

Ministère de la Voirie
____ Québec ____

DIRECTION GENERALE DE LA RECHERCHE

ETUDE D'UNE FORMULE DE PONDERATION
DES CONTRATS D'ENTRETIEN D'HIVER



CANQ
VO
174

TQ
Vo
171

Ministère de la Voirie
____ Québec ____

DIRECTION GENERALE DE LA RECHERCHE

ETUDE D'UNE FORMULE DE PONDERATION
DES CONTRATS D'ENTRETIEN D'HIVER

n/r 243-68-0001

Août 1969

$T_{kv} \phi$

U_o

171

MEMBRES DU COMITE

Benoit Bouchard, ing.

Divisionnaire, Shawinigan

Benoit Deshayé, ing.

Directeur adjoint à l'entretien

Jacques Girard, ing.

Direction Générale de la Recherche

Euclide Harel, ing.

Divisionnaire, Chicoutimi

Jean Lacroix, ing.

Direction Générale de la Recherche

Claude Lortie, ing.

Assistant chef du district 7

Gaston Meunier, ing.

Adjoint exécutif du sous-ministre

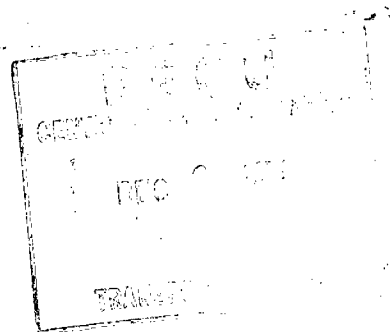
Jean-Guy Paquin, ing.

Direction Générale de la Recherche

R E M E R C I E M E N T S

Le comité désire exprimer ses remerciements à monsieur Léon Gauthier, ingénieur à la Direction Générale de la Recherche, ainsi qu'à monsieur G.-Oscar Villeneuve, directeur du Service de Météorologie du Ministère des Richesses Naturelles pour les renseignements qu'ils ont fournis, le premier au sujet des taux de location des matériels routiers, le second en ce qui concerne les problèmes de météorologie et de précipitation de neige.

Des remerciements s'adressent également aux entrepreneurs qui ont été consultés et qui ont permis aux membres du comité d'étudier leurs livres comptables.



S O M M A I R E

Le présent rapport est une étude d'une formule de pondération du prix des contrats d'entretien d'hiver.

L'entretien d'hiver comporte deux opérations: le déneigement et le déglacage; ces deux opérations sont traitées séparément mais de façon similaire.

En appliquant le principe de la disponibilité des matériels, il est possible de calculer le coût de l'entretien d'hiver d'une route donnée. Quatre facteurs importants ont été retenus: la précipitation moyenne, le vent, l'emprise de la route et la circulation. Ces facteurs sont ensuite subdivisés et pondérés. En faisant l'évaluation de la route concernée en tenant compte de ces facteurs, il est possible d'établir le prix d'un contrat. Les taux de base sont ensuite corrigés pour tenir compte de l'isolement et des pentes.

La formule a été essayée pour différents contrats et elle donne de bons résultats.

TABLE DES MATIERES

		<u>Page</u>
	MEMBRES DU COMITE.....	ii
	REMERCIEMENTS.....	iii
	SOMMAIRE.....	iv
	LISTE DES FIGURES.....	vii
	LISTE DES TABLEAUX.....	viii
	NOMENCLATURE.....	x
CHAPITRE I	INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE II	RELEVÉ BIBLIOGRAPHIQUE.....	2
CHAPITRE III	LE COUT DE L'ENTRETIEN D'HIVER	7
	3.1 Coût total de l'entretien d'hiver.....	7
	3.2 Entretien d'hiver confié à contrat ...	9
	3.3 Entretien d'hiver par le ministère ...	11
CHAPITRE IV	LE DENEIGEMENT.....	13
	4.1 Les facteurs qui affectent le coût du déneigement	13
	4.2 Les facteurs importants.....	15
	4.2.1 La précipitation	15
	4.2.2 Le vent	16
	4.2.3 L'emprise de la route	19
	4.2.4 La circulation.....	20

