

Délestage de l'A2 au Gothard par une chaussée roulante dans le tunnel ferroviaire de base

Rapport final, 1^{er} février 2011

Initiative des Alpes

metron

Responsables de l'étude

Peter Marti

Jonas Bubenhofer

Dr oec. publ., économiste/SVI

lic. phil., sociologue

Case postale 480

Stahlrain 2

CH 5201 Brugg

T 056 460 91 11

F 056 460 91 00

info@metron.ch

www.metron.ch

Couverture: modèle d'évaluation des caractéristiques des bouchons

Sommaire

1	Situation de départ et objectifs	2
1.1	Situation de départ	2
1.2	Objectifs de la présente étude	2
2	Démarche	3
2.1	Formation de bouchons	3
2.2	des Caractéristiques bouchons	4
3	Données	6
3.1	Sources	6
3.2	Traitement des données	6
3.3	Vue d'ensemble des données	7
3.3.1	Charges transversales	7
3.3.2	Evénements	8
4	Résultats: formation des bouchons	12
4.1	Probabilité de formation d'un bouchon	12
4.2	Formation de bouchons en l'absence de poids lourds	13
5	Résultats: caractéristiques des bouchons	16
6	Condensé	18
	Annexe 1: définitions	20

1 Situation de départ et objectifs

1.1 Situation de départ

Après la mise en service du tunnel ferroviaire de base du Gothard interviendra l'assainissement du tunnel routier, qui impliquera des restrictions considérables au trafic routier au Gothard durant une période prolongée.

Il est envisagé d'exploiter une chaussée roulante (CR) pour les poids lourds sur le tronçon Erstfeld–Bodio durant la période d'assainissement du tunnel routier.

Une étude de faisabilité a conclu, sur la base des 650'000 poids lourds qui seront encore autorisés à franchir les Alpes suisses selon la Constitution, qu'une telle CR est réalisable sans entraver le trafic ferroviaire prévisible, tant marchandises que voyageurs.

Se pose dès lors la question de savoir si cette CR ne pourrait pas être une solution durable. Mais elle devrait alors avoir une justification différente de celle d'une CR limitée à la période d'assainissement du tunnel routier:

- Les avantages d'une CR à travers la tunnel de base du Gothard durant la période d'assainissement du tunnel routier sont manifestes: les autres options impliqueraient des trajets de contournement conséquents par les autres passages alpins (respectivement le report sur le TCNA ou le TWC).
- Après l'assainissement du tunnel routier du Gothard, il devra être procédé à une comparaison coûts-avantages entre le parcours Erstfeld–tunnel routier du Gothard–Bodio et la CR Erstfeld–Bodio.

Ces avantages sont évidents même sans analyse approfondie:

- Gain de sécurité: baisse des accidents, blessés, tués et dégâts matériels
- Diminution des nuisances sonores dans la Léventine et la vallée supérieure de la Reuss dans le canton d'Uri
- Diminution de la pollution de l'air
- Réduction des bouchons avant les portails du tunnel

1.2 Objectifs de la présente étude

Seul le dernier aspect mentionné est examiné ici. Les questions sont les suivantes:

- Quel sera l'effet d'un délestage du trafic au Gothard sur la formation de bouchons avant les portails du tunnel?
- Quel sera l'effet d'un délestage du trafic au Gothard sur les caractéristiques des bouchons, c'est-à-dire sur leur longueur et leur durée?

L'Initiative des Alpes a mandaté le bureau Metron Verkehrsplanung AG pour examiner ces questions.

2 Démarche

2.1 Formation de bouchons

Idée de base

Les effets d'un report intégral du trafic poids lourds doivent être évalués au moyen de **simulations** fondées sur les deux dernières années pour lesquelles on dispose de données chiffrées. La question de départ est la suivante: quelle aurait été la situation en matière de formation de bouchons ces deux dernières années en l'absence de poids lourds dans le tunnel routier? On dispose, pour y répondre, de toutes les valeurs horaires pour la période allant du 1^{er} juin 2008 au 31 mai 2010, soit au total 17'516 valeurs horaires.

La base utilisée est constituée des charges transversales de trafic observées, c'est-à-dire des flux horaires de véhicules sur la base d'unités voitures particulières (UVP), 1 unité poids lourd (UPL) comptant pour 3 UVP. Pour le cas de figure sans trafic poids lourds, les charges ont été réduites du volume du trafic poids lourd, et la formation de bouchons a été examinée en fonction de ce résultat.

Cette démarche fait abstraction de la possibilité que les flux de voitures particulières eussent pu être un peu plus élevés en l'absence de poids lourds.

Méthode

Des études antérieures ont montré que la formation de bouchons au Gothard ne peut pas être expliquée uniquement par une limite de capacité bien définie. Des charges horaires de 800 ou 900 véhicules sur la rampe d'accès peuvent déjà provoquer un bouchon, alors que le trafic peut rester fluide avec des charges horaires de 1'300 véhicules. Il est donc nécessaire ici de recourir à un modèle de probabilité.

Ont été analysées à cet effet les **heures à formation de bouchon**. La probabilité qu'un bouchon se forme a été calculée sur la base des valeurs observées pour les charges de trafic et le bouchon de la manière suivante:

- Nombre d'événements: pour chaque heure où un bouchon s'est formé, les flux (équivalents voitures particulières par heure) ont été enregistrés et attribués à une catégorie de charge (chacune représentant 100 unités, de 500-599 jusqu'à 2'000 et plus).
- Nombre de situations potentiellement génératrices de bouchons: nombre total de charges horaires **sans les heures de bouchons**, réparti entre les même catégories.

La probabilité qu'un bouchon se forme a été calculée pour chaque catégorie de charge en divisant le premier résultat par le second.

Ces probabilités ont ensuite été appliquées aux valeurs de charge diminuées du trafic poids lourds.

2.2 des Caractéristiques bouchons

Idée de base

Si, en ce qui concerne la formation de bouchons, nous nous sommes intéressés à la probabilité – c'est-à-dire à la fréquence – d'apparition d'un bouchon avec et sans poids lourds, nous avons, s'agissant des caractéristiques des bouchons, calculé leur durée et leur longueur.

Il est apparu que la durée et la longueur des bouchons ne peuvent guère être calculées à partir d'autres paramètres tels que la charge de trafic durant les heures à formation de bouchon, le jour de la semaine ou l'époque de l'année, car une corrélation ne peut être établie avec aucune de ces variables. Il a donc fallu adopter une autre approche.

L'approche retenue est fondée sur une comparaison entre deux modélisations devant permettre toutes deux de calculer, sur les mêmes bases, les effets de la formation de bouchons, dans un cas au moyen des charges horaires effectives, dans l'autre à l'aide des charges horaires réduites du trafic poids lourds. Le choix des événements (bouchons) au cours des deux années considérées (tels que calculés comme décrit au chapitre 2.1) a été opéré à l'aide d'un modèle théorique. Ce modèle a été calibré en fonction des charges horaires effectives et de la statistique des bouchons, puis appliqué avec la même méthodologie aux valeurs de charge réduites.

Méthode

Nous sommes partis d'un modèle théorique selon lequel, à partir du moment où un bouchon se forme (heure à formation de bouchon), la somme de toutes les charges horaires suivantes (flux) dépassant la capacité (Kapazität) du tunnel routier du Gotthard doit d'abord se résorber pour que le bouchon puisse se dissoudre (voir Figure 1).

