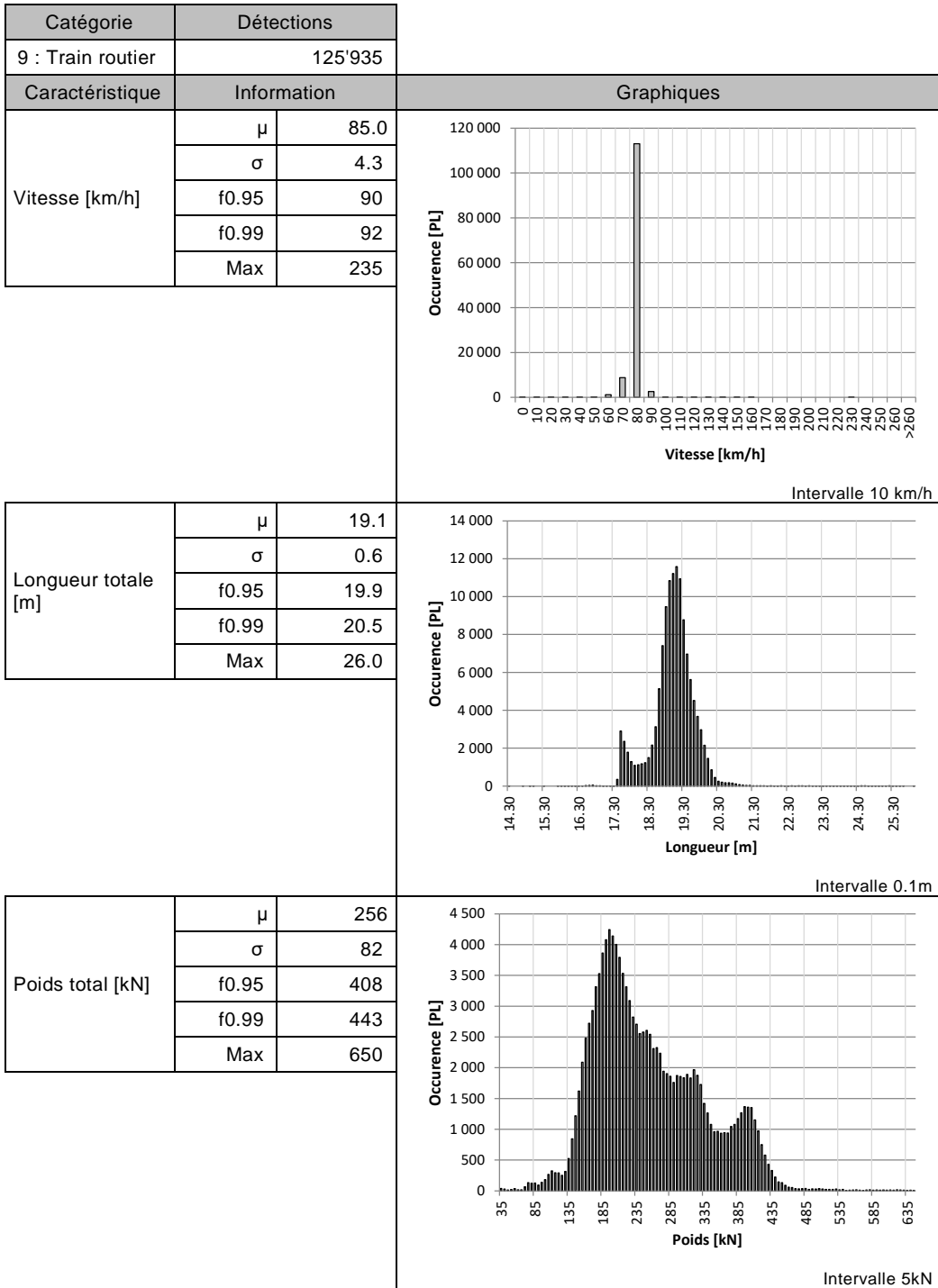
Cette section est déterminée sur la base des rapports annuels 2014 et 2015.

