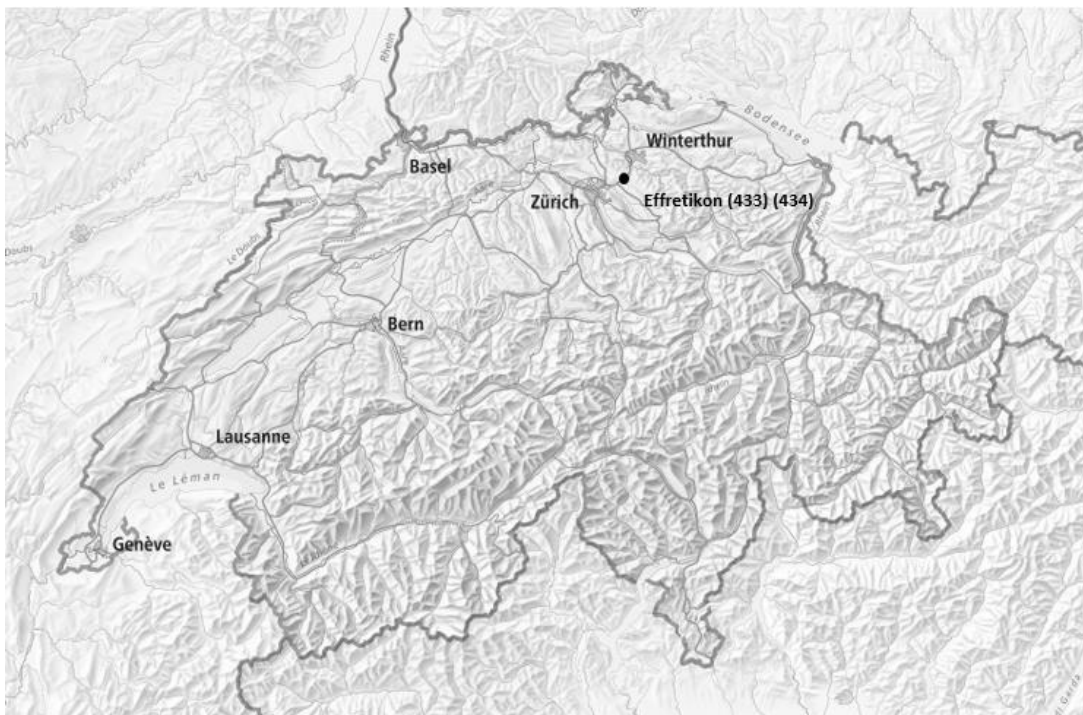


Effretikon – 2014

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_2014_433_434

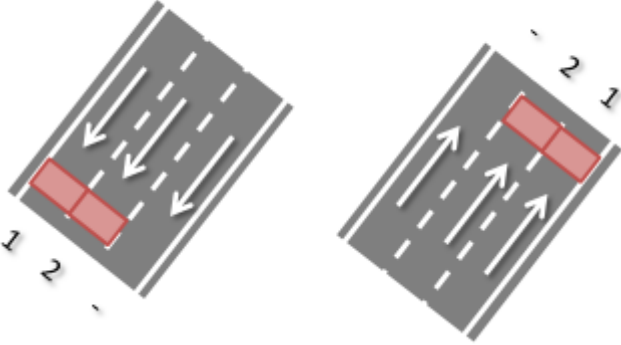
Version 1

Créé le 30.11.2017 – 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
Effretikon	ZH	A1	433 / 434	F4	VII	2	2x3
Situation							
434 : Direction Zürich 433 : Direction Winterthur 							
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	01.01.2014 – 06.04.2014 (433)
Perte potentielle de données	25.08.2014 – 10 : 47 à 11 : 50 (433) 01.09.2014 – 08 : 52 à 11 : 16 (433) 01.01.2014 – 11 : 38 à 13 : 08 (434) 02.01.2014 – 19 : 02 à 20 : 57 (434) 12.01.2014 – 14 : 36 à 16 : 46 (434) 07.03.2014 – 16 : 16 à 00 : 00 (434) 08.03.2014 – 00 : 00 à 13 : 55 (434) 12.03.2014 – 20 : 02 à 21 : 04 (434) 30.03.2014 – 14 : 55 à 16 : 45 (434) 04.04.2014 – 08 : 18 à 11 : 31 (434) 29.04.2014 – 12 : 03 à 13 : 13 (434) 08.07.2014 – 09 : 44 à 10 : 45 (434) 07.08.2014 – 10 : 41 à 11 : 51 (434) 01.09.2014 – 08 : 55 à 10 : 31 (434) 22.09.2014 – 07 : 05 à 09 : 06 (434) 08.11.2014 – 16 : 46 à 18 : 59 (434) 28.11.2014 – 09 : 00 à 10 : 25 (434) 08.12.2014 – 07 : 40 à 09 : 49 (434)
<i>Evènements particuliers</i>	
<i>Décisions</i>	
<i>Concaténation</i>	
Nom de fichiers :	2014_433_concat.log ; 2014_434_concat.log ;
Nombre d'enregistrements :	10'098'196 (433) ; 13'200'504 (434)
Nombre de jours effectifs :	267.8 (433) ; 363.1 (434)

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 (21'040'465 enregistrements).
2)	950'607 enregistrements direction D1. 1'307'628 enregistrements direction D2.
3)	Longueur totale nulle (0 enregistrements).
4)	Longueur totale supérieure à 26.00m (1'553 enregistrements).
5)	Poids nul sur un des axes (0 enregistrements).
6)	Entraxe inférieur à 60cm (29'073 enregistrements).
7)	Poids total supérieur à 65 tonnes (2'699 enregistrements, hors grues mobiles).
8)	Poids sur un axe supérieur à 18 tonnes (318 enregistrements, hors grues mobiles).
9)	Longueur totale inférieure à 4.00m (3'961 enregistrements).
<i>Décisions</i>	
1)	Exclusion (2014_433_434_u3500.log).
2)	-
3)	-
4)	Exclusion.
5)	-
6)	Exclusion.
7)	Exclusion.
8)	Exclusion.
9)	Exclusion.
<i>Fichiers</i>	
Nom de fichier de traitement statistique :	2014_433_434.log
Nombre d'enregistrements :	2'220'631
Nom de fichier d'exclusions :	2014_433_434_exclus.log
Nombre d'enregistrements :	37'604

Sur un total de 23'298'700 enregistrements, 21'040'465 ont été séparés en raison de leur appartenance aux véhicules légers (< 3.5 tonnes) et 37'604 enregistrements (1.67%) ont été exclus du jeu de données de base en raison d'incohérences potentielles de données.

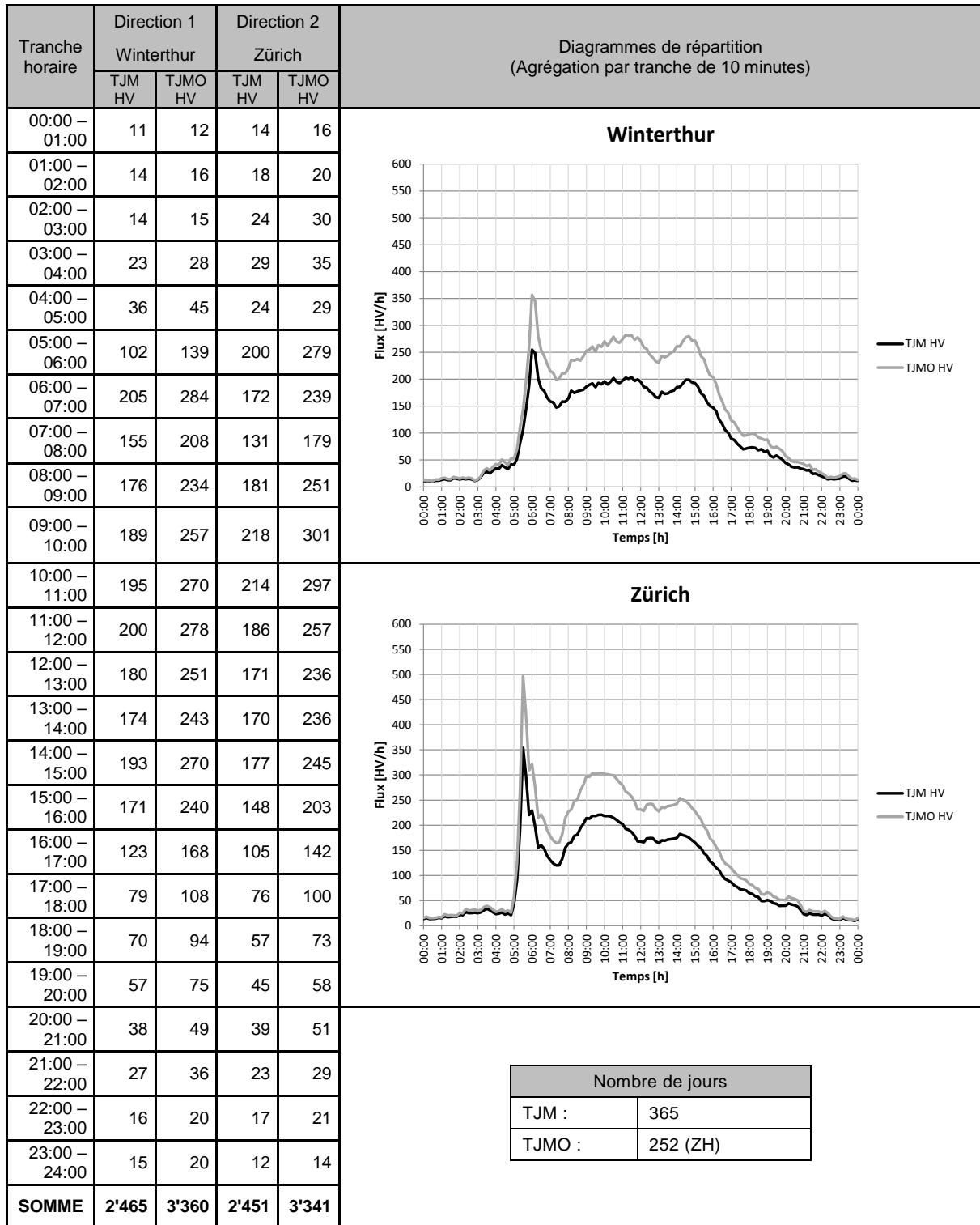
3 Traitements statistiques

3.1 Répartition horaire annuelle

Tranche horaire	Direction 1 Winterthur		Direction 2 Zürich		Diagrammes de répartition (Agrégation par tranche de 10 minutes)						
	TJM PL	TJMO PL	TJM PL	TJMO PL							
00:00 – 01:00	22	23	27	29	<p>Winterthur</p>						
01:00 – 02:00	25	26	25	27							
02:00 – 03:00	20	21	31	36							
03:00 – 04:00	28	33	39	45							
04:00 – 05:00	48	58	38	46							
05:00 – 06:00	125	169	252	348							
06:00 – 07:00	257	353	251	344							
07:00 – 08:00	219	292	212	285							
08:00 – 09:00	237	312	259	354							
09:00 – 10:00	251	333	298	403							
10:00 – 11:00	260	348	294	396	<p>Zürich</p>						
11:00 – 12:00	268	361	262	349							
12:00 – 13:00	248	333	239	318							
13:00 – 14:00	244	330	244	328							
14:00 – 15:00	267	364	254	341							
15:00 – 16:00	245	332	217	287							
16:00 – 17:00	187	248	159	205							
17:00 – 18:00	129	167	118	147							
18:00 – 19:00	114	143	92	110							
19:00 – 20:00	91	112	74	89							
20:00 – 21:00	67	80	64	77	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nombre de jours</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TJM :</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>TJMO :</td> <td>252 (ZH)</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre de jours		TJM :	365	TJMO :	252 (ZH)
Nombre de jours											
TJM :	365										
TJMO :	252 (ZH)										
21:00 – 22:00	51	62	44	53							
22:00 – 23:00	33	38	33	38							
23:00 – 24:00	30	35	26	29							
SOMME	3'466	4'574	3'552	4'685							

