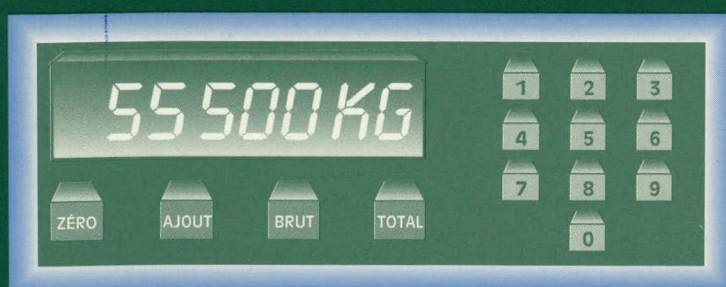


PROGRAMME DE DÉMONSTRATION ET D'ÉVALUATION DE

SYSTÈMES DE PESÉE EMBARQUÉS



POUR VÉHICULES LOURDS ET CHARGEUSES

RAPPORT FINAL
MARS 1995

CANQ
TR
BSM
CO
249

Québec 

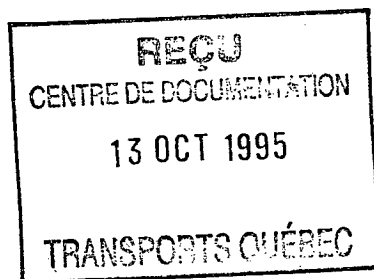
377664

PROGRAMME DE DÉMONSTRATION ET D'ÉVALUATION DE

SYSTÈMES DE PESÉE EMBARQUÉS

POUR VÉHICULES LOURDS ET CHARGEUSES

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
700, BOUL. RENÉ-LÉVESQUE EST,
21^e ÉTAGE
QUÉBEC (QUÉBEC) - CANADA
G1R 5H1



RAPPORT FINAL
MARS 1995

Dor-Gen - 170m

GAUQ

TR

BSM

CO

249

Cette publication est éditée par la
Direction des communications du ministère des Transports du Québec,
en collaboration avec le Service de la normalisation technique
en transport routier de la Direction du transport multimodal.
Pour se la procurer, téléphoner au (418) 643-6860 ou écrire à :

Direction des communications
Ministère des Transports du Québec
700, boul. René-Lévesque Est,
18^e étage
Québec (Québec)
G1R 5H1

Recherche et rédaction

Christian Ducharme
Stagiaire en génie mécanique

Jean-Marc Labrecque
Attaché d'administration

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec 1995
ISBN 2-550-09968-0

Remerciements

Des remerciements particuliers sont adressés aux personnes qui ont contribué à la réalisation du programme: MM. Gervais Corbin, Normand Raymond, André Bernier et Denis Savard.

Il faut signaler la collaboration du personnel du ministère des Transports et de la Société de l'assurance automobile du Québec dans les régions, qui a fourni certains équipements nécessaires à la réussite des essais.

Remarque:

Le contenu du présent rapport est un guide pour l'industrie du camionnage. En aucun cas il ne doit être considéré comme une approbation du ministère des Transports du Québec à l'égard d'un système particulier. Il existe probablement d'autres marques de systèmes qui peuvent être tout aussi efficaces.

Définitions:

À vide: sans chargement.

À mi-charge: la demie de la charge utile maximum autorisée par le règlement.

À pleine charge: charge maximum autorisée par le règlement.

Règlement: règlement sur les normes de charges et de dimensions applicables aux véhicules routiers et aux ensembles de véhicules routiers.

Groupe d'essieux N° 1: essieux directionnels d'un véhicule ou d'un ensemble de véhicules.

Groupe d'essieux N° 2: groupe d'essieux propulseur d'un véhicule ou d'un ensemble de véhicules.

Groupe d'essieux N° 3: groupe d'essieux placé sous la remorque ou la semi-remorque.

Balance fixe: appareil de pesage installé en permanence, dont les approches sont relativement de niveau (appareil approuvé par les autorités gouvernementales).

Sommaire

Le présent rapport fait suite à une étude technique et économique relative à l'acquisition de systèmes de pesée embarqués par l'industrie du transport routier.

Divers essais ont été réalisés afin de fournir une évaluation des systèmes offerts par différents manufacturiers. Les résultats obtenus sont présentés et analysés dans le but de faire prendre conscience aux transporteurs et aux expéditeurs que ces systèmes peuvent maximiser les charges payantes si l'on se conforme aux méthodes d'utilisation.

L'étude réalisée pour les camions fournit des résultats se rapprochant de beaucoup des résultats obtenus pour les chargeuses.

À la suite de cette étude, il ressort que l'utilisation de systèmes de pesée embarqués s'avère efficace et que l'industrie a intérêt à considérer ces appareils, qui facilitent dans une certaine mesure le respect des normes de charges pour les véhicules lourds.

Table des matières

Liste des tableaux et graphiques	1
Introduction	3
Fabricants de systèmes de pesée embarqués sur camions et chargeuses:	5
Fabriquants de systèmes installés sur les chargeuses sur roues du ministère des Transports du Québec: ...	5
Les transporteurs et les associations:	7
Les essais techniques	15
Description des séries d'essais techniques sur véhicules lourds	17
Le test de reproductibilité	18
Le test d'irrégularité de terrain	19
Le test d'asymétrie du chargement	20
Le test d'effet de pente	20
Présentation et analyse des résultats (camions)	21
Le test de reproductibilité	21
Le test d'irrégularité de terrain	24
Le test d'asymétrie du chargement	27
Le test d'effet de pente	27
Les tests non réalisés	27
Recommandation générale (camions)	29
Conclusion (camions)	31
Description des séries d'essais techniques sur chargeuses	33
Présentation et analyse des résultats (chargeuses)	35
Le test de position du godet	35
Le test de chargement	36
Recommandation générale (chargeuses)	39
Conclusion (chargeuses)	41
Le volet économique	43
Coût d'achat	47

Conclusion générale	49
Annexe A	51
Test de reproductibilité	51
Graphiques de la position des écart types englobant chacun des véhicules	52
Annexe B	55
Test d'irrégularité de terrain	55
Graphiques de la position des écart types englobant chacun des véhicules	56
Annexe C	59
Résultats du volet économique	59
Véhicule A: Jacques Tremblay	60
Véhicule B: Service de Rebutis Soulanges, Ltée	61
Véhicule C: Groupe Jules Savard, Inc.	62
Véhicule D: Coopérative de camionnage Saint-Félicien	63
Véhicule G: Réserve de la Petite Nation, Inc.	64
Véhicule H: Coopérative de camionnage Saint-Félicien	65
Véhicule I: Transport Fernand Boisvert, Inc.	66
Annexe D	67
Formules mathématiques pour les calculs à l'intérieur des tableaux	67
Formules mathématiques:	68

Graphique 5a: État de l'étalonnage.
Graphique 5b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée.
Graphique 5c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée.
Graphique 6a: État de l'étalonnage.
Graphique 6b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée.
Graphique 6c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée.
Graphique 7a: État de l'étalonnage.
Graphique 7b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée.
Graphique 7c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée.
Graphique 8a: État de l'étalonnage.
Graphique 8b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée.
Graphique 8c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée.
Graphique 9a: État de l'étalonnage.
Graphique 9b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée.
Graphique 9c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée.

Liste des tableaux et graphiques

Tableau 1: Erreur relative sur l'état de l'étalonnage.

Tableau 2: Description de la position des irrégularités de terrain.

Tableau 3: Test de reproductibilité - Taux d'erreur sur les masses du groupe d'essieux N°1.

Tableau 4: Test de reproductibilité - Taux d'erreur sur les masses du groupe d'essieux N°2.

Tableau 5: Test de reproductibilité - Taux d'erreur sur les masses du groupe d'essieux N°3.

Tableau 6: Test de reproductibilité - Taux d'erreur sur les masses totales en charge.

Tableau 7: Test d'irrégularité de terrain - Taux d'erreur sur les masses du groupe d'essieux N°1.

Tableau 8: Test d'irrégularité de terrain - Taux d'erreur sur les masses du groupe d'essieux N°2.

Tableau 9: Test d'irrégularité de terrain - Taux d'erreur sur les masses du groupe d'essieux N°3.

Tableau 10: Test d'irrégularité de terrain - Taux d'erreur sur les masses totales en charge.

Tableau 11: Test de position du godet - Taux d'erreur relative sur la masse du godet chargé.

Tableau 12: Test de chargement - Taux d'erreur relative pour un chargement complet de camion.

Graphique 1a: État de l'étalonnage du système du véhicule C.

Graphique 1b: Reproductibilité du véhicule C équipé d'un système de pesée.

Graphique 1c: Reproductibilité du véhicule témoin non équipé d'un système de pesée.

Graphique 2a: Test de reproductibilité - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N°1.

Graphique 2b: Test de reproductibilité - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N°2.

Graphique 2c: Test de reproductibilité - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N°3.

Graphique 2d: Test de reproductibilité - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse totale en charge.

Graphique 3a: Test d'irrégularité de terrain - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N°1.

Graphique 3b: Test d'irrégularité de terrain - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N°2.

Graphique 3c: Test d'irrégularité de terrain - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N°3.

Graphique 3d: Test d'irrégularité de terrain - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse totale en charge.

Graphique 4a: État de l'étalonnage.

Graphique 4b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée.

Graphique 4c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée.

Introduction

Dans un souci de préservation du réseau routier, le Règlement sur les normes de charges oblige les transporteurs à respecter les masses établies selon leurs types de véhicules. Parfois, il est difficile pour les transporteurs d'évaluer les charges transportées. L'absence de système de mesure au lieu du chargement, les conditions particulières lors du transport et le type de chargement rendent parfois laborieuse l'évaluation des charges. Le ministère des Transports du Québec s'est donné comme mandat d'inventorier et d'évaluer des systèmes de pesée pouvant être installés sur des camions ou sur des chargeuses.

Par ce programme de démonstration et d'évaluation des systèmes de pesée embarqués, le ministère des Transports du Québec veut inciter les transporteurs à acquérir de tels systèmes, qui permettent de maximiser la charge payante tout en respectant la réglementation sur les charges permises.

Le premier volet consistait à faire une recherche pour inventorier des systèmes de pesée embarqués et à offrir aux fabricants de collaborer à une évaluation de leur produit. Au moyen de tests variés, il s'agissait d'évaluer la résistance des systèmes, leur précision, les composantes, la facilité d'utilisation par l'opérateur, l'évaluation de l'impact des champs électromagnétiques, l'influence des intempéries, etc.

Le deuxième volet était consacré à la recherche d'entreprises de camionnage qui consentiraient à rendre disponible un ou plusieurs véhicules sur lesquels des systèmes de pesée embarqués seraient installés. Une certaine quantité de camions a été déterminée dans le devis afin de représenter le plus fidèlement possible le parc de véhicules existant.

Au début, il a été établi que la réalisation serait confiée à une firme de consultants. La firme a été choisie et a amorcé la première partie du travail en collaboration avec la Direction de la recherche du ministère des Transports, et elle a trouvé des fabricants et des transporteurs.

Le coût du programme, en ce qui a trait aux ressources humaines, financières et matérielles, a été assumé par les fabricants, les transporteurs, les associations intéressées et le Ministère.

En ce qui concerne les systèmes de pesée embarqués pouvant être installés sur des véhicules lourds, deux marques différentes sont évaluées, soit R.T. et S.I.

Plusieurs fabricants de systèmes de pesée embarqués ont été contactés afin de participer au programme. Seuls les deux fournisseurs de systèmes cités plus haut, dont l'un est Québécois et l'autre Américain, ont accepté les conditions de participation.

Pour ce qui est des systèmes de pesée embarqués pour chargeuses, au départ un seul fournisseur a pu faire partie du projet. Il a fourni deux systèmes de même marque, soit Microload, mais d'utilisation différente, c'est-à-dire un système pour chargeuse sur roues et un autre pour chargeuse à grappin.

Par la suite, à cause d'un besoin sans cesse grandissant dans les centres de services du ministère des Transports du Québec pour la distribution d'abrasifs aux transporteurs, trois autres chargeuses sur roues, appartenant au Ministère et déjà équipées de systèmes, ont été ajoutées au programme pour permettre une évaluation strictement technique.

Fabricants de systèmes de pesée embarqués sur camions et chargeuses:

1- Balance Électronique de camion R.T., Inc.

Propriétaire: Rémy Tremblay

Chicoutimi, Québec

Système: R.T.

2- Morganite Electronic Instruments, Ltée

Agent: Système Electronique Rayco, Ltée

Bernières, Québec

Système: Microload

3- Structural Instrumentation, Inc.

Agent: Ronald Faucher

Varennnes, Québec

Système: S.I.

Fabriquants de systèmes installés sur les chargeuses sur roues du ministère des Transports du Québec:

4- Actronic New Zealand, Ltée

Distributeur: Les Balances Leduc et Thibeault Scales, Inc.

Mercier, Québec

Système: Loadrite

5- Evergreen Weight, Inc.

Agent: Balance Canadienne Bourbeau et Frères, Inc.

Ville Saint-Laurent, Québec

Système: Evergreen

Les transporteurs et les associations:

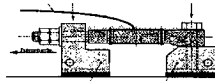
A- Jacques Tremblay

Jonquière, Québec

Type de véhicule: Camion porteur 10 roues équipé d'une benne basculante



Système de pesée: R.T. (capteurs sur essieux)



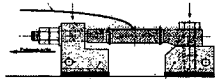
B- Service de Rebutis Soulanges, Inc.

Hudson, Québec

Type de véhicule: camion porteur, porte conteneur



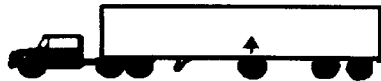
Système de pesée: R.T. (capteurs sur essieux)



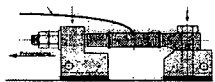
C- Groupes Jules Savard, Inc.