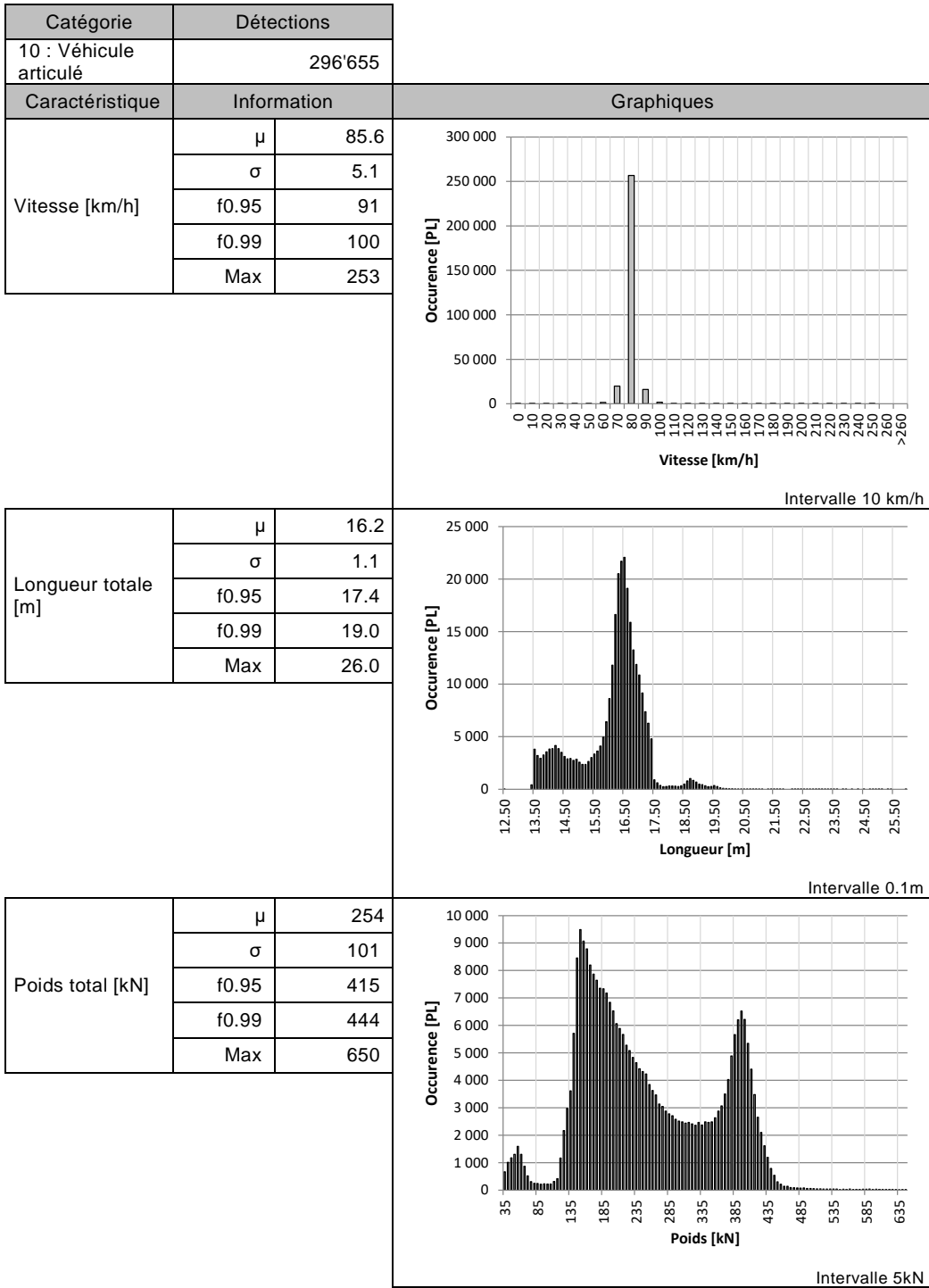
## 5 Caractéristiques des poids lourds

### 5.1 Caractéristiques des catégories de poids lourds



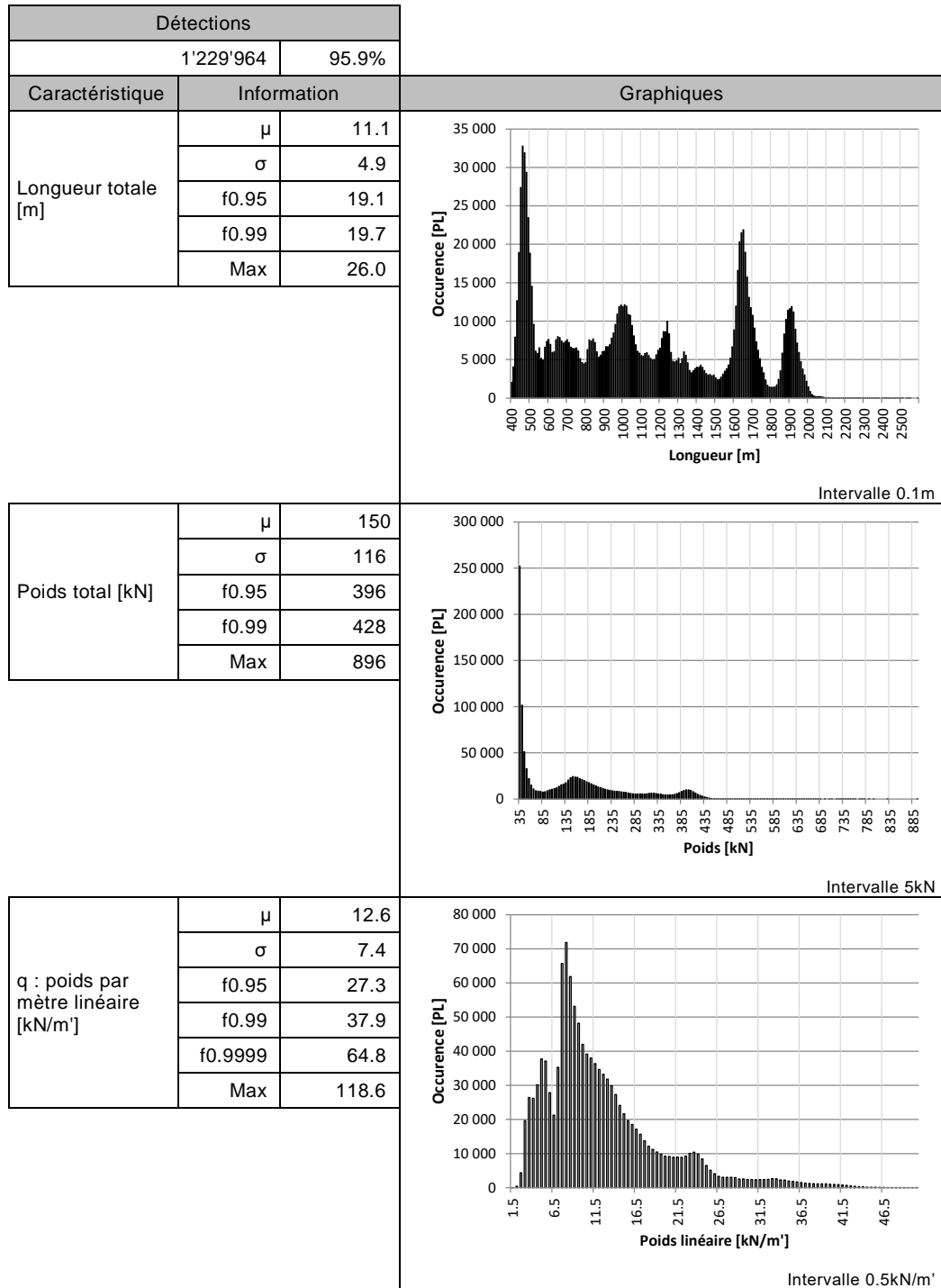


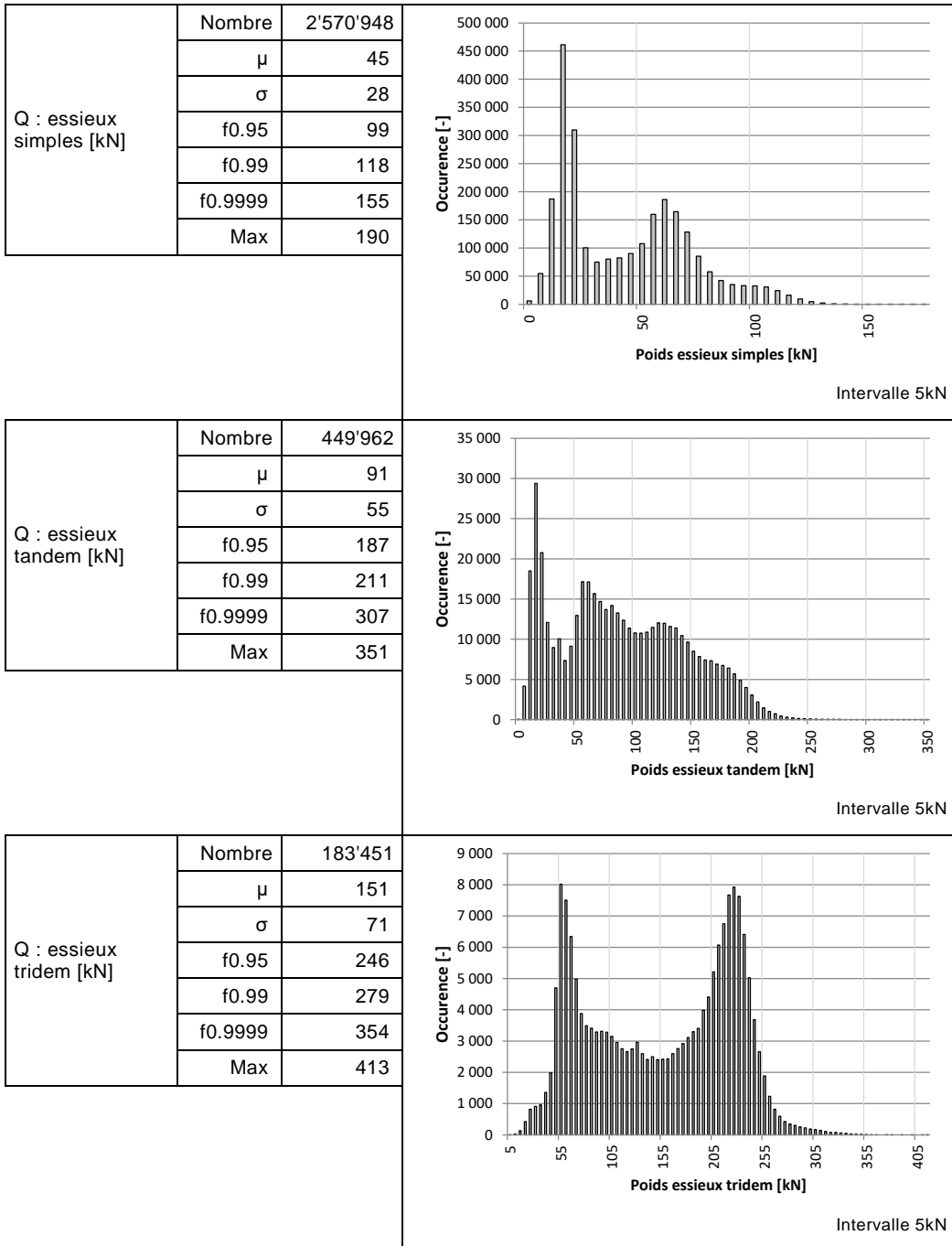




## 5.2 Caractéristiques globales de l'échantillon