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)

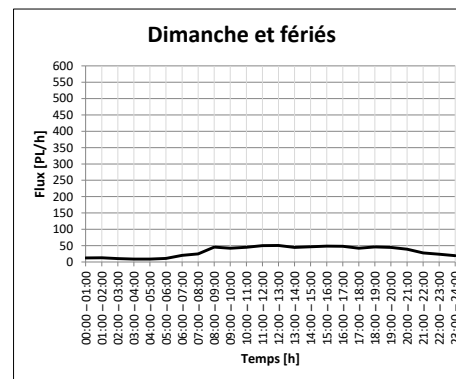
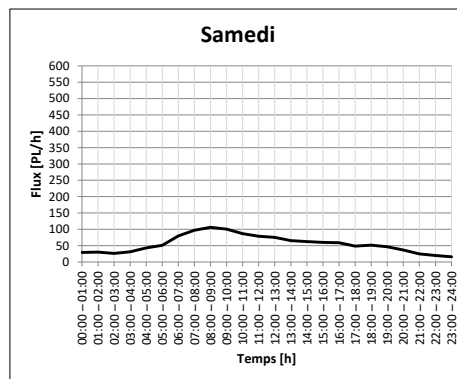
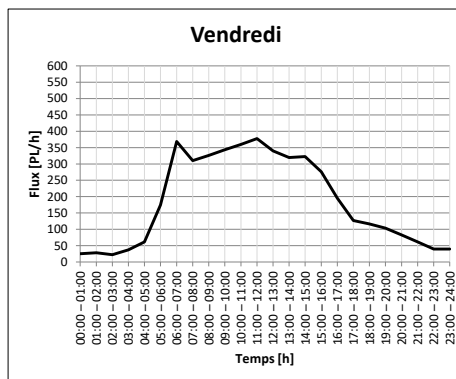
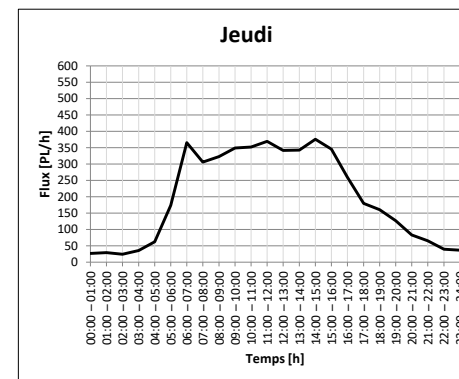
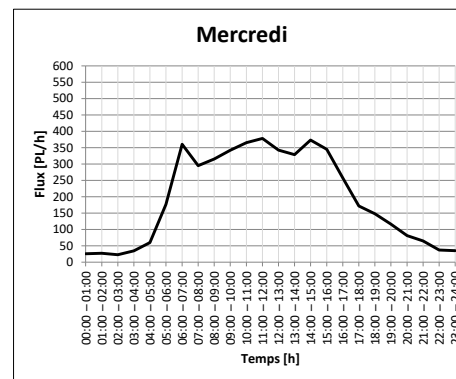
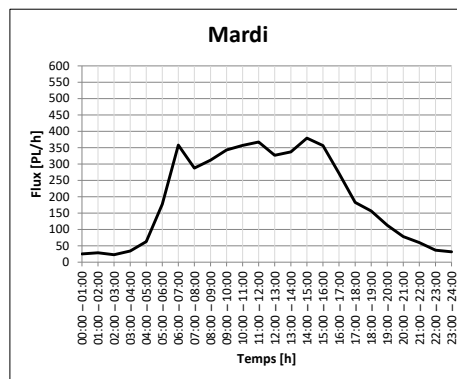
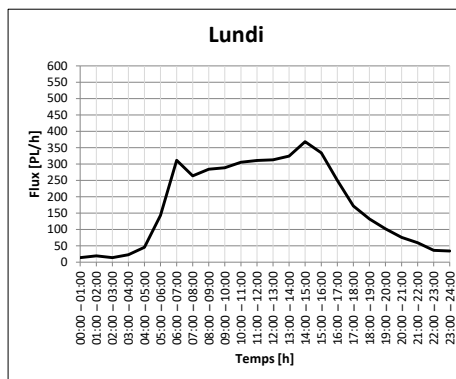


Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

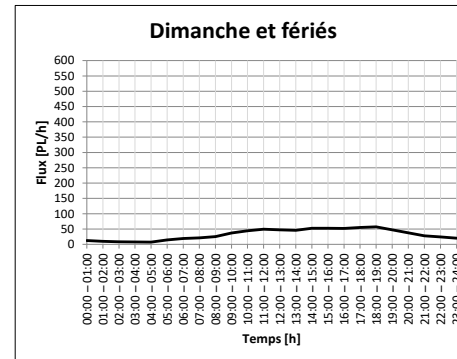
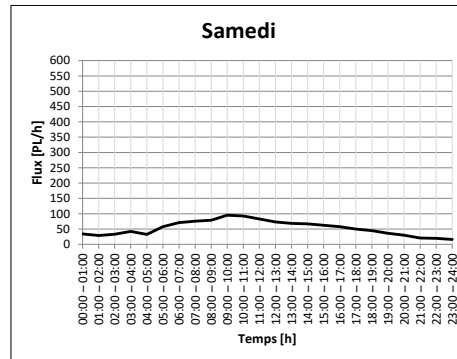
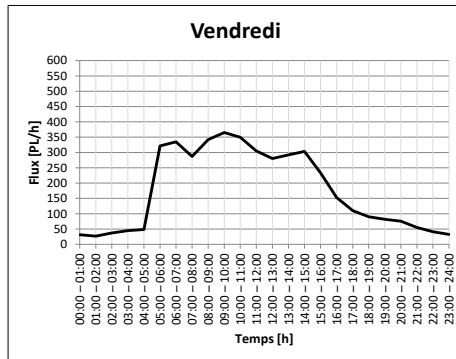
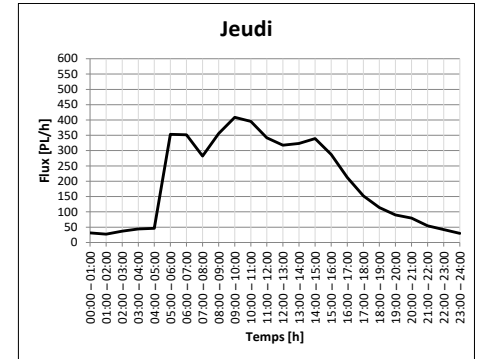
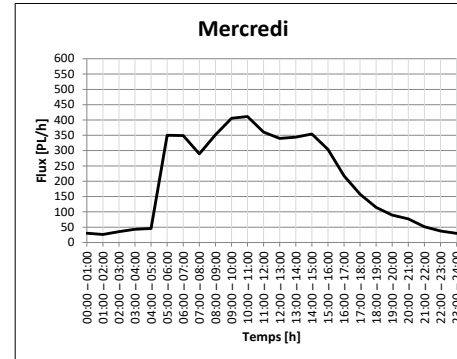
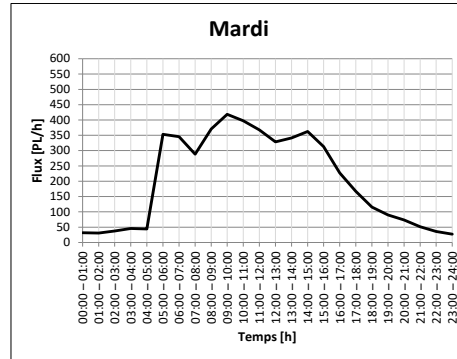
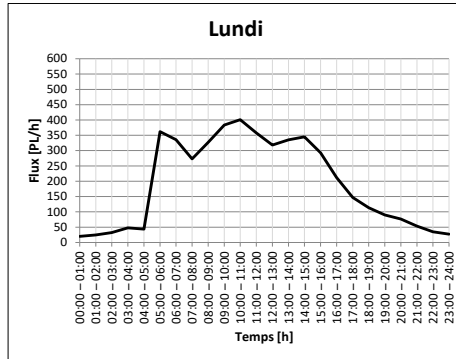
3.3 Répartition horaire journalière

Jours	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche et fériés
Nombre (ZH)	50	52	52	49	49	52	61

Direction 1 : Winterthur (Agrégation par heure)



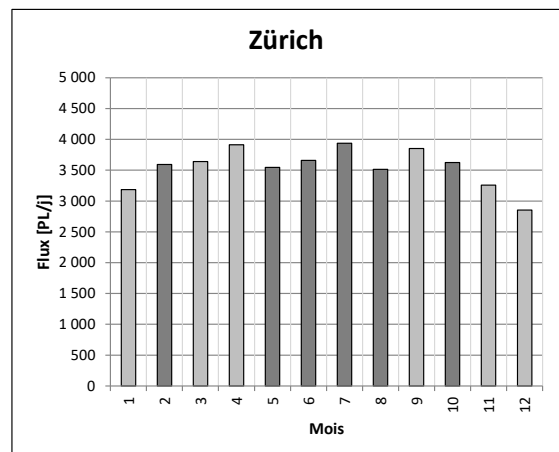
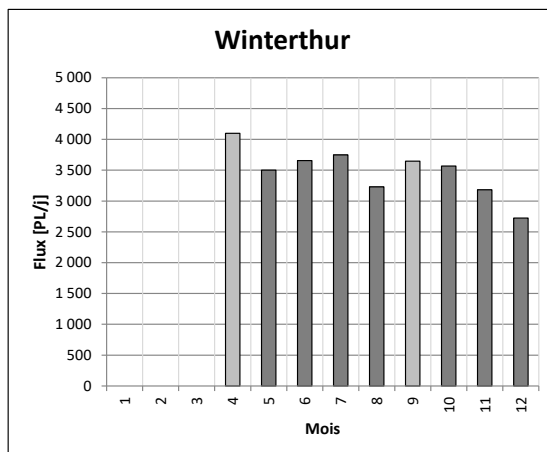
Direction 2 : Zürich (Agrégation par heure)