Jonquière, Québec

Type de véhicule: camion tracteur et semi-remorque, benne basculante



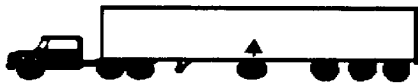
Système de pesée: R.T. (capteurs sur essieux)



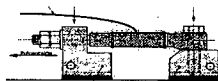
D- Coopérative de camionnage Saint-Félicien

Saint-Félicien, Québec

Type de véhicule: Grumier (camion tracteur et semi-remorque)



Système de pesée: R.T. (capteurs sur essieux)



E- Transport Robert (1973), Ltée

Rougemont, Québec

Type de véhicule: camion tracteur



Système de pesée: S.I. (capteurs sur essieux arrières seulement)



F- Groupe Intersan, Ltée

Longueuil, Québec

Type de véhicule: camion porteur, porte conteneur



Système de pesée: S.I. (capteurs sur essieux)



G- Réserve de la Petite Nation, Inc.

Montebello, Québec

Type de véhicule: camion porteur et remorque courte (pop-trailer)



Système de pesée: S.I. (capteurs sur essieux)



H- Coopérative de camionnage Saint-Félicien

Saint-Félicien, Québec

Type de véhicule: Grumier (camion tracteur et semi-remorque)



Système de pesée: S.I. (capteurs sur essieux)



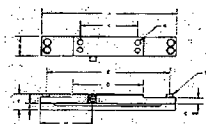
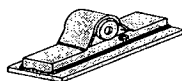
I- Transport Fernand Boisvert, Inc.

Val d'Or, Québec

Type de véhicule: Grumier (camion tracteur et semi-remorque)



Système de pesée: S.I. (cellule de charge sous châssis de remorque et sellette d'attelage)



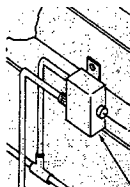
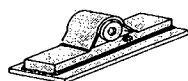
J- Transport Fernand Boisvert, Inc.

Val d'Or, Québec

Type de véhicule: Grumier (camion tracteur et semi-remorque)



Système de pesée: S.I. (capteurs de pression sur suspension à air de la remorque et cellule de charge sous la sellette d'attelage)



A.E.S.E.Q.: Association des entrepreneurs des services en environnement du Québec

A.C.Q.: Association du camionnage du Québec

A.M.B.S.Q.: Association des manufacturiers de bois de sciage du Québec

A.I.F.Q.: Association des industries forestières du Québec

A.N.C.A.I.: Association nationale des camionneurs artisans, Inc.

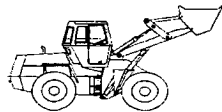
S.P.B.O.L.: Syndicat des producteurs de bois de l'Outaouais-Laurentides

Les propriétaires de chargeuses:

K- Carrière Frontenac, Inc.

Neuville, Québec

Type de véhicule: chargeuse sur roues



Système de pesée: Microload (capteurs de pression d'huile)

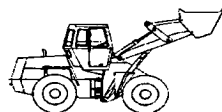


L- Ministère des Transport du Québec

Centre de services Cookshire

Cookshire, Québec

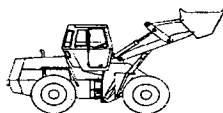
Type de véhicule: chargeuse sur roues



Système de pesée: Loadrite (capteurs de pression d'huile)



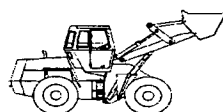
M- Ministère des Transport du Québec
Centre de services Victoriaville
Victoriaville, Québec
Type de véhicule: chargeuse sur roues



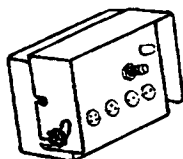
Système de pesée: Loadrite (capteurs de pression d'huile)



N- Ministère des Transports du Québec
Centre de services Lachute
Lachute, Québec
Type de véhicule: chargeuse sur roues



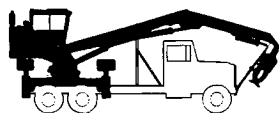
Système de pesée: Evergreen (capteurs de pression d'huile)



P- Les Entreprises forestières Saint-Magloire, Inc.

Saint-Magloire, Québec

Type de véhicule: chargeuse à grappin



Système de pesée: Microload (cellule de charge entre la flèche articulée et le grappin)



Les essais techniques

Le devis proposait de réaliser les essais techniques sur un total de quatorze véhicules, dont trois tracteurs semi-remorques, cinq camions porteurs, un camion porteur avec remorque courte (pop-trailer), un train double de type B, trois chargeuses sur roues et une chargeuse sur camion porteur. La majorité des types de véhicules a donc pu faire partie de l'évaluation.

Les essais techniques font parties du 1er volet du programme de démonstration et d'évaluation. Dans le but de reproduire autant que possible la réalité, différents types d'essais ont été développés et utilisés. Ces essais ont permis de vérifier, à la fois, la fiabilité, la durabilité et la précision des systèmes. Il y a eu trois séries d'essais, qui se sont déroulées chacune durant des saisons différentes pour vérifier si le bon fonctionnement des systèmes de pesée embarqués est affecté par les conditions atmosphériques. Une des trois séries d'essais devait être exécutée en saison hivernale pour permettre d'avoir une meilleure idée de la performance des systèmes par temps froid.

L'autre volet du devis préconisait une étude économique afin d'évaluer la rentabilité et l'utilité d'un tel équipement sur un véhicule.

Au début de chaque série d'essais, et ce pour chacun des systèmes de pesée, quelques vérifications générales ont été effectuées. Parmi celles-ci, il y a l'inspection visuelle des connexions, du câblage, de l'état des capteurs et des véhicules. Il y a aussi le contrôle de la tension à l'entrée du système, qui a été fait à l'aide d'un voltmètre analogique. La tension devait respecter les caractéristiques données dans la notice technique du fabricant. Pour évaluer la sensibilité des systèmes aux conditions atmosphériques, des informations comme la température et le taux d'humidité ont dû être notées.

Dans le présent rapport, pour faciliter la lecture et la compréhension, la première section traitera des systèmes de pesée embarqués conçus pour les camions et la deuxième traitera des systèmes de pesée embarqués utilisables sur les chargeuses.

Pour les tableaux, figures et graphiques, la désignation des véhicules est faite à l'aide de lettres. La source se trouve aux pages 7 à 13 du présent rapport.

Description des séries d'essais techniques sur véhicules lourds

Pour les besoins du programme, les essais techniques ont pour la plupart été réalisés en utilisant des sites sur lesquels on trouvait un appareil de pesage fixe d'un ou plusieurs plateaux et dont les approches étaient relativement de niveaux, stables et sans irrégularités. L'utilisation de tels sites permettait d'uniformiser les méthodes de réalisation des essais.

Avant le début de chaque série de tests, on doit vérifier l'étalonnage. La vérification de l'étalonnage consiste à comparer la mesure lue sur le système de pesée embarqué avec la mesure indiquée sur la balance fixe. Le tableau suivant résume la situation pour chacun des véhicules lourds. La méthode de réalisation de la série d'essais numéro 1 pour les véhicules B, C, D, E, F et G n'étant pas similaire à celle adoptée par les auteurs de ce rapport, il n'a pas été possible d'insérer ces données pour fin de comparaison dans l'ensemble des tableaux suivants. De plus, dans la série d'essais numéro 3, aucun résultat n'a été relevé pour les véhicules H et J à cause d'une défectuosité des systèmes de pesée embarqués. Les cases où il y a un tiret (-) indiquent qu'il n'y a pas de capteur sur le groupe d'essieux ou que le groupe d'essieux est inexistant pour le véhicule en question.

La vérification de l'étalonnage sert à déterminer la précision du calibrage des systèmes de pesée embarqués par rapport à la balance fixe. Les résultats ont été calculés en utilisant la formule mathématique de l'erreur relative qui se trouve en annexe.

		Véhicule									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Série d'essais N° 1	essieu N° 1	0.00%			-				-	-	-
	essieu N° 2	1.06%			-0.53%				-0.39%	4.32%	-0.04%
	essieu N° 3	-			1.17%				1.52%	-4.93%	0.88%
	MTC	0.80%			0.08%				0.53%	-0.43%	0.61%
Série d'essais N° 2	essieu N° 1	1.80%	1.08%	-	-	-	-0.54%	0.35%	-	-	-
	essieu N° 2	-1.61%	0.31%	9.32%	5.41%	-0.65%	2.11%	-3.81%	-0.69%	-7.23%	1.04%
	essieu N° 3	-	-	-8.35%	-6.66%	-	-	3.78%	18.41%	6.08%	1.92%
	MTC	-0.71%	0.51%	0.10%	-0.97%	-	1.01%	0.23%	8.50%	-0.82%	1.49%
Série d'essais N° 3	essieu N° 1	2.11%	30.83%	-	-	-	45.09%	-1.55%		-	
	essieu N° 2	0.68%	-2.42%	-0.34%	0.60%	1.97%	-10.16%	-6.00%		-7.86%	
	essieu N° 3	-	-	-0.04%	-0.94%	-	-	9.88%		15.38%	
	MTC	0.98%	8.18%	-0.19%	-0.40%	-	6.80%	1.00%		3.61%	

Tableau 1: Erreur relative sur l'état de l'étalonnage.

À la suite des vérifications générales de base et de la mesure de l'étalonnage, il a été convenu de réaliser quatre types de tests, soit :

- ✦ le test de reproductibilité;
- ✦ le test d'irrégularité de terrain;
- ✦ le test d'asymétrie du chargement;
- ✦ le test d'effet de pente.

Les résultats de ces quatre types de tests ne sont en aucun temps touchés par l'état de l'étalonnage, compte tenu du fait qu'ils sont obtenus sans comparaison avec le système de balance fixe.

Les tests de reproductibilité et d'irrégularité de terrain ont été réalisés au début du programme d'évaluation, avec des véhicules à pleine charge, à mi-charge et à vide. Compte tenu de la linéarité du taux d'erreur par rapport à la masse mesurée et du peu d'intérêt d'utiliser pareil système sur un camion à vide ou à mi-charge, il a été convenu de ne pas accorder d'importance à ces tests. Les systèmes ont été conçus surtout dans le but de maximiser la charge payante. Seuls les tests réalisés à pleine charge sont présentés dans le rapport.

Le test de reproductibilité

Le test de reproductibilité permet de vérifier la constance des lectures dans le temps; de cette façon, on vérifie si le système indique toujours la même masse pour un même chargement.

La méthode adoptée pour réaliser ce test se décrit comme suit : une lecture du système de pesée embarqué est faite lorsque le véhicule est immobilisé sur le plateau de la balance fixe et que le chargement représente, le plus fidèlement possible, la charge payante maximum permise par la réglementation; ensuite, le camion est déplacé sur une certaine distance en simulant des situations de conduite sur route, pour être repositionné sur le plateau de la balance fixe afin de refaire une nouvelle lecture du système de pesée embarqué.

On effectue cette opération à quelques reprises, tant qu'une certaine constance n'est pas obtenue sur le système. Si la constance n'est pas obtenue après six répétitions, le système est vérifié, et s'il y a défectuosité, il est réparé et le test de reproductibilité doit être repris depuis le début. En plus, des essais ont également été faits en marche arrière, et lorsqu'il s'agit d'ensemble de véhicules, les essais ont été réalisés à la suite d'un découplage et d'un accouplage de la remorque et du tracteur.

Le test d'irrégularité de terrain

Ce type d'essai a été conçu afin de simuler différentes situations dans lesquelles les véhicules se trouvent en cours d'utilisation normale. Pour recréer ces situations, qui ont été légèrement exagérées, les extrémités de différents essieux étaient soulevées à l'aide de pièces de bois d'une hauteur de six pouces, afin de simuler l'inégalité du terrain dans certains lieux de chargement des marchandises.

Quand l'irrégularité doit être positionnée sous un ensemble de pneus jumelés, le bloc de bois est mis en place sous le pneu à l'extrémité de l'essieu. Mis à part les systèmes qui font une lecture de la pression d'air dans la suspension et les systèmes composés de cellules de charge positionnés sous le châssis de la remorque et sous la sellette d'attelage des véhicules, les systèmes sont munis de capteurs installés sur les essieux des véhicules. Ils sont conçus pour lire la déflexion des essieux. La position des blocs de bois a été définie ainsi pour donner le maximum de déflexion dans l'essieu. Trente types d'irrégularités possible ont été définis et vérifiés. De ce nombre, huit ont été considérés comme étant peut être les irrégularités les plus courantes dans les opérations normales et quotidiennes des transporteurs.

Le tableau suivant indique les irrégularités retenues. Les crochets ([]) indiquent les positions des irrégularités. Quand il s'agit d'un véhicule d'une seule unité, les irrégularités de terrain numéros 4 à 8, qui sont positionnées sur la remorque, ne s'appliquent pas.

position des irrégularités de terrain						
Irrég	●	●	●	●●●●		
1	-	[=]	=	= = = =		
	-	=	=	= = = =		
2	-	[=]	[=]	= = = =		
	-	=	=	= = = =		
3	-	[=]	[=]	= = = =		
	[-]	=	=	= = = =		
4	-	=	=	= [=] = =		
	-	=	=	= = = =		
5	-	=	=	= = = [=]		
	-	=	=	= = = =		
6	-	=	=	= [=] [=] =		
	-	=	=	= = = =		
7	-	=	=	= = = [=]		
	-	=	=	= = = [=]		
8	-	=	=	= = = [=]		
	-	=	=	= [=] = =		

Tableau 2: Description de la position des irrégularités de terrain

Le test d'asymétrie du chargement

Cet essai a été conçu afin de vérifier la précision du système de pesée embarqué à l'aide d'une masse étalon positionnée à différents endroits sur l'espace de chargement. La nature du chargement rendait impossible la réalisation de l'essai avec certains types de véhicules ayant des chargements de matière en vrac. Dans les autres cas, un poids étalon d'une masse variable d'environ 1500 kg a été utilisé.

