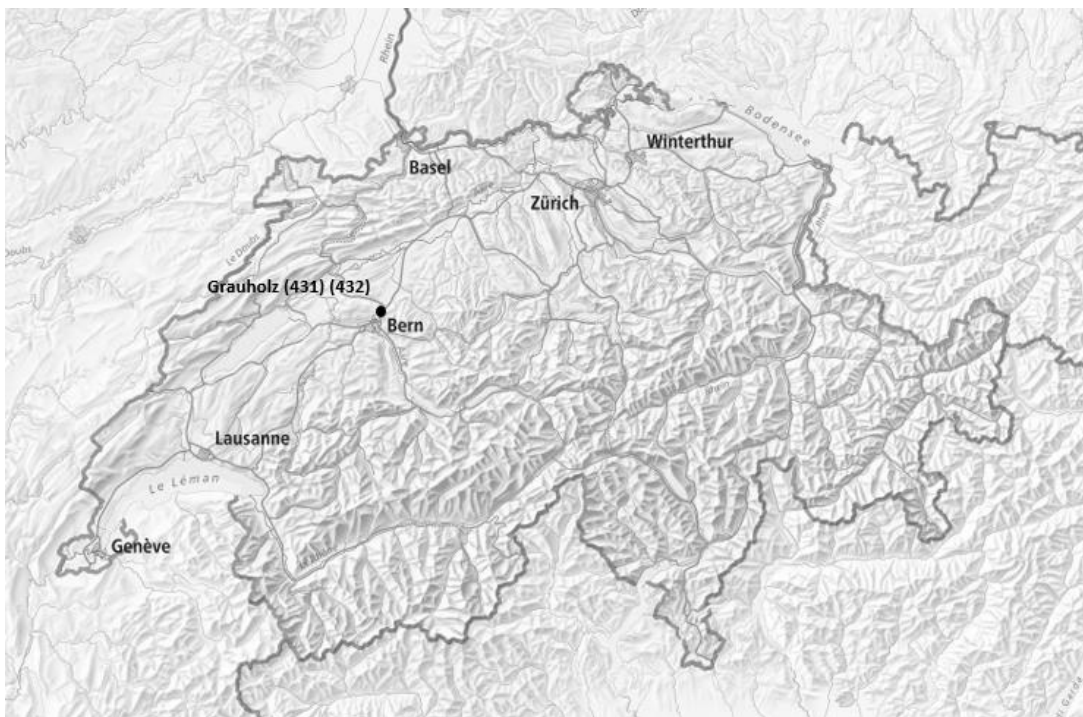


Grauholz – 2014

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_431_432

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
Grauholz	BE	A1	431 / 432	F2	I	2	2x3
Situation							
432 : Direction Berne				431 : Direction Zurich			
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	02.08.2014 – 04.08.2014 (431)
Perte potentielle de données	07.03.2014 – 16 : 15 à 20 : 39 (431) 11.04.2014 – 07 : 55 à 10 : 00 (431) 13.04.2014 – 16 : 42 à 18 : 03 (431) 17.05.2014 – 13 : 52 à 18 : 09 (431) 14.06.2014 – 10 : 56 à 14 : 01 (431) 21.06.2014 – 15 : 45 à 16 : 57 (431) 01.08.2014 – 12 : 00 à 00 : 00 (431) 05.08.2014 – 00 : 00 à 12 : 23 (431) 20.08.2014 – 09 : 31 à 11 : 14 (431) 17.07.2014 – 12 : 18 à 14 : 51 (432) 06.08.2014 – 10 : 34 à 12 : 06 (432) 07.08.2014 – 08 : 29 à 11 : 50 (432) 14.08.2014 – 09 : 01 à 12 : 39 (432) 17.10.2014 – 08 : 54 à 10 : 15 (432) 19.12.2014 – 15 : 38 à 17 : 48 (432)
<i>Evènements particuliers</i>	
<i>Décisions</i>	
<i>Concaténation</i>	
Nom de fichiers :	2014_431_concat.log ; 2014_432_concat.log ;
Nombre d'enregistrements :	14'475'180 (431) ; 13'603'294 (432)
Nombre de jours effectifs :	360.2 (431) ; 364.4 (432)

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 (25'355'926 enregistrements).
2)	1'367'305 enregistrements direction D1. 1'355'243 enregistrements direction D2.
3)	Longueur totale nulle (0 enregistrements).
4)	Longueur totale supérieure à 26.00m (2'831 enregistrements).
5)	Poids nul sur un des axes (0 enregistrements).
6)	Entraxe inférieur à 60cm (43'931 enregistrements).
7)	Poids total supérieur à 65 tonnes (4'372 enregistrements, hors grues mobiles).
8)	Poids sur un axe supérieur à 18 tonnes (954 enregistrements, hors grues mobiles).
9)	Longueur totale inférieure à 4.00m (13'283 enregistrements)
<i>Décisions</i>	
1)	Exclusion (2014_431_432_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_431_432.log
Nombre d'enregistrements :	2'657'177
Nom de fichier d'exclusions :	2014_431_432_exclus.log
Nombre d'enregistrements :	65'371

Sur un total de 28'078'474 enregistrements, 25'355'926 ont été séparés en raison de leur appartenance aux véhicules légers (< 3.5 tonnes) et 65'371 enregistrements (2.40%) ont été exclus du jeu de données de base en raison d'incohérences potentielles de données.

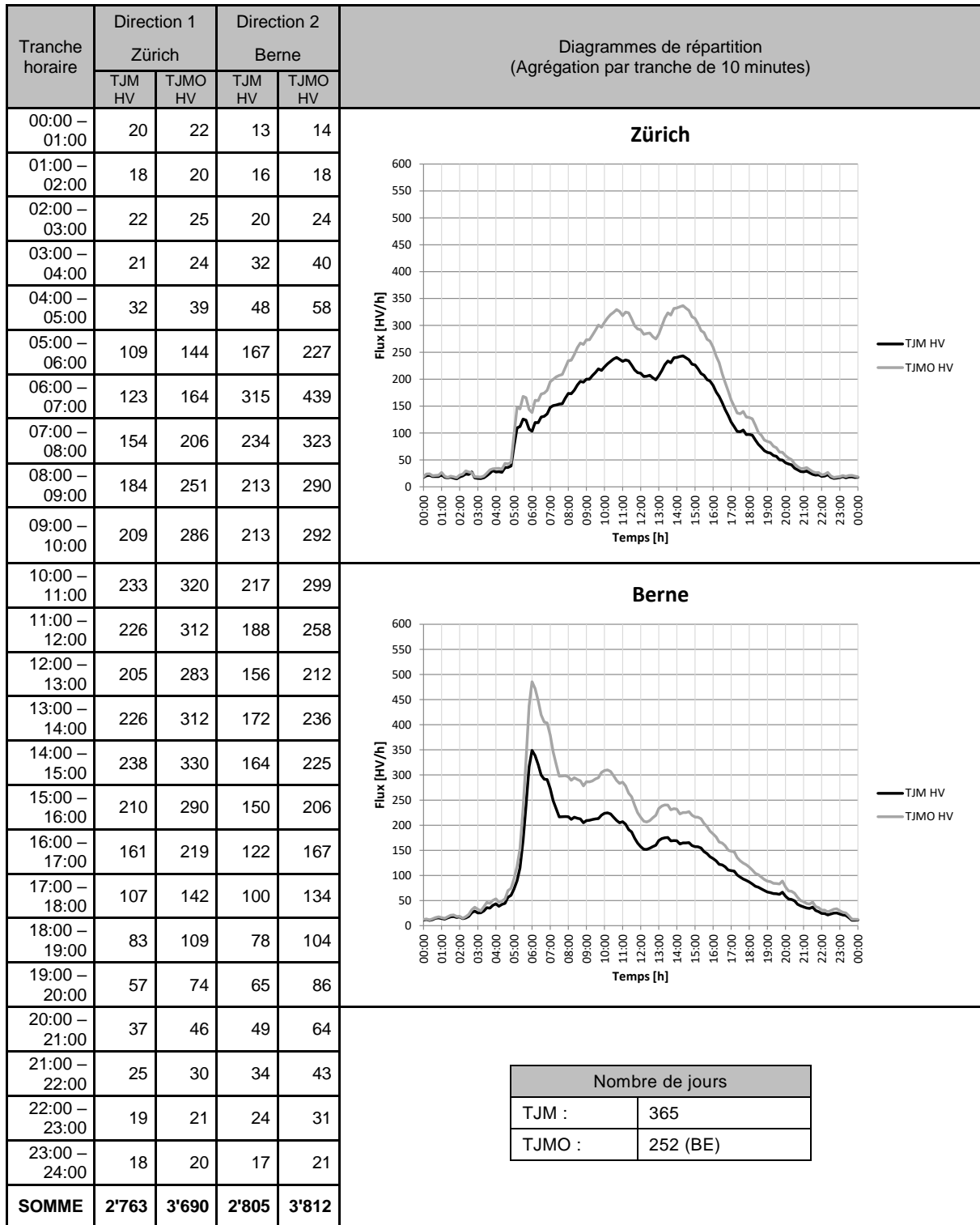
3 Traitements statistiques

3.1 Répartition horaire annuelle

Tranche horaire	Direction 1 Zürich		Direction 2 Berne		Diagrammes de répartition (Agrégation par tranche de 10 minutes)						
	TJM PL	TJMO PL	TJM PL	TJMO PL							
00:00 – 01:00	26	28	25	28	<p style="text-align: center;">Zürich</p>						
01:00 – 02:00	24	26	25	28							
02:00 – 03:00	29	32	26	30							
03:00 – 04:00	26	31	38	48							
04:00 – 05:00	40	47	59	72							
05:00 – 06:00	131	174	198	269							
06:00 – 07:00	158	210	391	544							
07:00 – 08:00	205	274	322	443							
08:00 – 09:00	235	317	289	393							
09:00 – 10:00	264	355	274	372							
10:00 – 11:00	298	401	276	374	<p style="text-align: center;">Berne</p>						
11:00 – 12:00	295	398	242	325							
12:00 – 13:00	269	363	203	270							
13:00 – 14:00	302	410	225	301							
14:00 – 15:00	322	438	217	291							
15:00 – 16:00	287	388	202	270							
16:00 – 17:00	226	301	168	223							
17:00 – 18:00	161	207	134	174							
18:00 – 19:00	122	153	105	135							
19:00 – 20:00	85	106	87	112							
20:00 – 21:00	59	71	65	82	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <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 (BE)</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre de jours		TJM :	365	TJMO :	252 (BE)
Nombre de jours											
TJM :	365										
TJMO :	252 (BE)										
21:00 – 22:00	42	50	45	55							
22:00 – 23:00	29	32	34	43							
23:00 – 24:00	24	27	27	33							
SOMME	3'660	4'840	3'677	4'914							