3.4 Détection de véhicules

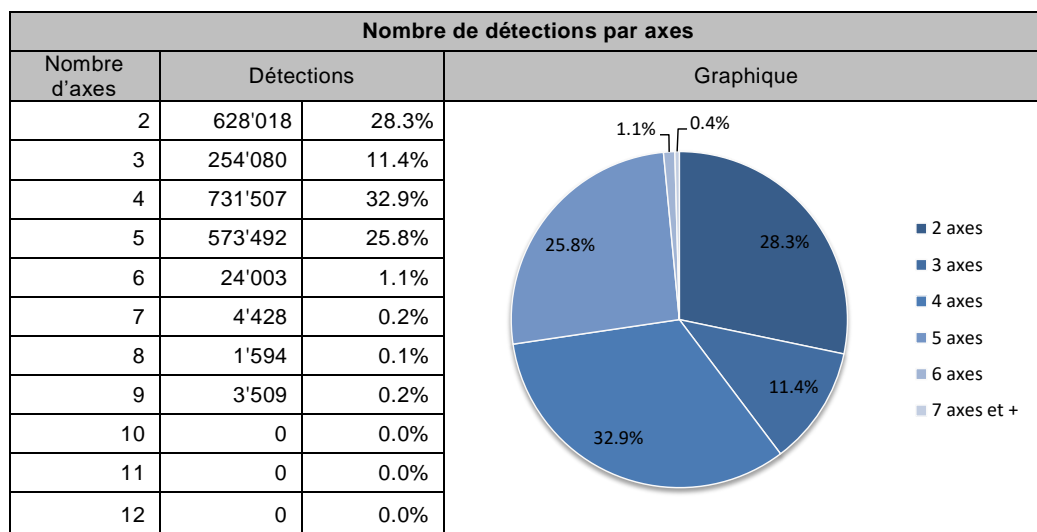
3.4.1 Par mois

Nombre de détections par mois		
Mois	Direction 1 : Winterthur	Direction 2 : Zürich
Janvier	-	98'138
Février	-	100'568
Mars	-	110'295
Avril	98'362	116'548
Mai	108'521	109'880
Juin	109'633	109'792
Juillet	116'127	122'088
Août	100'061	108'927
Septembre	108'984	114'753
Octobre	110'614	112'329
Novembre	95'419	97'052
Décembre	84'421	88'119



Remarque : Le calcul des répartitions mensuelles prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données). Mois de janvier (434), mars (434), avril, septembre, novembre (434) et décembre (434): valeurs de détections non estimées, valeurs journalières estimées.

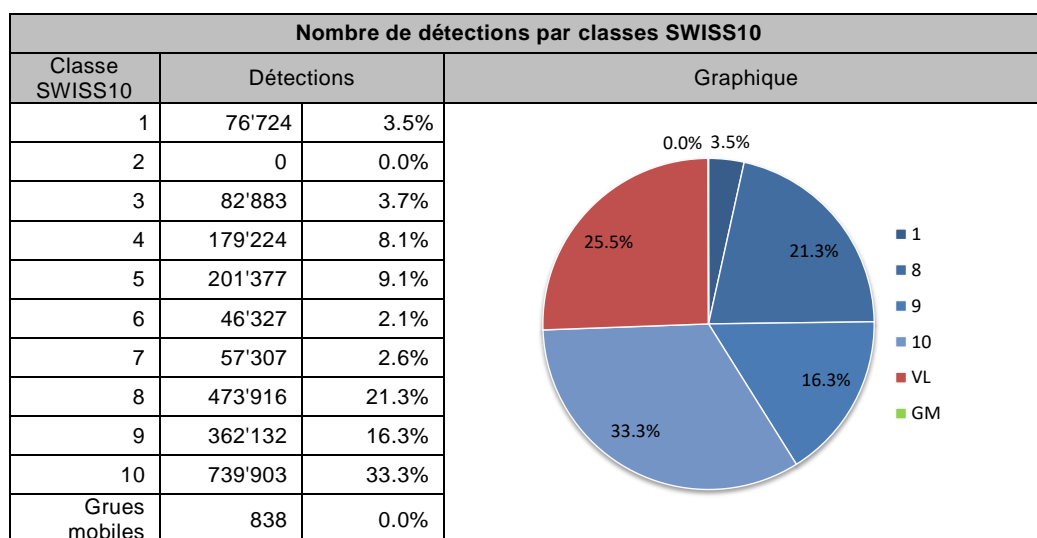
3.4.2 Par nombre d'axes



3.4.3 Par classes SWISS10

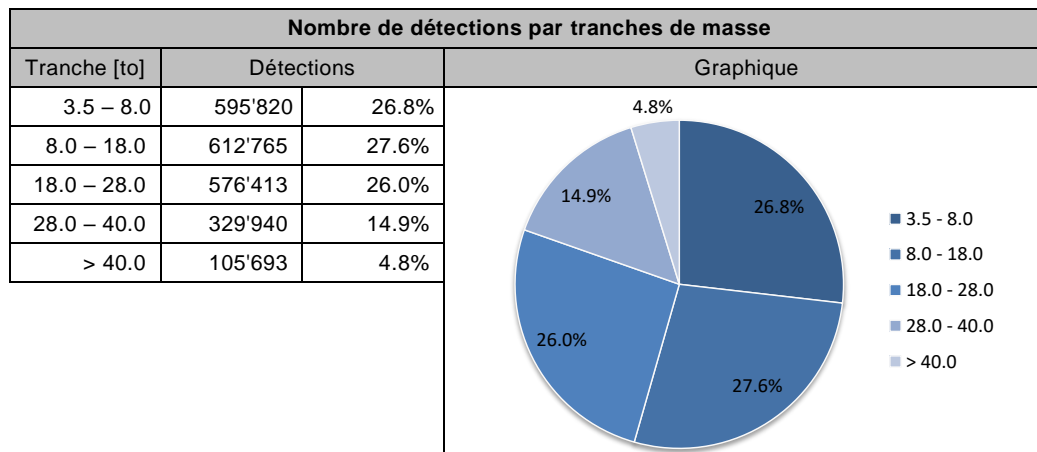
Classes de véhicules Swiss 10 [4]

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 567'118 enregistrements (classes 2 à 7, 25.5%) 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	353'032	15.9%
S/S	0 - - - - 0		8	317'678	14.3%
S/S	<i>Non-cohérent</i>			255'956	11.5%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - - 00		10	252'772	11.4%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + 0 - - - - 0		9	173'296	7.8%
S/S/Ta	<i>Non-cohérent</i>			165'298	7.4%
S/Ta/S/S	0 - - - - 00 + 0 - - - - 0		9	81'293	3.7%
S/S/S	<i>Non-cohérent</i>			80'939	3.6%
S/Ta	0 - - - - 00		8	57'873	2.6%
Ta/Ta	<i>Non-cohérent</i>			54'021	2.4%
S/S/S	0 - - - - 0 + - - 0 - -		10	53'278	2.4%
S/S	0 - - - - 0		1	50'986	2.3%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - 00 - -		9	44'739	2.0%
S/S/Tr	<i>Non-cohérent</i>			32'679	1.5%
S/Ta	<i>Non-cohérent</i>			30'558	1.4%
S/Ta/Ta	0 - - - - 00 + - - - 00 - -		9	26'157	1.2%
Autres silhouettes selon SN 640 320					
S/S/S/S	0 - - - - 0 + - - - - 0 - 0		10	19'587	0.9%
S/Ta	0 - - - - 00		1	13'663	0.6%
Ta/Tr	00 - - 000		Non-classé (8)	6'133	0.3%
S/S/S/Ta	0 - - - - 0 + 0 - - - - 00		9	5'311	0.2%
Ta/Ta	00 - - - 00		8	1'166	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 : Winterthur			Direction 2 : Zürich			Sur la base de :
	1	2	3	1	2	3	
2x3 voies	45.9%	3.6%	NI	43.7%	6.8%	NI	Nombre de détections
	47.5%	2.3%	NI	46.1%	4.1%	NI	Masse totale
	49.1%	1.5%	NI	46.0%	3.4%	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 : Winterthur	Direction 2 : Zürich	Norme 2011	Direction 1 : Winterthur	Direction 2 : Zürich	Norme 2011
	0.91	0.77	0.7	0.88	0.74	0.6
	1.45	1.34	1.4	2.03	1.87	2.1
	1.79	2.20	1.5	3.13	3.88	2.7
	2.86	2.28	1.9	6.70	5.20	3.0
	1.41	1.54	0.5	1.34	1.48	0.5
	1.76	2.06	1.7	1.75	2.05	1.8
	1.59	1.57	1.8	1.73	1.72	2.2
	2.53	2.72	2.0	3.24	3.40	2.2
	1.99	2.16	2.0	1.97	2.16	1.9
	2.20	2.11	1.7	2.44	2.33	1.6
	2.92	3.25	1.3	3.24	3.57	1.0
	2.62	2.13	2.5	3.34	2.67	2.6
	1.63	1.57	1.2	2.36	2.29	0.9
	2.60	2.29	0.7	2.77	2.42	0.6
	1.14	0.97	1.4	1.56	1.33	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 : Winterthur	Direction 2 : Zürich	Norme 2011	Direction 1 : Winterthur	Direction 2 : Zürich	Norme 2011
1 : Bus, car	2.18	2.02	2.3	2.41	2.22	2.3
8 : Camion	1.01	0.87	0.9	1.09	0.94	1.0
9 : Train routier	2.12	2.11	1.9	2.38	2.36	2.0
10 : Véhicule articulé	2.09	2.19	1.7	2.54	2.62	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 : Winterthur	Direction 2 : Zürich	Norme 2011	Direction 1 : Winterthur	Direction 2 : Zürich	Norme 2011
Silhouettes (2-6 axes)	1.49	1.42	1.6	1.81	1.69	1.7
	98.7%	98.9%		98.7%	98.9%	
Catégories	1.84	1.82		2.14	2.10	
	66.9%	69.3%		66.9%	69.3%	
Classes	1.84	1.82		2.15	2.09	
	64.7%	67.0%		64.7%	67.0%	

4.5 Classe de trafic pondéral équivalent actuelle selon SN 640 324

Chaussées souples et semi-rigides

Direction 1 : Winterthur

$$TF_0 = \frac{932'142 \text{ PL}}{267.8 \text{ jours}} \cdot 1.49 \cdot \frac{49.1\%}{50.6\%} = 5'021 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

Direction 2 : Zürich

$$TF_0 = \frac{1'288'489 \text{ PL}}{363.1 \text{ jours}} \cdot 1.42 \cdot \frac{46.0\%}{49.4\%} = 4'704 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

Chaussées rigides et combinées

Direction 1 : Winterthur

$$TF_0 = \frac{932'142 \text{ PL}}{267.8 \text{ jours}} \cdot 1.81 \cdot \frac{49.1\%}{50.6\%} = 6'119 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