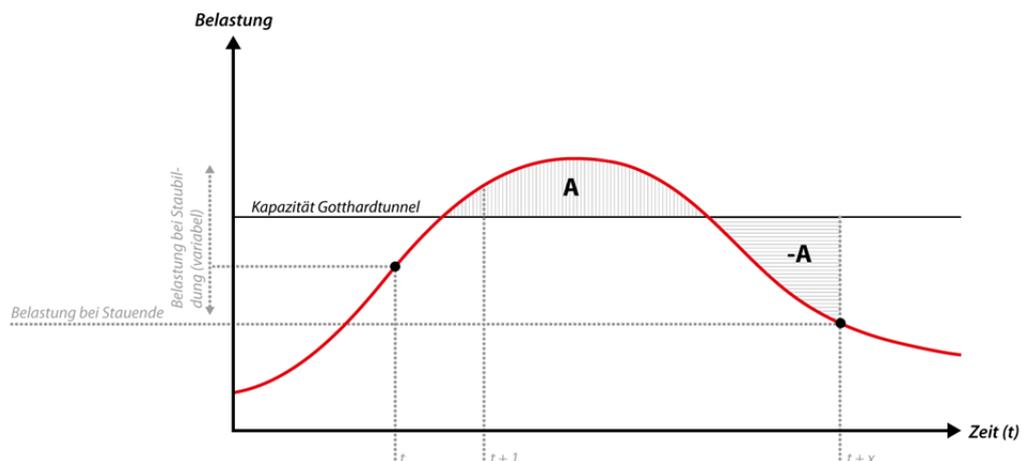


Figure 1
Modèle d'évaluation des caractéristiques des bouchons

Kapazität = **Capacité**; Zeit (t) => **Durée**; Belastung bei Stauende = **Charge à la fin du bouchon**;
Belastung bei Staubbildung (variabel) = **Charge à la formation du bouchon (variable)**

Cela commence avec la formation du bouchon. La charge de trafic au moment de la formation du bouchon peut être très variable, comme nous le montrons plus loin. Sur la Figure 1 p. ex., le bouchon se forme durant l'heure située entre t et $t+1$ avec une charge de trafic un peu inférieure à la capacité du tunnel du Gothard. Comme le flux de trafic au cours des deux ou trois heures suivantes est supérieur à la capacité du tunnel, il se forme un bouchon dont l'ampleur équivaut à la surcharge de trafic par rapport à cette capacité. Après 3 heures p. ex., le flux de trafic redescend au-dessous de la capacité du tunnel et le bouchon commence à se dissoudre. Il durera jusqu'au moment $t+x$, quand la somme de la surcharge accumulée (A) sera égale à la résorption du bouchon ($-A$).

La capacité du tunnel se calcule à partir de la charge moyenne de trafic durant les bouchons. Il est apparu que la charge horaire dans le tunnel du Gothard durant les bouchons est bien homogène: 888 véhicules/heure dans le sens nord-sud, avec un coefficient de variation de 8.7%, et 903 véhicules/heure dans le sens sud-nord, avec un coefficient de variation de 6.8%. Aussitôt que le bouchon s'est formé, le tunnel «avale» un nombre plutôt constant de véhicules. Cette méthode de calcul néglige toutefois l'influence du système de compte-gouttes mis en place au Gothard. Si le trafic poids lourds est reporté sur le rail et que le système de compte-gouttes est supprimé, on pourra tabler sur une capacité plus élevée du tunnel routier du Gothard. La réduction de l'ampleur des bouchons pourrait alors être encore plus importante que ce que nous avons calculé.

Ce modèle a été calibré aux données empiriques de la période allant du 1^{er} juin 2008 au 31 mai 2010, de telle sorte que le nombre d'événements (bouchons) et la durée de ceux-ci concordent avec les données. Car il est apparu qu'à l'intérieur des heures de bouchons telles que figurant dans la statistique y relative, la résorption (capacité du tunnel moins le flux) calculée à l'aide des chiffres de flux de trafic à Lavorgo et Erstfeld est un peu plus faible que la surcharge (flux moins capacité du tunnel). C'est notamment le trafic destination/origine (inconnu) sur le versant nord (Göschenen/Andermatt/Oberalp/Furka) resp. sud (Airolo, Nufenen) qui perturbe ce bilan. Le trafic destination/origine dans les secteurs des rampes nord et sud a dû être déduit. On y est parvenu en réduisant le flux vers le bouchon jusqu'à atteindre, pour un nombre donné d'événements et des durées de bouchons données, un équilibre entre surcharge (A) et résorption du bouchon ($-A$). On a ainsi pu identifier 18% de trafic destination/origine sur la rampe nord et 15% sur la rampe sud.

Grâce à ce modèle dès lors calibré, on a pu calculer les événements dans leur durée. La durée des bouchons a ensuite permis de déduire, sur la base de la statistique des bouchons, leur longueur en kilomètres.

3 Données

3.1 Sources

Les données ci-après nous étaient nécessaires:

- Charges horaires de trafic
 - Points transversaux: Erstfeld (n° 195), tunnel routier du Gothard (n° 150), col du Gothard (n° 10), Lavorgo (n° 204)
 - Véhicules: poids lourds, autres véhicules à moteur (selon la classification Swiss10)
- Données sur les bouchons
 - Début du bouchon (année, mois, jour, heure)
 - Heure de bouchon (oui, non) et, partant, durée du bouchon
 - Longueur max. d'un cycle de bouchon

Les charges horaires de trafic ont été fournies par l'OFROU.

Les données sur les bouchons ont été fournies par les polices cantonales d'Uri et du Tessin.

3.2 Traitement des données

Les données brutes relatives aux charges de trafic ont dû être épurées à différents égards pour être utilisables aux fins poursuivies:

- Sont déterminantes pour la formation de bouchons les **données relatives au flux**, et non les données au point de formation des bouchons ou après celui-ci. Les données concernant les charges transversales dans le tunnel routier du Gothard n'ont donc pas pu être utilisées à cet effet. Sont déterminantes les charges à Erstfeld et Lavorgo. Comme toutefois le flux constaté en ces endroits n'exerce qu'un effet retardé au point de formation des bouchons, il a fallu convertir ce flux en un «équivalent Gothard». Sur la base des données disponibles (arrivée moyenne à Erstfeld/Lavorgo et au tunnel routier du Gothard), le retard moyen a été estimé à 15 minutes (Erstfeld → tunnel routier du Gothard) resp. 30 minutes (Lavorgo → tunnel routier du Gothard), et les valeurs de flux ont été corrigées en conséquence.
- Extraire le trafic du col et les autres segments de trafic quittant l'A2 après Erstfeld resp. Lavorgo, mais avant le point de formation des bouchons. Selon les informations recueillies, le trafic du col et le trafic en direction du Nufenen (direction Andermatt, Oberalp et Furka) quittent l'A2 avant ce point. Autrement dit, ces segments de trafic ne sont pas pertinents pour la formation de bouchons.