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)

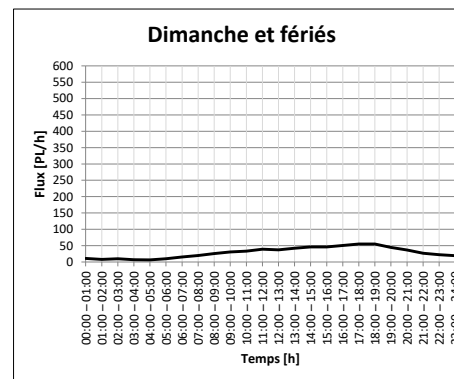
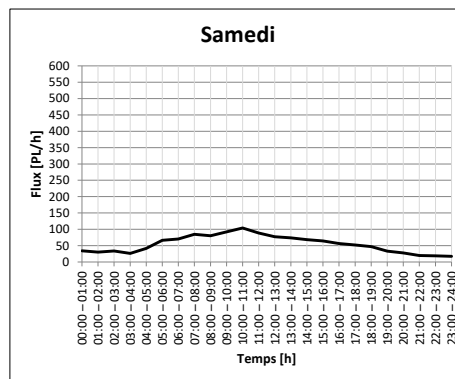
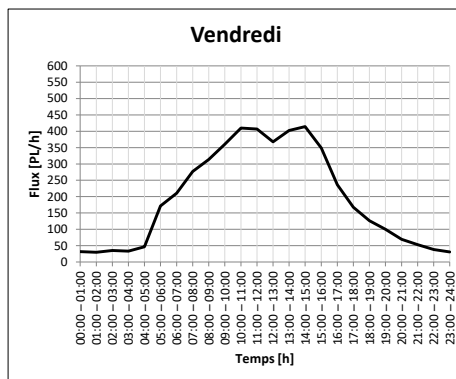
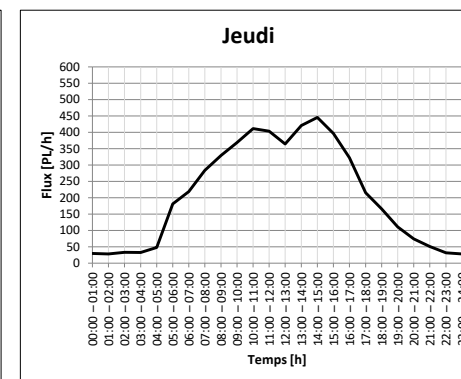
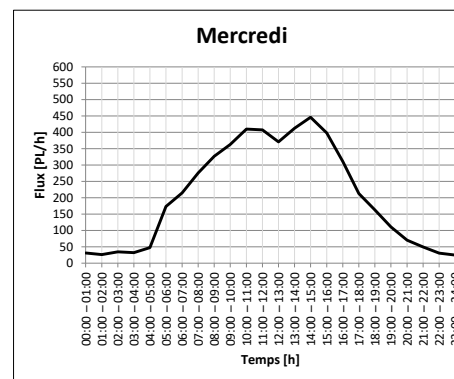
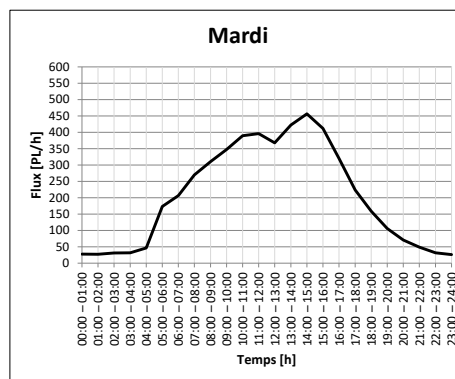
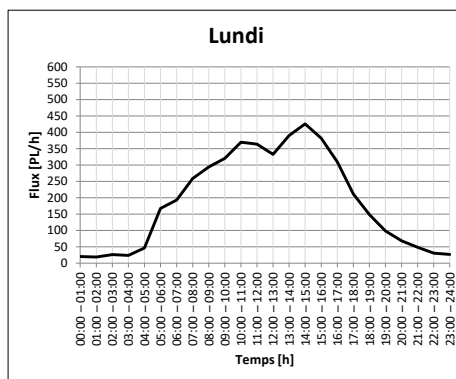


Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

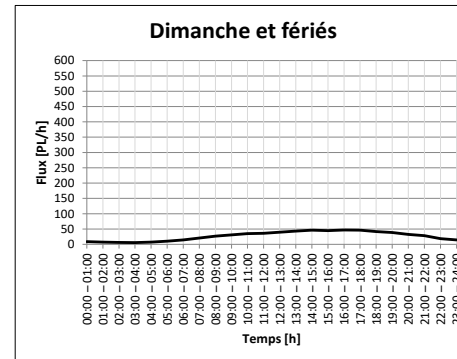
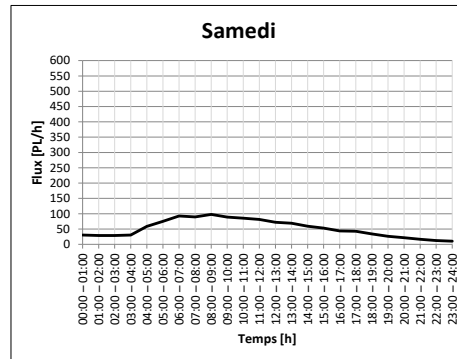
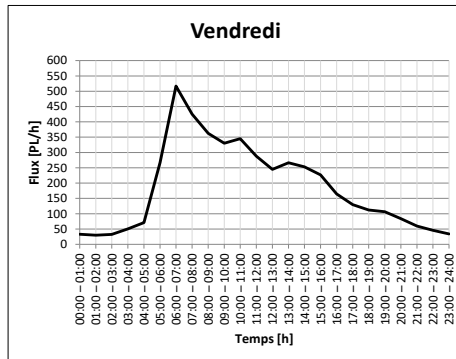
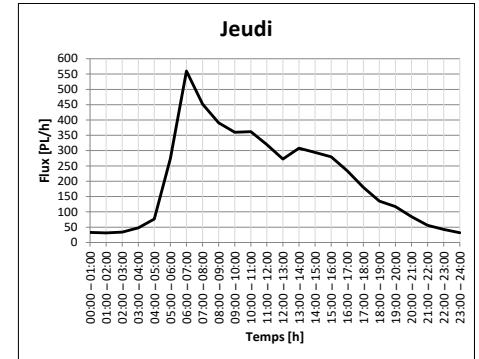
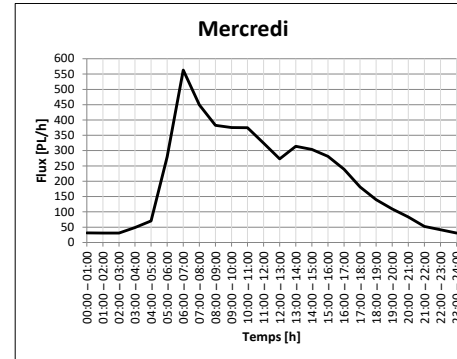
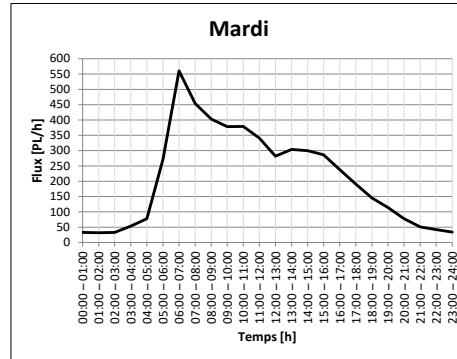
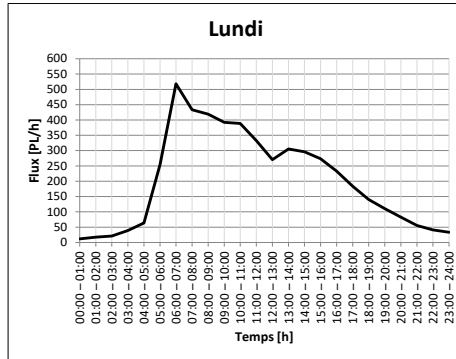
3.3 Répartition horaire journalière

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

Direction 1 : Zürich (Agrégation par heure)



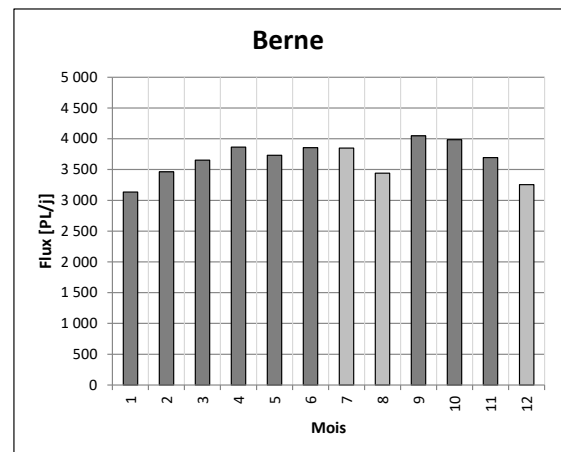
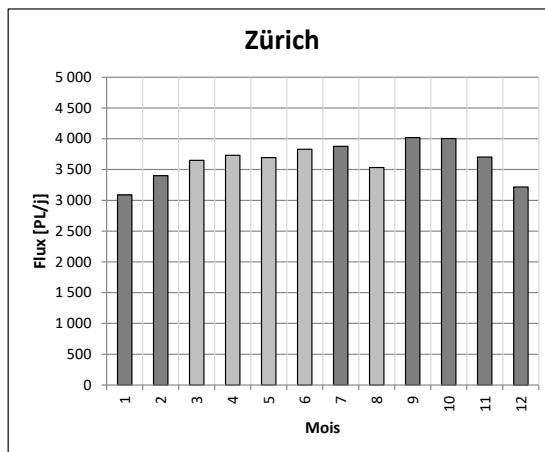
Direction 2 : Berne (Agrégation par heure)