Direction 2 : Zürich

$$TF_0 = \frac{1'288'489 \text{ PL}}{363.1 \text{ jours}} \cdot 1.69 \cdot \frac{46.0\%}{49.4\%} = 5'590 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

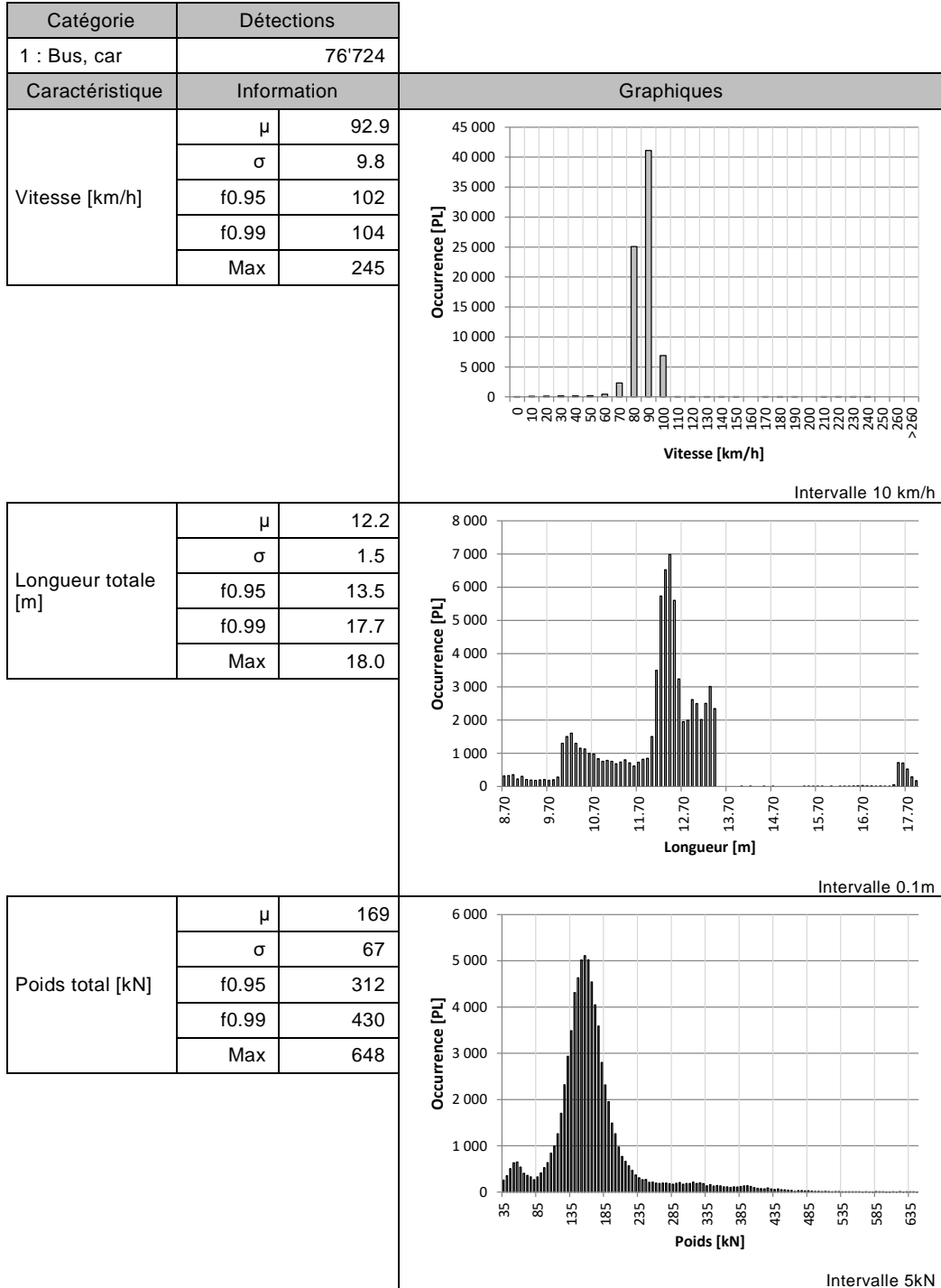
4.6 Tendence pour l'estimation du taux d'accroissement annuel

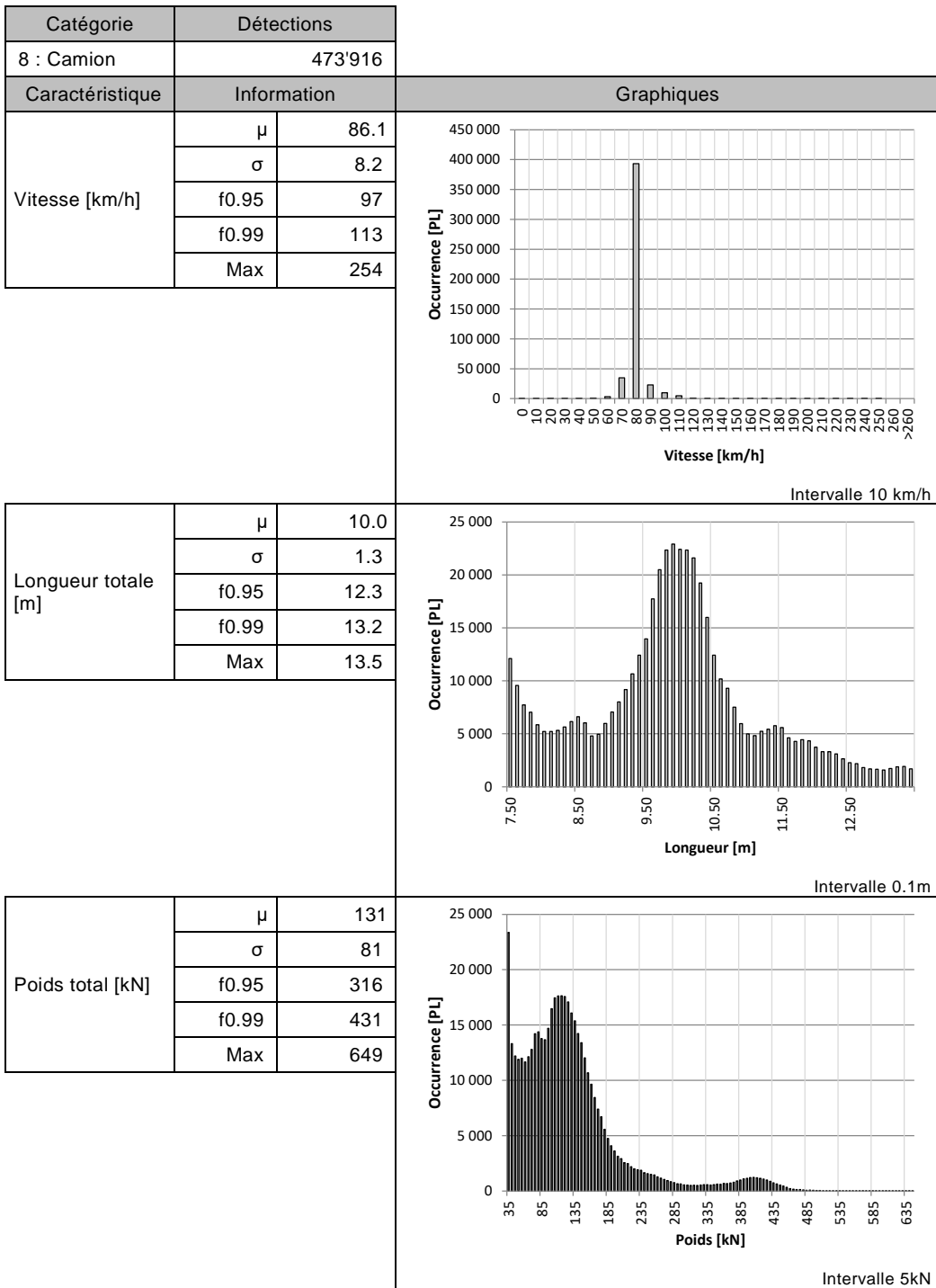
Tendance pour l'estimation du taux d'accroissement annuel		
Direction 1 : Winterthur	Direction 2 : Zürich	Sur la base de :
-	-	Nombre de détections
-	-	Masse totale
-	-	Trafic pondéral équivalent total W

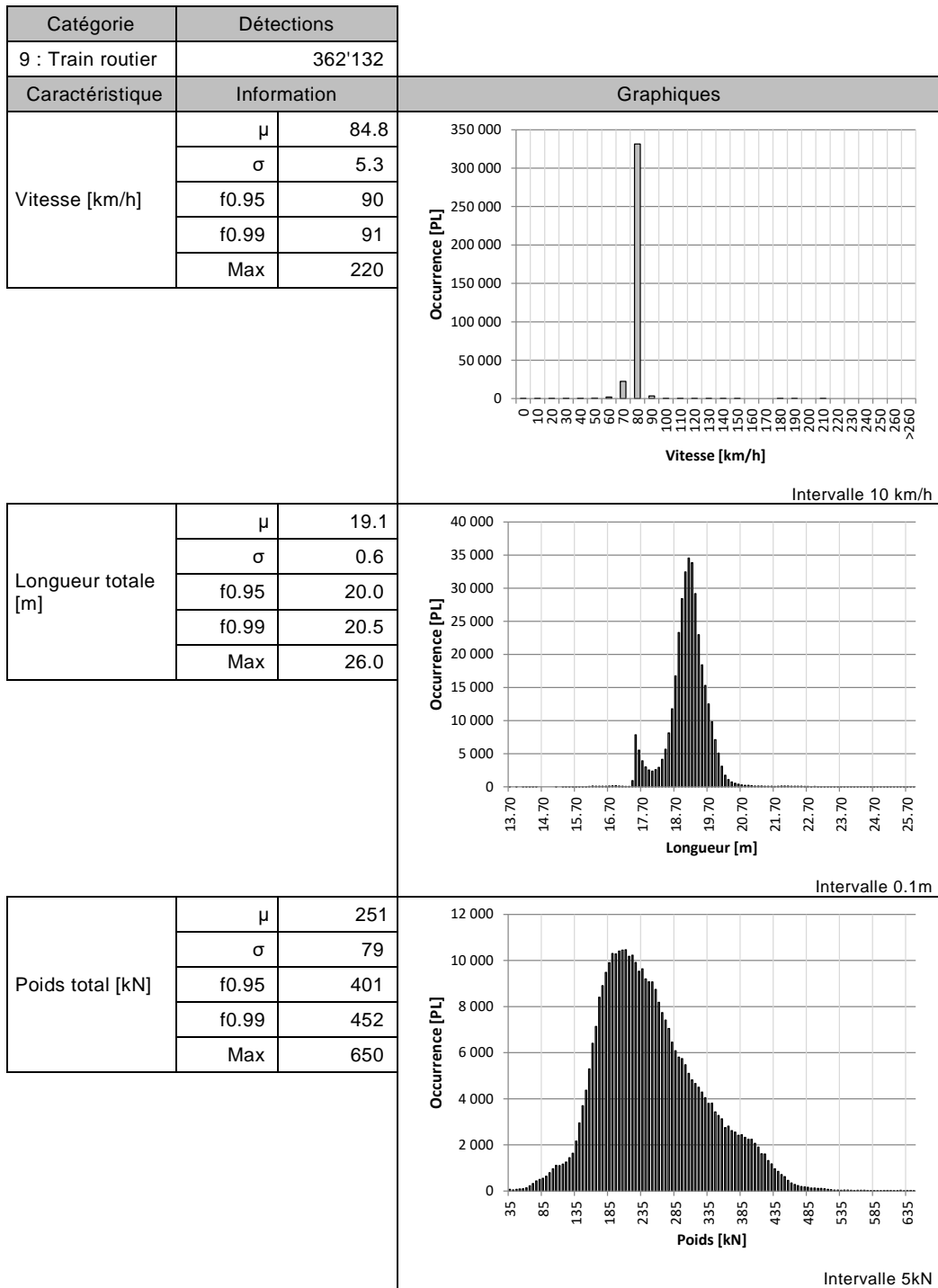
Cette section sera déterminée lorsque des tendances seront établies (plusieurs rapports annuels)