- Le col du Susten n'a pas été pris en considération comme desserte de l'A2, le trafic empruntant ce col étant négligeable, même les jours de pointe maximale, avec 5'000 véhicules, c'est-à-dire 2'500 véhicules par jour et par direction. De plus, on peut supposer que le flux vers le Susten est d'autant plus faible lors des situations de long bouchon sur l'A2.
- Etant donné que, pour cette étude, nous ne nous sommes intéressés qu'aux bouchons ayant pour origine une surcharge de trafic (et non d'autres causes telles qu'un accident, une panne, un incendie, etc.), les données de la statistique des bouchons ont été épurées de ces autres causes. La majeure partie des bouchons est toutefois imputable de toute façon à des surcharges de trafic (environ 83% des bouchons et 95% de leur durée totale).

3.3 Vue d'ensemble des données

3.3.1 Charges transversales

La Figure 2 donne une vue d'ensemble des charges transversales de trafic à Erstfeld et à Lavorgo par catégories de charge de 2008 à 2010.

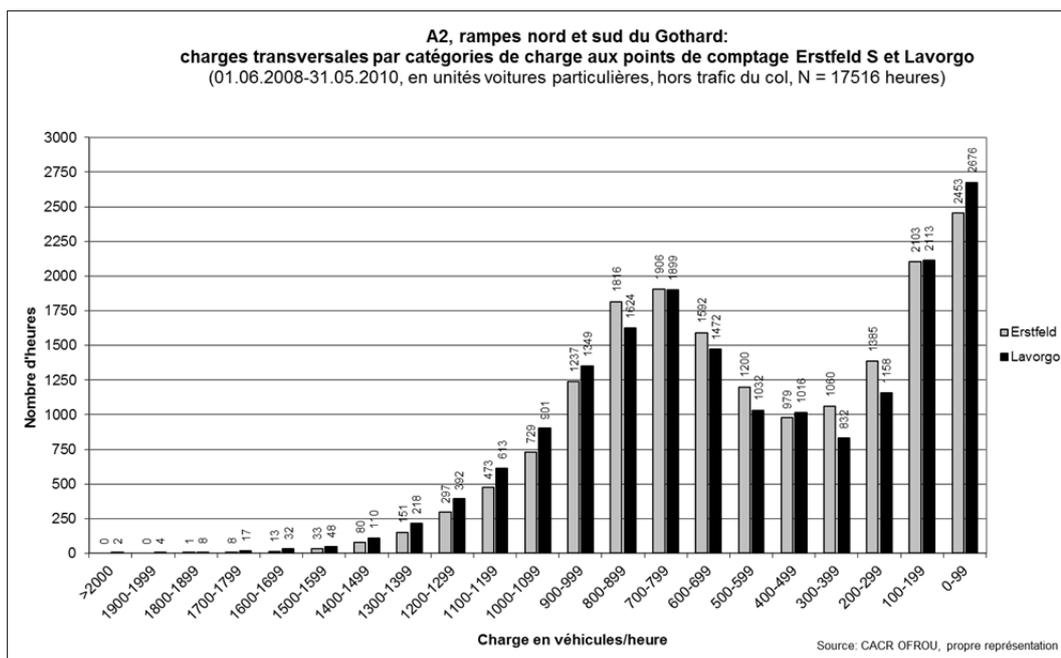


Figure 2
Charges transversales sur l'A2, rampes nord et sud du Gothard

Si une grande partie des tranches horaires (principalement aux heures marginales de la journée et la nuit) ne présentent que de faibles charges de trafic (<400 véhicules/heure), les tranches horaires principales affichent des charges de 400 à 1100 véhicules horaires. En revanche, des charges horaires très élevées sont relativement rares.

La part du trafic poids lourds se situe aux alentours de 17% en moyenne. Elle est d'environ 22% du lundi au vendredi (avec un maximum de 26% le mardi), et de seulement 8% le samedi et 1% le dimanche.

Si l'on quantifie la part du trafic poids lourds non pas en nombre de véhicules, mais en unités voitures particulières (pour la conversion, voir Annexe 1: Définitions), celle-ci est de l'ordre de 30%, comme le montre la Figure 3. On peut donc tabler sur une forte réduction des charges horaires si le trafic poids lourds est reporté sur le rail, ce qui ne peut que se répercuter positivement sur la situation en matière de bouchons.

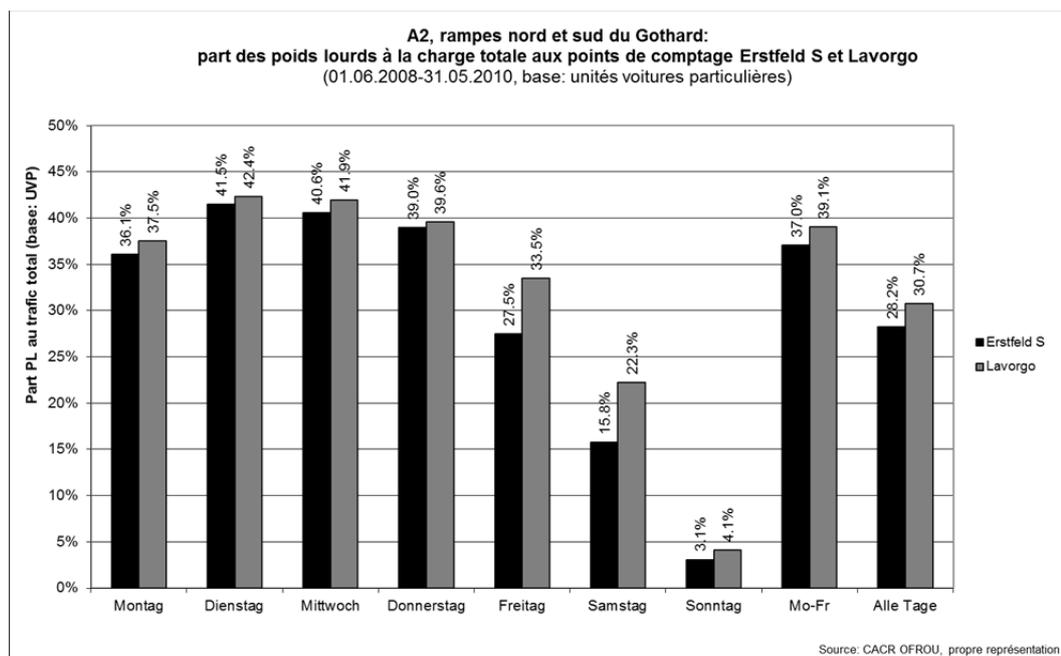


Figure 3
 Part du trafic poids lourds sur l'A2, rampes nord et sud du Gotthard
 (unités voitures particulières)

3.3.2 Evénements

Pour les deux années examinées (01.06.2008–31.15.2010), la statistique des bouchons fait état de 108 journées avec des bouchons dus à une surcharge de trafic sur la rampe nord et 236 sur la rampe sud. Le Tableau 1 présente quelques chiffres clés de cette statistique.