	4.3	Coût du déneigement d'une route de 100 milles.....	21
	4.4	Les facteurs spéciaux.....	27
	4.4.1	L'isolement.....	27
	4.4.2	La durée de l'hiver	27
	4.4.3	Les pentes	28
CHAPITRE V		LE DEGLACAGE	29
	5.1	Coût du déglacage d'une route de 100 milles.....	29
	5.2	Les pentes	30
	5.3	Le déglacage par le ministère	32
CHAPITRE VI		EVALUATION DU PRIX DES CONTRATS	34
	6.1	La pondération des facteurs.....	34
	6.2	Evaluation du prix des contrats.....	36
	6.3	Le facteur de multiplication "100" ..	41
CHAPITRE VII		CONCLUSION	42
ANNEXE A		Taux de location des matériels d'entretien d'hiver	44
ANNEXE B		Les combinaisons possibles des quatre facteurs du déneigement et le facteur d'évaluation de chacune des combinaisons	50
ANNEXE C		Exemples d'évaluation de prix de contrats.....	53
BIBLIOGRAPHIE			57

LISTE DES FIGURES

<u>No.</u>	<u>Titre</u>	<u>Page</u>
1 -	Chute de neige annuelle moyenne.....	17
2 -	Exemple de formule pour l'évaluation des routes	38
3 -	Exemple de formule pour le calcul du prix des contrats...	40
4 -	Exemple d'une évaluation de route	54
5 -	Exemple de calcul du prix d'un contrat	55

LISTE DES TABLEAUX

<u>No.</u>	<u>Titre</u>	<u>Page</u>
I -	Entretien des chemins d'hiver; dépenses nettes (1968-1969) .	7
II -	Entretien des chemins d'hiver; répartition pour l'exercice fiscal 1968-1969	8
III -	Entretien des chemins d'hiver; salaires, matériaux, outillage, etc., (1968-1969)	8
IV -	Coût de l'entretien d'hiver à contrat; répartition par district (1968-1969).....	10
V -	Contrats passés avec des municipalités et contrats de trois ans (1968-1969).....	11
VI -	Entretien d'hiver par le ministère; répartition par district (1967-1968)	12
VII -	Coût annuel du déneigement d'une route de 100 milles: dé- neigement facile	24
VIII -	Coût annuel du déneigement d'une route de 100 milles: dé- neigement moyennement difficile	25
IX -	Coût annuel du déneigement d'une route de 100 milles: dé- neigement difficile	26
X -	Coût annuel du déglacage d'une route de 100 milles	31
XI -	Quantités de chlorure de sodium utilisées durant l'hiver 1967-1968	33
XII -	Matériels routiers: valeur annuelle moyenne des frais fixes pour un investissement initial de \$1000 ($V_0 = 1$)	44
XIII -	Sommaire des frais fixes horaires pour le matériel d'entretien d'hiver.....	48
XIII a -	Sommaire des coûts de location pour le matériel d'entretien d'hiver	49

<u>No.</u>	<u>Titre</u>	<u>Page</u>
XIV -	Liste des combinaisons possibles des quatre facteurs du déneigement et de leurs subdivisions.....	50
XV -	Facteur d'évaluation de chaque combinaison.....	52
XVI -	Autres exemples de contrats calculés d'après la méthode proposée	56

N O M E N C L A T U R E

- A_m : amortissement moyen pour $V_o = 1$, \$/année.
- A_u : amortissement unitaire pour $V_o = 1$, \$/heure.
- F : frais de fonctionnement du matériel, \$/heure.
- F_r : facteur de modification variable avec le type de matériel, sa qualité, les difficultés du travail, etc.
- F_u : frais de fonctionnement unitaires, \$/heure/HP.
- H : utilisation totale en 1000 heures.
- I_m : investissement moyen pour \$ 1000, \$.
- N : période d'amortissement ou vie utile du matériel, années.
- O : frais d'opération en \$/heure.
- P_m : frais de possession pour $V_o = 1$, \$/année.
- P_u : frais de possession unitaire pour $V_o = 1$, \$/heure.
- R : frais de réparation du matériel, \$/heure.
- R_u : frais de réparation unitaire pour $V_o = 1$, \$/heure.
- V_o : valeur à l'achat du matériel, en \$ 1000.

C H A P I T R E I

INTRODUCTION

A la suite d'une demande formulée par monsieur Eddy Monette, ing., sous-ministre, la Direction Générale de la Recherche a formé, en mai 1969, un comité dans le but de mettre au point une formule de pondération des contrats d'entretien d'hiver.