3.4 Détection de véhicules

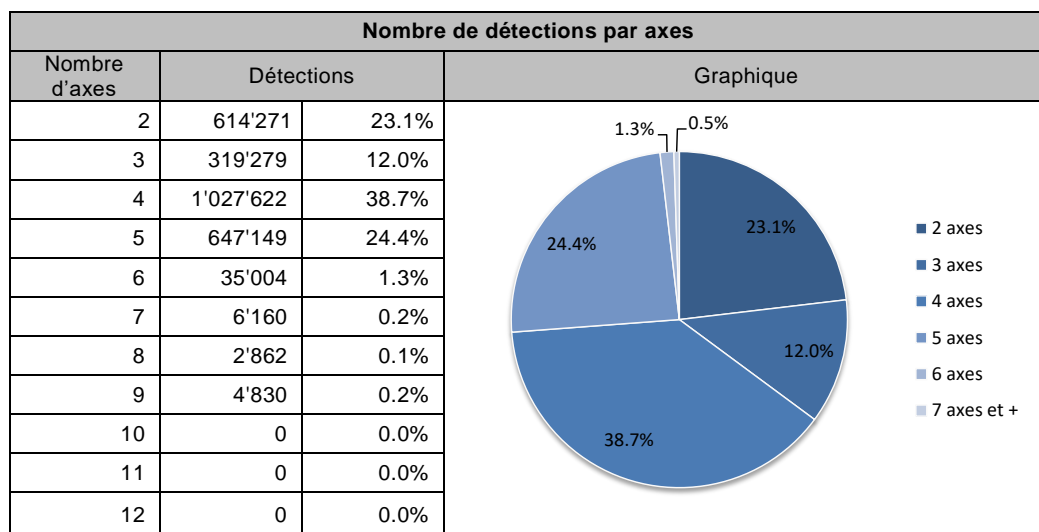
3.4.1 Par mois

Nombre de détections par mois		
Mois	Direction 1 : Zürich	Direction 2 : Berne
Janvier	95'684	97'151
Février	98'591	100'452
Mars	112'357	113'258
Avril	111'617	115'933
Mai	113'802	115'698
Juin	114'139	115'615
Juillet	120'211	118'924
Août	96'787	105'267
Septembre	120'580	121'404
Octobre	124'085	123'527
Novembre	111'072	110'795
Décembre	99'690	100'538



Remarque : Le calcul des répartitions mensuelles prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données). Mois mars (431), avril (431), mai (431), juin (431), juillet (432), août et décembre (432): valeurs de détections non estimées, valeurs journalières estimées.

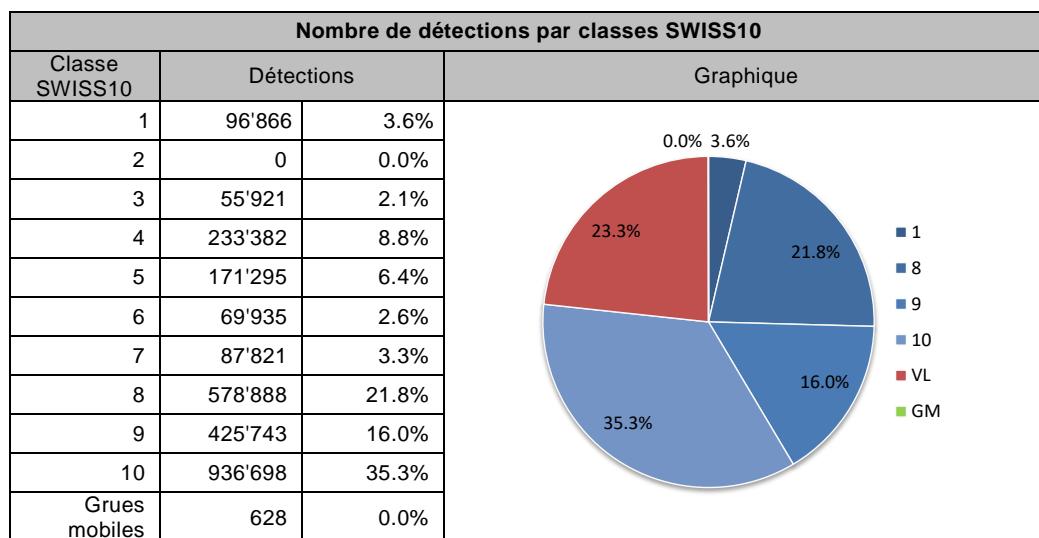
3.4.2 Par nombre d'axes



3.4.3 Par classes SWISS10

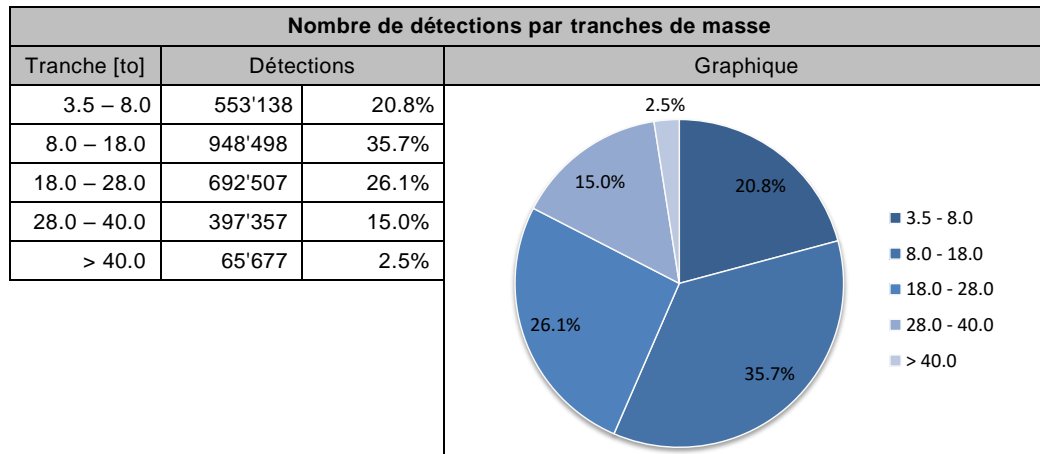
Classes de véhicules Swiss 10 [4]

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 618'354 enregistrements (classes 2 à 7, 23.3%) 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/Ta	0 - - - - 0 + - - - - 00		10	370'558	13.9%
S/S/Tr	0 - - - - 0 + - - - - 000		10	370'420	13.9%
S/S	0 - - - - 0		8	368'292	13.9%
S/S/Ta	<i>Non-cohérent</i>			227'742	8.6%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + 0 - - - - - 0		9	227'318	8.6%
S/S	<i>Non-cohérent</i>			177'244	6.7%
S/S/S	<i>Non-cohérent</i>			101'416	3.8%
S/Ta/S/S	0 - - - - 00 + 0 - - - - 0		9	96'109	3.6%
S/Ta	0 - - - - 00		8	75'924	2.9%
S/S/S	0 - - - - 0 + - - 0 - -		10	75'850	2.9%
Ta/Ta	<i>Non-cohérent</i>			66'600	2.5%
S/S	0 - - - - 0		1	62'161	2.3%
S/S/Tr	<i>Non-cohérent</i>			57'439	2.2%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + - - - - 0 - 0		10	53'265	2.0%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - 00 - -		9	47'031	1.8%
Autres silhouettes selon SN 640 320					
S/Ta	0 - - - - 00		1	21'032	0.8%
S/Ta/Ta	0 - - - - 00 + - - - 00 - -		9	18'323	0.7%
Ta/Tr	00 - - 000		Non-classé (8)	9'161	0.3%
S/S/S/Ta	0 - - - - 0 + 0 - - - - 00		9	5'677	0.2%
Ta/Ta	00 - - - 00		8	957	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 : Berne			Sur la base de :
	1	2	3	1	2	3	
2x3 voies	27.3%	22.5%	NI	42.8%	7.3%	NI	Nombre de détections
	26.6%	21.1%	NI	46.9%	5.3%	NI	Masse totale
	24.6%	19.4%	NI	51.7%	4.3%	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 : Zürich	Direction 2 : Berne	Norme 2011	Direction 1 : Zürich	Direction 2 : Berne	Norme 2011
	0.69	0.89	0.7	0.63	0.85	0.6
	1.07	1.24	1.4	1.43	1.79	2.1
	2.35	1.64	1.5	4.17	2.86	2.7
	2.15	2.32	1.9	4.98	5.46	3.0
	0.90	1.41	0.5	0.79	1.33	0.5
	1.45	1.81	1.7	1.39	1.80	1.8
	1.08	1.43	1.8	1.12	1.51	2.2
	2.04	2.61	2.0	2.54	3.28	2.2
	1.41	1.87	2.0	1.35	1.84	1.9
	1.39	2.30	1.7	1.45	2.53	1.6
	1.89	3.18	1.3	2.02	3.57	1.0
	1.81	2.00	2.5	2.16	2.54	2.6
	1.16	1.45	1.2	1.62	2.11	0.9
	2.24	2.25	0.7	2.36	2.39	0.6
	0.90	0.89	1.4	1.19	1.20	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 : Berne	Norme 2011	Direction 1 : Zürich	Direction 2 : Berne	Norme 2011
1 : Bus, car	1.85	1.88	2.3	2.03	2.08	2.3
8 : Camion	0.77	0.96	0.9	0.79	1.05	1.0
9 : Train routier	1.49	1.92	1.9	1.58	2.13	2.0
10 : Véhicule articulé	1.50	1.98	1.7	1.73	2.34	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 : Berne	Norme 2011	Direction 1 : Zürich	Direction 2 : Berne	Norme 2011
Silhouettes (2-6 axes)	1.13	1.43	1.6	1.31	1.70	1.7
	98.2%	98.8%		98.2%	98.8%	
Catégories	1.33	1.72		1.48	1.97	
	70.1%	70.9%		70.1%	70.9%	
Classes	1.33	1.72		1.47	1.96	
	67.6%	68.5%		67.6%	68.5%	

4.5 Classe de trafic pondéral équivalent actuelle selon SN 640 324

Chaussées souples et semi-rigides

Direction 1 : Zürich

$$TF_0 = \frac{1'318'615\text{PL}}{360.2 \text{ jours}} \cdot 1.13 \cdot \frac{24.6\%}{43.9\%} = 2'313 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

Direction 2 : Berne

$$TF_0 = \frac{1'338'562\text{PL}}{364.4 \text{ jours}} \cdot 1.43 \cdot \frac{51.7\%}{56.1\%} = 4'861 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

Chaussées rigides et combinées

Direction 1 : Zürich

$$TF_0 = \frac{1'318'615\text{PL}}{360.2 \text{ jours}} \cdot 1.31 \cdot \frac{24.6\%}{43.9\%} = 2'677 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T5 : Très lourd}$$

Direction 2 : Berne

$$TF_0 = \frac{1'338'562\text{PL}}{364.4 \text{ jours}} \cdot 1.70 \cdot \frac{51.7\%}{56.1\%} = 5'755 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