	Rampe nord				Rampe sud			
	total	lu-ve	sa	di	total	lu-ve	sa	di
Jours de bouchon en raison d'une surcharge								
juin 08-mai 09	53	24	23	6	107	47	29	31
	100%	45%	43%	11%	100%	44%	27%	29%
juin 09-mai 10	55	25	22	8	129	67	31	31
	100%	45%	40%	15%	100%	52%	24%	24%
période complète	108	49	45	14	236	114	60	62
	100%	45%	42%	13%	100%	48%	25%	26%
Longueurs des bouchons (km)								
valeur moyenne	5.3	4.3	6.4	4.6	4.1	3.7	5.7	3.3
min	2	2	2	2	1	1	1	1
max	24	10	24	12	20	11	20	12
Durées des bouchons (h)								
valeur moyenne	8.0	8.6	7.6	5.7	8.8	8.0	10.6	8.6
min	1	1	2	1	1	2	3	3
max	34	34	22	10	21	20	21	17

Tableau 1:
Chiffres clés de la statistique des bouchons sur les rampes nord et sud du Gothard

On constate que les bouchons sont bien deux fois plus nombreux sur la rampe sud que sur la rampe nord. Et quoique les bouchons soient en moyenne moins longs sur la rampe sud, leur durée y est plus longue que sur la rampe nord.

Les bouchons au Gothard affichent de fortes variations saisonnières. Tandis qu'ils sont presque inexistants durant les mois de novembre à mars, ils sont très fréquents en été et, plus généralement, aux périodes de vacances. La Figure 4 montre ces variations saisonnières:

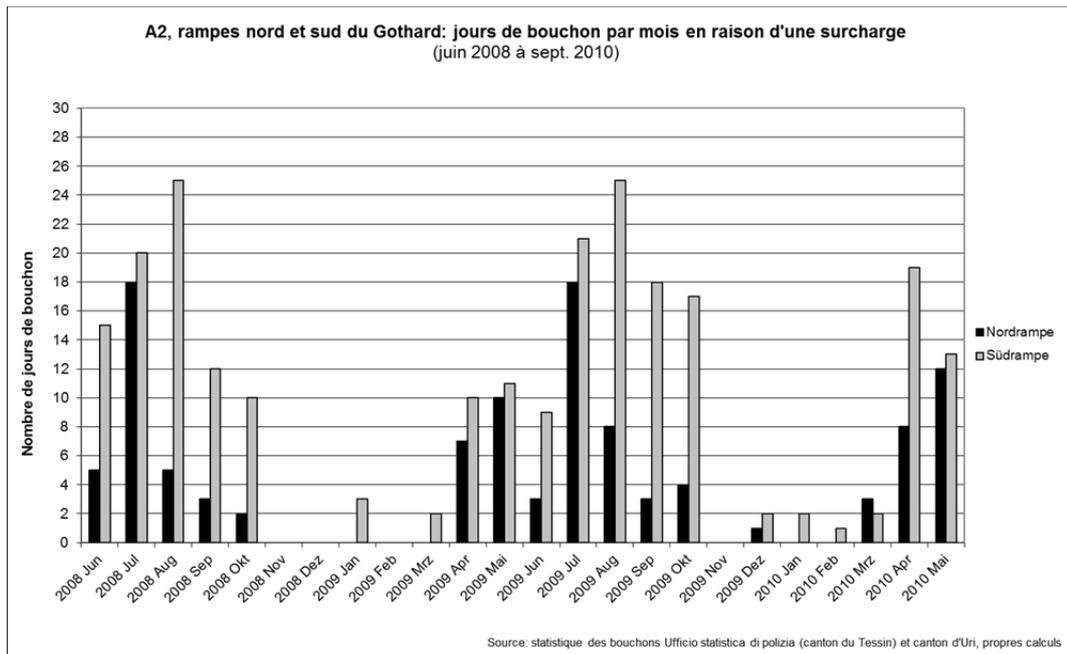


Figure 4
Nombre de jours par mois avec des bouchons sur les rampes nord et sud du Gothard

Sur la rampe sud, des bouchons se forment presque quotidiennement durant les vacances d'été, comme le montre la Figure 5, qui est un extrait de la statistique des bouchons sur la rampe sud du Gothard pour la période des vacances d'été.

Date	Jour	H00	H01	H02	H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	
16.07.2009	jeudi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17.07.2009	vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0
18.07.2009	samedi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
19.07.2009	dimanche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0
20.07.2009	lundi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	0	0	0	0
21.07.2009	mardi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
22.07.2009	mercredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
23.07.2009	jeudi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0
24.07.2009	vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0
25.07.2009	samedi	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
26.07.2009	dimanche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0
27.07.2009	lundi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0
28.07.2009	mardi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
29.07.2009	mercredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0
30.07.2009	jeudi	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0
31.07.2009	vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
01.08.2009	samedi	2	2	2	2	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
02.08.2009	dimanche	2	2	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
03.08.2009	lundi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0
04.08.2009	mardi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
05.08.2009	mercredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0
06.08.2009	jeudi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0
07.08.2009	vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
08.08.2009	samedi	2	2	2	2	2	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
09.08.2009	dimanche	2	2	2	2	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0
10.08.2009	lundi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0
11.08.2009	mardi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
12.08.2009	mercredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
13.08.2009	jeudi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
14.08.2009	vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15.08.2009	samedi	2	2	2	2	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
16.08.2009	dimanche	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0
17.08.2009	lundi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 5
A2, rampe sud du Gothard, direction nord: heures à formation de bouchon (1) et heures de bouchons (2) durant les vacances (source: statistique des bouchons TI, propre représentation)

Comme exposé plus haut, il n'existe pas de limite précise de charge horaire à partir de laquelle un bouchon se forme. La Figure 6 présente les parts de tranches horaires sans bouchon, avec formation de bouchon et avec bouchon par rapport à la totalité des tranches horaires et en fonction de la charge horaire de trafic sur la rampe nord.

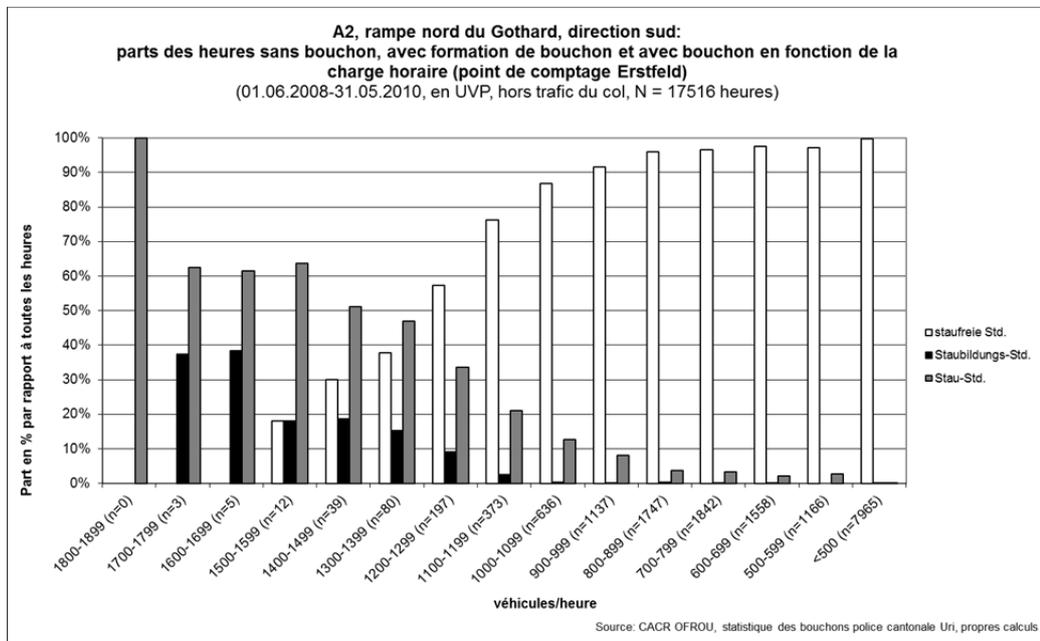


Figure 6
Parts de tranches horaires sans bouchon, avec formation de bouchon et avec bouchon sur la rampe nord du Gothard, direction sud

metron

Il apparaît que:

- Au-delà d'une charge de 1'600 véhicules/heure, des tranches horaires sans bouchon ne sont plus possibles.
- Les tranches horaires avec formation de bouchon augmentent en continu surtout à partir d'environ 1'100 véhicules/heure.
- Des bouchons peuvent aussi se former lorsque les charges horaires de trafic sont relativement faibles.