Ce rapport résume le travail du comité. Il présente en premier lieu un relevé bibliographique concernant l'entretien d'hiver, ainsi qu'un aperçu du coût de cette opération au Québec. Il montre ensuite comment le problème a été abordé en traitant l'entretien d'hiver en deux parties: le déneigement et le déglacage. Enfin, en appliquant le principe de la disponibilité des matériels, le rapport indique comment il est possible d'évaluer le prix de chaque contrat d'entretien d'hiver.

On peut trouver à l'annexe "C" quelques contrats qui ont été évalués d'après la méthode proposée.

C H A P I T R E II

RELEVÉ BIBLIOGRAPHIQUE

Un relevé bibliographique assez poussé concernant les coûts de l'entretien d'hiver et surtout l'établissement d'une formule de pondération des contrats d'entretien d'hiver a été fait dès le début des travaux du comité. Peu d'articles ont été publiés sur ce sujet et l'on peut en trouver l'explication dans le Highway Research Circular No 62 [1]. On dit, en effet, dans cette publication, que sur 3000 projets de recherche relevés à cette époque par le Highway Research Board, seulement 18 projets concernaient l'entretien d'hiver. Et le plus souvent il s'agissait de problèmes reliés à l'utilisation de fondants chimiques.

En 1964, l'Association Canadienne des Bonnes Routes avait publié un document traitant de l'entretien d'hiver au Canada [2]. On peut y constater qu'avec une charrue à neige on peut entretenir 20 milles de routes au Québec et à Terre-Neuve; en Colombie une charrue peut servir à débayer de 10 à 100 milles suivant les régions. Seules les provinces de Québec et de l'Ile-du-Prince-Edouard font appel à l'entreprise privée pour le déneigement. Le coût moyen du déneigement des routes principa-

les (2 voies ou l'équivalent) s'établit à \$50 au mille en Alberta, à \$433 en Ontario et à \$365 au Nouveau-Brunswick; pour le Québec, on indique \$520 au mille. Bien que l'on puisse expliquer au moins en partie d'aussi grandes variations dans les coûts par des variations dans les conditions climatiques, il n'est pas sûr que les données sur lesquelles ces chiffres sont fondés soient comparables d'une province à l'autre.

En Allemagne [3], le service hivernal d'entretien s'impose pendant 30 à 60 jours et le coût de l'entretien d'hiver représente environ 20% du budget de l'entretien. Sur les autoroutes, on utilise une étrave par 4.6 milles et un engin de répandage automatique par 6.8 milles; sur les routes fédérales, on se sert d'une étrave par 12.4 milles et d'un engin de répandage automatique par 26 milles. Le coût au mille est de \$1475 pour les autoroutes et de \$445 pour les routes fédérales.

La ville de Montréal a mis au point un système assez original pour l'entretien d'hiver [4,5]. Le déneigement est confié en grande partie à l'entreprise privée. L'entrepreneur est tenu de faire le déneigement complet de toutes les rues de son contrat du 15 novembre de chaque année au 15 mars de l'année suivante. Toutefois, le prix de sa soumission ne s'applique qu'à une précipitation maximale de 65 pouces durant cette période. Pour toute neige tombée en surplus de 65 pouces, il reçoit une surprime additionnelle de \$0.015 par pied linéaire par pouce supplémentaire. Les

contrats sont valables pour trois ans, mais les prix unitaires peuvent être révisés tous les ans en plus ou en moins, selon le mouvement de l'indice des prix à Montréal, tel que fourni par le Bureau Fédéral de la Statistique. Cependant les nouveaux contrats seront négociés pour une précipitation maximale de 70 pouces durant la période du 15 novembre au 15 mars.

Le Department of Highways de l'Ontario a fait faire récemment une étude [6] concernant les problèmes de l'entretien d'hiver dans cette province. C'est probablement le document le plus intéressant qui a pu être relevé; cependant, il ne s'applique pas directement à notre cas, puisqu'il concerne l'entretien d'hiver effectué par la voirie ontarienne; ce ministère n'utilise pas les services de l'entreprise privée pour le déneigement.

La firme consultée a mis au point une formule pour déterminer le nombre de charrues à neige à être utilisées dans chaque cas. Cette formule est basée sur les trois facteurs considérés comme importants en ce qui a trait au déneigement. Ce sont:

- 1) La productivité de l'équipement exprimée comme le nombre moyen de milles de routes (une voie) qu'il est possible de déneiger avec une charrue en une heure.