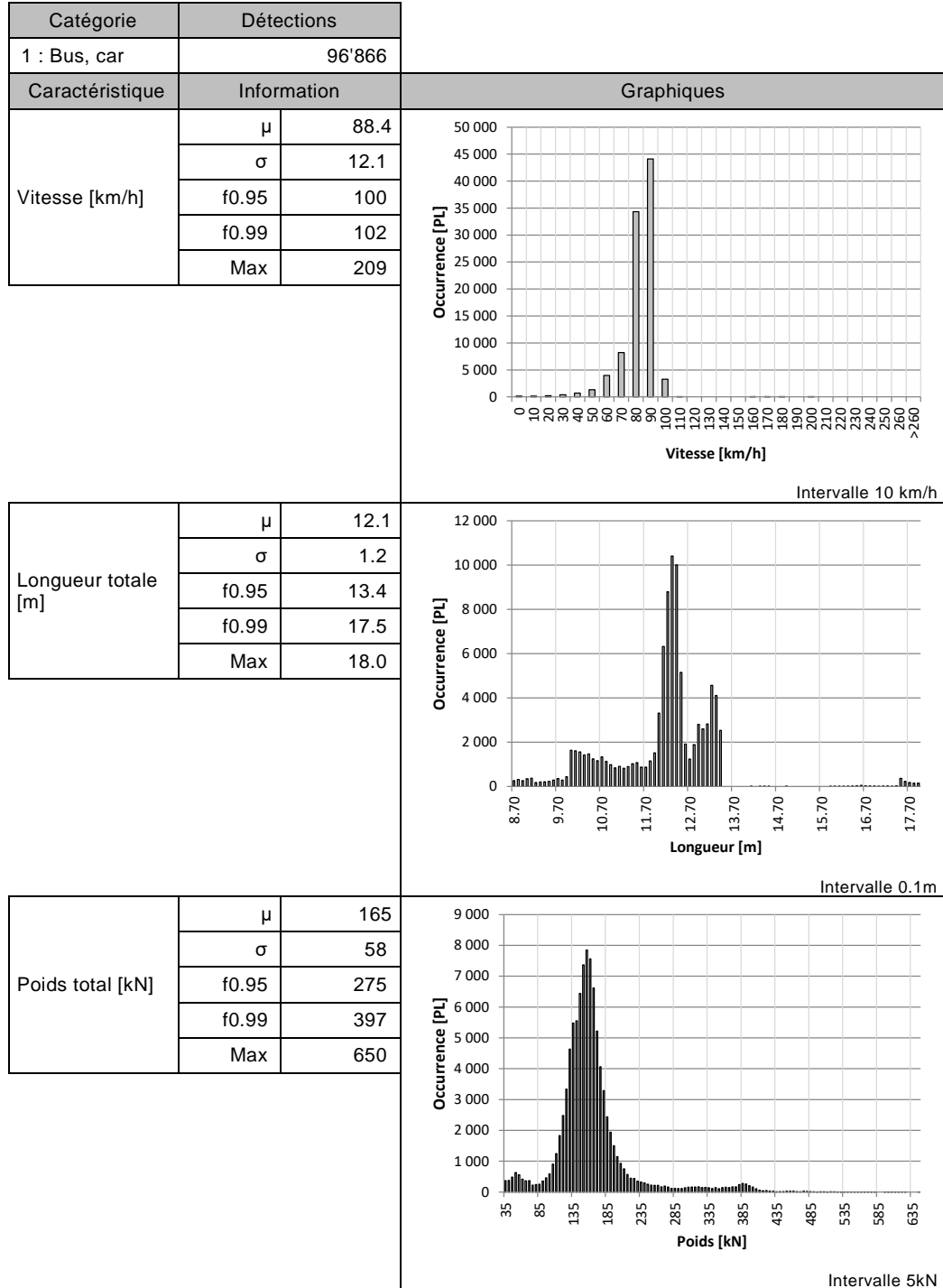
4.6 Tendence pour l'estimation du taux d'accroissement annuel

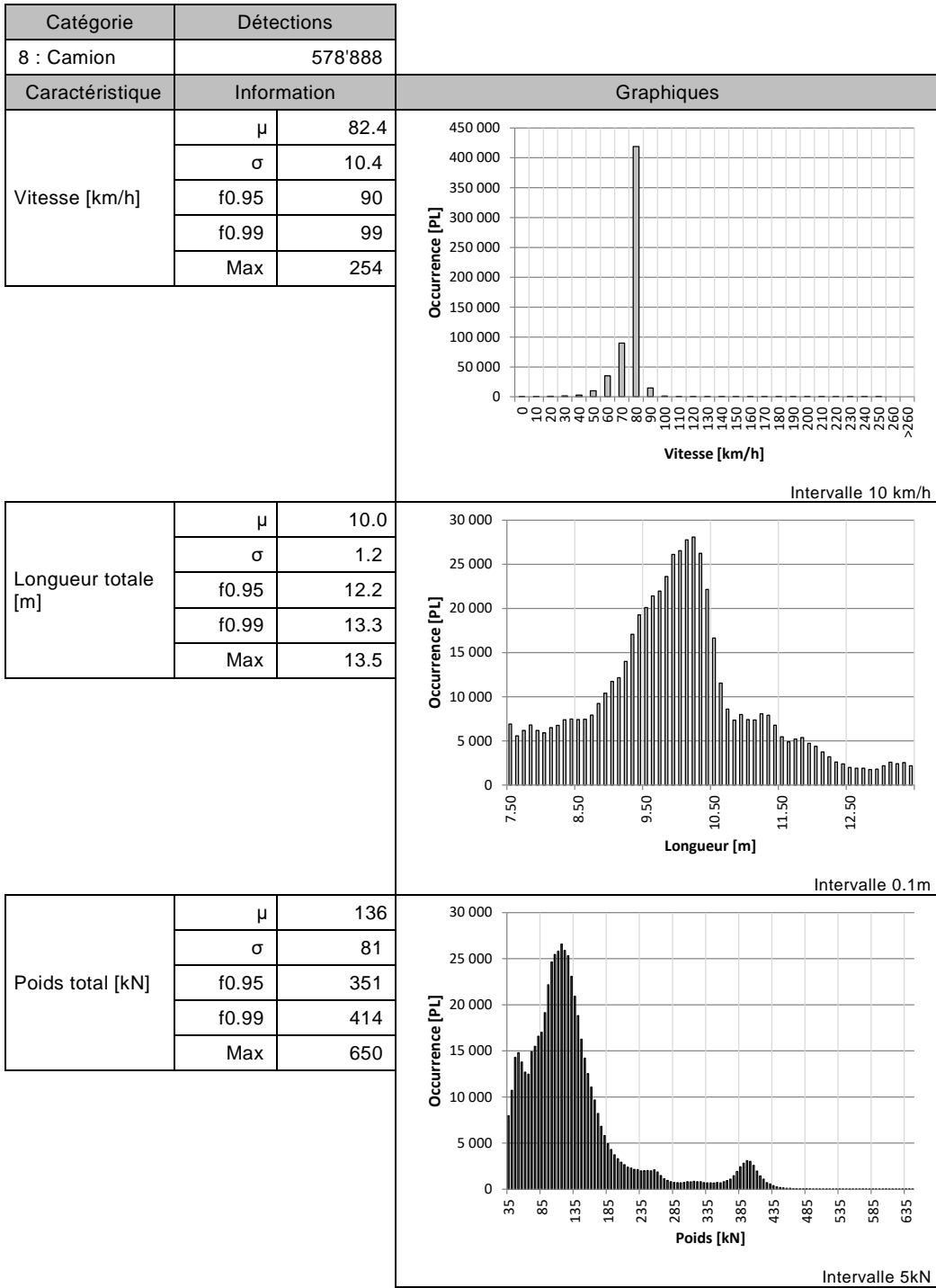
Tendance pour l'estimation du taux d'accroissement annuel		
Direction 1 : Zürich	Direction 2 : Berne	Sur la base de :
0.8%	0.1%	Nombre de détections
1.3%	0.2%	Masse totale
2.4%	0.2%	Trafic pondéral équivalent total W

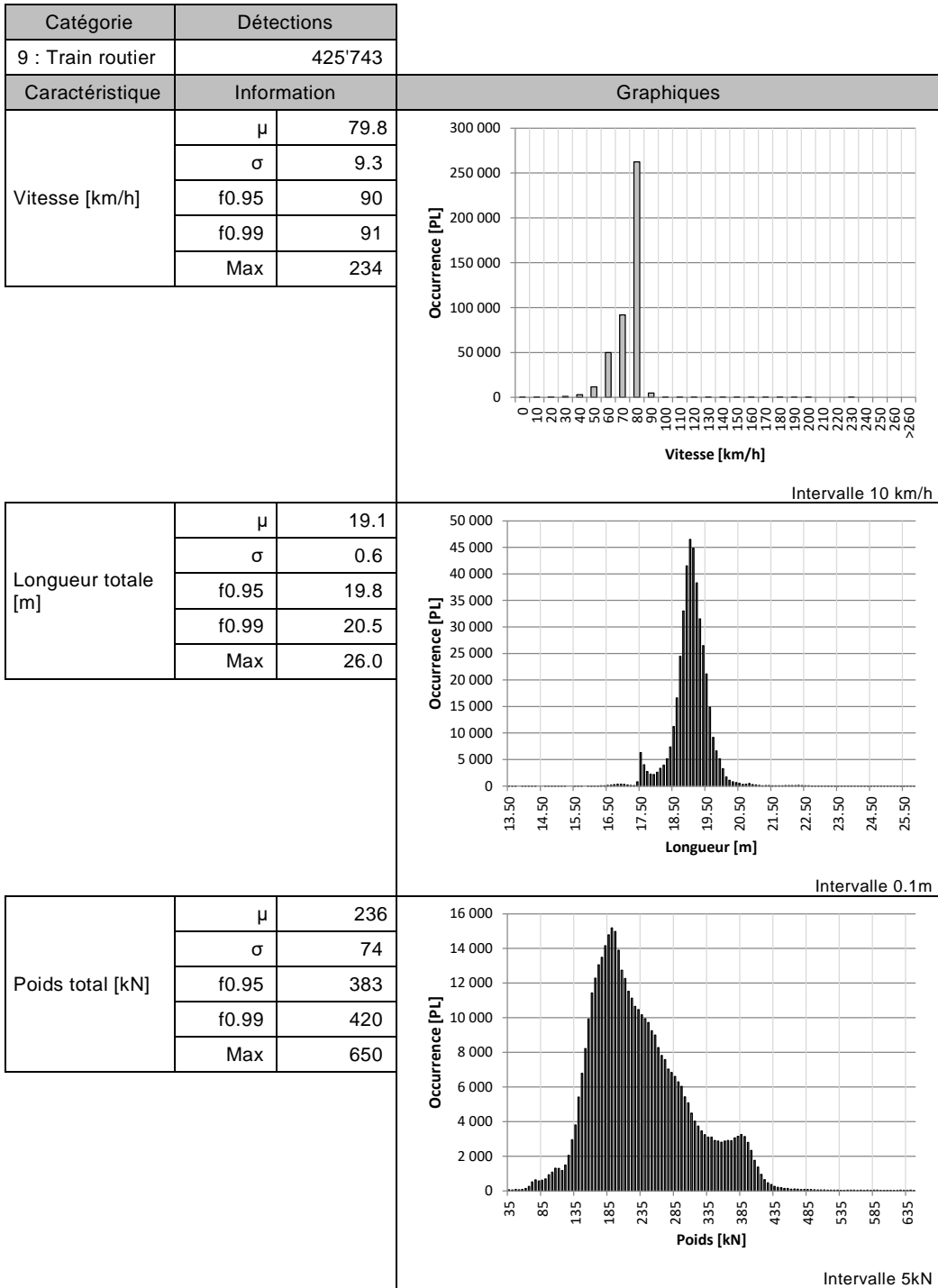
Cette section est déterminée sur la base des rapports annuels 2013 et 2014.