4 Résultats: formation des bouchons

4.1 Probabilité de formation d'un bouchon

Pour évaluer la probabilité de formation de bouchons en l'absence de poids lourds, on a d'abord calculé la probabilité de formation d'un bouchon en fonction de la charge horaire de trafic.

La Figure 7 montre la forte augmentation de la probabilité de formation d'un bouchon à partir de 1'200 véhicules/heure sur la rampe nord du Gothard direction sud.

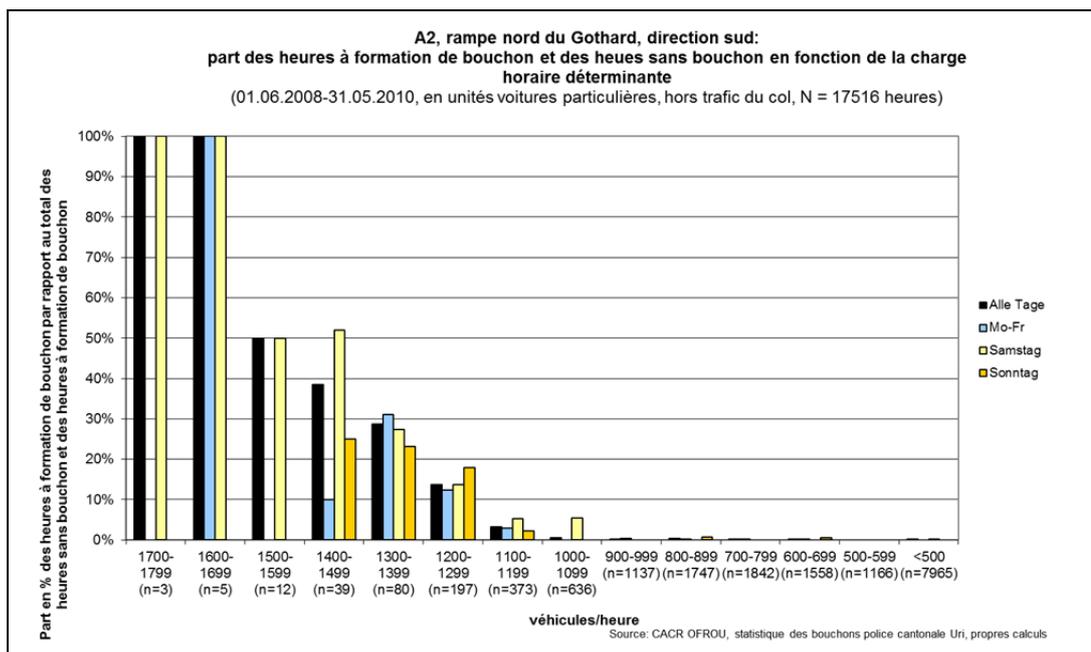


Figure 7
 Probabilité de formation d'un bouchon en fonction de la charge horaire de trafic sur la rampe nord du Gothard

Sur la rampe sud du Gothard, la situation est similaire, la probabilité de formation d'un bouchon augmentant déjà à partir de charges horaires de trafic plus faibles et s'accroissant plus rapidement. Autrement dit, des bouchons se forment plus fréquemment et avec des charges de trafic plus faibles sur la rampe sud que sur la rampe nord (voir Figure 8).

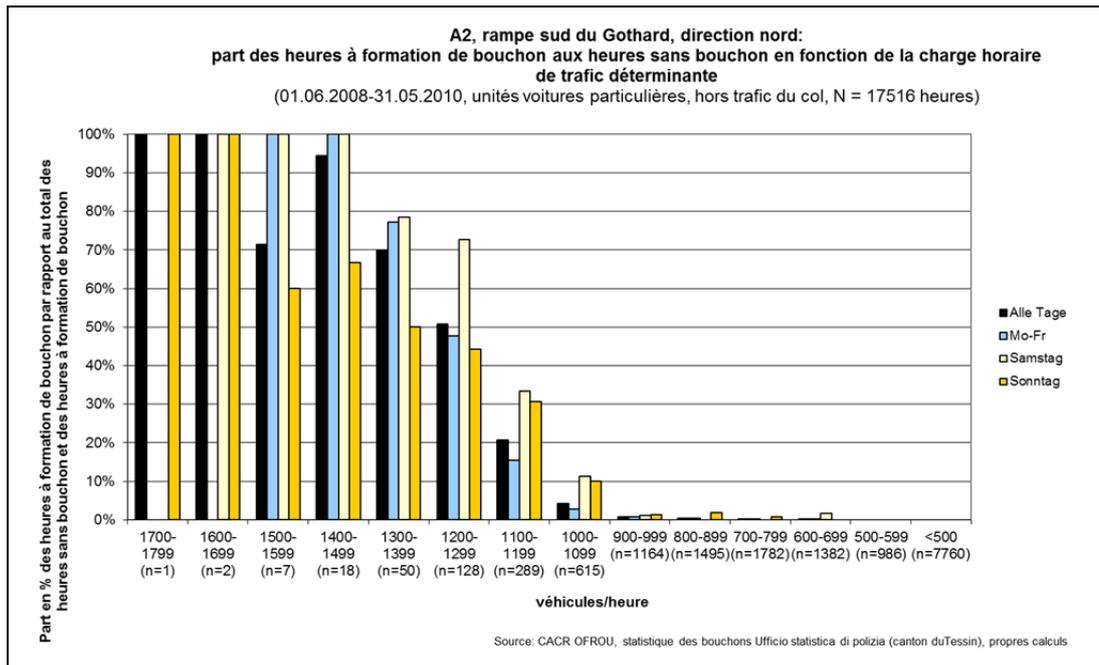


Figure 8
Probabilité de formation d'un bouchon en fonction de la charge horaire de trafic sur la rampe sud du Gothard

4.2 Formation de bouchons en l'absence de poids lourds

Pour comparer la situation avec et sans poids lourds en ce qui concerne la formation de bouchons, nous avons appliqué les probabilités de formation d'un bouchon (selon la catégorie de jours) aux charges horaires de trafic diminuées du trafic poids lourds.

Deux comparaisons différentes ont été faites:

- Heures à formation de bouchon **effective**: il s'agit du calcul des **heures durant lesquelles un bouchon commence à se former**. Combien y a-t-il d'heures durant lesquelles il faut s'attendre à l'**apparition d'un bouchon**? Une fois qu'un bouchon s'est formé à une certaine heure en fonction des probabilités, le jour en question est éliminé comme «jour de bouchon» sur la base d'autres calculs de probabilités, étant donné que les heures suivantes ne peuvent plus être des heures à **formation** de bouchon, mais seulement des heures de bouchon.
- Heures à formation de bouchon **potentielle**: ici, les heures qui suivent celle où un bouchon s'est formé ne sont plus éliminées. Autrement dit, chaque heure a la «chance» de devenir une heure à formation de bouchon. «New hour – new game».