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



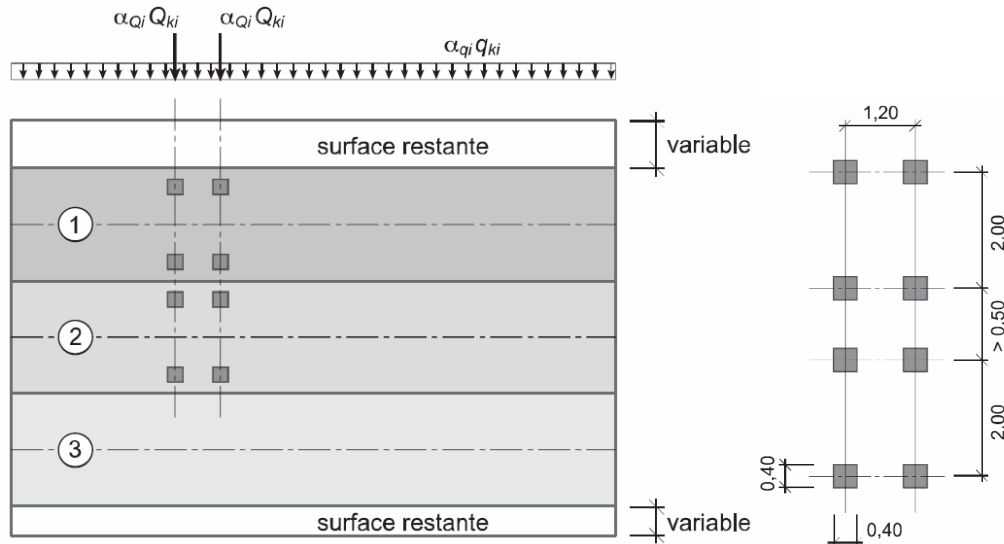


## 6 Modèle selon norme SIA 261

Document de référence : [3]

Les données considérées sont celles des silhouettes détectées de 2 à 6 axes, soit 95.9% 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