Le test d'effet de pente

En complément aux essais techniques antérieurs, nous avons tenté de vérifier la précision des systèmes de pesée embarqués dans un endroit où la configuration du terrain présentait une inclinaison. Certaines contraintes ont empêché de réaliser ce test à chaque série d'essais. Ces contraintes étaient les conditions climatiques (chaussée enneigée ou glacée) ou l'absence de pente dans un rayon raisonnable des lieux de réalisation des essais. L'uniformité dans les inclinaisons n'a pu être obtenue, à cause de la disparité des lieux environnants. Le test consistait à faire une lecture sur le système de pesée embarqué quand le véhicule était sur une surface de niveau. Par la suite, le véhicule était déplacé sur une partie inclinée de la route, dont la pente était mesurée à l'aide d'un inclinomètre.

Présentation et analyse des résultats (camions)

Quatre essais techniques différents ont été réalisés. Pour l'évaluation, les deux tests les plus importants sont le test de reproductibilité et le test d'irrégularité de terrain. Le test d'asymétrie du chargement obligeait à utiliser une faible charge, qui n'est pas représentative de l'écart potentiel lorsque le véhicule est chargé à pleine capacité. Dans ce dernier cas, les résultats ne permettent pas d'évaluer la qualité de ces systèmes de pesée embarqués.

Les résultats obtenus des séries de tests sont présentés sous forme de tableaux. Les séries de tableaux contiennent les résultats des tests pour chacun des groupes d'essieux ainsi que pour la masse totale en charge. À l'intérieur des tableaux, des cases représentent le taux d'erreur des résultats obtenus sur chacun des groupes d'essieux ainsi que sur la masse totale en charge.

Il a fallu présenter les résultats en valeur relative (%) plutôt qu'en valeur absolue (kg). Cela découle du fait que les véhicules étaient de formes différentes. Par conséquent, les masses permises aux essieux et la masse totale en charge ne sont pas similaires pour tous.

Bien que les données ne suivent pas exactement les principes de la Loi normale (faible échantillonnage), la moyenne et l'écart type calculés donnent une bonne idée du comportement général d'un système et sont des indicateurs intéressants qui facilitent l'analyse des résultats. L'écart type permet d'évaluer la dispersion des données par rapport à la moyenne, ce qui est une information particulièrement significative du comportement.

Le test de reproductibilité

La première série de tableaux (3 à 6) contient les erreurs relatives des résultats du test de reproductibilité.

	Véhicule									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Série d'essais N° 1	3.51%			-				-	-	-
	1.75%			-				-	-	-
				-				-	-	-
				-				-	-	-
				-				-	-	-
Série d'essais N° 2	0.00%	1.33%	-	-	-	0.00%	0.00%	-	-	-
	-1.27%	4.00%	-	-	-	4.05%	1.72%	-	-	-
	0.00%	-	-	-	-		13.79%	-	-	-
	2.53%		-	-			15.52%	-	-	-
			-	-			20.69%	-	-	-
Série d'essais N° 3	0.00%	-0.99%	-	-	-	-1.08%	0.00%		-	
	-3.17%	-0.99%	-	-	-	-1.08%	1.32%		-	
	0.00%	4.95%	-	-	-	-2.15%	-0.58%		-	
	-3.17%	3.96%	-	-	-	-2.15%	0.58%		-	
			-	-					-	
Moyenne	0.02%	2.04%	-	-	-	-0.40%	5.89%	-	-	-
Ecart type	2.09%	2.41%	-	-	-	2.12%	7.83%	-	-	-

Tableau 3: Test de reproductibilité - Taux d'erreur sur les masse du groupe d'essieux N° 1

	Véhicule									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Série d'essais N° 1	0.58%			-0.41%				0.47%	0.18%	0.37%
	0.58%			-0.41%				0.23%	-0.18%	0.37%
				-0.30%				-0.68%	-0.39%	0.21%
				0.15%				-0.85%	-0.39%	-0.21%
				0.15%				-0.94%	-0.18%	0.37%
Série d'essais N° 2									0.18%	0.37%
	0.00%	0.00%	-0.74%	0.37%	0.82%	0.00%	0.44%	0.00%	0.00%	-0.36%
	0.00%	0.00%	-0.15%	0.56%	0.00%	0.00%	0.00%	0.41%	-0.20%	0.00%
	0.47%	-	-0.59%	0.00%	0.00%		-10.13%	-9.47%	1.03%	-0.36%
	0.47%		0.73%	0.00%			-10.57%	-9.47%	1.03%	0.00%
Série d'essais N° 3			-0.37%	0.75%			-16.30%	0.41%	0.00%	-0.36%
				0.75%				0.00%	0.41%	0.36%
	-0.42%	0.00%	0.00%	-0.70%	0.00%	0.77%	0.00%		2.35%	
	0.00%	0.00%	3.37%	-0.70%	0.00%	1.54%	-1.32%		2.35%	
	0.00%	0.00%	3.81%	-0.70%	0.00%	1.54%	0.00%		7.84%	
Série d'essais N° 3	0.42%	-0.62%	3.37%	-0.35%	2.15%	2.31%	0.00%		-2.89%	
			0.43%	-0.35%					2.35%	
			0.43%	-0.35%					2.74%	
Moyenne	0.21%	-0.10%	0.94%	-0.09%	0.42%	1.03%	-4.21%	-1.81%	0.90%	0.06%
Ecart type	0.32%	0.23%	1.64%	0.47%	0.76%	0.85%	5.99%	3.64%	2.13%	0.30%

Tableau 4: Test de reproductibilité - Taux d'erreur sur les masse du groupe d'essieux N° 2

	Véhicule									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Série d'essais N° 1	-			-0.85%				0.83%	0.00%	0.00%
	-			-0.43%				0.25%	0.37%	-0.35%
				0.00%				4.09%	1.27%	-0.62%
				-0.51%				4.71%	1.27%	0.62%
				0.51%				4.50%	0.37%	-0.70%
Série d'essais N° 2									-0.19%	0.35%
	-	-	0.40%	0.00%	-	-	-1.67%	-0.31%	0.38%	-2.45%
	-	-	-6.99%	0.00%	-	-	0.00%	0.31%	0.00%	-2.45%
	-	-	-7.89%	0.67%	-		-7.53%	-0.73%	0.00%	-2.45%
	-		-6.99%	-0.67%			-11.30%	0.73%	0.19%	-2.45%
Série d'essais N° 3			0.81%	0.75%			-12.13%	2.18%	-0.19%	-0.70%
				1.51%				2.49%	-0.38%	-1.75%
	-	-	0.00%	1.49%	-	-	-0.48%		-4.74%	
	-	-	0.40%	2.08%	-	-	-0.48%		-4.90%	
	-	-	0.40%	0.89%	-	-	-0.28%		-5.06%	
Série d'essais N° 3	-	-	0.40%	1.19%	-	-	0.28%		3.33%	
			0.40%	1.49%					-5.53%	
			0.81%	2.38%					-5.06%	
Moyenne	-	-	-1.66%	0.62%	-	-	-3.73%	1.73%	-1.05%	-1.08%
Ecart type	-	-	3.46%	0.95%	-	-	4.83%	1.89%	2.62%	1.12%

Tableau 5: Test de reproductibilité - Taux d'erreur sur les masse du groupe d'essieux N° 3

	Véhicule									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Série d'essais N° 1	1.32%			-0.42%				0.64%	0.09%	0.00%
	0.88%			-0.21%				0.24%	0.18%	-0.18%
				0.79%				0.84%	0.25%	-0.68%
				0.75%				0.98%	0.24%	0.13%
				1.19%				0.82%	0.09%	-0.54%
Série d'essais N° 2									0.00%	0.18%
	0.37%	0.00%	-0.19%	0.38%	-	0.37%	-0.19%	-0.18%	0.20%	-1.41%
	1.48%	1.26%	-0.62%	0.38%	-	1.48%	0.00%	0.35%	-0.10%	-1.23%
	0.00%	0.42%	-1.21%	0.06%	-		-6.46%	-0.96%	0.00%	-1.41%
	0.00%		-0.67%	-0.34%			-13.69%	-0.16%	0.10%	-1.23%
Série d'essais N° 3			0.19%	0.75%			-10.08%	1.42%	-0.10%	-0.53%
				1.13%				1.42%	0.00%	-0.71%
	-0.33%	-0.38%	0.00%	0.64%	-	0.00%	0.00%		-1.49%	
	-0.67%	-0.38%	0.21%	0.97%	-	0.45%	-0.58%		-1.66%	
	0.00%	1.91%	0.41%	0.32%	-	0.00%	-0.51%		-1.66%	
Série d'essais N° 3	-0.33%	1.15%	0.21%	0.64%	-	0.45%	-0.39%		-4.44%	
			0.41%	0.81%					-1.92%	
			0.62%	1.29%					-1.49%	
Moyenne	0.27%	0.57%	-0.06%	0.54%	-	0.46%	-3.54%	0.49%	-0.65%	-0.63%
Ecart type	0.69%	0.82%	0.54%	0.51%	-	0.49%	4.93%	0.69%	1.20%	0.56%

Tableau 6: Test de reproductibilité - Taux d'erreur sur les masse totales en charge

L'étude des tableaux précédents permet de constater que la moyenne des erreurs obtenues par les systèmes de pesée en regard de la masse totale en charge est faible, sauf pour le véhicule G. La moyenne plus élevée pour ce véhicule semble due au fait que lors des essais, certaines données ont été prises pendant que l'essieu relevable supportait une partie de la charge (essieu relevable abaissé). Même si la masse de la charge supportée par cet essieu est connue et a été incluse dans le calcul de la masse totale en charge, la même catégorie d'erreurs a été notée dans les relevés du véhicule H pour certains groupes d'essieux. Cela a probablement pour cause l'absence de capteur sur le groupe d'essieux numéro 1. Il est donc important de mentionner que le chauffeur d'un véhicule équipé d'un système de pesée embarqué devra faire fonctionner le système en s'assurant que l'essieu relevable ne porte aucune charge, afin d'éviter des lectures erronées comme celles qui sont relevées dans les tableaux précédents.

L'erreur relative élevée observée pour le groupe d'essieux numéro 1 peut sembler importante. Il convient de porter attention à la valeur absolue de cette erreur plutôt qu'à sa valeur relative.

Il semble que dans le cas des ensembles de véhicules mis à l'essai, les écarts décelés sur le groupe d'essieux numéro 3 sont relativement élevés. Cette situation semble en partie causée par les systèmes d'accouplement et le manque de rigidité du châssis de la deuxième unité.

Le test d'irrégularité de terrain

La deuxième série de tableaux (7 à 10) contient les erreurs relatives des résultats obtenus dans le test d'irrégularité de terrain.

		Véhicule									
	Irrég.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Série d'essais N° 1	1				-		-2.11%	-6.67%	-	-	-
	2				-				-	-	-
	3	1.72%	0.00%	-	-	-	2.95%	-2.67%	-	-	-
	4				-				-	-	-
	5				-				-	-	-
	6				-				-	-	-
	7									-	-
	8									-	-
Série d'essais N° 2	1	0.00%	-1.32%	-	-		-5.13%	-3.39%	-	-	-
	2	0.00%	0.00%	-	-		-5.13%	0.00%	-	-	-
	3	1.27%	1.32%	-	-		-5.13%		-	-	-
	4			-	-			-7.25%	-	-	-
	5			-	-				-	-	-
	6			-	-				-	-	-
	7									-	-
	8			-						-	-
Série d'essais N° 3	1	1.64%	-2.97%	-	-		-1.08%	-1.55%		-	
	2	3.28%	-1.98%	-	-		-1.08%	1.04%		-	
	3		-1.98%	-	-		-1.08%	1.04%		-	
	4			-	-					-	
	5			-	-			-1.55%		-	
	6			-	-	-		3.63%		-	
	7				-			-2.85%		-	
	8			-				3.63%		-	
Moyenne		1.32%	-0.99%	-	-	-	-2.22%	-1.38%	-	-	-
Ecart type		1.12%	1.38%	-	-	-	2.65%	3.34%	-	-	-

Tableau 7: Test d'irrégularité de terrain - Taux d'erreur sur les masses du groupes d'essieux N° 1

		Véhicule									
	Irrég.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Série d'essais N° 1	1				-0.81%		1.42%	-1.62%	0.15%	6.31%	0.00%
	2				-0.41%				-0.93%	6.68%	-0.37%
	3	0.77%	-0.91%	4.29%	-0.41%	12.44%	-0.13%	-0.54%	-0.23%	7.05%	0.00%
	4				-2.85%				-3.10%	-1.30%	-0.37%
	5				1.63%				1.32%	6.86%	
	6				-2.03%				-3.33%	-2.41%	0.00%
	7									10.39%	1.10%
	8									3.90%	0.00%
Série d'essais N° 2	1	-0.47%	-1.86%	2.21%	0.75%		-2.53%	3.11%	-1.23%	0.61%	9.32%
	2	0.00%	1.24%	-0.37%	0.75%		0.51%	1.33%	-1.23%	0.41%	10.39%
	3	0.00%	1.86%	1.11%	1.13%		0.00%		0.00%	0.20%	3.58%
	4			-16.61%	-2.64%			8.33%	-3.28%	-2.87%	-8.96%
	5			-0.37%	1.51%				1.64%	2.05%	-5.38%
	6			-0.74%	-1.89%				-3.28%	-4.10%	-18.64%
	7									3.69%	0.72%
	8			-0.74%						0.20%	4.30%
Série d'essais N° 3	1	-0.42%	-1.26%	2.53%	-0.70%		0.00%	-3.93%		0.19%	
	2	0.00%	0.63%	-2.11%	4.23%	-3.16%	0.75%	-5.59%		-0.19%	
	3		1.26%	-0.42%	3.87%		0.75%	-4.76%		0.19%	
	4			-21.52%	-3.87%					-2.32%	
	5			-16.03%	4.93%			-3.93%		2.70%	
	6			-0.84%	-3.52%	-4.21%		-6.83%		-1.74%	
	7				5.99%			-2.69%		5.02%	
	8			-0.84%				-7.25%		0.00%	
Moyenne		-0.02%	0.14%	-3.36%	0.30%	1.69%	0.10%	-2.03%	-1.12%	1.73%	-0.29%
Ecart type		0.41%	1.35%	7.59%	2.81%	7.61%	1.10%	4.34%	1.72%	3.68%	6.75%