La Figure 9 présente les deux valeurs pour la rampe nord: les heures à formation de bouchon effective («heures à formation de bouchon») et les heures à formation de bouchon potentielle («heures de bouchon»). Il en ressort les résultats suivants:

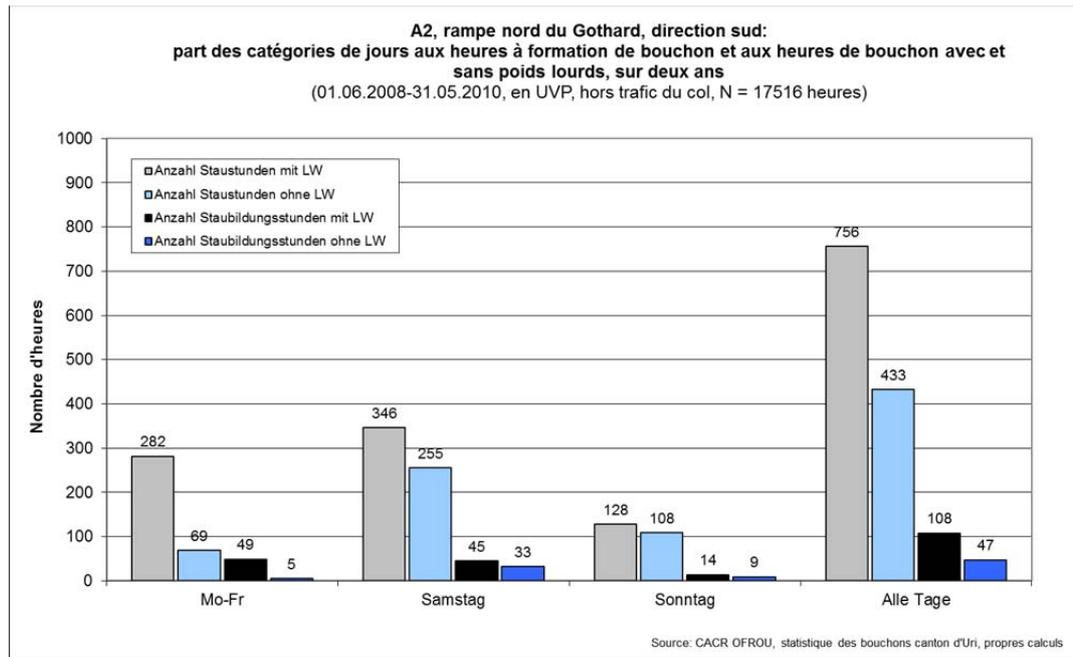


Figure 9
 Comparaison des heures à formation de bouchon et des heures de bouchon avec et sans poids lourds sur la rampe nord du Gothard

Le nombre d'événements (heures à formation de bouchon) et leur durée (heures de bouchon) augmentent nettement. Logiquement, la diminution est la plus forte les jours ouvrables, car c'est aussi ces jours-là que le trafic poids lourds est le plus important. La diminution les samedis et les dimanches est en revanche plus faible, mais reste perceptible.

Il apparaît qu'en ce qui concerne la formation de bouchons sur la rampe nord, les valeurs sont ramenées

- les jours ouvrables à 11%,
- les samedis à 73% et
- les dimanches à 65%

de ce qu'elle sont en présence d'un trafic poids lourds.

Le fait que la diminution soit proportionnellement plus importante les dimanches que les samedis, alors que la part de poids lourds est plus faible les dimanches, s'explique par le fait que, le samedi, la réduction des charges de trafic intervient à un niveau de charge plus élevé en raison de l'absence de poids lourds, de sorte que la probabilité de formation d'un bouchon reste importante. Le dimanche, par contre, la réduction touche des catégories de charge pour lesquelles cette probabilité est nettement plus faible.

Une réduction à 43% des valeurs obtenues en présence d'un trafic poids lourds intervient tous les jours. Cela signifie que l'effet obtenu est considérable. Il convient toutefois de

tenir compte du fait qu'une partie du trafic du col retourne sur l'A2. Ce trafic n'a cependant pas d'influence sur la formation de bouchons, car quand il rejoint le col, le bouchon s'est déjà formé.

L'estimation des «heures de bouchon» (donc de la durée des bouchons) est, avec cette méthode, un calcul de probabilité hypothétique que ne sous-tend aucun modèle d'évaluation des caractéristique des bouchons. C'est pourquoi ces chiffres indiquent avant tout une tendance. L'évaluation précise des caractéristiques des bouchons a été, comme exposé au chapitre 2.2, fondée sur un modèle ad hoc. Les résultats y relatifs sont présentés au chapitre 5.

Pour la rampe sud, la tendance indique également une diminution des bouchons, quoique dans une moindre mesure: le nombre d'heures à formation de bouchon resp. le nombre d'événements est ramené de 236 à 223. Les heures de bouchon sont toutefois réduites d'une bonne moitié, de 1'837 à 988. Ce qui veut dire que, sans poids lourds, les bouchons sont nettement plus courts. Pour la rampe sud, les résultats n'ont pas été calculés après avoir été ventilés par catégorie de jours, mais seulement pour tous les jours cumulés, car le calcul en fonction des catégories de jours donnait des résultats inconsistants. Une explication possible pourrait être le faible nombre de cas à forte charge de trafic par catégorie de jours sur la rampe sud.

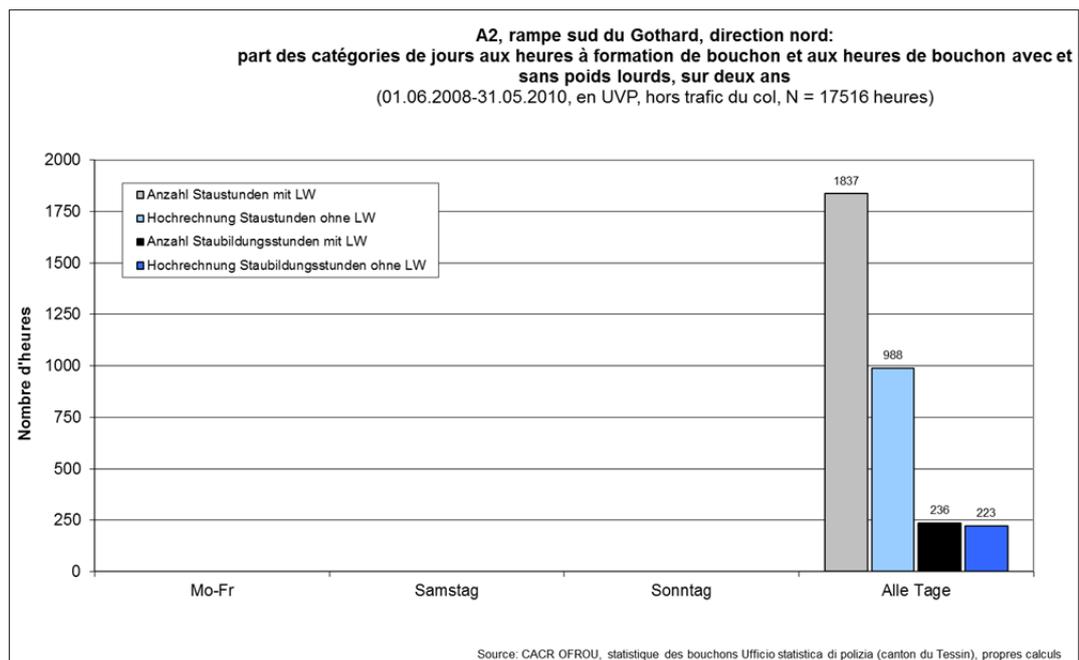


Figure 10
 Comparaison des heures à formation de bouchon et des heures de bouchon avec et sans poids lourds sur la rampe sud du Gothard

5 Résultats: caractéristiques des bouchons

Avec le modèle d'évaluation des caractéristiques des bouchons décrit au chapitre **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, nous avons calculé, pour les rampes nord et sud, ce qu'aurait été la situation en l'absence de poids lourds entre le 1^{er} juin 2008 et le 31 mai 2010.