- 2) Le taux probable de chute de neige.

3) La qualité du service, c'est-à-dire la quantité maximale de neige que l'on peut laisser s'accumuler à la surface d'une route et le pourcentage de chutes de neige durant lesquelles on ne peut laisser s'accumuler plus de neige que le maximum permissible. L'application de ce dernier facteur suppose une classification préalable des routes d'après l'importance de la circulation et de certains autres facteurs sociaux-économiques.

La formule est la suivante:

Charrues requises = (milles de route de voies simples) X

$$\left[\frac{\text{taux de chute de neige (pouces/heure)}}{\left(\begin{array}{l} \text{vitesse d'une char-} \\ \text{rue (milles/heure)} \end{array} \right) \left(\begin{array}{l} \text{accumulation maxima-} \\ \text{le de neige (pouces)} \end{array} \right)} \right]$$

Bien que l'on puisse dire que cette formule soit "objective", elle doit être vérifiée en pratique et le nombre de charrues requises doit être ajusté pour tenir compte des conditions spéciales qui prévalent dans chaque cas.

A l'appendice "C" du même document, il y a un résumé d'un relevé des pratiques relatives à l'entretien d'hiver dans cinq provinces canadiennes et dans quatorze états américains. On peut y voir que seulement deux provinces sur cinq et deux états sur quatorze font appel à l'entreprise privée pour le déneigement. De plus, la plupart des provinces ou des états se fient à leur expérience passée en ce qui concerne le nombre de

charrues ou d'engins de ré pandage à utiliser pour un millage donné; seulement un état américain utilise une formule.

Voilà en résumé les quelques documents intéressants qui ont pu être relevés. Comme la chose a déjà été constatée, l'entretien d'hiver est un domaine où il se fait très peu de recherches. De plus, lorsque des coûts sont cités, ils ne sont pas connus avec suffisamment de détails pour qu'il soit possible de faire des comparaisons.

LE COUT DE L'ENTRETIEN D'HIVER AU QUEBEC

3.1 COUT TOTAL DE L'ENTRETIEN D'HIVER (1968-1969)

Le coût de l'entretien d'hiver au Québec est de l'ordre \$28,000,000 pour l'année 1968-1969. Le tableau I donne un aperçu des dépenses nettes. Le tableau II indique les prévisions budgétaires en ce qui a trait aux répartitions pour l'exercice fiscal 1968-1969. Le tableau III donne les salaires, le loyer de l'outillage et du matériel, le coût des matériaux, etc., pour le même exercice fiscal. Il est à noter que pour ces trois tableaux, il s'agit de prévisions budgétaires et que les dépenses encourues peuvent être un peu différentes.

Tableau I - Entretien des chemins d'hiver; dépenses nettes (1968-1969).

	Longueur, milles	Coût, \$
Entretien par le ministère	13,735	19,287,000
Subventions à \$250/mille	12,700	3,175,000
Subventions à \$300/mille	11,100	3,330,000
Subventions à \$325/mille	1,680	546,000
Subventions à \$400/mille	1,655	662,000
Imprévus		1,000,000
Total	40,870	28,000,000

Tableau II - Entretien des chemins d'hiver; répartition pour l'exercice fiscal 1968-1969.

Poste	Coût, \$
Crédits des divisions, entretien à la journée	12,370,000
Contrats	6,500,000
Subventions	8,000,000
Dépenses de voyage	130,000
Imprévus	1,000,000
Remboursement par les municipalités	300,000
Total	28,300,000
moins remboursements	300,000
Dépenses nettes	28,000,000

Tableau III - Entretien des chemins d'hiver; salaires, matériaux, outillage, etc., (1968-1969).

Poste	Coût, %
Salaires	5,700,000
Frais de voyage	130,000
Loyer d'outillage et de matériel	2,000,000
Matériaux	5,970,000
Contrats	6,500,000
Subventions	8,000,000
Total	28,300,000
moins remboursements	300,000
Dépenses nettes	28,000,000

3.2 ENTRETIEN D'HIVER A CONTRAT

Le coût de l'entretien d'hiver à contrat a été de \$6,036,055 pour 1968-1969; le ministère a fait entretenir de cette façon 5,267 milles de grandes routes et 5,605 milles de chemins municipaux. On peut trouver le détail des dépenses encourues par district au tableau IV. Il est à remarquer que ces dépenses ne s'appliquent qu'au déneigement, au déglacage et au sablage à contrat. Le coût des matériaux (chlorures de sodium et de calcium et sable), du déglacage et du sablage faits par le ministère n'est pas compris dans ces dépenses.