Tableau 8: Test d'irrégularité de terrain - Taux d'erreur sur les masses du groupes d'essieux N° 2

		Véhicule									
	Irrég.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Série d'essais N° 1	1				-3.42%		-	0.72%	0.17%	-5.33%	1.39%
	2				-4.70%				0.17%	-5.86%	0.00%
	3	-	-	5.00%	-4.27%	-	-	-2.88%	1.27%	-6.93%	0.00%
	4				10.26%				5.24%	-6.57%	3.14%
	5				5.56%				11.06%	-11.37%	
	6				16.24%				6.76%	0.71%	5.57%
	7									-18.12%	-3.83%
	8									-13.68%	-1.05%
Série d'essais N° 2	1	-	-	-0.80%	-1.85%		-	-4.56%	0.31%	-1.15%	-1.06%
	2	-	-	-0.80%	-2.21%		-	-8.30%	0.31%	-1.15%	-0.71%
	3	-	-	-0.40%	-1.85%		-		0.31%	-0.38%	-1.06%
	4			-18.40%	10.33%			10.58%	13.23%	-0.96%	-1.77%
	5			-1.20%	8.12%				12.00%	-7.46%	-1.77%
	6			-0.40%	21.03%				16.31%	8.03%	3.18%
	7									-10.71%	-3.89%
	8			-2.00%						-9.75%	-1.06%
Série d'essais N° 3	1	-	-	-0.80%	0.30%		-	5.21%		0.33%	
	2	-	-	-2.01%	0.00%	-	-	1.00%		1.33%	
	3		-	-2.01%	0.00%		-	7.84%		0.83%	
	4			-26.10%	7.44%					-6.30%	
	5			-16.47%	-0.89%			3.10%		-7.13%	
	6			0.00%	18.15%	-		11.52%		2.16%	
	7				-11.31%			-5.84%		-10.45%	
	8			-2.41%				5.73%		-10.61%	
Moyenne		-	-	-4.59%	3.52%	-	-	2.01%	5.59%	-5.02%	-0.19%
Ecart type		-	-	8.25%	8.45%	-	-	6.20%	5.82%	5.94%	2.50%

Tableau 9: Test d'irrégularité de terrain - Taux d'erreur sur les masses du groupes d'essieux N° 3

		Véhicule									
	Irrég.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Série d'essais N° 1	1				-1.88%		0.40%	-2.09%	0.12%	0.36%	0.72%
	2				-2.30%				-0.40%	1.00%	-0.36%
	3	1.01%	-0.78%	4.67%	-2.09%	-	0.40%	-1.46%	0.48%	-0.09%	0.00%
	4				3.76%				0.89%	-3.99%	1.61%
	5				3.76%				6.02%	-2.27%	
	6				7.10%				1.54%	-0.73%	3.04%
	7									-4.17%	-1.61%
	8									-5.08%	-0.54%
Série d'essais N° 2	1	-0.34%	-1.69%	0.77%	-0.56%		-3.26%	-0.95%	-0.18%	-0.30%	2.27%
	2	0.00%	0.84%	-0.58%	-0.75%		-1.09%	-3.04%	-0.18%	-0.40%	2.97%
	3	0.34%	1.69%	0.38%	-0.37%		-1.09%		0.18%	-0.10%	-0.52%
	4			-17.47%	3.92%			7.01%	6.15%	-1.88%	-6.99%
	5			-0.77%	4.85%				7.56%	-2.87%	-5.24%
	6			-0.58%	9.70%				7.38%	2.18%	-9.27%
	7									-3.76%	-3.32%
	8			-1.34%						-4.85%	-0.17%
Série d'essais N° 3	1	0.00%	-1.92%	0.82%	-0.16%		0.44%	0.43%		0.27%	
	2	0.67%	-0.38%	-2.06%	1.94%	-	0.44%	-1.93%		0.71%	
	3		0.00%	-1.23%	1.77%		0.44%	1.22%		0.63%	
	4			-23.87%	2.26%					-4.29%	
	5			-16.26%	1.77%			-0.55%		-2.50%	
	6			-0.41%	8.06%	-		2.00%		0.45%	
	7				-3.39%			-3.50%		-3.21%	
	8			-1.65%				-0.35%		-5.63%	
Moyenne		0.28%	-0.32%	-3.97%	1.97%	-	-0.41%	-0.27%	2.46%	-1.69%	-1.16%
Ecart type		0.45%	1.20%	7.91%	3.58%	-	1.25%	2.69%	3.12%	2.23%	3.49%

Tableau 10: Test d'irrégularité de terrain - Taux d'erreur sur les masses totales en charge

Quand les irrégularités sont situées sous le groupe d'essieux numéro 3, généralement de très grandes erreurs sont provoquées. Par contre, les irrégularités situées sous les groupes d'essieux numéros 1 et 2 ne provoquent pas autant d'erreurs.

Les systèmes sont sensibles aux irrégularités. Ainsi, pour obtenir de bons résultats, il faut s'assurer d'utiliser le système lorsque le véhicule est sur un terrain comportant le moins d'irrégularités possibles. Les ensembles de véhicules semblent plus affectés par les dénivellations que les véhicules d'une seule unité.

Le test d'asymétrie du chargement

La quantité de données recueillies à cet essai ne justifie pas la présentation de résultats d'ensemble. La masse étalon utilisée (1500 kg) ayant une influence très peu marquée sur le système, il était difficile de déceler un taux d'erreur relative significatif.

Le test d'effet de pente

Étant donné que le test d'effet de pente ne peut donner une lecture juste pour les groupes d'essieux à cause d'un déplacement du centre de gravité, le seul élément vérifiable était la masse totale en charge. L'impossibilité de vérifier la masse aux essieux est le résultat de l'absence de capteurs de charge sur l'essieu directionnel de certains véhicules, lequel absorbe une surcharge ou une diminution de charge, selon le sens de l'inclinaison du véhicule. Ce transfert n'étant pas perçu par le système, il peut causer des écarts de masse considérable. Une deuxième grande source d'erreurs provient de la torsion provoquée dans les essieux par le fait que les freins ont été retenus dans la pente pour faire la lecture des masses.

Cet essai ne rend pas nécessairement compte des situations aux lieux de chargement. Considérant qu'il est toutefois possible qu'un véhicule se trouve dans une pente, le conducteur devra le déplacer sur une surface de niveau afin de vérifier la charge en utilisant le système de pesée embarqué.

Les données obtenues lors de cet essai ont été relevées, mais ne sont pas présentées pour analyse dans le présent rapport.

Les tests non réalisés

Il est noté que plusieurs tests n'ont pu être réalisés : les composantes matérielles du système, les essais en chambre froide, la résistance des accouplements de connexions, entre autres, auraient été des points intéressants à étudier.

Recommandation générale (camions)

Les manufacturiers offrent différents types de cellules de charge pouvant être installées sur des véhicules lourds : capteur à l'essieu, cellule en compression sous le châssis, lecteur de pression d'air, etc.

Majoritairement, les utilisateurs ont intérêt à utiliser ces systèmes sur terrain plat afin d'obtenir une meilleure efficacité. L'entretien préventif étant minime, le propriétaire aura intérêt à faire des vérifications régulières et ainsi minimiser les coûts de réparation. La vérification régulière du calibrage s'avère un élément important tout comme une formation adéquate des chauffeurs qui opèrent ces systèmes.

L'entreprise qui désire acheter un système de pesée embarqué devrait vérifier les modalités de garanti et s'assurer que le fabricant offre un bon service après vente.

Conclusion (camions)

Les données contenues dans le présent rapport sont de deux ordres : techniques et économiques.

Devant les résultats, il est permis de s'interroger sur l'exactitude des données obtenues pour le véhicule G. Les écarts relevés lors des essais avec ce véhicule peuvent provenir de plusieurs sources. Il y aurait donc lieu, pour le propriétaire d'un véhicule d'un tel type, de s'interroger sur la construction du véhicule, sur le principe d'accouplement des deux unités, ou même sur le type de système de pesée embarqué utilisé pour ce genre de véhicule.

Après l'analyse des résultats des essais techniques, il nous est possible de conclure que généralement les systèmes de pesée embarqués pour véhicules lourds permettent d'obtenir de bons résultats.

Plusieurs graphiques, qui donnent une vue d'ensemble des résultats du test de reproductibilité et d'irrégularité de terrain, sont présentés en annexe. Ces graphiques montrent les résultats obtenus en calculant la moyenne et l'écart type qu'on observait dans les tableaux précédents.

Les bons résultats obtenus lors des essais techniques ont été rendus possibles grâce à la collaboration très étroite entre les opérateurs des systèmes de pesée embarqués et les responsables de la réalisation des essais. Pour maintenir le niveau de qualité des résultats en cours d'utilisation normale, l'opérateur doit être motivé à utiliser un tel système, en connaître les capacités et suivre le mode d'utilisation défini par les manufacturiers. Majoritairement, les fabricants préconisent l'utilisation de tels systèmes lorsque le véhicule est positionné sur un terrain plat et de niveau. Les systèmes de pesée embarqués semblent être insensibles aux variations climatiques.

L'objectif du programme était en deux volets. Le premier était d'aider les transporteurs à respecter la réglementation. La deuxième était de trouver un système permettant au transporteur de maximiser sa charge payante. Sachant que la charge payante est établie en considérant la masse nette et la masse totale autorisée, l'évaluation d'un véhicule équipé de façon partielle seulement (véhicule E) ne semble pas pertinent dans le présent programme.

Description des séries d'essais techniques sur chargeuses

Les chargeuses qui font parties du programme d'évaluation sont en majorité des chargeuses sur roues, sauf une qui est de type chargeuse à flèche articulée avec grappin.

Les systèmes de pesée embarqués pour chargeuses ont été créés dans le but surtout de contrôler, directement sur les lieux du chargement, la masse chargée. De plus, ces systèmes peuvent s'avérer utiles pour maximiser la charge payante des véhicules. Une seule chargeuse peut servir à plusieurs véhicules, ce qui minimise le coût pour l'entreprise. Cependant, la charge axiale ne peut être contrôlée. Avec un système de pesée sur une chargeuse, il est possible de contrôler uniquement la masse totale du chargement.

Dans le groupe de chargeuses qui ont été évaluées, trois qui sont la propriété du ministère des Transports du Québec, ont été évaluées de la même façon. Ces appareils de pesage ont été installés pour des besoins précis au Ministère, mais elles ne nécessitaient pas la même évaluation que celle prévue dans le devis.

Les équipements précités ont subis les tests suivants :

- ✦ le test d'irrégularité de terrain;
- ✦ le test de chargement;
- ✦ le test de position du godet;
- ✦ le test d'effet de pente,

sauf la chargeuse à grappin, pour laquelle le test de chargement a été remplacé par le test de reproductibilité.

Les essais pour tous les types de chargeuses ont été réalisés dans un contexte d'utilisation ordinaire. Lorsque c'était nécessaire, une balance fixe approuvée, située à proximité du lieu des essais, a été utilisée aux fins de comparaison.

Les objectifs des essais précités étaient similaires à ceux établis pour les camions. Généralement, la procédure utilisée était la même pour tous les types de véhicules. Par contre, dans le cas de l'essai sur la position du godet, il s'agissait de vérifier la constance des données en faisant une lecture avec des positions de godet à angles différents. Les positions ont été déterminées comme suit : la lecture en position *fermée* se fait en appuyant le godet sur les bras d'appui de la chargeuse. Le godet est en position *ouverte* quand le dessous de celui-ci est de niveau par rapport au sol. La position *centre* est à mi-angle entre la position fermée et la position ouverte.

Présentation et analyse des résultats (chargeuses)

Le test de chargement a été réalisé en chargeant à plusieurs reprises un véhicule lourd avec des matières en vrac, afin de comparer la masse nette chargée et celle donnée par la balance fixe approuvée. Par contre, dans le cas de la chargeuse à grappin, le test de reproductibilité a été réalisé en chargeant et déchargeant à plusieurs reprises des matériaux dont la masse nette avait été préalablement déterminée à l'aide d'une balance fixe approuvée.

Le test de position du godet

		Chargeuse			
	Position	K	L	M	N
Série d'essais N° 1	1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	7.20%	2.93%	7.73%	3.00%
	3	0.81%	5.69%	11.96%	4.90%
Série d'essais N° 2	1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	7.00%	4.86%	5.45%	2.11%
	3	5.68%	7.74%	11.86%	3.13%
Série d'essais N° 3	1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	2.58%	10.54%	9.28%	3.23%
	3	5.33%	14.11%	19.27%	5.26%
Moyenne		3.18%	5.10%	7.28%	2.40%
Écart type		2.94%	4.73%	6.26%	1.93%

Tableau 11: Test de position du godet - Taux d'erreur relative sur la masse du godet chargé

Position : 1 - alignée fermée
 2 - alignée centrée
 3 - alignée ouverte

On remarque que les écarts sont de 0 % en position 1, puisque le calibrage de l'appareil a été fait en position fermée. Donc, l'opérateur doit, pour avoir de meilleurs résultats, faire une lecture de la masse avec le godet en position fermée.