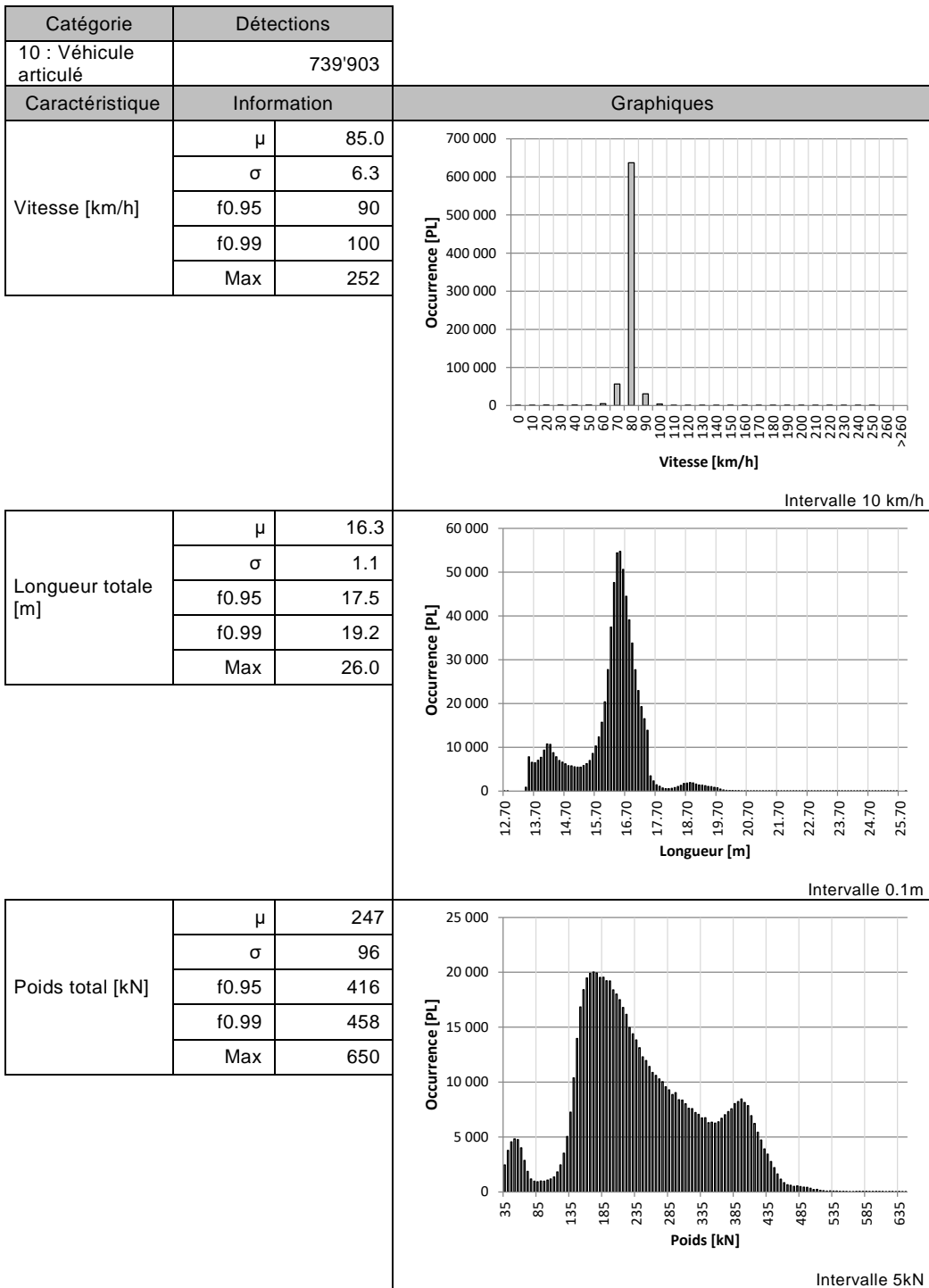
5 Caractéristiques des poids lourds

5.1 Caractéristiques des catégories de poids lourds



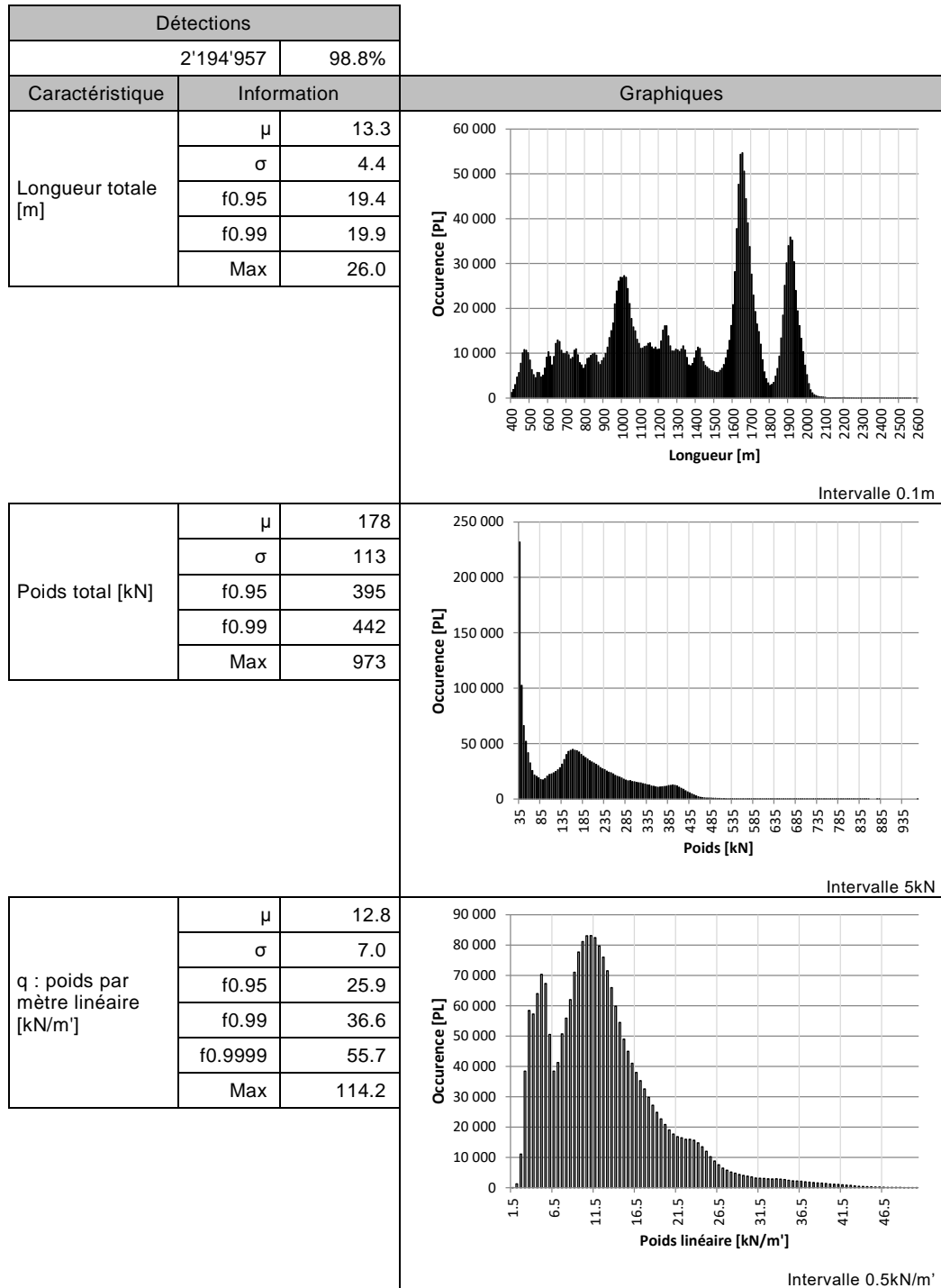


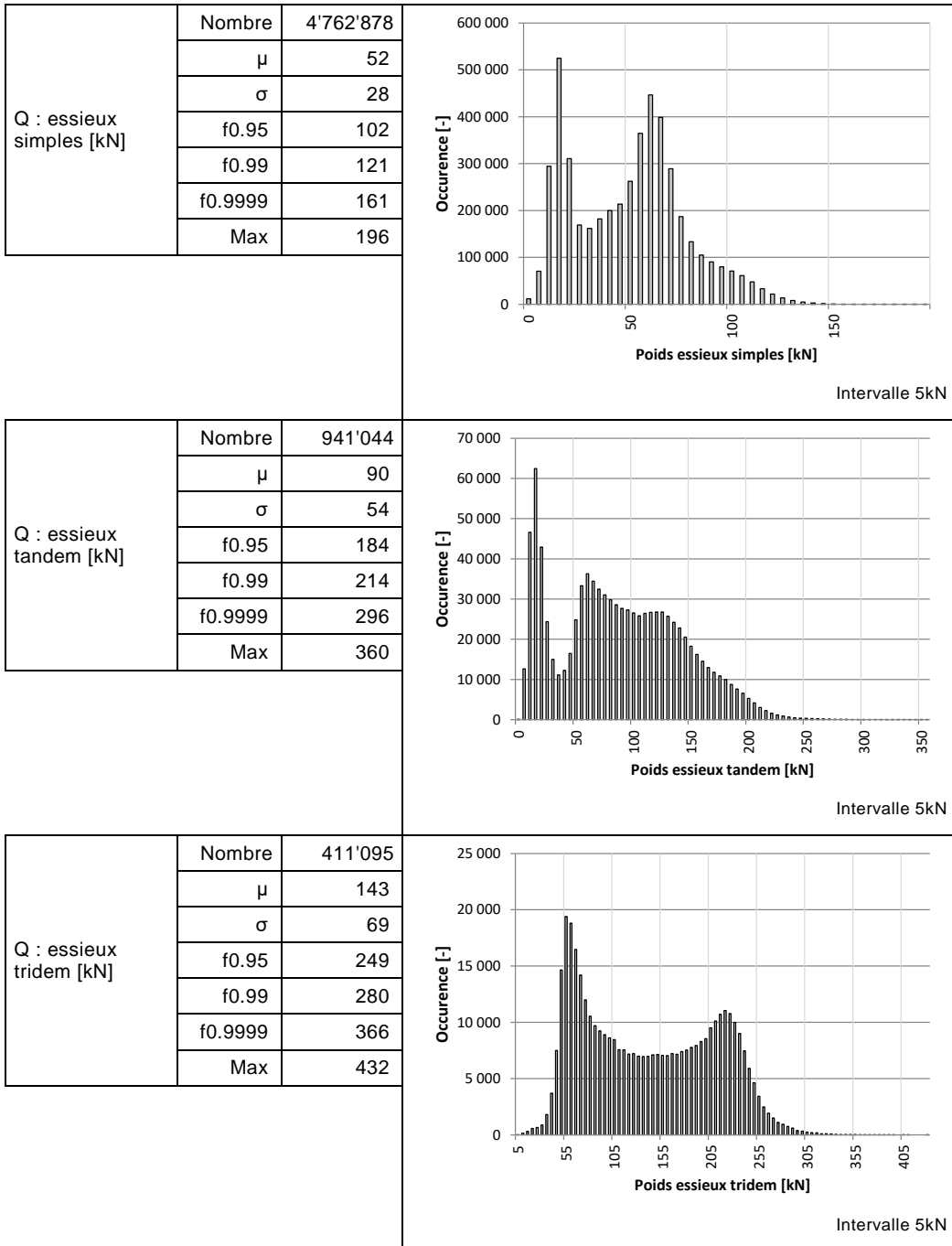




5.2 Caractéristiques globales de l'échantillon

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



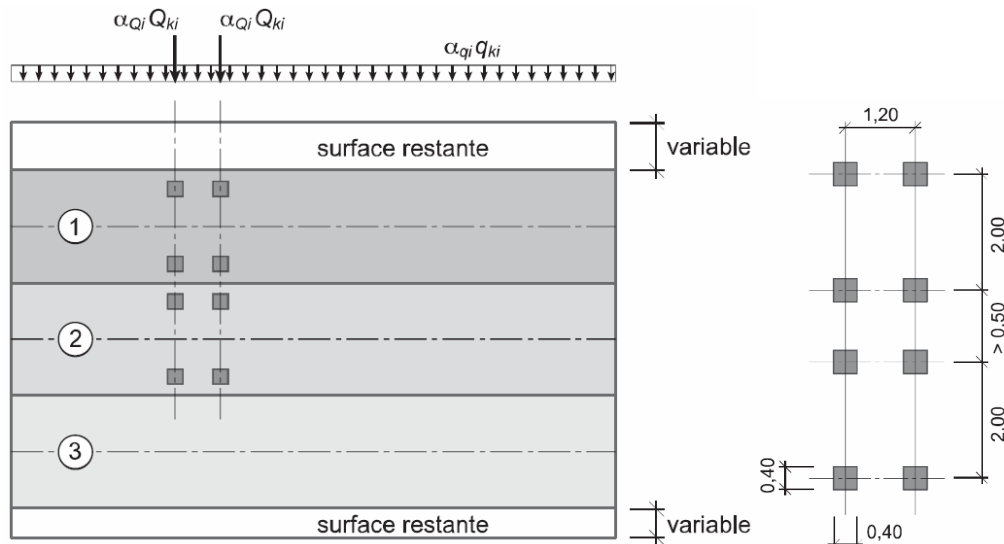


6 Modèle selon norme SIA 261

Document de référence : [3]

Les données considérées sont celles des silhouettes détectées de 2 à 6 axes, soit 98.8% 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