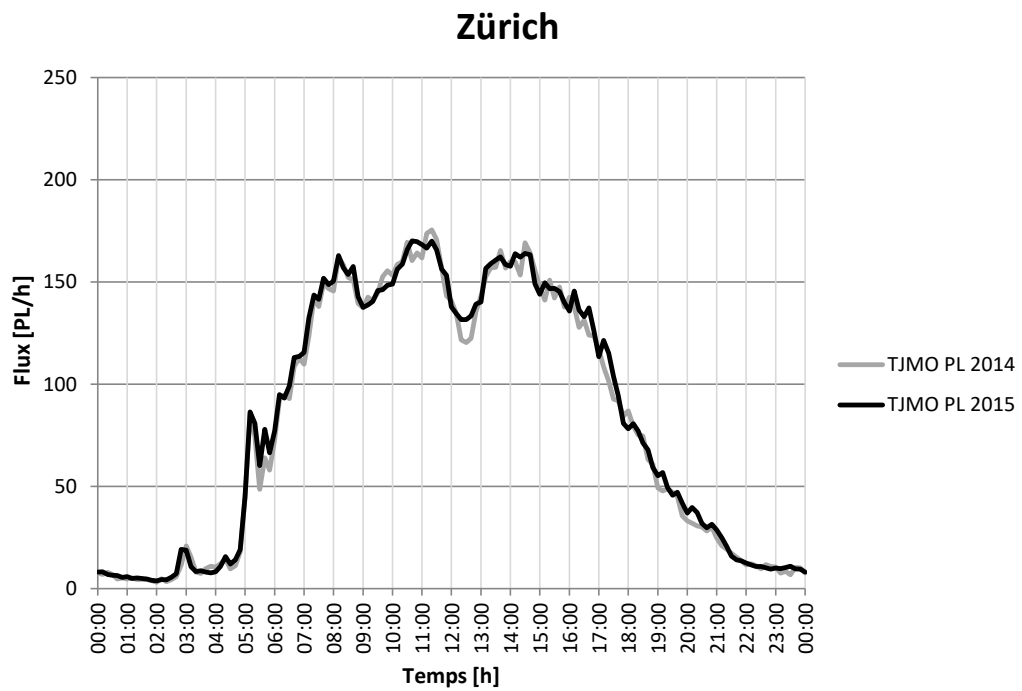
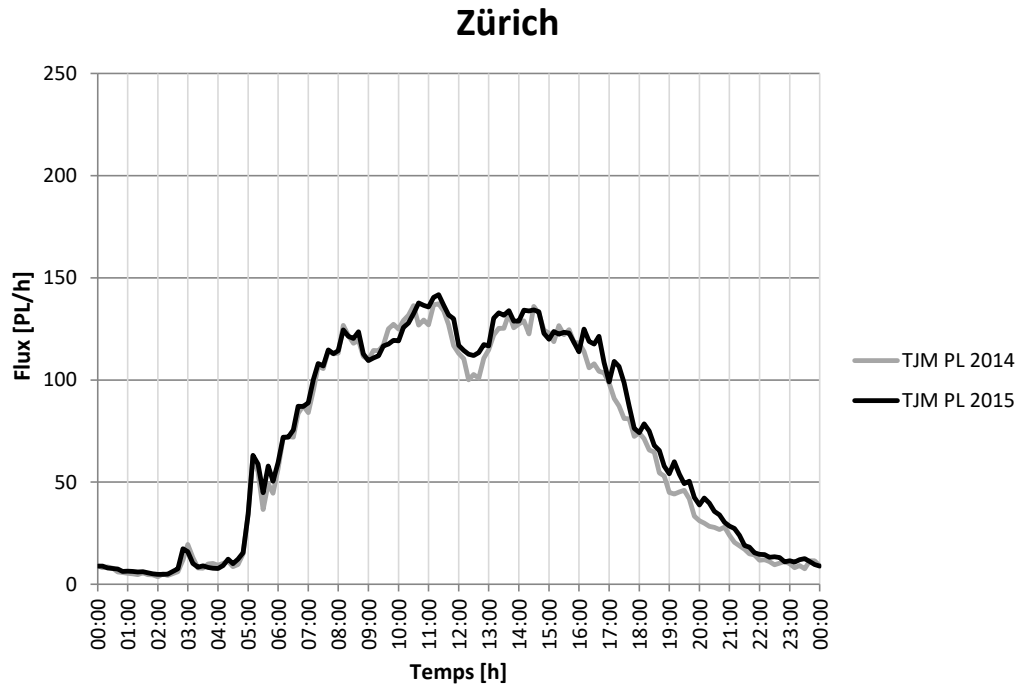
Charge concentrée Q					
Type d'essieu	Charge moy. [kN]	Charge moy. par axe [kN]	f0.95 [kN] (par axe)	f0.99 [kN] (par axe)	f0.9999 [kN] (par axe)
Simple	45	45	99	118	155
Tandem	91	45	187 (94)	211 (106)	307 (153)
Tridem	151	50	246 (82)	279 (93)	354 (118)