Les résultats des tests d'irrégularité de terrain et d'effet de pente ne sont pas présentés sous forme de tableau à cause du peu d'intérêt qu'ils présentent. Une seule remarque peut être faite à propos du test d'effet de pente. Une lecture faite dans une pente provoque le même genre d'erreur que celle du test de position du godet. Si on déplace le centre de gravité de la masse pesée, on augmente ou diminue la pression dans les cylindres de levée du godet. Par le fait même, le système de pesée embarqué lit cette variation de pression, ce qui entraîne des erreurs.

Quant au test d'irrégularité de terrain, il a été démontré que de placer des irrégularités sous les pneus des chargeuses, y compris de la chargeuse à grappin, ne change pas les mesures de la masse pesée.

Le test de chargement

Le dernier test qui a été effectué sur les chargeuses est le test de reproductibilité. Les résultats sont présentés dans le tableau 12. On doit porter une attention particulière à ces résultats : ce qui compte, ce n'est pas l'importance du taux d'erreur, mais plutôt la constance de l'erreur. Un taux élevé d'erreur est seulement dû à un mauvais calibrage. Donc, avant et après ce calibrage, si une certaine constance dans le taux d'erreur est maintenue, c'est que le système est adéquat.

On pourrait en conclure que les systèmes de pesée embarqués installés sur les chargeuses sur roues K et N donnent un certain rendement.

Le système de pesée embarqué installé sur la chargeuse à grappin est tout aussi efficace.

Chargeuse					
	K	L	M	N	P
Série d'essais N° 1	-4.3%	10.2%	-72.3%	0.8%	-1.1%
	-3.8%	12.1%	-73.2%	0.6%	2.7%
	7.3%	11.5%	-72.9%	-0.6%	2.9%
	-5.7%	13.0%	0.5%	-0.1%	3.4%
	-3.5%	12.8%	1.9%	1.9%	3.8%
	-3.4%	10.9%	-7.2%	-1.0%	3.4%
	-4.2%	13.5%	1.0%	-1.8%	
	0.9%		-1.3%	-2.1%	
	1.3%		1.8%	-1.8%	
	0.5%		2.9%		
	0.4%		4.0%		
	-0.4%		1.4%		
			-0.4%		
			-7.3%		
			-7.3%		
Série d'essais N° 2	-3.0%	2.8%	-7.6%	16.7%	-12.3%
	-3.9%	6.4%	-2.7%	-2.7%	-13.0%
	-4.8%	0.7%	-7.1%	0.0%	-9.5%
	-2.6%	-5.7%	-2.9%	-2.7%	-10.9%
	-3.2%	-1.7%	-6.7%	-2.7%	-0.4%
	-3.4%	0.7%	-1.1%	-3.5%	0.3%
	-4.3%	0.3%	0.8%	-0.6%	
	-6.1%	25.4%	-10.2%	-1.9%	
	-2.5%	0.3%	-2.8%	-0.7%	
	-4.6%	-0.2%	-1.4%	-0.9%	
	-5.1%	0.6%	-2.4%		
	-5.6%	1.0%	0.6%		
	-0.3%	0.4%	-0.6%		
	0.7%	-1.0%	-0.8%		
	0.4%		-1.5%		
Série d'essais N° 3	-0.1%	0.4%	-5.0%	0.2%	-1.1%
	-0.4%	5.4%	-1.2%	0.2%	2.7%
	0.4%	3.0%	7.0%	0.1%	2.9%
	1.3%	3.1%	0.5%	0.2%	3.4%
	0.8%	-1.5%	-2.1%	1.0%	3.8%
	0.8%	2.7%	1.7%	7.6%	3.4%
	-0.3%	-2.9%	-1.9%	1.4%	
	-0.2%	5.6%	-5.5%	0.6%	
	-0.7%	7.2%	4.7%	-0.7%	
	1.1%	-5.2%	-1.4%	2.0%	
	-1.1%	-1.3%	1.1%		
	0.4%	-6.5%	-1.5%		
	-1.0%	-2.9%			
	0.2%	14.4%			
	-1.8%	-3.8%			

☐ : Calibrage effectué.

Tableau 12: Test de chargement - Taux d'erreur relative pour un chargement complet de camion

Recommandation générale (chargeuses)

Les systèmes conçus pour les chargeuses sur roues mesurent généralement la pression d'huile dans les cylindres de levier du godet, pour ensuite traduire cette pression en masse (lb ou kg). Les meilleurs résultats peuvent être obtenus en tenant compte de divers facteurs. L'installation doit être faite suivant les recommandations du fabricant. La formation des opérateurs de chargeuses devrait être faite de façon régulière, car souvent l'utilisation de ces appareils est confiée à plusieurs personnes.

Les pièces nécessitent un entretien minimal, afin de maximiser l'efficacité du système. Une vérification périodique du calibrage est nécessaire et une formation adéquate du chauffeur du véhicule permettent d'optimiser le rendement du système. Les informations recueillies pendant les essais montrent que l'absence de coopération du chauffeur peut rendre le système tout à fait inefficace ou inutile.

Un autre point important est la position du godet pendant la prise de données. Le calibrage de l'appareil est habituellement fait quand le godet est en position fermée, ce qui signifie que la pesée de chaque godet devrait être prise dans cette position.

Idéalement, comme pour la position du godet, la lecture devrait se faire au moment où la révolution du moteur est identique à celle utilisée lors du calibrage.

Enfin, le point le plus important concerne l'opération du système en période froide. Sachant que la plupart des systèmes utilisent la pression d'huile des cylindres de levage du godet, l'opérateur doit faire réchauffer l'huile hydraulique jusqu'à ce qu'elle atteigne le niveau de viscosité idéal.

En ce qui concerne les chargeuses à grappin, le système de pesée (cellule de charge) étant placé à la jonction de la flèche et du grappin, l'opérateur doit porter une attention particulière à la prise de données en mouvement. Il doit s'assurer d'un mouvement à vitesse constante, sans accélération. L'accélération provoque une surtension dans la cellule de charge et peut donner une pesée erronée.

Conclusion (chargeuses)

Le résultat des essais techniques pour les chargeuses permet de conclure que l'utilisation d'un système de pesée embarqué est efficace lorsque les conseils donnés à la rubrique recommandations générales sont suivis.

L'utilisation d'un système de pesée embarqué sur une chargeuse est une dépense qui se justifie par la possibilité de respecter la masse totale en charge réglementaire pour chaque véhicule chargé. Par contre, il est impossible de s'assurer du respect des charges axiales permises.

Le volet économique

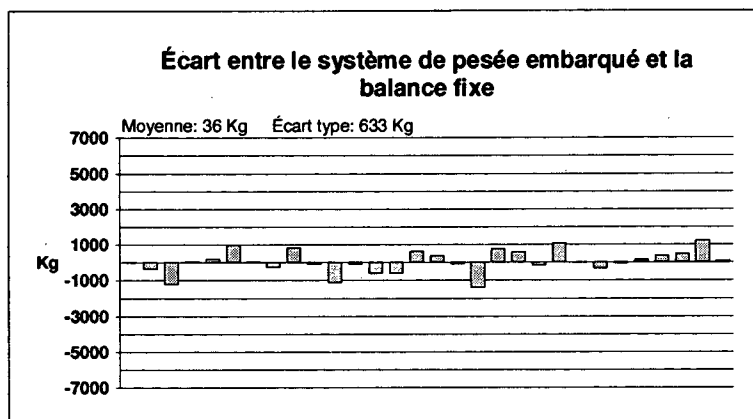
En parallèle aux essais techniques, une demande a été formulée aux transporteurs participants afin qu'ils fassent un relevé qui pourrait permettre éventuellement une analyse des gains potentiels en utilisant un ou plusieurs véhicules équipés d'un système de pesée embarqué. L'exercice consistait à noter les lectures de la masse totale en charge transportée avec un véhicule muni d'un système de pesée embarqué et relever les mêmes données avec un véhicule témoin non équipé d'un système. Par la même occasion, des informations complémentaires : frais d'entretien, consommation de carburant, amendes pour infraction, etc., ont été demandées en prévision d'une meilleure évaluation de rentabilité des systèmes de pesée embarqués.

Parmi, les transporteurs qui ont répondu à l'appel, quelques-uns ont fourni une quantité gigantesque d'informations. Il a donc été nécessaire d'effectuer un échantillonnage systématique à l'intérieur des séries de données qui en contenaient plus de cinquante. Les données relevées en période de dégel ont été exclues du traitement. Ces données ne peuvent pas être comparées avec celles qui ont été prises en période normale, parce qu'elles sont inférieures aux charges usuelles.

Ces cinquante données sont traduites sous forme de trois graphiques. Il n'est pas pertinent de les présenter sous forme de tableau étant donné l'importante quantité de données qu'on y trouve. La comparaison serait difficile.

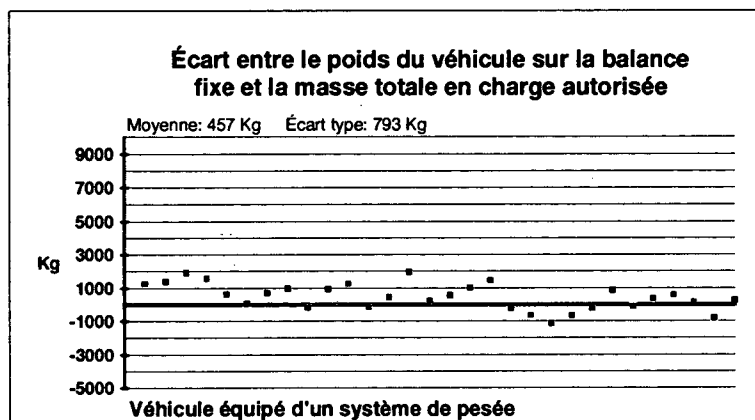
Pour faciliter la compréhension et la comparaison, une analyse complète des graphiques d'un transporteur sera faite. Les autres graphiques, incluant ceux qui serviront pour cette démonstration, se trouvent en annexe C. Les graphiques qui serviront pour l'analyse complète sont ceux qui se rattachent au transporteur du véhicule C. Ce choix a été fait par ordre alphabétique selon les classements utilisés dans les tableaux afin d'avoir une série complète de graphiques.

Le graphique 1 a) ci-dessous, compare les lectures prises sur le système de pesée embarqué avec les lectures recueillies à la balance fixe pour un même chargement. Ce graphique sert simplement à connaître l'état de l'étalonnage du système de pesée embarqué pour cinquante chargements différents.

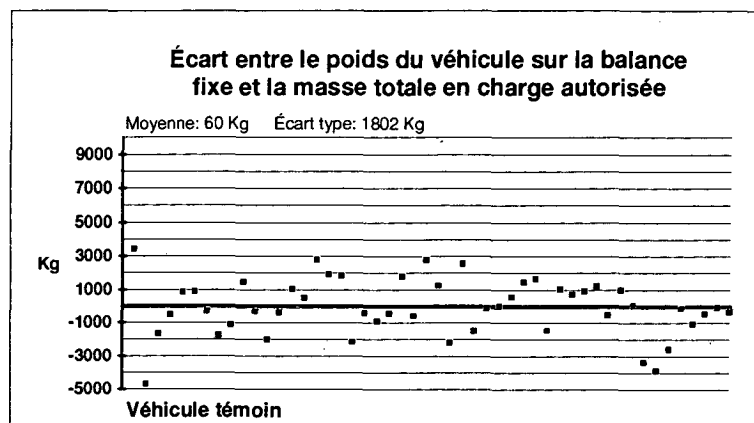


Graphique 1a: État de l'étalonnage du système du véhicule C

Les graphiques suivants donnent l'écart entre le poids du véhicule pris sur la balance fixe et la charge permise par la réglementation pour un véhicule équipé d'un système de pesée embarqué et un véhicule témoin qui, lui, n'en possède pas. Le zéro des graphiques représente la masse totale en charge permise pour les véhicules concernés. On présume que le transporteur cherche à maximiser la charge payante sans dépasser une limite de 1500 kg au-dessus de la masse permise par le règlement.



Graphique 1b: Reproductibilité du véhicule C équipé d'un système de pesée



Graphique 1c: Reproductibilité du véhicule témoin non équipé d'un système de pesée

Le système de pesée embarqué est efficace en autant qu'il permet d'obtenir un écart type moindre que l'écart type obtenu avec le véhicule témoin. On peut voir que si le véhicule est équipé d'un système de pesée embarqué, la dispersion des points sur les graphiques est moins grande que si le véhicule n'est pas équipé d'un tel système.

En regardant attentivement les deux derniers graphiques, on peut facilement conclure de l'agencement des points pour le véhicule C, que le fait de posséder un système de pesée embarqué aide à respecter la réglementation.

Les graphiques inclus dans l'annexe peuvent être interprétés de plusieurs façons. En tenant compte des objectifs premiers énumérés plus haut, la collaboration des participants s'avère le principal facteur pour démontrer l'efficacité et la rentabilité. Quelques transporteurs ont fourni les efforts nécessaires à la production de données comparatives recueillies en cours d'utilisation normale. D'autres ont complètement négligé cet aspect, et certains ont fourni des données qui nous semblent inadéquates.

Les données obtenues de certains transporteurs et traduites dans les graphiques présentés à l'annexe C laissent croire que cette collecte d'informations est le résultat de la non-utilisation du système de pesée embarqué comme moyen de contrôle. S'il y a eu utilisation, la préoccupation de s'assurer d'un bon étalonnage du système semble être un des facteurs qui empêche d'atteindre les objectifs. Le manque de capacité de l'opérateur d'utiliser à bon escient le système, peut également être un facteur qui contribue à l'obtention de données ne permettant pas d'atteindre les objectifs fixés au départ.