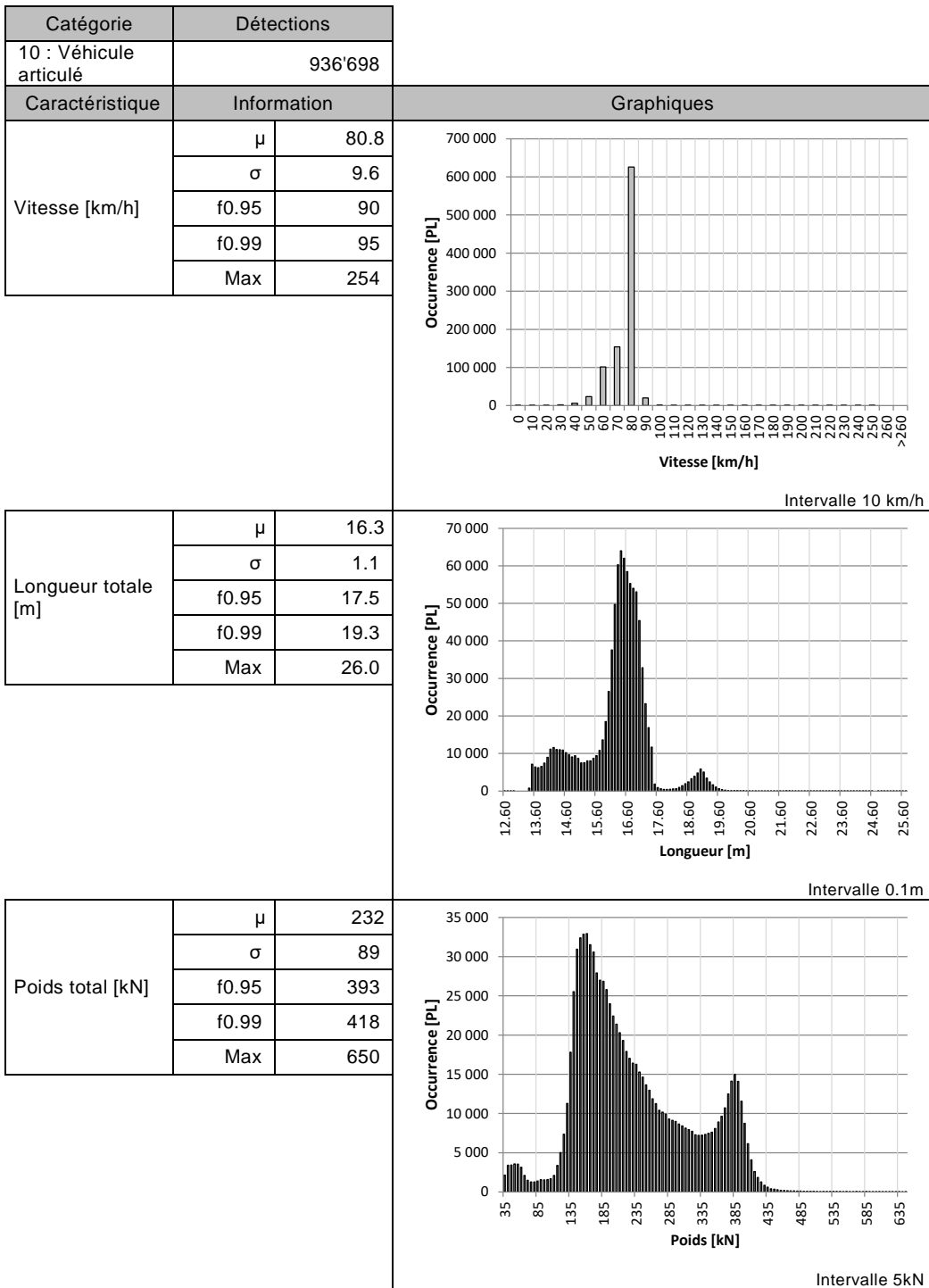
5 Caractéristiques des poids lourds

5.1 Caractéristiques des catégories de poids lourds



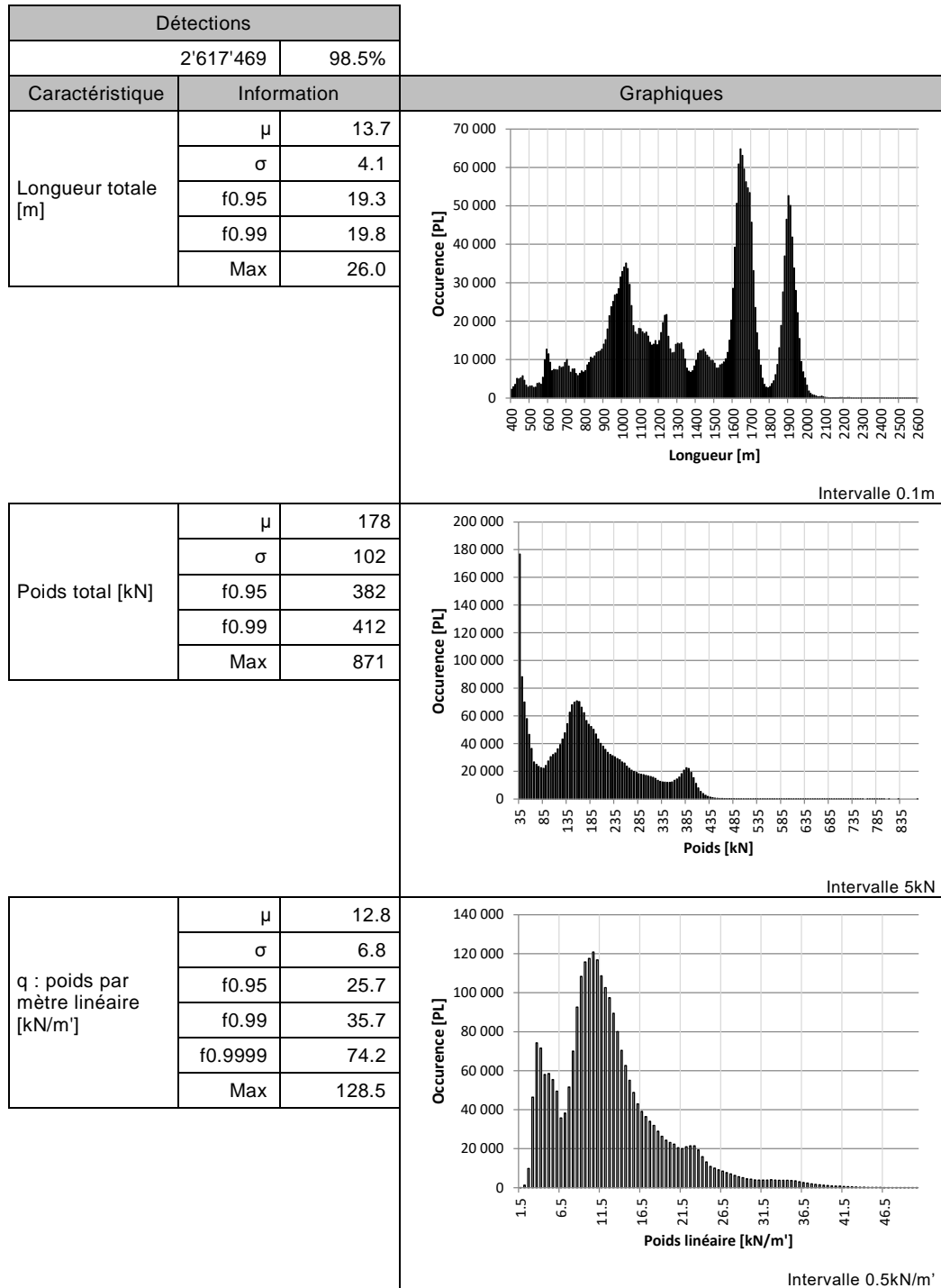


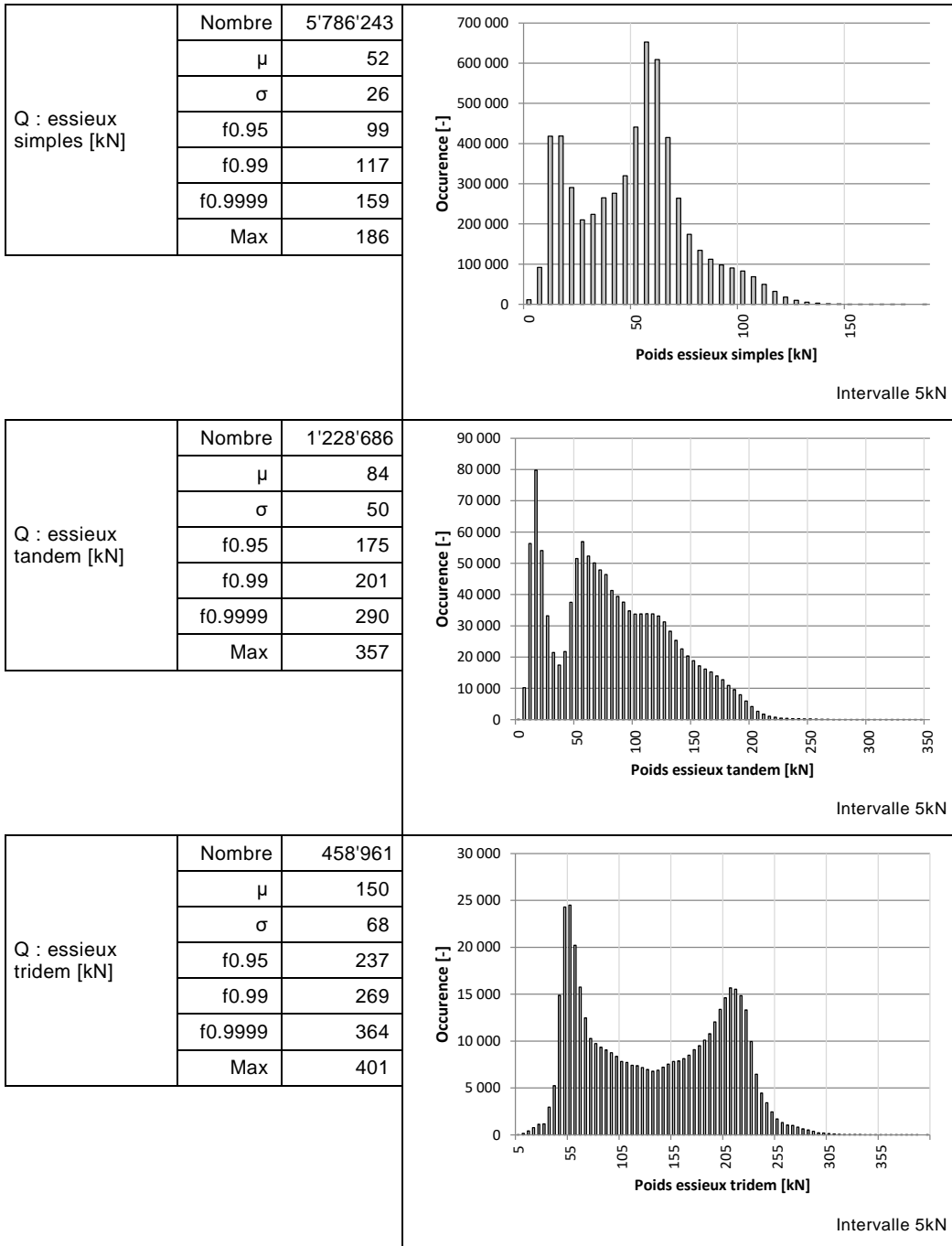




5.2 Caractéristiques globales de l'échantillon

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



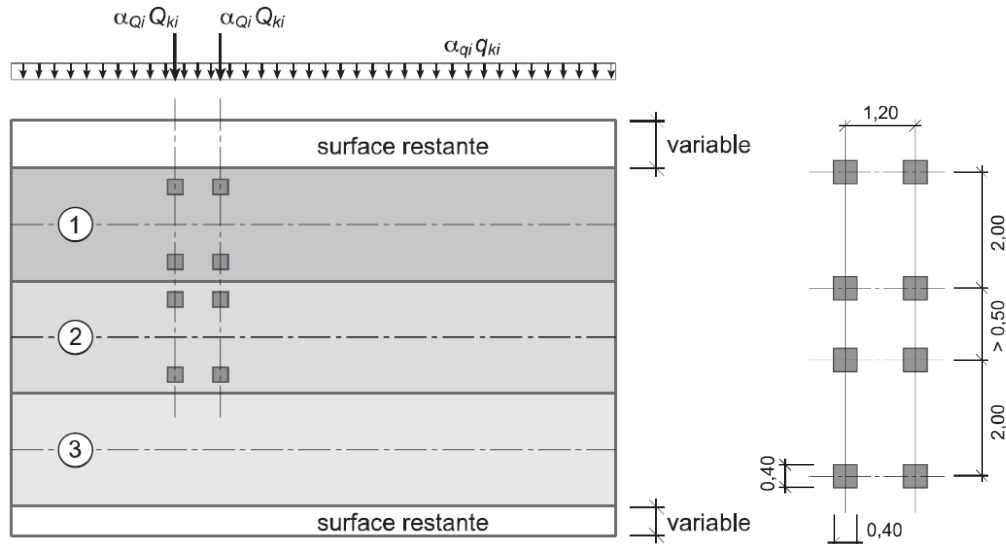


6 Modèle selon norme SIA 261

Document de référence : [3]

Les données considérées sont celles des silhouettes détectées de 2 à 6 axes, soit 98.5% 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