#### 6.1.2 Charge répartie q

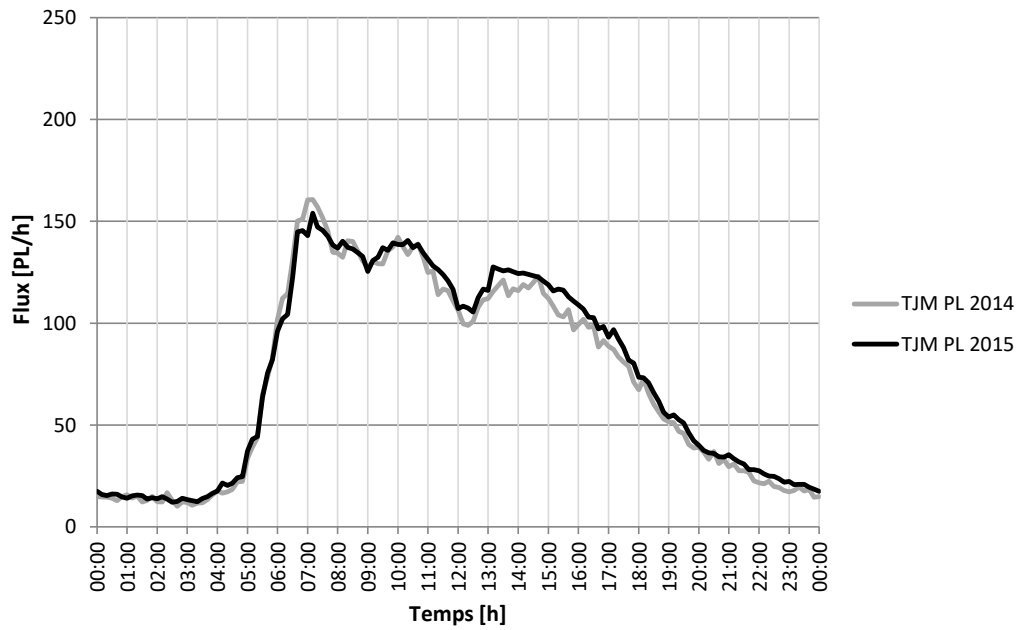
Charge répartie q				
Caractéristique	Charge moy.	f0.95	f0.99	f0.9999
Poids par mètre linéaire [kN/m']	12.6	27.3	37.9	64.8
Poids par surface (largeur 3 m) [kN/m²]	4.2	9.1	12.6	21.6

## 7 Tendances

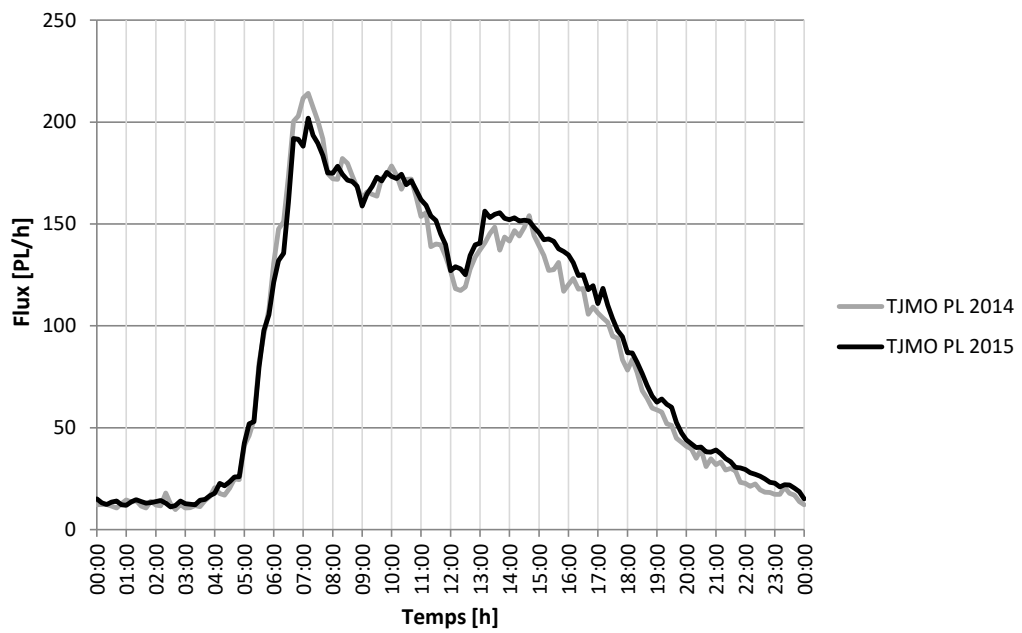
### 7.1 Evolution de la répartition horaire annuelle