Certains des transporteurs qui ont fourni des données nous ont permis de voir qu'une utilisation adéquate du système de pesée embarqué permet de maximiser la charge payante, tout en demeurant à l'intérieur de la marge de manoeuvre acceptable par rapport à la masse totale en charge autorisée.

Coût d'achat

Comme complément au présent rapport, les fabricants de systèmes de pesée embarqués ont fourni de l'information sur le coût d'achat des différents systèmes et des options disponibles. Les prix sont fournis à titre d'information pour la fin de l'année 1994.

Un transporteur peut acheter un système de pesée embarqué pour un camion de trois essieux à un prix de base approximatif de 4 600 \$. Ce prix est plus élevé lorsqu'il s'agit d'un véhicule ou d'un ensemble de véhicules ayant un plus grand nombre d'essieux. Le propriétaire d'une chargeuse peut équiper son véhicule pour un coût approximatif de 5 800 \$. Au système de base, on peut ajouter dans certains cas différentes options : imprimante (environ 1 900 \$), mini-clavier (environ 400 \$), moniteur (environ 1 700 \$), lecteur portatif de programme (environ 7 000 \$), etc.

Ces prix ne sont évidemment donnés qu'à titre indicatif.

Conclusion générale

Le programme aura permis de mieux connaître les systèmes de pesée embarqués : leurs qualités et leurs défauts. Parmi les qualités notons la résistance aux chargements climatiques, la facilité d'entretien et utilisation. Certains défauts ont été notés pendant les essais. Les manufacturiers auraient, entre autres, intérêt à continuer à travailler à la mise au point de ces appareils, afin d'améliorer la précision des lectures lorsqu'il s'agit de systèmes installés sur des ensembles de véhicules.

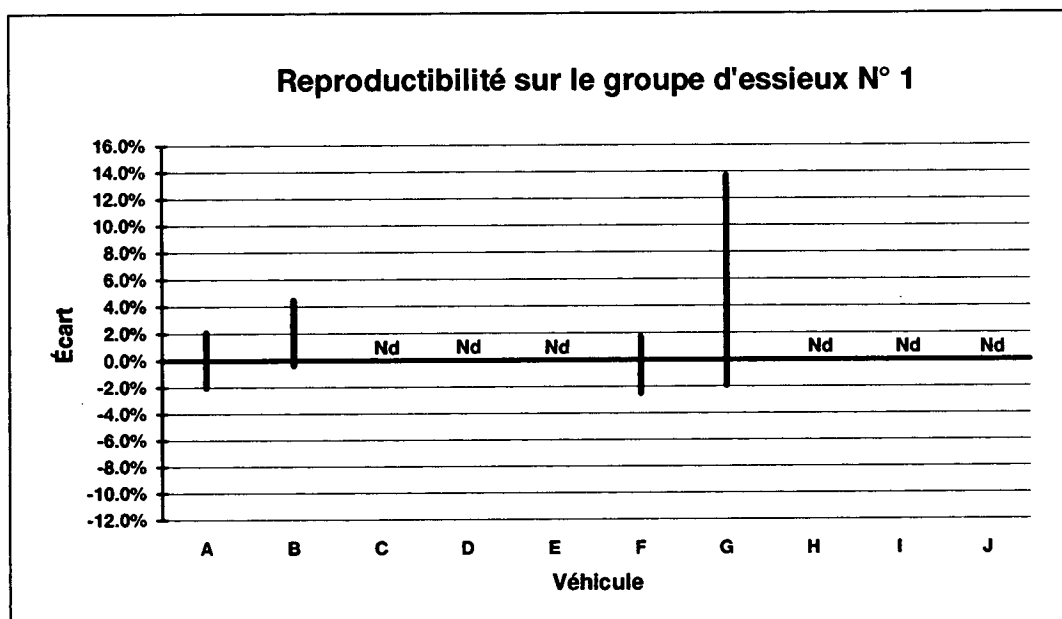
Le système de pesée embarqué peut être efficace lorsqu'il est bien utilisé. Il peut généralement permettre de maximiser la charge payante, tout en respectant les limites établis par réglementation.

Annexe A

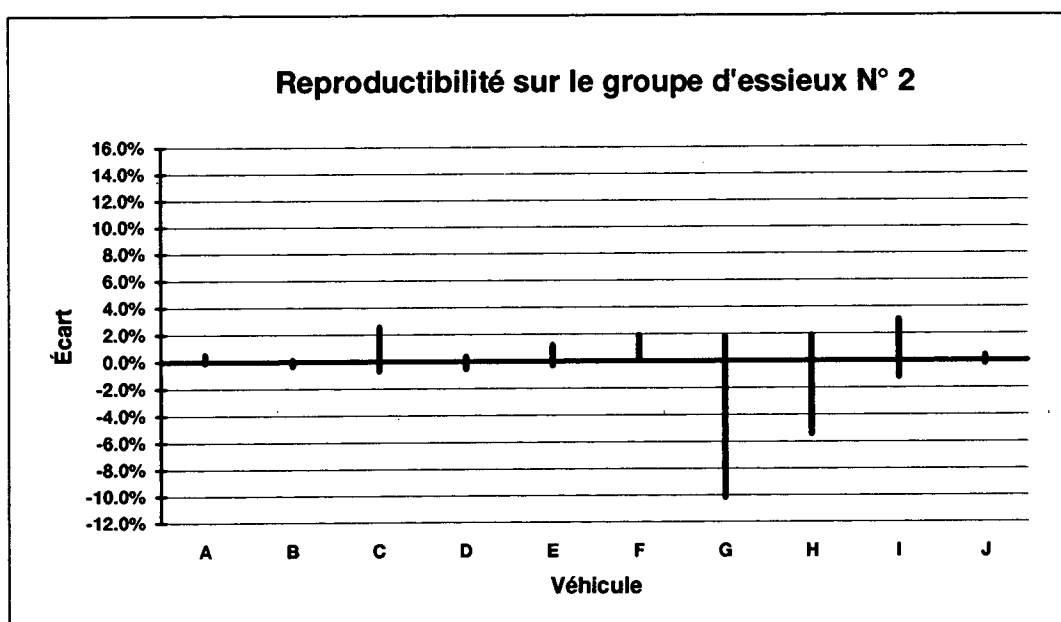
Test de reproductibilité

Test de reproductibilité

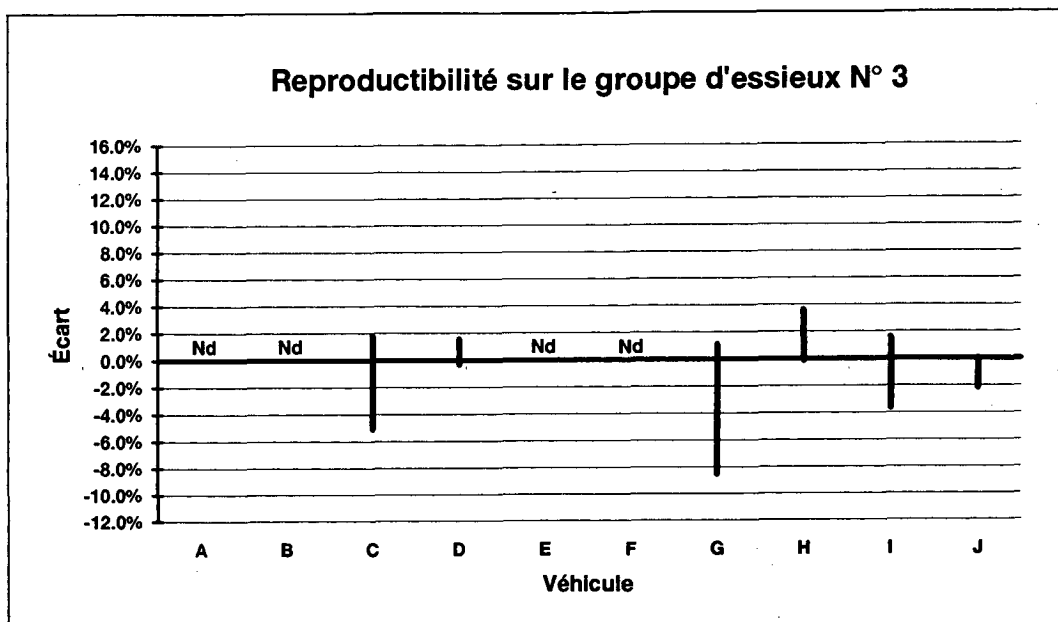
Graphiques de la position des écart types anglobant chacun des véhicules



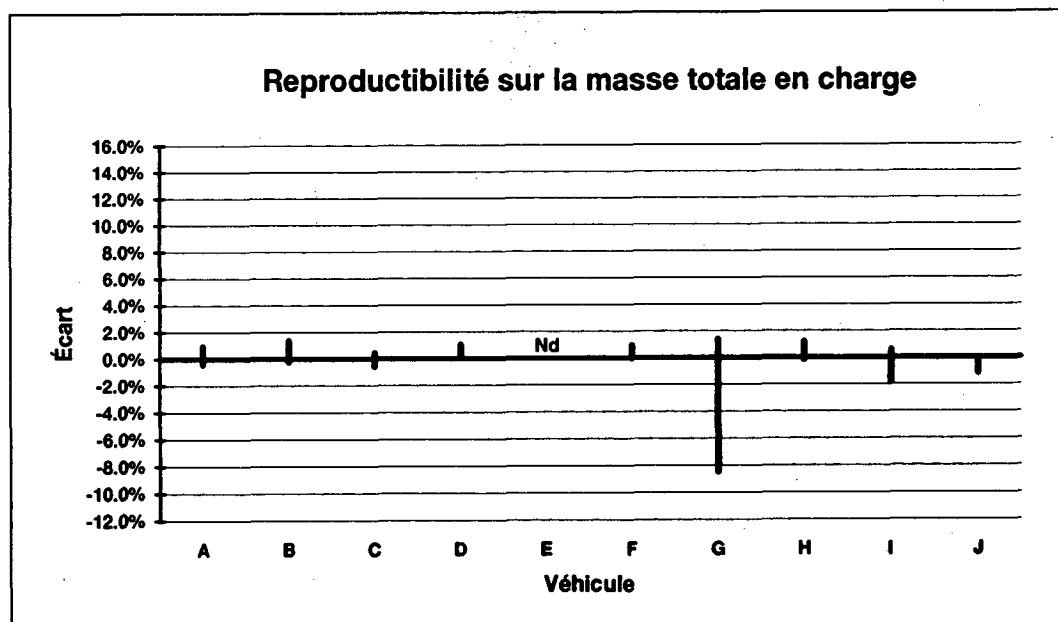
Graphique 2a: Test de reproductibilité - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N° 1



Graphique 2b: Test de reproductibilité - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N° 2



Graphique 2c: Test de reproductibilité - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N° 3

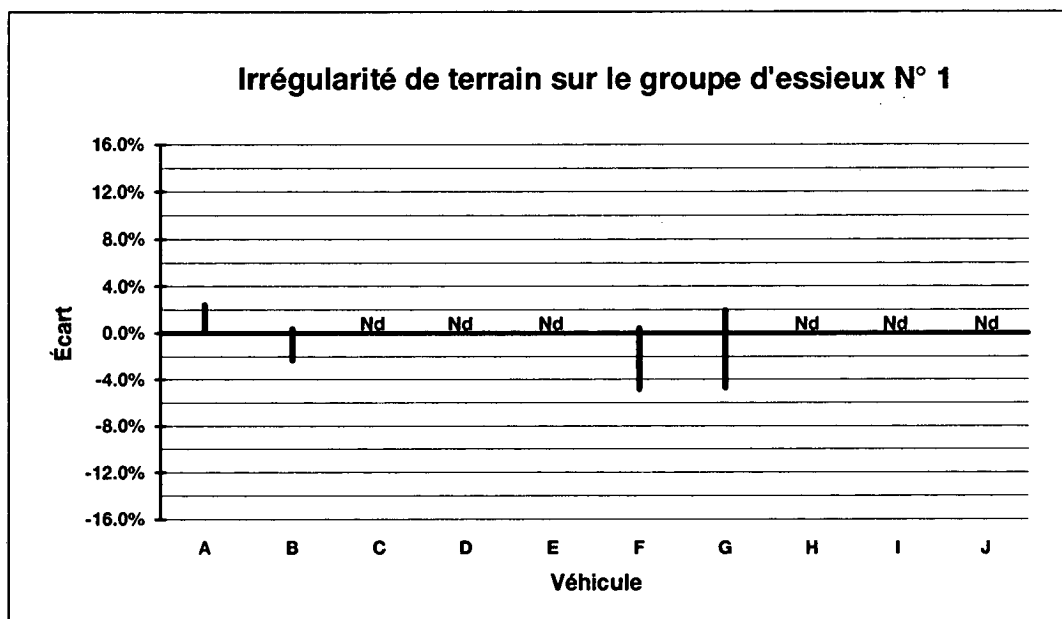


Graphique 2d: Test de reproductibilité - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse totale en charge