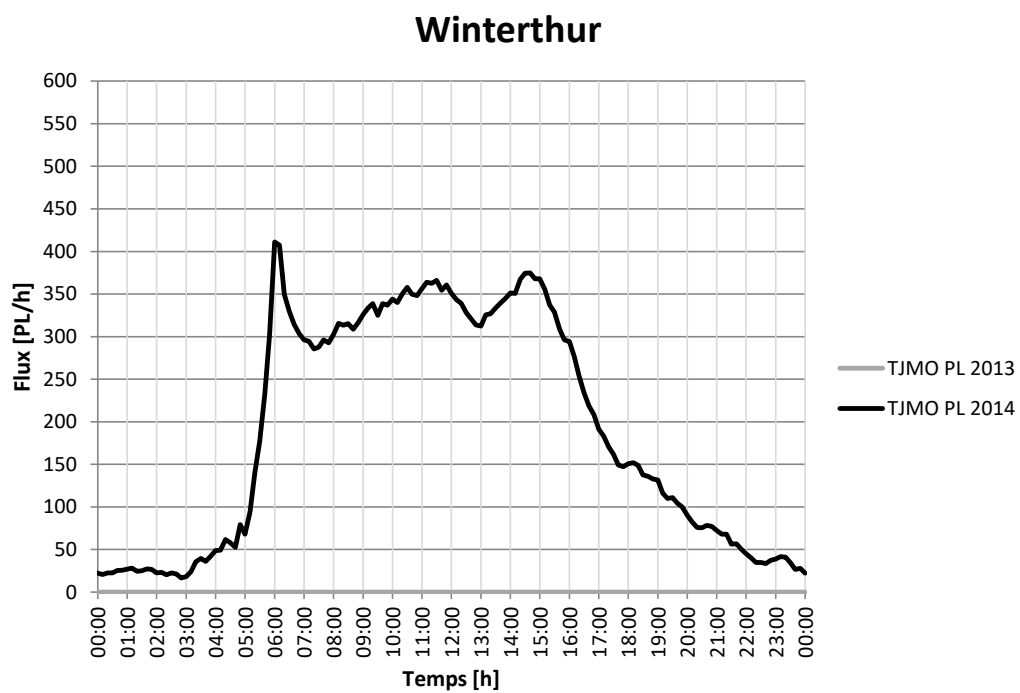
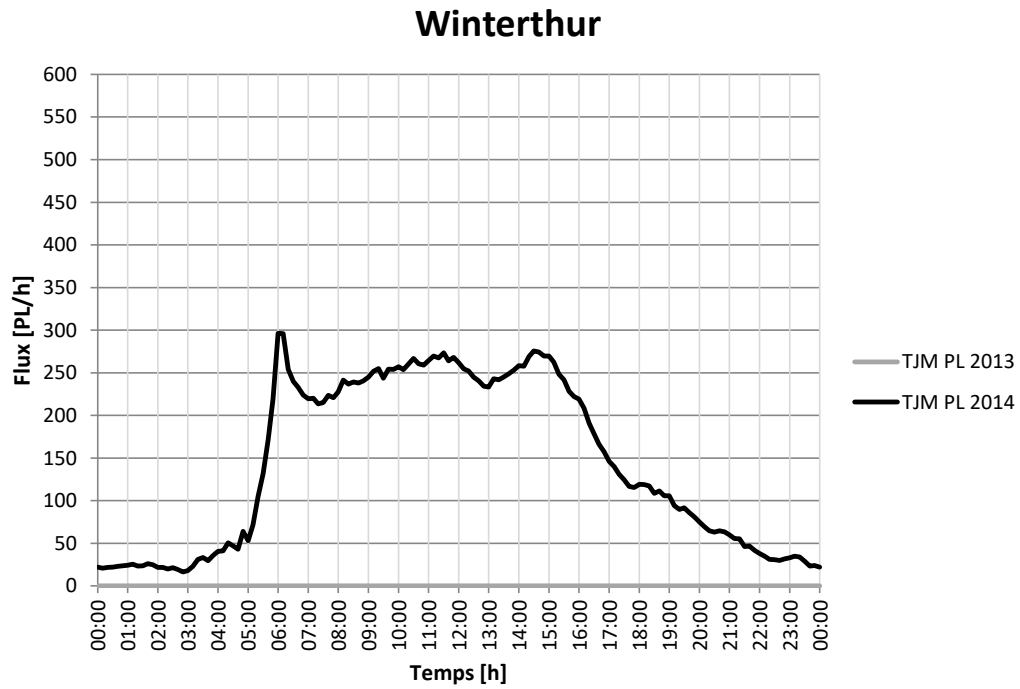
Charge concentrée Q					
Type d'essieu	Charge moy. [kN]	Charge moy. par axe [kN]	f0.95 [kN] (par axe)	f0.99 [kN] (par axe)	f0.9999 [kN] (par axe)
Simple	52	52	102	121	161
Tandem	90	45	184 (92)	214 (107)	296 (148)
Tridem	143	48	249 (83)	280 (93)	366 (122)

6.1.2 Charge répartie q

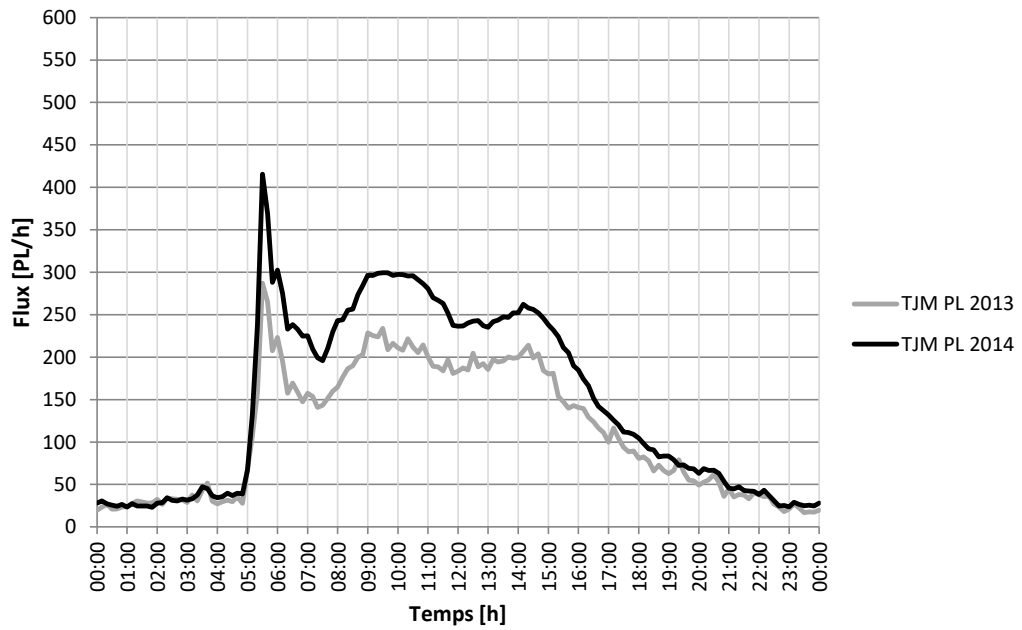
Charge répartie q				
Caractéristique	Charge moy.	f0.95	f0.99	f0.9999
Poids par mètre linéaire [kN/m']	12.8	25.9	36.6	55.7
Poids par surface (largeur 3 m) [kN/m²]	4.3	8.6	12.2	18.6