### Coire

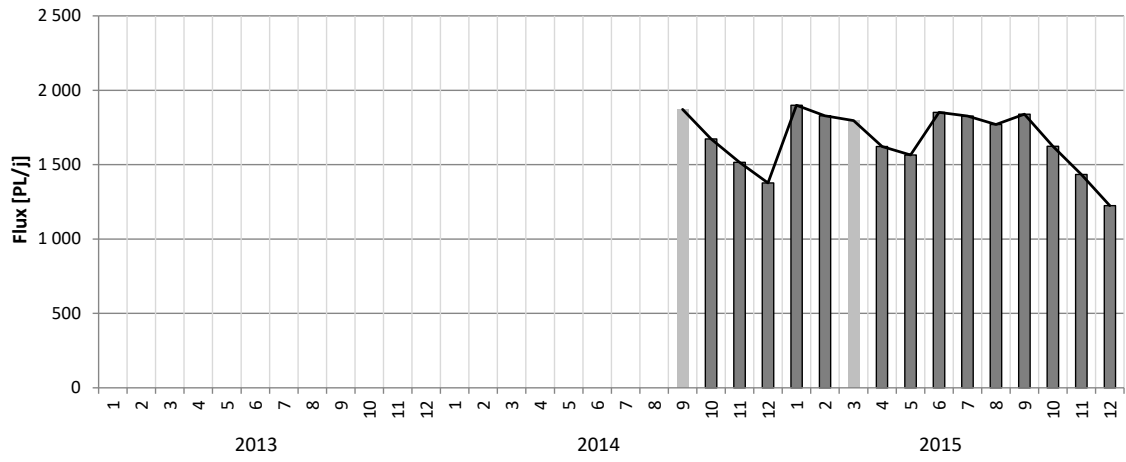


### Coire

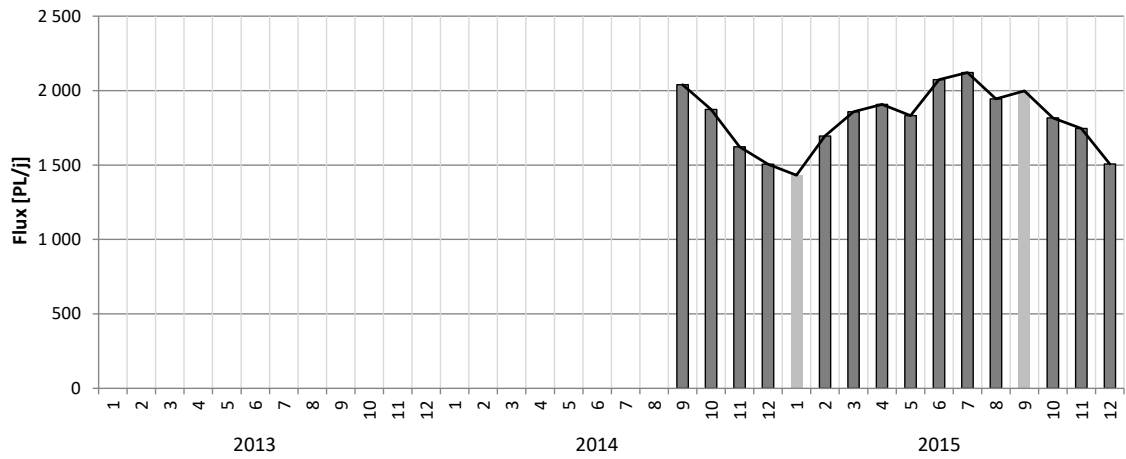


## 7.2 Evolution de la détection par mois

### Zürich



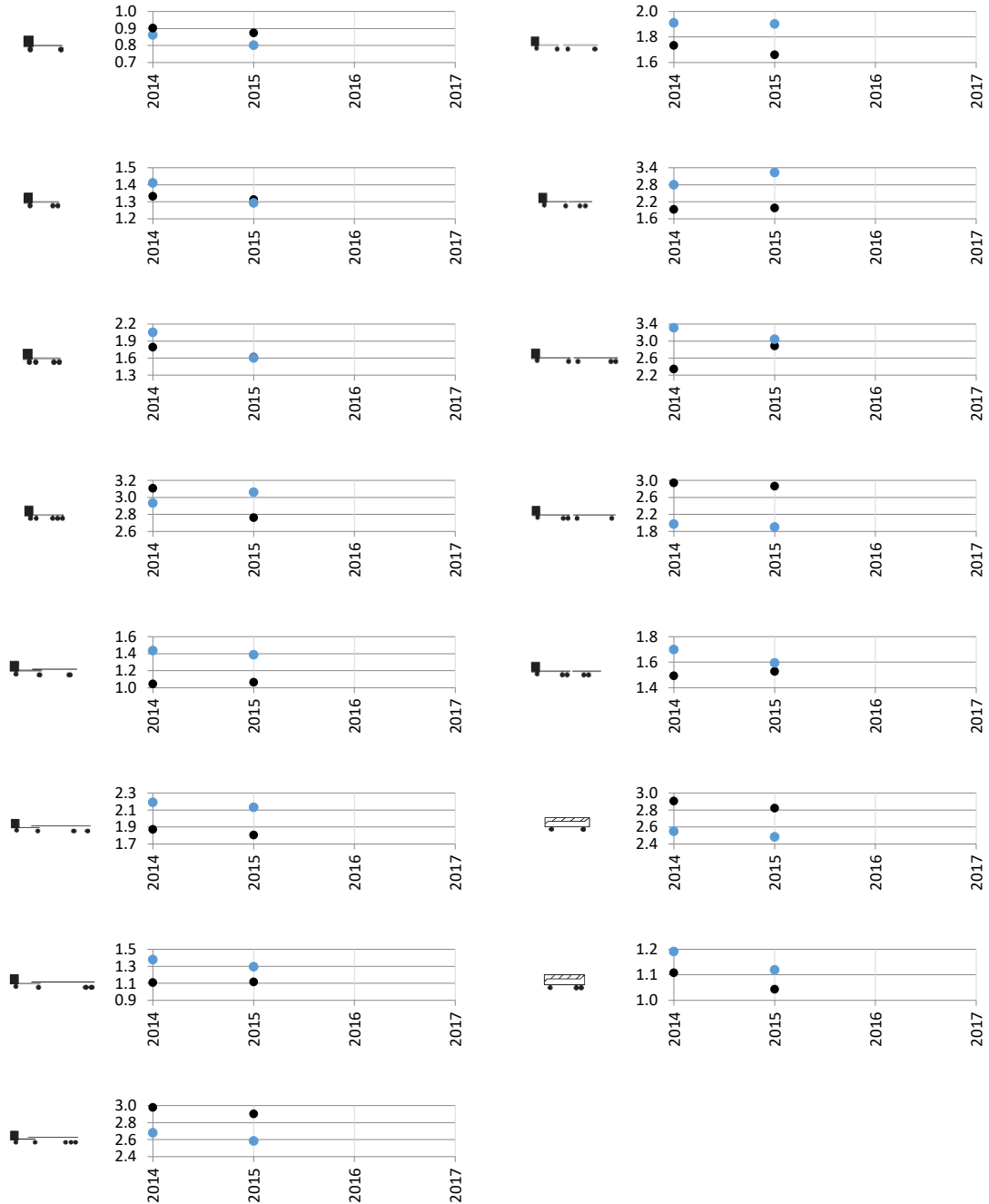
### Coire



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

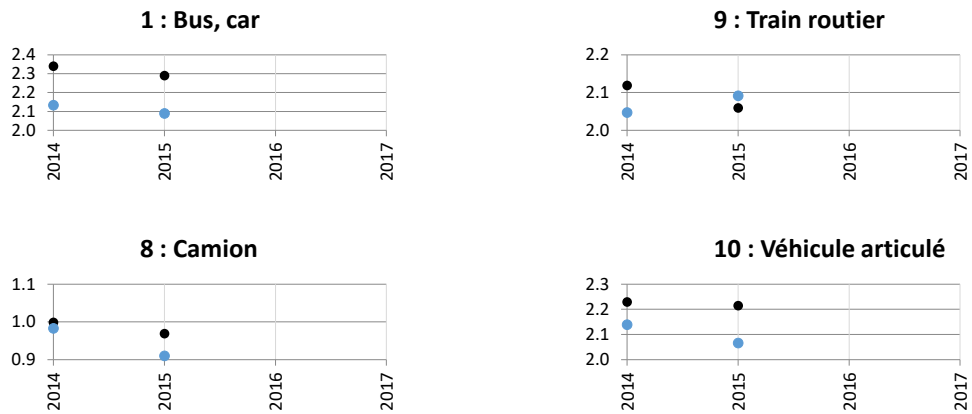
Sont considérées dans ce chapitre uniquement les chaussées souples et semi-rigides.