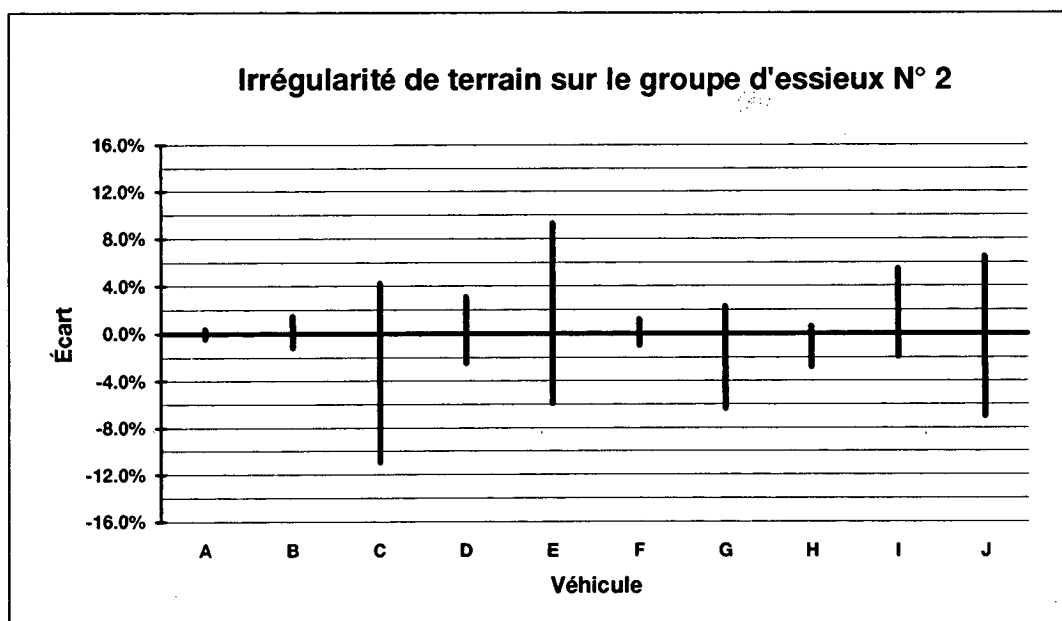
Annexe B

Test d'irrégularité de terrain

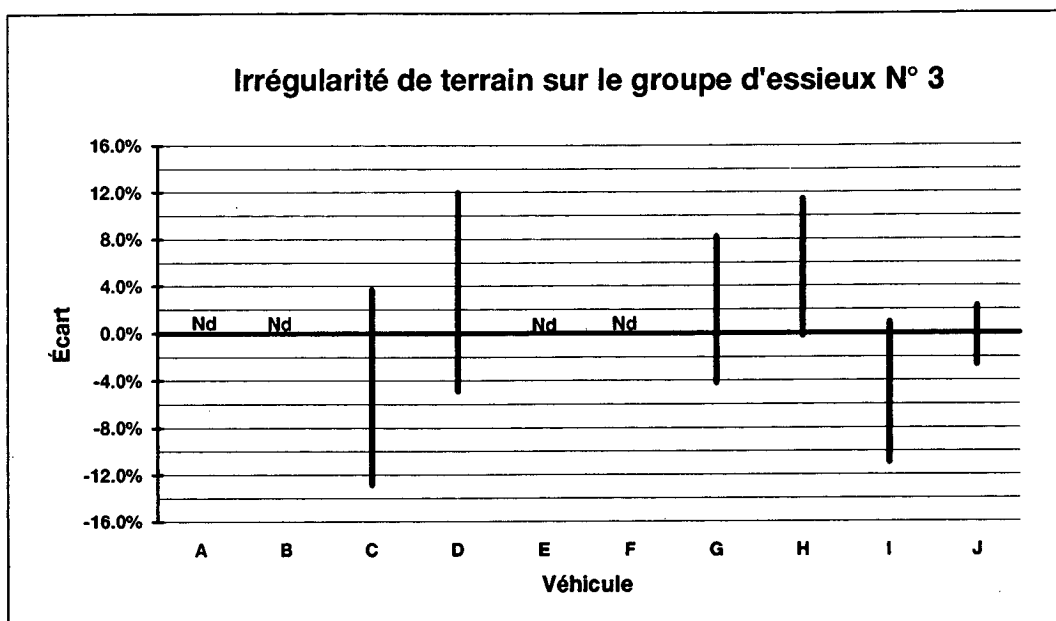
Graphiques de la position des écart types anglobant chacun des véhicules



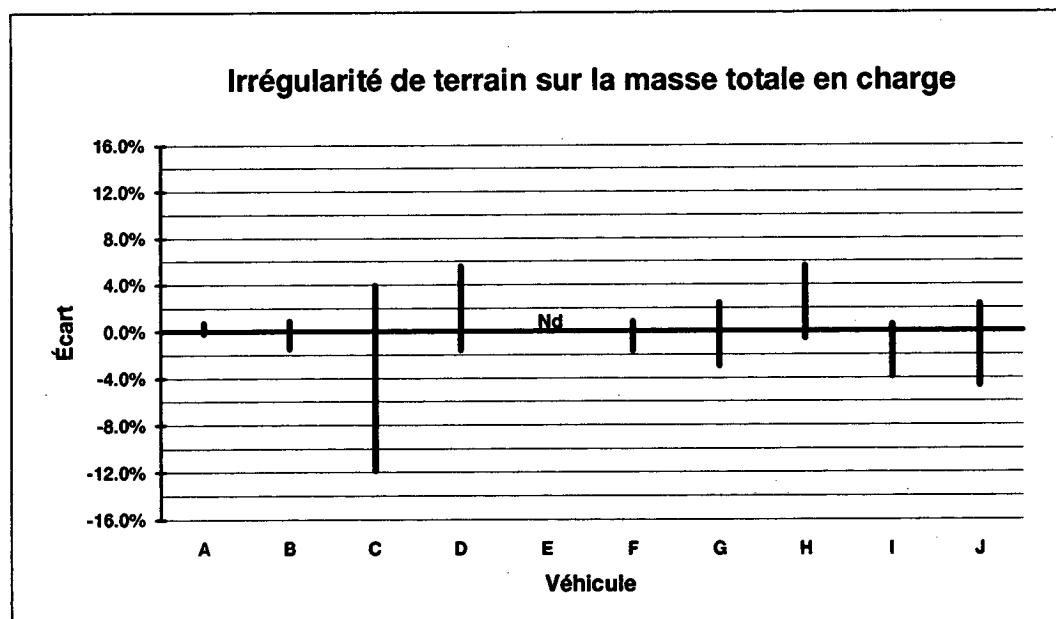
Graphique 3a: Test d'irregularité de terrain - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N° 1



Graphique 3b: Test d'irregularité de terrain - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N° 2



Graphique 3c: Test d'irregularité de terrain - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse du groupe d'essieux N° 3

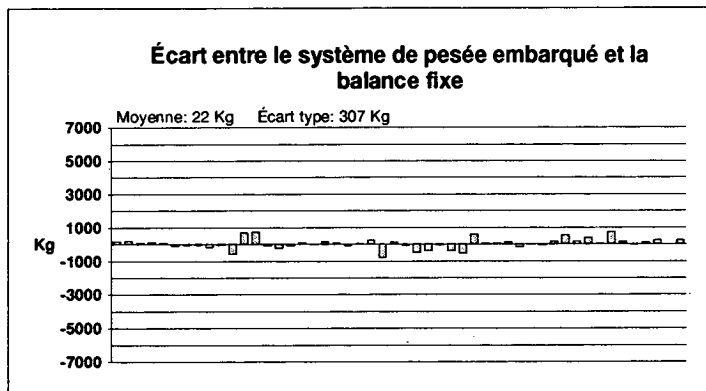


Graphique 3d: Test d'irregularité de terrain - Position de la plage de l'écart type du taux d'erreur sur la masse totale en charge

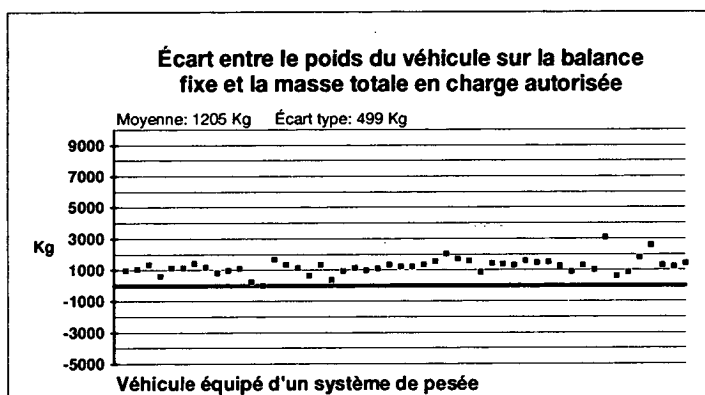
Annexe C

Résultats du volet économique

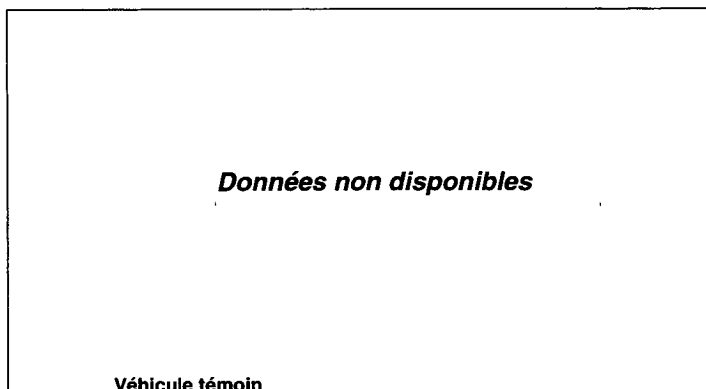
Véhicule A: Jacques Tremblay



Graphique 4a: État de l'étalonnage

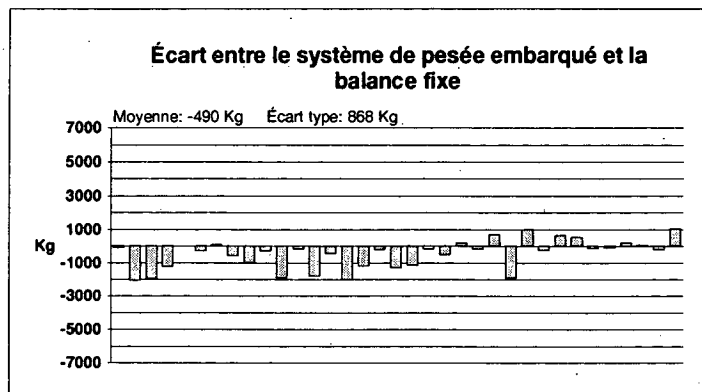


Graphique 4b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée

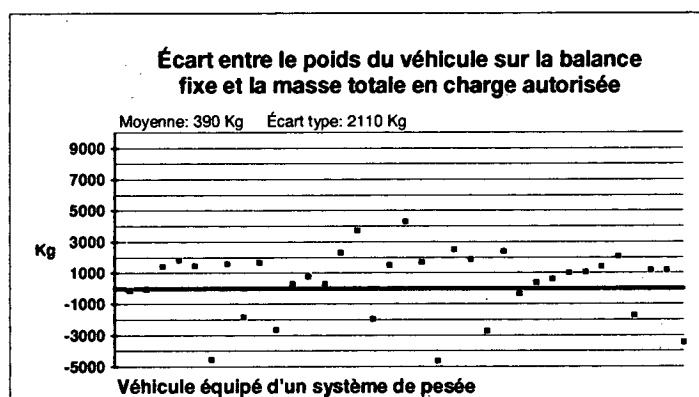


Graphique 4c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée

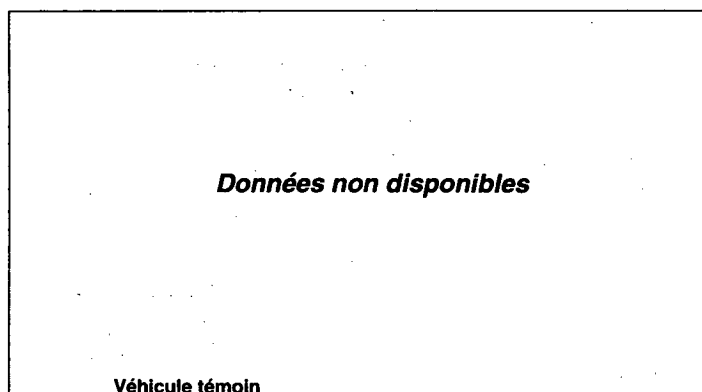
Véhicule B: Service de Rebutis Soulanges, Ltée



Graphique 5a: État de l'étalonnage

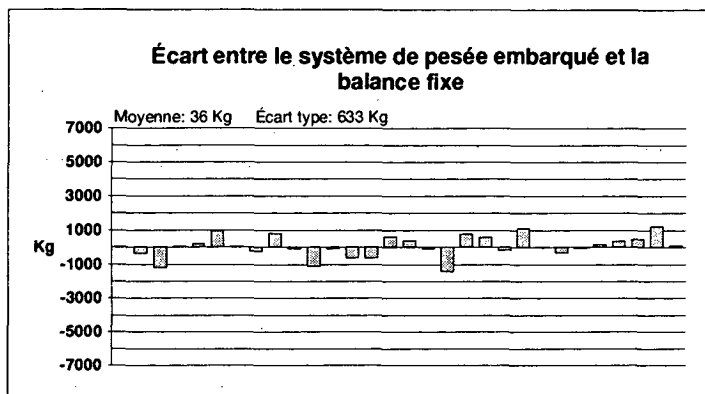


Graphique 5b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée

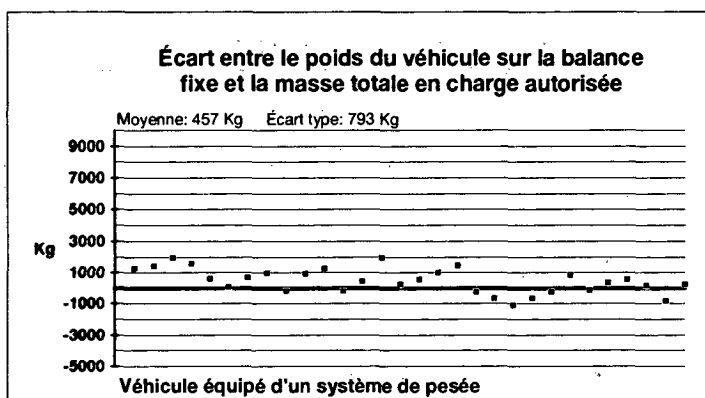


Graphique 5c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée

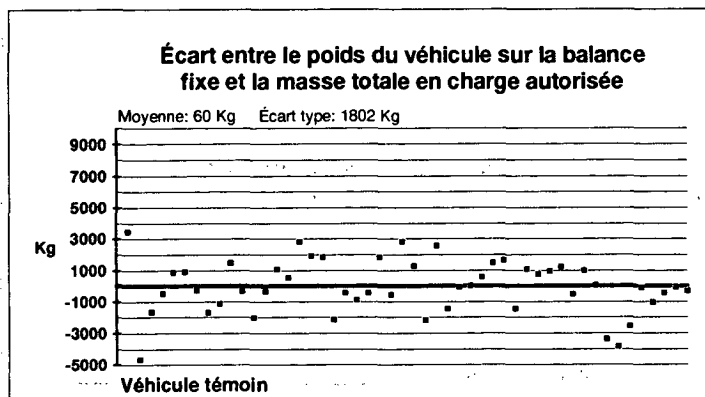
Véhicule C: Groupe Jules Savard, Inc.