7 Tendances

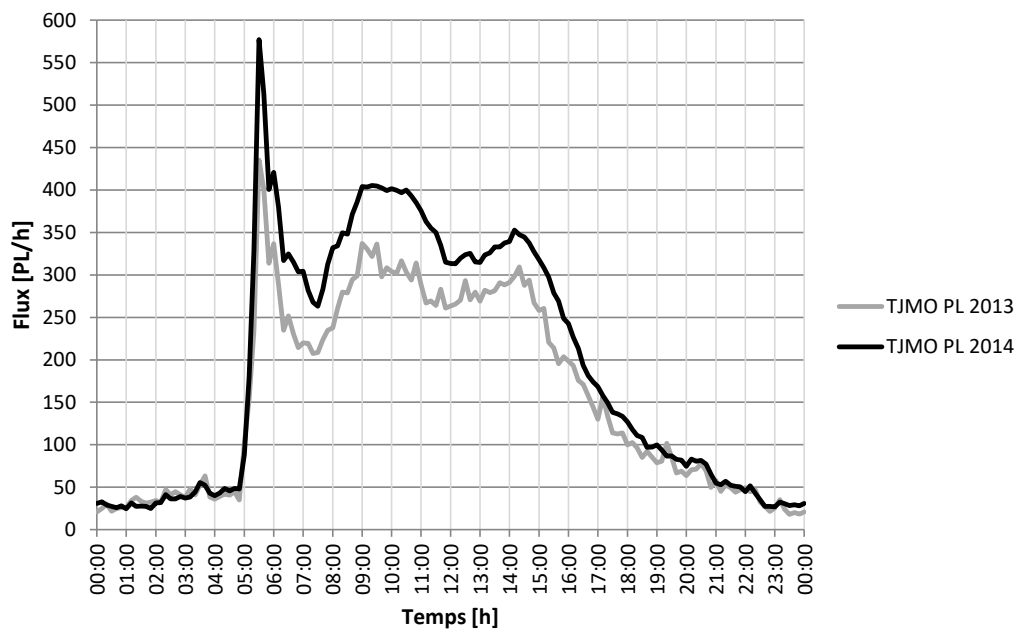
7.1 Evolution de la répartition horaire annuelle



Zürich

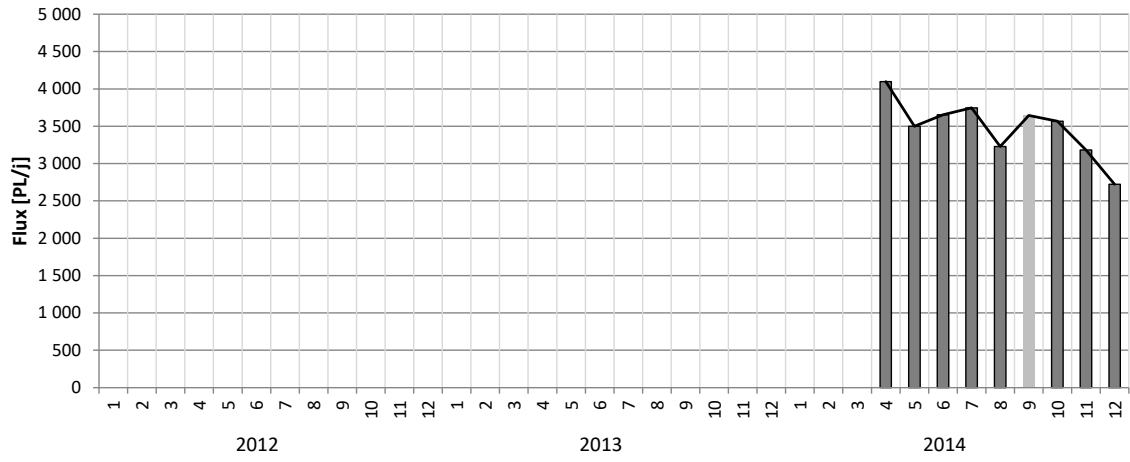


Zürich

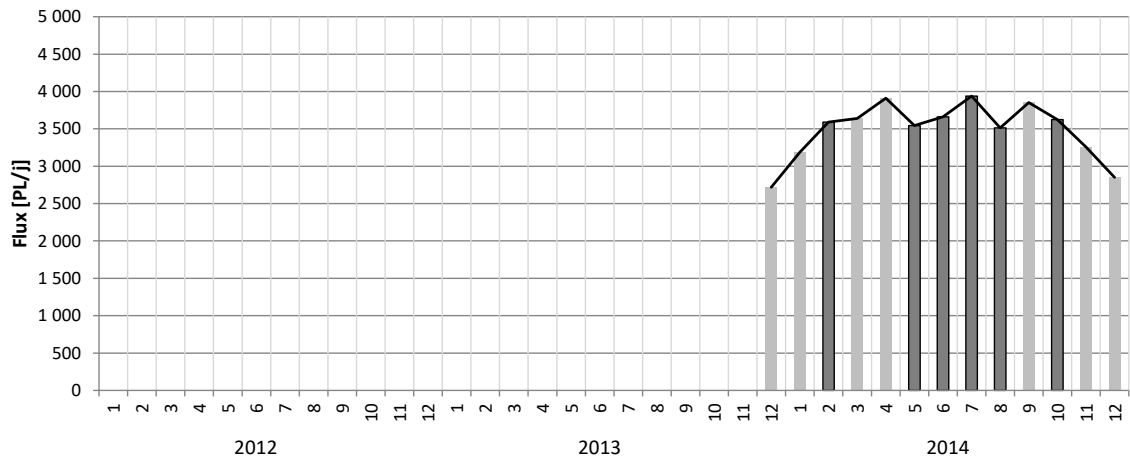


7.2 Evolution de la détection par mois

Winterthur



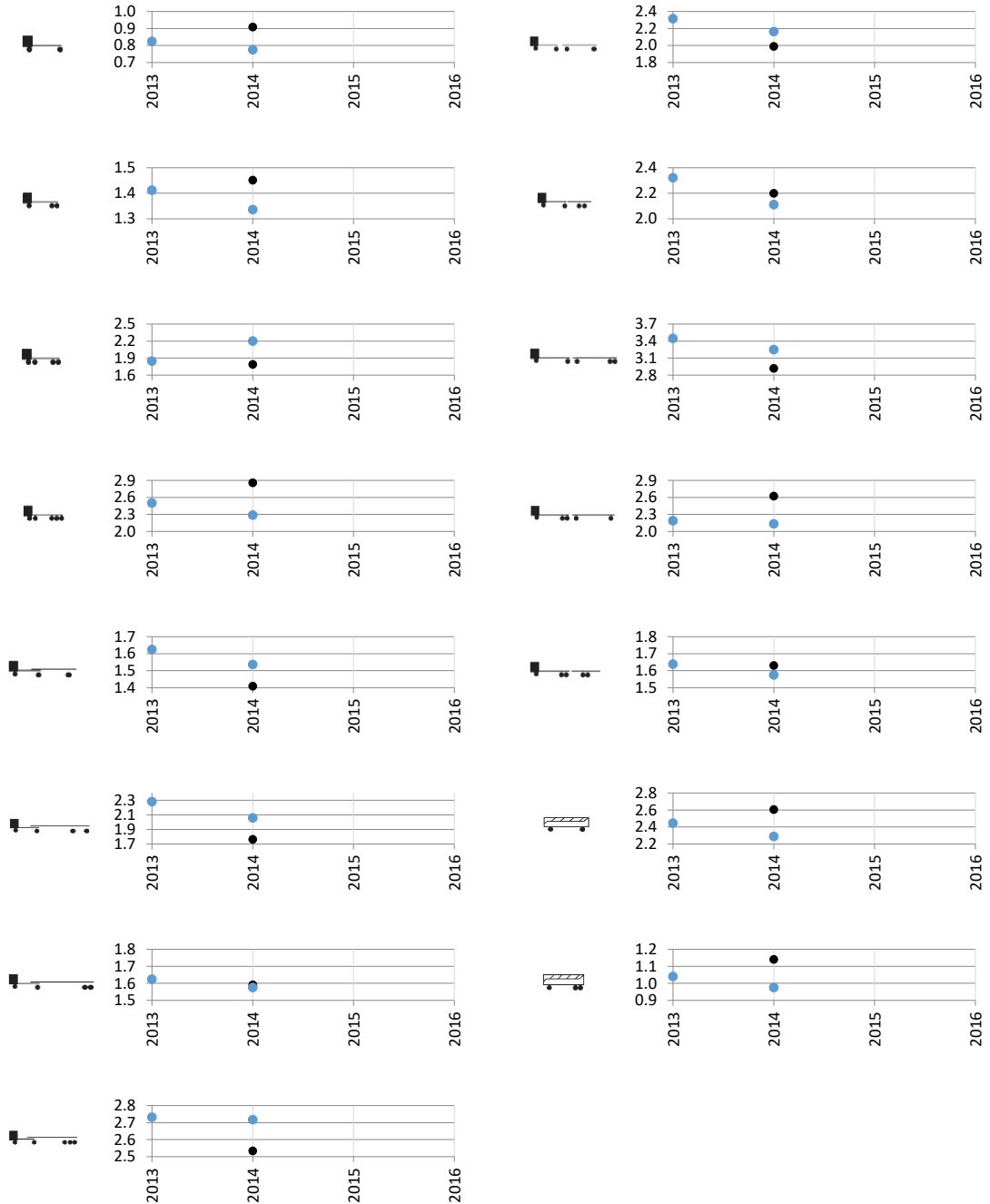
Zürich



7.3 Evolution du modèle de la norme SN 640 320

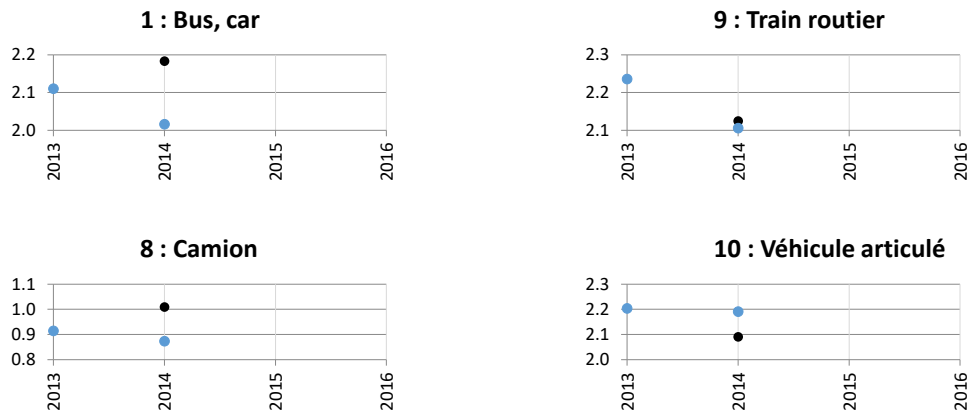
Sont considérées dans ce chapitre uniquement les chaussées souples et semi-rigides.