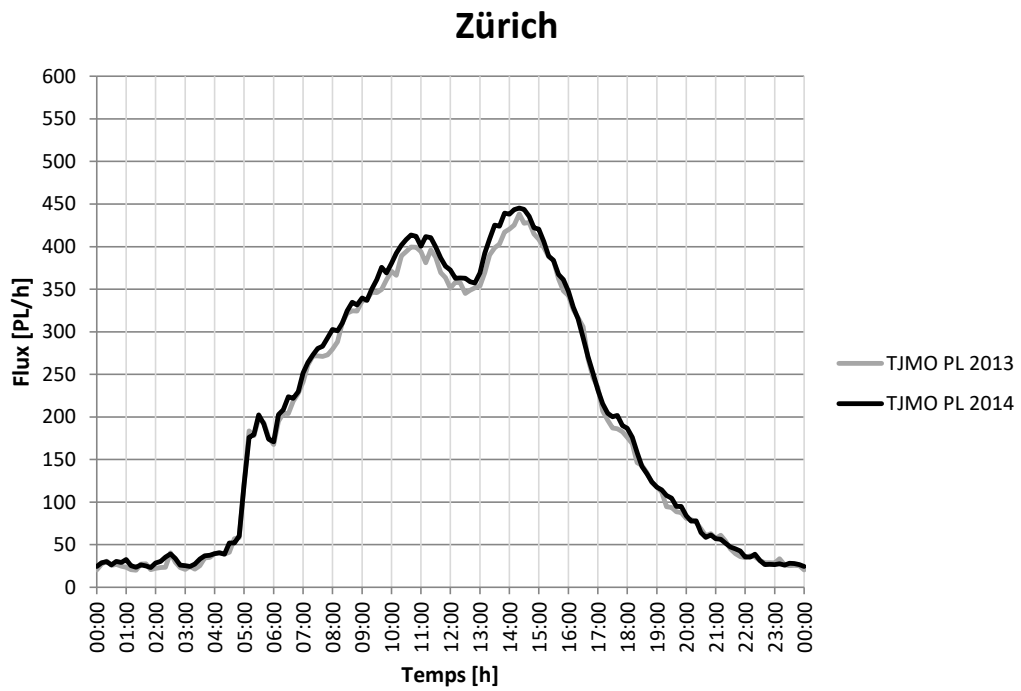
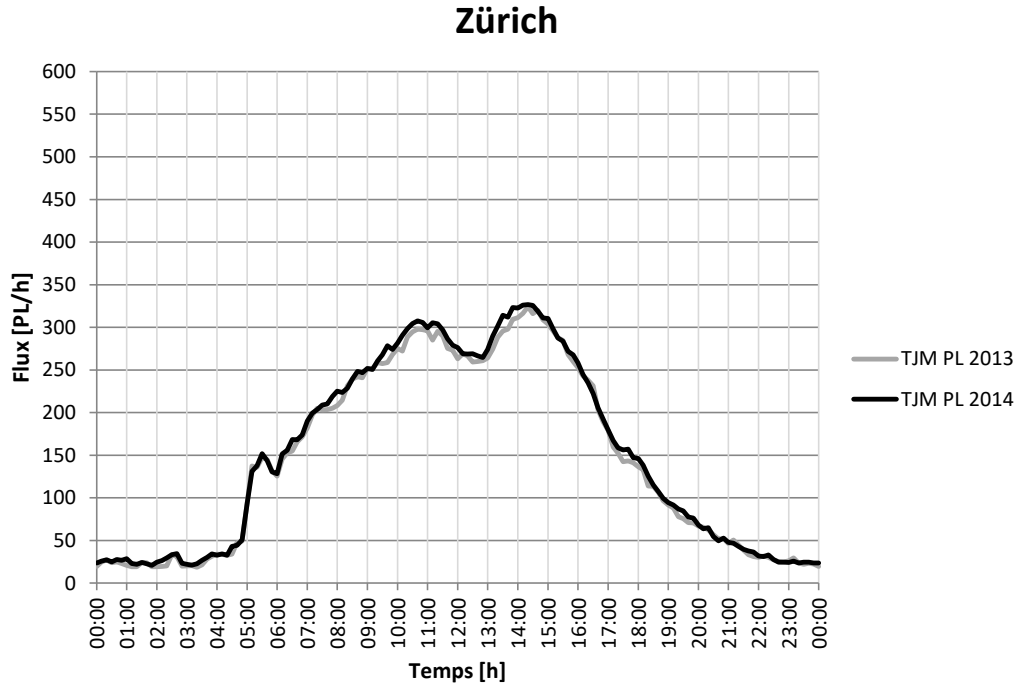
Charge concentrée Q					
Type d'essieu	Charge moy. [kN]	Charge moy. par axe [kN]	f0.95 [kN] (par axe)	f0.99 [kN] (par axe)	f0.9999 [kN] (par axe)
Simple	52	52	99	117	159
Tandem	84	42	175 (87)	201 (101)	290 (145)
Tridem	140	47	237 (79)	269 (90)	364 (121)

6.1.2 Charge répartie q

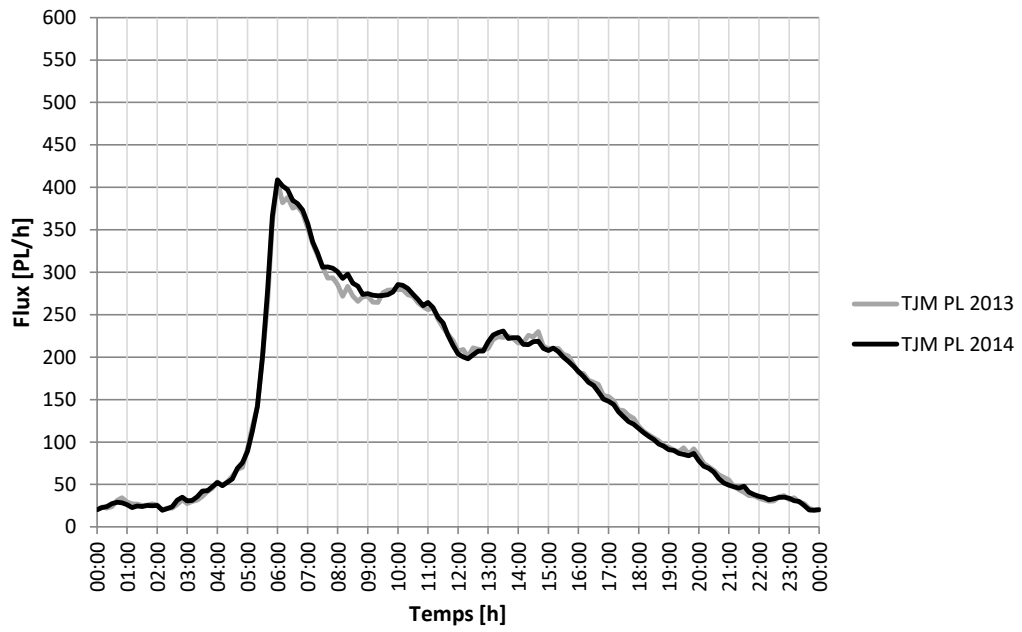
Charge répartie q				
Caractéristique	Charge moy.	f0.95	f0.99	f0.9999
Poids par mètre linéaire [kN/m']	12.8	25.7	35.7	74.2
Poids par surface (largeur 3 m) [kN/m²]	4.3	8.6	11.9	24.7