Graphique 6a: État de l'étalonnage

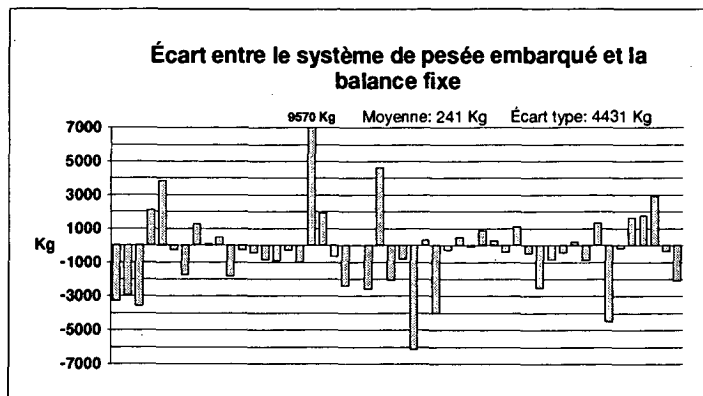


Graphique 6b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée

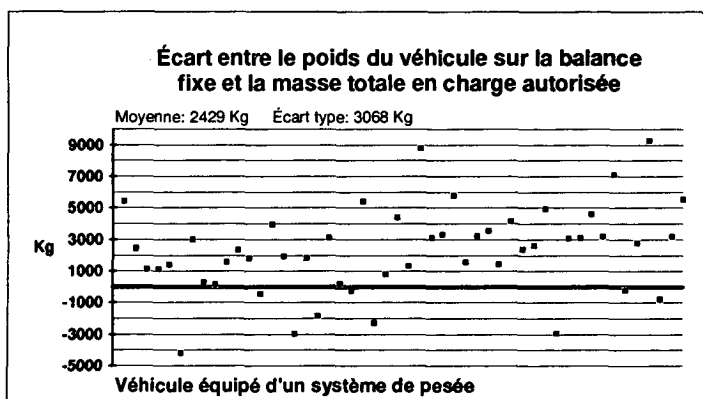


Graphique 6c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée

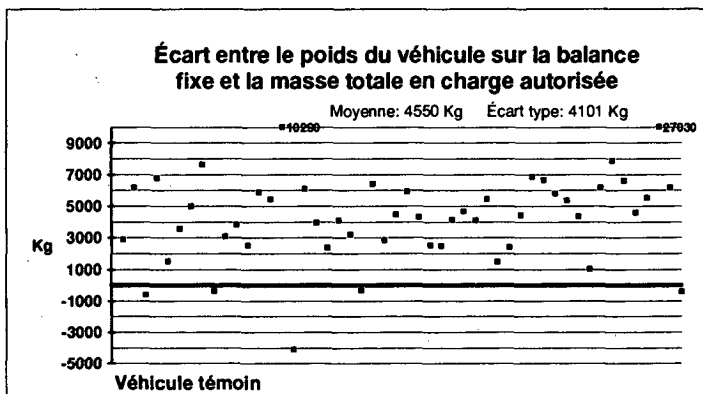
Véhicule D: Coopérative de camionnage Saint-Félicien



Graphique 7a: État de l'étalonnage

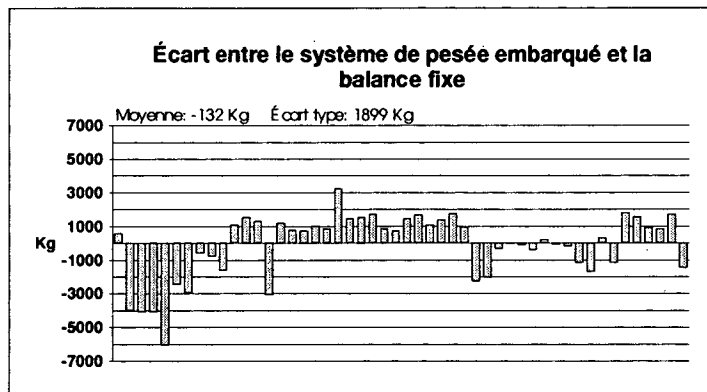


Graphique 7b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée

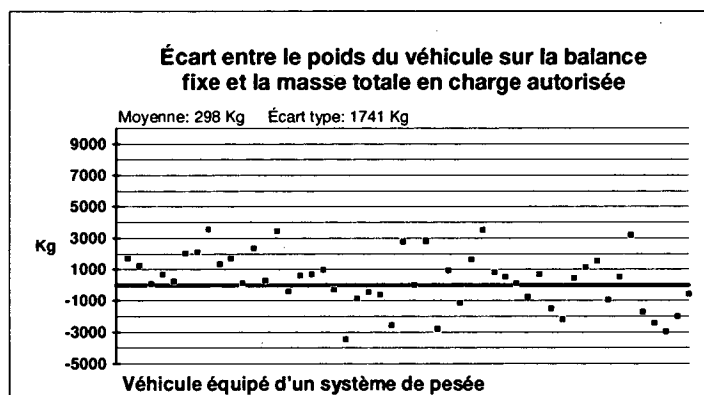


Graphique 7c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée

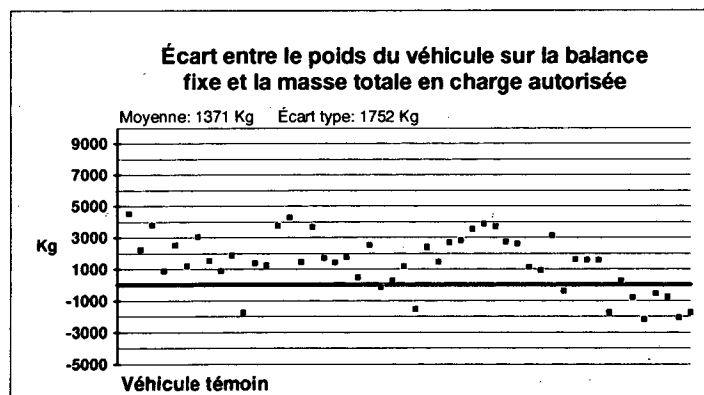
Véhicule G: Réserve de la Petite Nation, Inc.



Graphique 8a: État de l'étalonnage

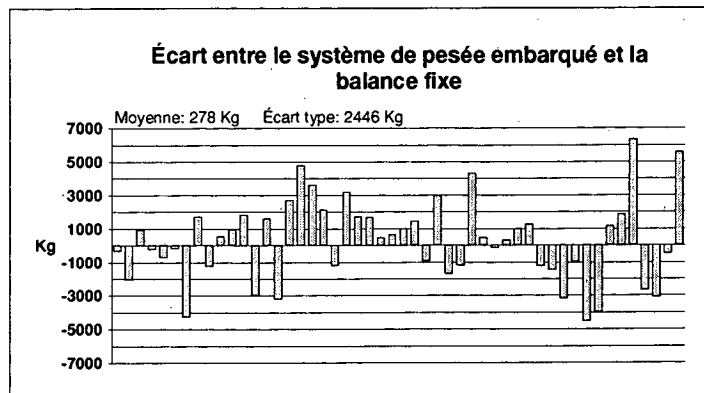


Graphique 8b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée

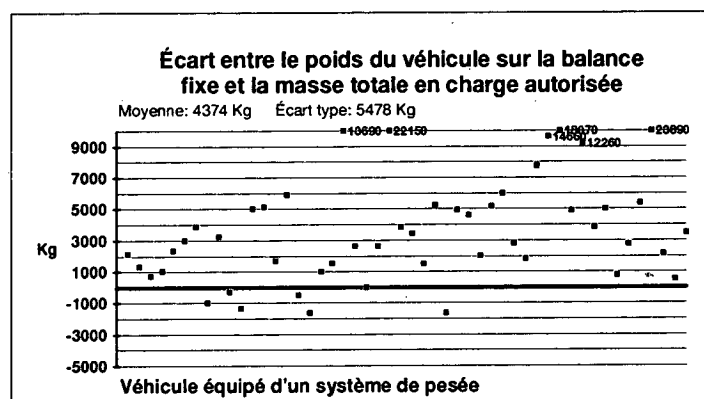


Graphique 8c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée

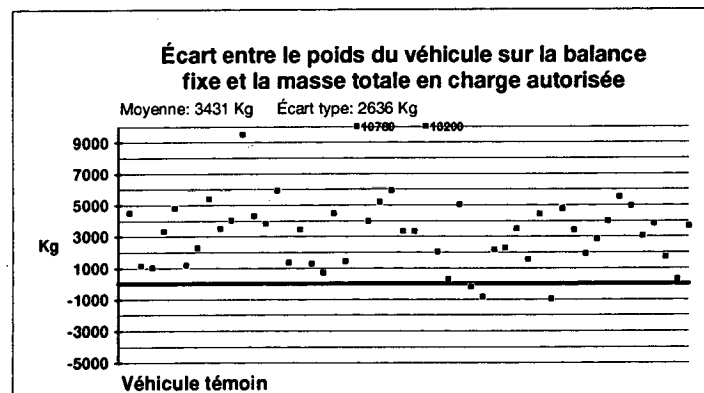
Véhicule H: Coopérative de camionnage Saint-Félicien



Graphique 9a: État de l'étalonnage

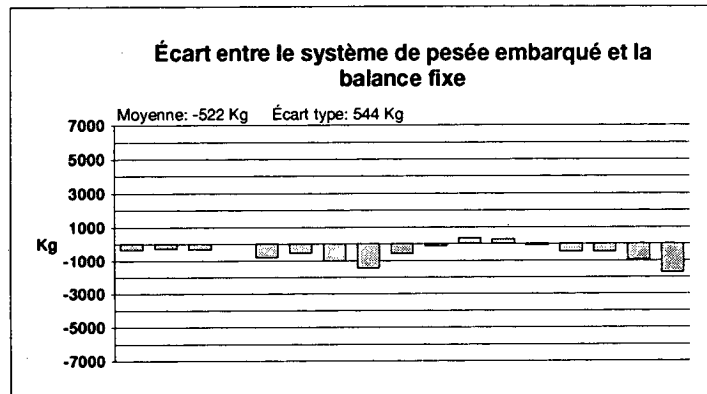


Graphique 9b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée

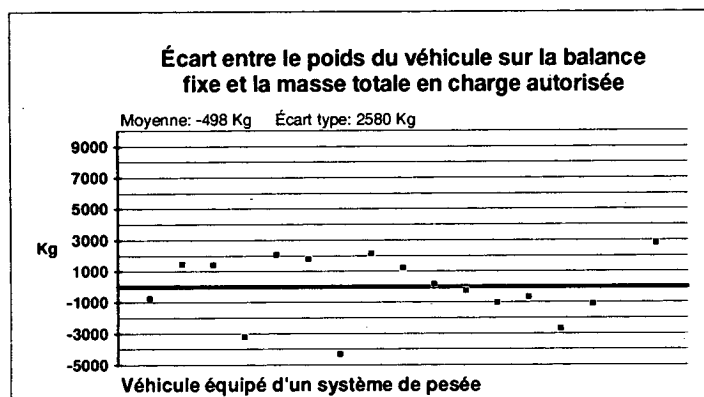


Graphique 9c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée

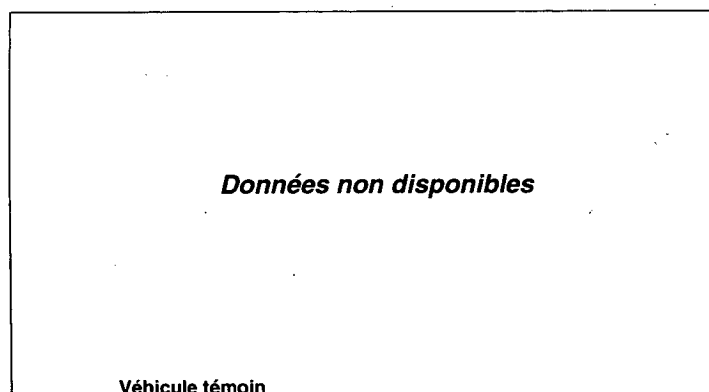
Véhicule I: Transport Fernand Boisvert, Inc.



Graphique 10a: État de l'étalonnage



Graphique 10b: Reproductibilité du véhicule équipé d'un système de pesée



Graphique 10c: Reproductibilité du véhicule non équipé d'un système de pesée

Annexe D

Formules mathématiques pour les calculs à l'intérieur des tableaux

Formules mathématiques:

$$\text{Moyenne: } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\text{Écart type: } \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\text{Erreur relative: } E = \frac{\text{lecture sur système} - \text{lecture sur balance fixe}}{\text{lecture sur balance fixe}} * 100$$



Transports
Québec

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 075 159