7.3.1 Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules



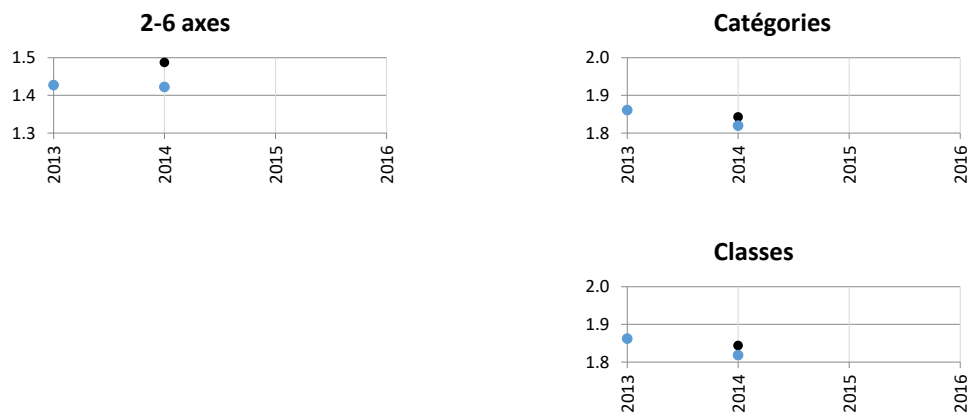
Noir : Direction Winterthur ; Bleu : Direction Zürich.

7.3.2 Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules



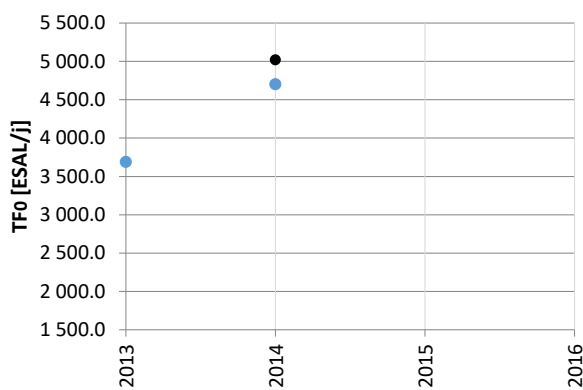
Noir : Direction Winterthur ; Bleu : Direction Zürich.

7.3.3 Evolution du facteur d'équivalence moyen



Noir : Direction Winterthur ; Bleu : Direction Zürich.

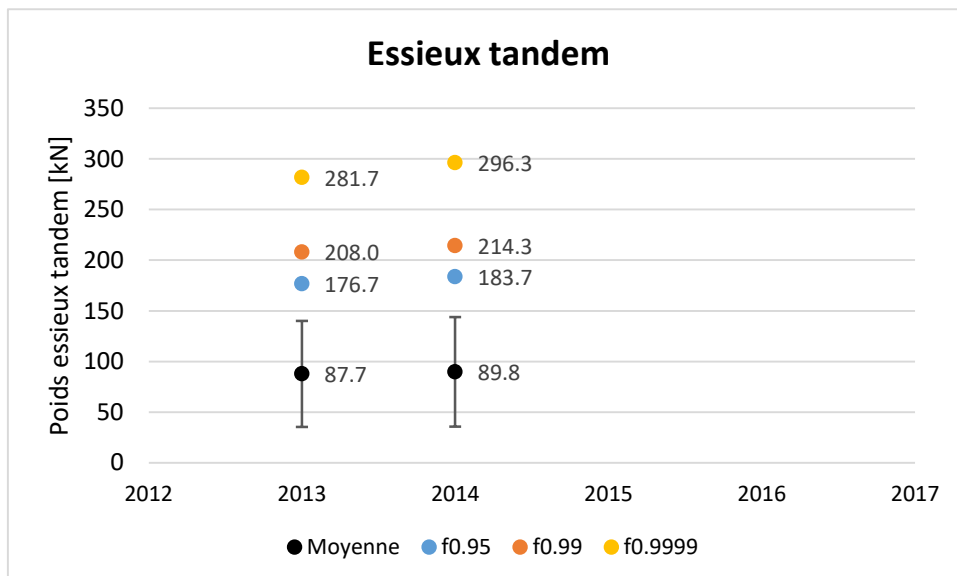
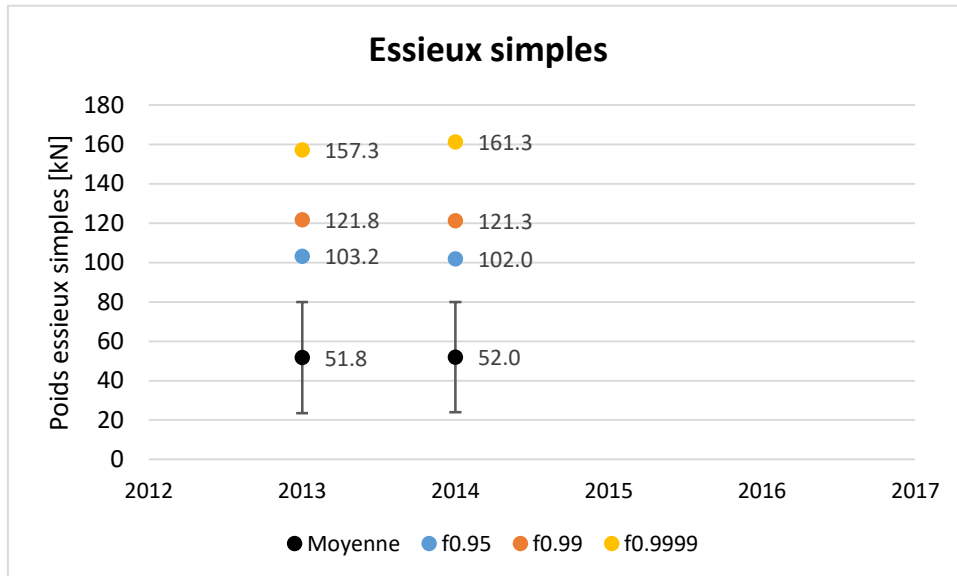
7.3.4 Evolution du trafic pondéral équivalent journalier

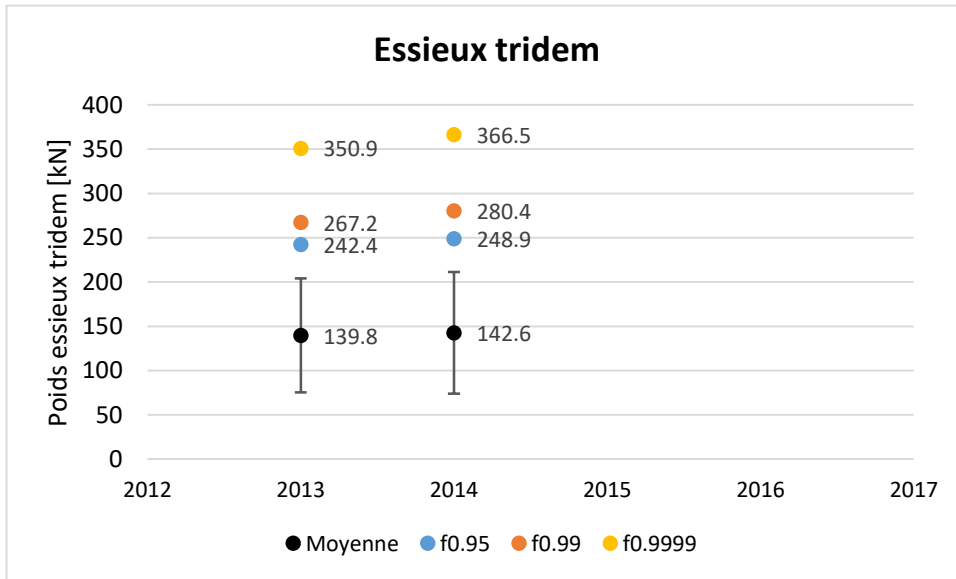


Noir : Direction Winterthur ; Bleu : Direction Zürich.

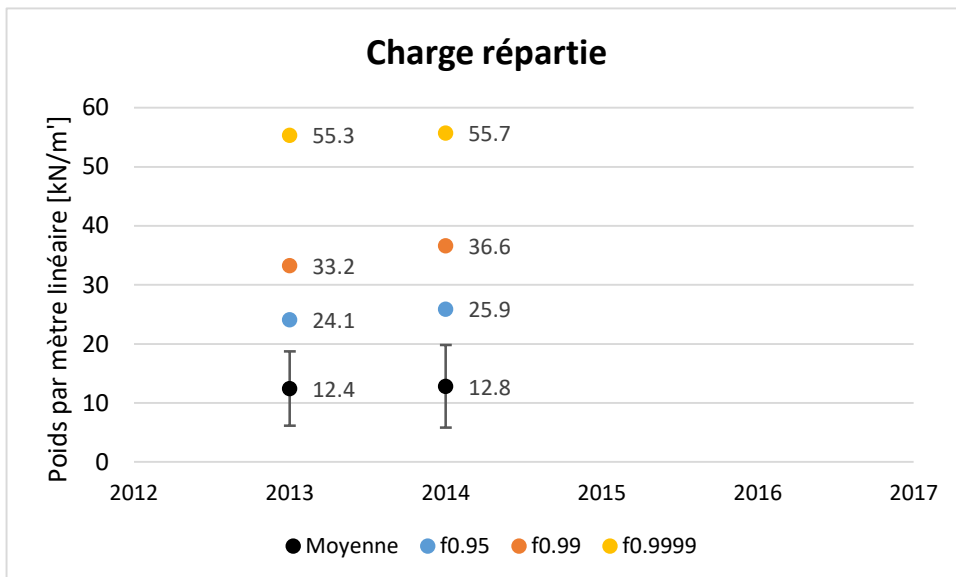
7.4 Evolution du modèle de la norme SIA 261

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 :	10.09.2014 – Direction Winterthur 11.09.2014 – Direction Zürich	
Facteurs de corrections relevés :	Direction Winterthur : -1.19% / 10.42% Direction Zürich : -0.01% / 4.55%	
Application du facteur de correction :	Direction Winterthur : Oui / Oui Direction Zürich : Non / Oui	
Niveau de confiance à la calibration :	Direction Winterthur : Bon / Satisfaisant Direction Zürich : Très bon / Bon	
Données pouvant être utilisées pour référence :	Direction Winterthur : Fin 2014 Direction Zürich : Fin 2014	
Constations sur la base du traitement des données WIM		
Pertes de données :	~ 1 / 2 jours	
Exclusions :	1.67%	
Cohérence globale des valeurs :	En ordre	
Cohérence des tendances de la station :	En ordre	
Classification SWISS10, VT \geq 3.5 to :	25.5%	
Silhouettes incohérentes :	31.0% dont 29.4% 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.
-