7 Tendances

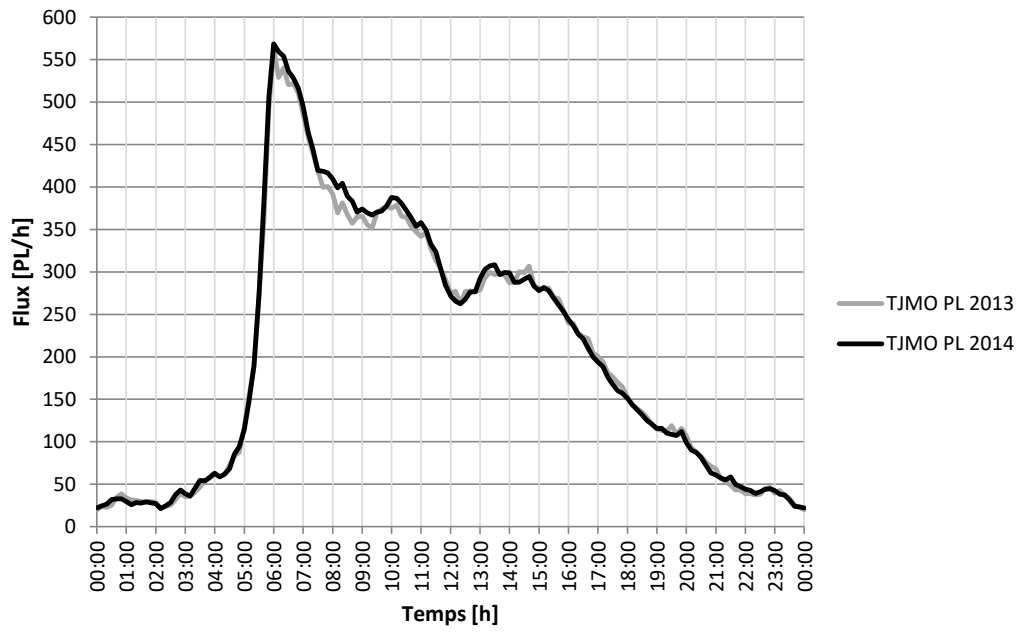
7.1 Evolution de la répartition horaire annuelle



Berne

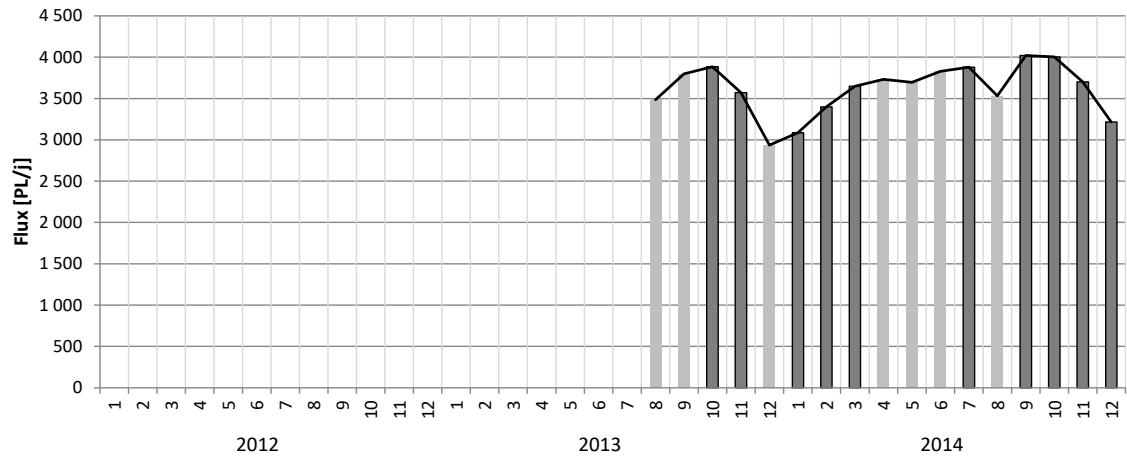


Berne

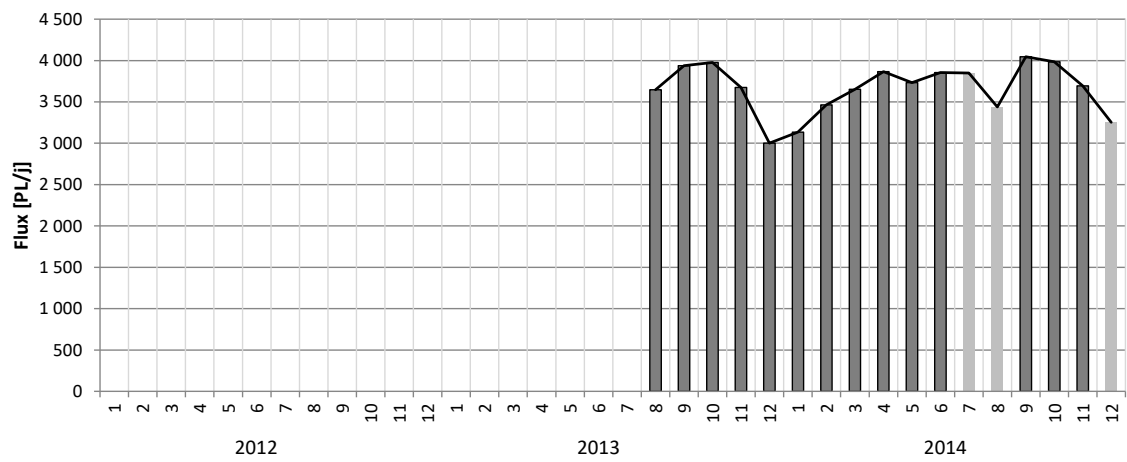


7.2 Evolution de la détection par mois

Zürich



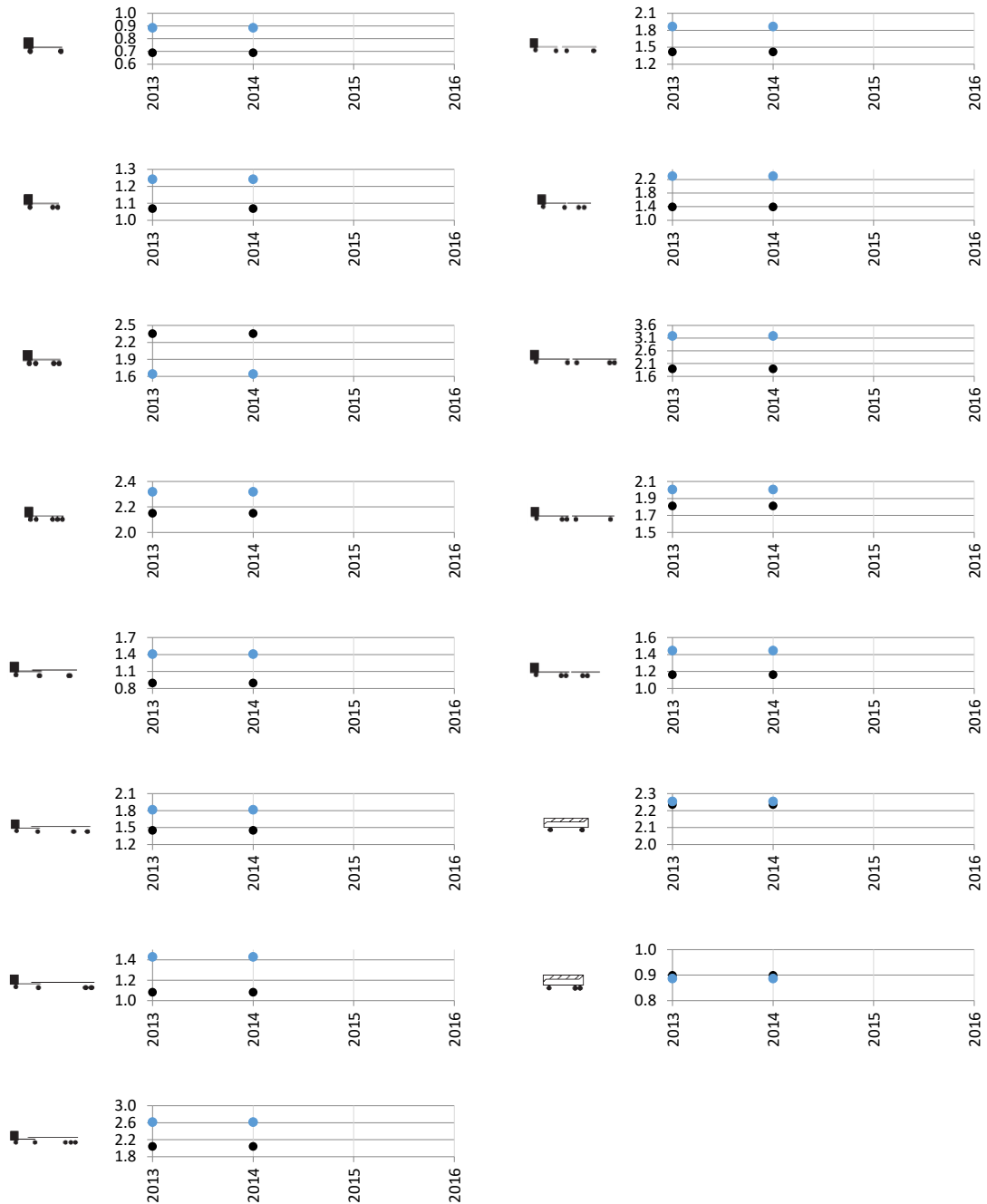
Berne



7.3 Evolution du modèle de la norme SN 640 320

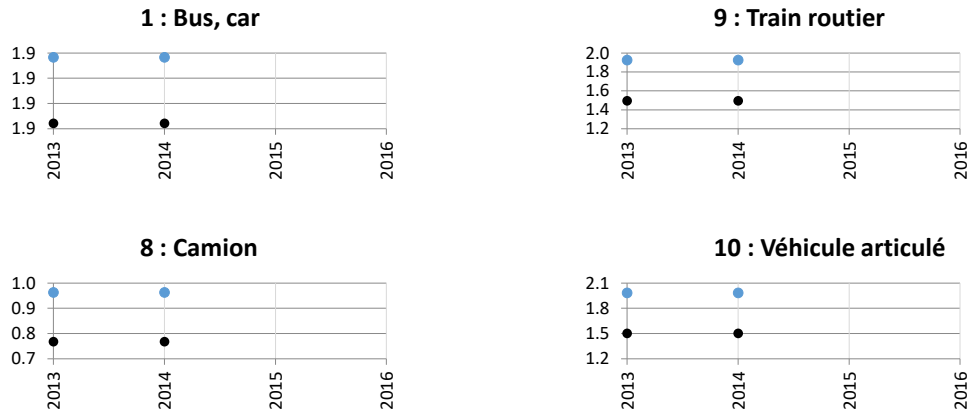
Sont considérées dans ce chapitre uniquement les chaussées souples et semi-rigides.