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



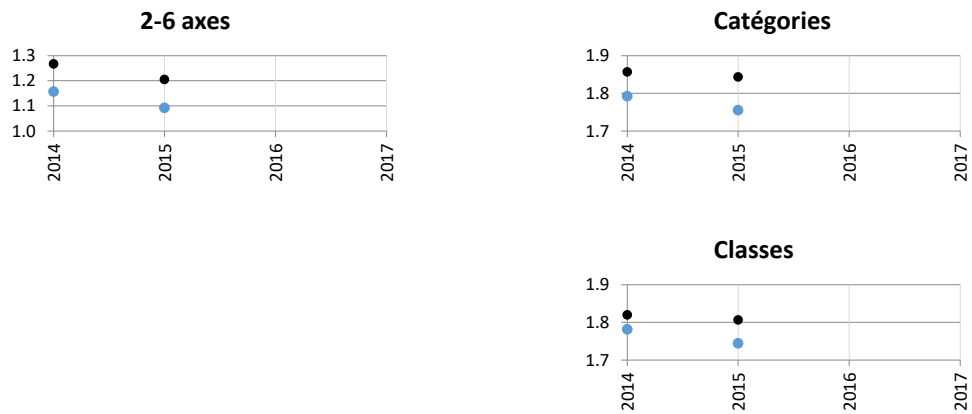
Noir : Direction Zürich ; Bleu : Direction Coire.

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



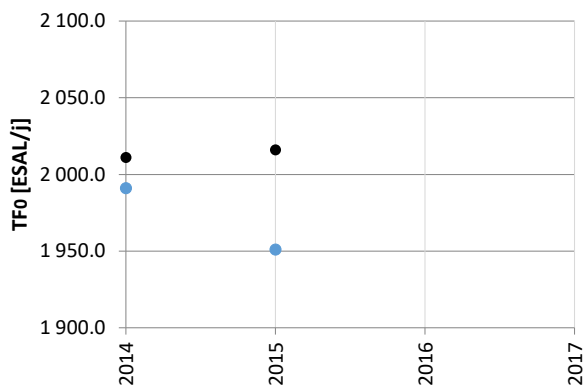
Noir : Direction Zürich ; Bleu : Direction Coire.

### 7.3.3 Evolution du facteur d'équivalence moyen



Noir : Direction Zürich ; Bleu : Direction Coire.

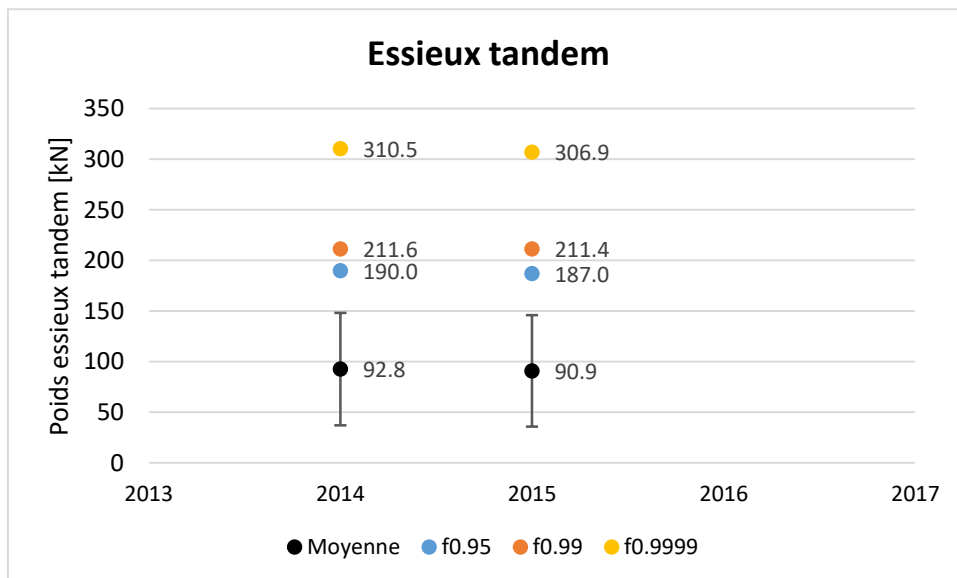
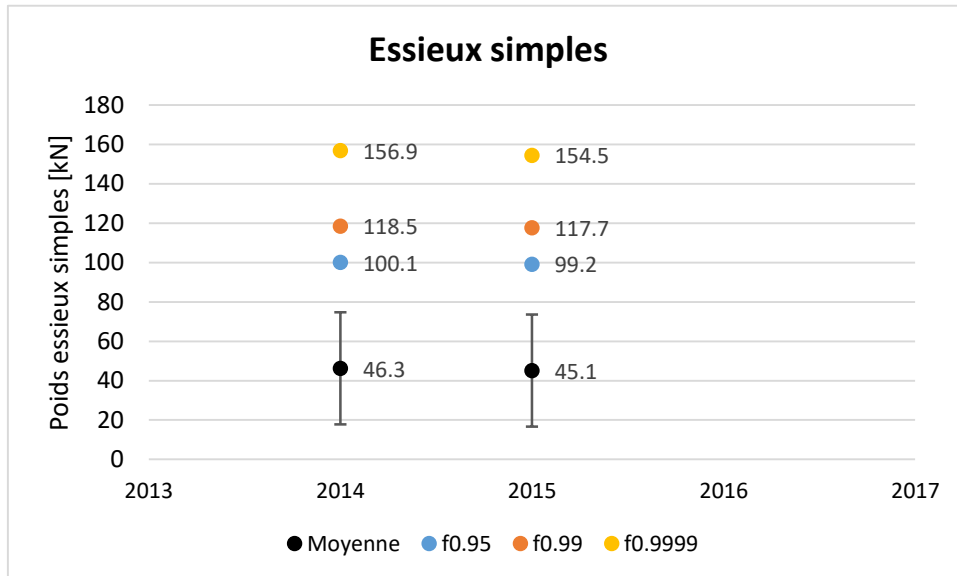
### 7.3.4 Evolution du trafic pondéral équivalent journalier