Le

Tableau 2 présente pour la rampe nord les événements (bouchons) effectifs (tirés de la statistique des bouchons), les valeurs calculées avec trafic poids lourds (résultat du calibrage), les valeurs calculées sans trafic poids lourds et la diminution par rapport aux événements effectifs en pour cent.

Prévisions rampe nord Période de deux ans	effectif	calcul avec PL	calcul sans PL	réduction
Heures formation de bouchon	108	108	47	-56.5%
Heures de bouchon	756	756	157	-79.2%
Durée totale bouchons en h	864	864	204	-76.4%
Longueur totale en km	579	556	144	-74.1%
Longueur moyenne bouchon	5.4	5.1	3.1	-40.5%
Durée moyenne bouchon	8.0	8.0	4.3	-45.7%

Tableau 2:
Rampe nord: calibrage du modèle et calcul des caractéristiques des bouchons en l'absence de poids lourds

Sur la rampe nord, la durée moyenne des bouchons est réduite de près de moitié par bouchon. Globalement, cela signifie que, sans poids lourds, il se forme moitié moins de bouchons, dont la durée ne représente plus qu'un quart des valeurs initiales. La longueur moyenne des bouchons diminue également de manière nette (-40%), et les longueurs cumulées de tous les bouchons sont réduites de -74%.

Sur la rampe sud, on observe également une réduction marquée, quoique pas de même ampleur que sur la rampe nord. Toutefois, même si le nombre de bouchons ne diminue que de manière minimale, leur durée est réduite de plus de 60%, et la durée moyenne par bouchon est abaissée de moitié.

Prévisions rampe sud Période de deux ans	effectif	calcul avec PL	calcul sans PL	écart %
Heures formation bouchon	236	238	222	-6.7%
Heures de bouchon	1837	1822	572	-68.6%
Durée totale bouchons en h	2073	2060	794	-61.5%
Longueur totale en km	968	1033	664	-35.7%
Longueur moyenne bouchon	4.1	4.3	3.0	-31.1%
Durée moyenne bouchon	8.8	8.7	3.6	-58.7%

Tableau 3:
Rampe sud: calibrage du modèle et calcul des caractéristiques des bouchons en l'absence de poids lourds

La Figure 11 et la Figure 12 présentent la distribution des événements (bouchons) quant à leur longueur en kilomètres. Il apparaît que l'absence de poids lourds soulage la situation surtout en ce qui concerne les très longs bouchons, et que, tant sur la rampe nord que sur la rampe sud, les bouchons de plus de 7 km de longueur deviennent très rares.

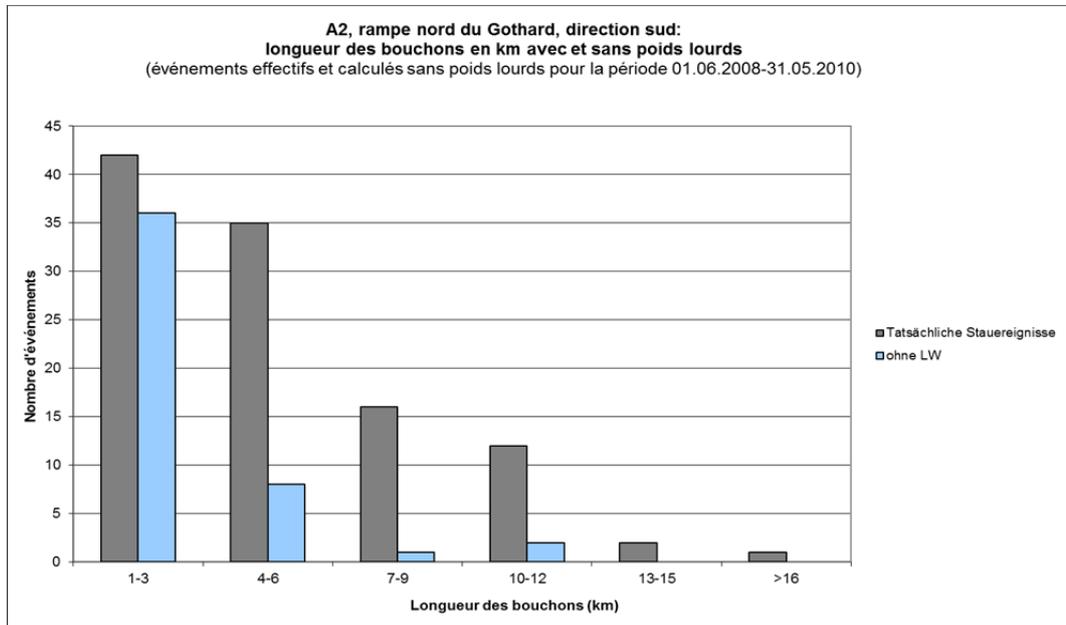


Figure 11
 A2, rampe nord du Gothard: longueur des bouchons avec et sans poids lourds

Bien que, sur la rampe sud, le nombre de bouchons ne diminue que faiblement, la situation se détend notablement, car il s'agit principalement de bouchons courts (en longueur et en durée).