7.3.1 Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules



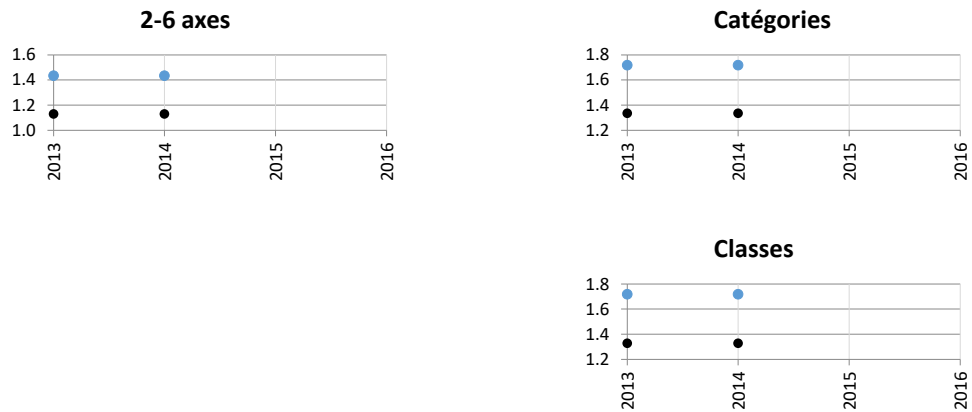
Noir : Direction Zürich ; Bleu : Direction Berne.

7.3.2 Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules



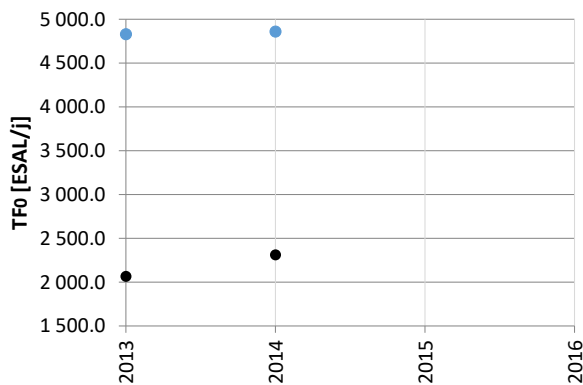
Noir : Direction Zürich ; Bleu : Direction Berne.

7.3.3 Evolution du facteur d'équivalence moyen



Noir : Direction Zürich ; Bleu : Direction Berne.

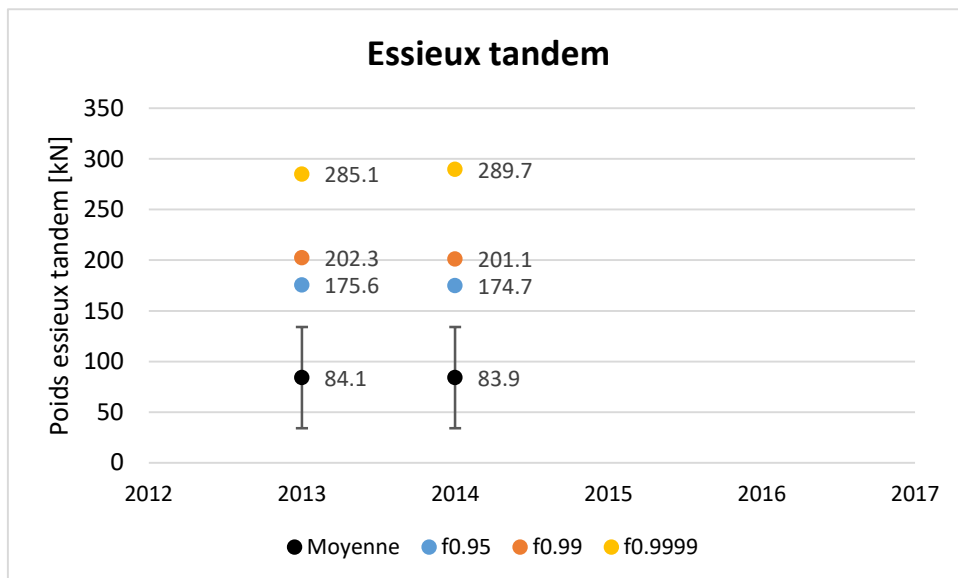
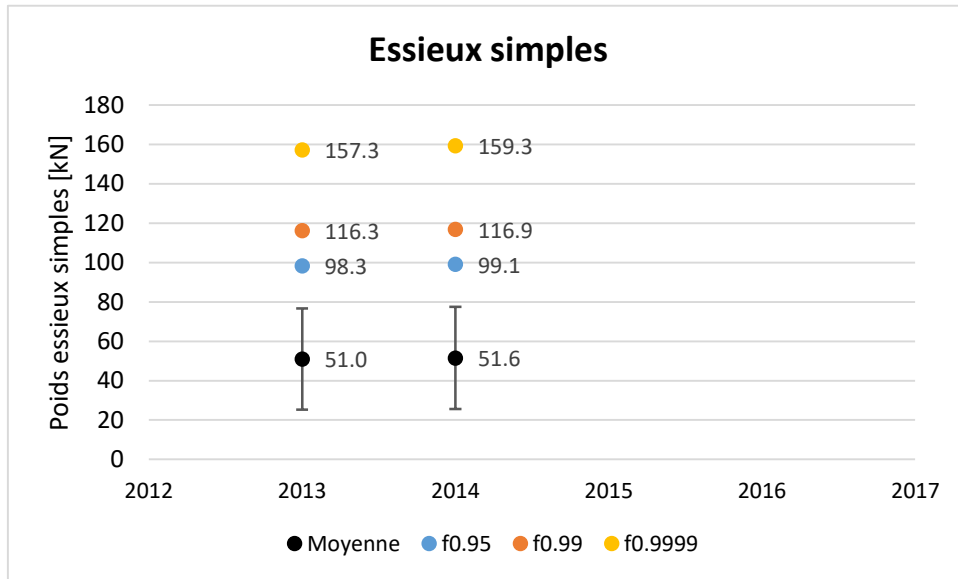
7.3.4 Evolution du trafic pondéral équivalent journalier

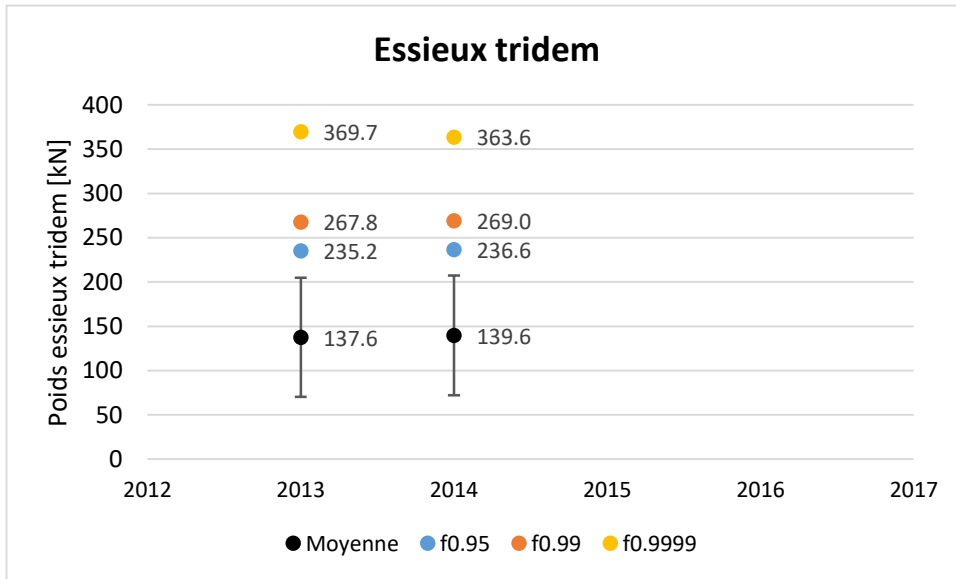


Noir : Direction Zürich ; Bleu : Direction Berne.

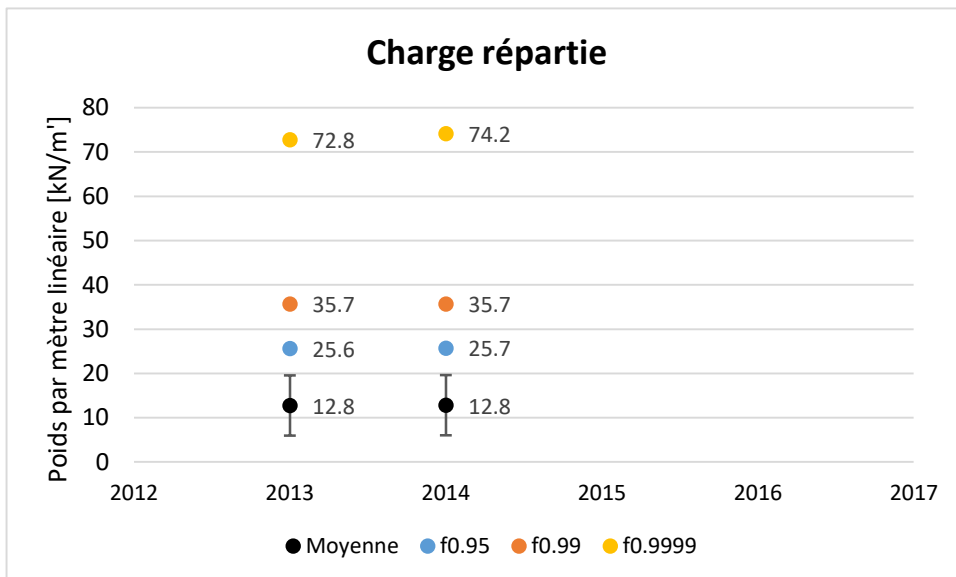
7.4 Evolution du modèle de la norme SIA 261

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 :	14.10.2014 (uniquement direction Berne)	
Facteurs de corrections relevés :	Direction Zürich : - Direction Berne : 3.60% / 5.13%	
Application du facteur de correction :	Direction Zürich : Direction Berne : Oui / Oui	
Niveau de confiance à la calibration :	Direction Zürich : Direction Berne : Très bon / Satisfaisant	
Données pouvant être utilisées pour référence :	Direction Zürich : - Direction Berne : Fin 2014	
Constations sur la base du traitement des données WIM		
Pertes de données :	~ 5 / 1 jours	
Exclusions :	2.40%	
Cohérence globale des valeurs :	En ordre	
Cohérence des tendances de la station :	En ordre	
Classification SWISS10, VT \geq 3.5 to :	23.3%	
Silhouettes incohérentes :	28.6% dont 26.7% potentiellement dus à la classification SWISS10 1.9% d'autres incohérences	
Propositions		
La confiance dans les données de la station est satisfaisante. 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.
-