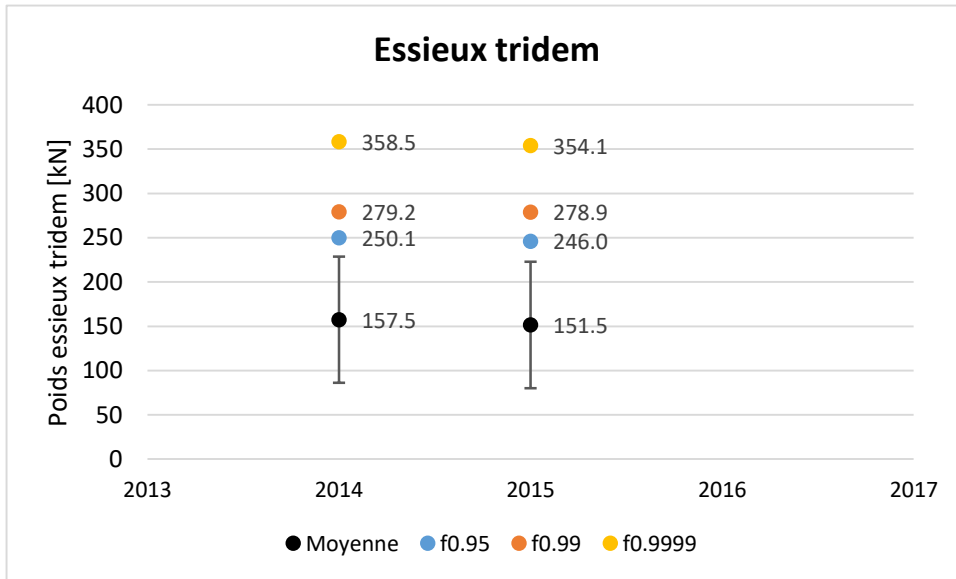


Noir : Direction Zürich ; Bleu : Direction Coire.

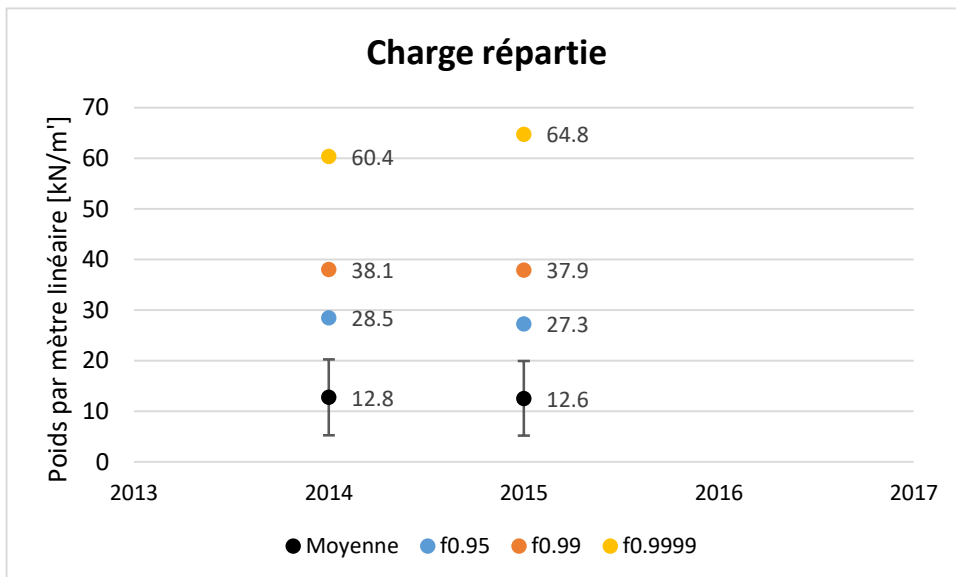
## 7.4 Evolution du modèle de la norme SIA 261

### 7.4.1 Evolution des quantiles de la charge concentrée Q





#### 7.4.2 Evolution des quantiles de la charge répartie q



## 8 Niveau de confiance

Documents de référence : [4] [6]

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

Niveau de confiance		
Propriétés	Commentaire	Code couleur
Date de la dernière calibration :	Direction Zürich : 09.09.2015 Direction Coire : 08.09.2015	
Facteurs de corrections relevés :	Direction Zürich : -0.39%/-5.97% Direction Coire : -7.06%/-0.64%	
Application du facteur de correction :	Direction Zürich : Non/Oui Direction Coire : Oui/Non	
Niveau de confiance à la calibration :	Direction Zürich : Très bon/Bon Direction Coire : Très bon/Très bon	
Données pouvant être utilisées pour référence :	Direction Zürich : Fin 2015 Direction Coire : Fin 2015	
Constations sur la base du traitement des données WIM		
Pertes de données :	~ 1 / 1 jours	
Exclusions :	1.92%	
Cohérence globale des valeurs :	En ordre.	
Cohérence des tendances de la station :	En ordre.	
Classification SWISS10, VT $\geq$ 3.5 to :	45.1%	
Silhouettes incohérentes :	46.9% dont 44.3% potentiellement dus à la classification SWISS10 1.6% 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 (Août 2011), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Trafic pondéral équivalent** », SN 640 320.
- [2] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (Août 2011), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Sol de fondation et chaussée** », SN 640 324.
- [3] Société suisse des ingénieurs et architectes SIA (2014), « **Actions sur les structures porteuses** », norme SIA 261:2014.

---

### Directives

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

---

### Documentation

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