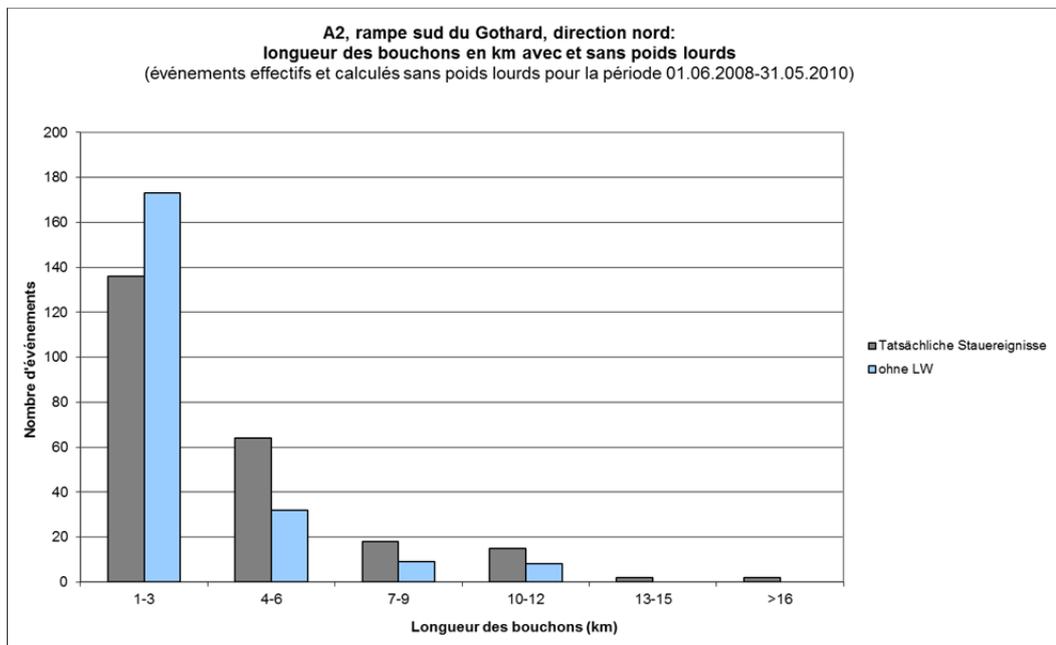


Figure 12
 A2, rampe sud du Gothard: longueur des bouchons avec et sans poids lourds

6 Condensé

Une étude de faisabilité a montré que, durant la période d'assainissement du tunnel routier du Gothard, une chaussée roulante pourrait être mise en place, capable d'absorber le trafic poids lourds au Gothard. La question se pose donc de savoir si une telle chaussée roulante ne pourrait pas être une solution durable. Pour le tunnel routier du Gothard (rouvert aux voitures de tourisme), resp. entre Bodio et Erstfeld, une interdiction des poids lourds serait promulguée, avec dérogation pour ceux effectuant des trajets de livraison dans le rayon local.

Mis à part le gain de sécurité et la diminution du bruit et de la pollution, une telle solution aurait pour avantage une réduction attendue des bouchons avant les portails du tunnel. La **problématique** traitée par cette étude est donc la suivante: quelle serait la situation en matière de bouchons – formation, longueur et durée – avant les portails du tunnel si les poids lourds n'étaient plus autorisés à emprunter le tunnel routier du Gothard?

Les incidences d'un report intégral du trafic poids lourds sur les bouchons ont été évaluées sur la base de modélisations portant sur les deux dernières années pour lesquelles on dispose de données chiffrées. La question de départ était: quelle aurait été la situation en matière de formation de bouchons ces deux dernières années si aucun poids lourd n'avait emprunté le tunnel routier du Gothard? Nous avons à disposition l'ensemble des valeurs horaires pour la période allant du 1^{er} juin 2008 au 31 mai 2010, soit au total 17'516 valeurs horaires.

Des études antérieures ont montré que la formation de bouchons au Gothard ne peut pas s'expliquer par une capacité limite fixe. Il était donc nécessaire, ici aussi, de recourir à un modèle de probabilité. A cet effet, la probabilité de formation d'un bouchon a été calculée par catégorie de charge et appliquée aux valeurs de charge diminuée du trafic poids lourds. Pour l'estimation des caractéristiques des bouchons, un modèle ad hoc a été développé, grâce auquel les durées et longueurs des bouchons ont pu être calculées sur la base des valeurs de charge disponibles (resp. des valeurs diminuées du trafic poids lourds).

Les **résultats relatifs à la formation de bouchons** montrent que le nombre d'événements (heures à formation de bouchon) diminue nettement. En toute logique, la diminution est la plus marquée les jours ouvrables, car c'est ces jours-là que le trafic poids lourds est le plus important. La diminution les samedis et dimanches est en revanche plus faible, mais reste perceptible. Il apparaît que les valeurs en ce qui concerne la formation de bouchons sur la rampe nord sont ramenées, les jours ouvrables, à 11%, les samedis à 73% et les dimanches à 65% de ce qu'elles sont lorsque les poids lourds sont en circulation. L'impact est donc bien réel et considérable. Sur la rampe sud, le nombre de bouchons n'est ramené que de 236 à 223. On obtient ici, même en l'absence de poids lourds, presque le même nombre de jours durant lesquels les valeurs de charge de trafic sont susceptibles de provoquer la formation d'un bouchon. Une nette amélioration devrait toutefois intervenir également s'agissant des caractéristiques des bouchons.

metron

Concernant les **caractéristiques des bouchons**, les résultats présentent une réduction marquée de la durée des événements (heures de bouchons). En l'absence de poids lourds, la durée totale des bouchons sur la rampe nord n'est plus que le quart de la valeur initiale. La durée moyenne des bouchons restants diminue de près de moitié, de 8 à 4.3 heures. La longueur moyenne des bouchons est ramenée de 5.4 à 3.1 km. La longueur totale de tous les bouchons est également abaissée, à un quart des valeurs initiales. L'absence de poids lourds détend la situation surtout en cas de très long bouchon; sur la rampe nord comme sur la rampe sud, les bouchons de plus de 7 km de longueur deviennent rares. Même si, sur la rampe sud, le nombre de bouchons ne diminue que faiblement, le situation s'améliore néanmoins notablement, car il s'agit principalement de bouchons courts (longueur et durée).

Bilan: le délestage de l'A2 au Gothard obtenu par le transport des poids lourds sur une chaussée roulante dans le tunnel ferroviaire de base peut être qualifié de considérable quant à ses effets sur la situation en matière de bouchons avant les portails du tunnel routier.

Annexe 1: définitions

Bouchon: Un bouchon se forme lorsque la capacité limite d'une voie de transport est atteinte ou dépassée. En principe, la capacité limite est une grandeur plus ou moins fixe. Au Gothard, elle se situe toutefois dans une fourchette relativement large.

La norme suisse SN 671 921 parle de bouchon lorsque, sur des routes à haut débit et des routes principales hors localité, la vitesse de circulation des véhicules est inférieure à 10 km/h pendant au moins cinq minutes et que ceux sont fréquemment à l'arrêt, ou lorsque, sur des routes principales à l'intérieur d'une localité, les temps d'attente à des carrefours ou à des goulets d'étranglement s'élèvent à au moins cinq minutes.

Pour la présente étude, nous nous sommes intéressés uniquement aux bouchons ayant pour origine une surcharge de trafic (et non d'autres causes telles qu'accident, panne, incendie, etc.).

Equivalent-voiture: Conversion de toutes les catégories de véhicules en unités voitures particulières (UVP). Dans cette étude, la classification Swiss10 a été convertie comme suit:

Cat	Désignation	Facteur	Facteur sans PL
1	Car / Bus	3	3
2	Moto	0	0
3	Voiture de tourisme (VT)	1	1
4	VT avec remorque	1.3	1.3
5	Voiture de livraison (VL)	1	1
6	VL avec remorque	1.5	1.5
7	VL avec semi-remorque	1.5	1.5
8	Camion	3	0
9	Train routier	3	0
10	Semi-remorque	3	0

Heure à formation de bouchon: Heure durant laquelle un bouchon s'est formé. Elle est calculée sur la base de la statistique des bouchons en fonction de l'heure où le bouchon commence à se former.

Heure de bouchon: Heure de bouchon qui n'est pas celle durant laquelle le bouchon s'est formé. Elle est calculée sur la base de la statistique des bouchons en fonction de l'heure où le bouchon commence à se former et celle où il finit de se résorber.