Sur un total de 698 contrats, 262 sont passés avec des municipalités. De plus 103 contrats sont pour une durée de trois ans; 6 ont débuté en 1966-1967, 9 en 1967-1968 et 88 en 1968-1969. Deux autres contrats sont pour une durée de deux ans. Quatre contrats de trois ans ont été passés avec des municipalités. Voir le détail de ces données au tableau V.

Pour les contrats de trois ans, les montants vont de \$830 à \$95,130 par année; c'est dire que la longueur des contrats est très variable. Il existe également de grandes variations pour les contrats annuels où les prix s'échelonnent de \$250 à \$1,200 par mille; il y a des contrats de 1.62 milles et des contrats aussi longs que 173.50 milles. Ces variations à l'échelle provinciale se retrouvent à l'intérieur des districts.

Tableau IV - Coût de l'entretien d'hiver à contrat; répartition par district (1968-1969).

District	Nombre de contrats	Grandes routes		Chemins municipaux		Grandes routes & chemins municipaux	
		Milles	Coût: \$	Milles	Coût: \$	Milles	Coût: \$
1	94	460	315,976	484	281,120	944	597,096
2	130	742	581,587	1,227	905,869	1,969	1,487,456
3	109	589	274,903	817	432,564	1,406	707,467
4	42	138	80,525	255	119,256	393	199,781
5	55	596	238,516	419	176,406	1,015	414,922
6	11	280	108,646	353	134,417	633	243,063
7	39	891	567,835	431	275,904	1,322	843,739
8	76	643	333,214	742	362,043	1,385	695,257
9	81	385	177,331	476	197,826	861	375,157
10	61	543	277,884	401	194,233	944	472,117
TOTAL	698	5,267	2,956,417	5,605	3,079,638	10,872	6,036,055

Tableau V - Contrats passés avec des municipalités et contrats de trois ans (1968-1969).

District	Nombre de contrats	Contrats passés avec des municipalités	Contrats de trois ans
1	94	58	5
2	130	69	24 *
3	109	35	7
4	42	14	-
5	55	9	-
6	11	1	4
7	39	5	14
8	76	7	21
9	81	44	24
10	61	20	4 **
Total	698	262	103

Comme la chose a été signalée précédemment, les matériaux tels que les chlorures de sodium et de calcium et le sable sont fournis par le ministère; dans un assez grand nombre de cas, cependant, l'application est faite par l'entrepreneur.

3.3 ENTRETIEN D'HIVER PAR LE MINISTERE

Le ministère a entretenu directement au moyen de ses matériels 3167 milles de routes en 1967-1968. La répartition par district apparaît au tableau VI. Il y a quelques variations mineures pour 1968-1969.

* Quatre contrats de trois ans ont été passés avec des municipalités

** Plus deux contrats de deux ans.

Tableau VI - Entretien d'hiver par le ministère; répartition par district
(1967-1968).

District	Milles
1	194
2	190
3	260
4	534
5	177
6	678
7	350
8	330
9	311
10	143
Total	3,167

C H A P I T R E I V

LE DENEIGEMENT

Dans le cas de l'entretien d'hiver, les coûts sont fixés dans une large mesure dès que la décision concernant la quantité de matériel nécessaire au déneigement et au déglacage d'une longueur de route donnée est prise. En effet, qu'il neige beaucoup ou peu, il faut immobiliser une certaine quantité de matériel (c'est-à-dire un certain capital) et un certain nombre d'employés. Il s'agit donc d'un service et il faut payer pour pouvoir disposer de ce service. On peut dire, en d'autres mots, que c'est la disponibilité qu'il faut payer. Cette hypothèse de la disponibilité est l'hypothèse de base de tout ce rapport.

Pour pouvoir établir plus facilement le prix que le ministère doit payer pour disposer des services des entrepreneurs, il faut considérer que l'entretien d'hiver comporte deux opérations distinctes:

- le déneigement qui fait l'objet du présent chapitre,
- et le déglacage qui sera traité au chapitre V.

4.1 LES FACTEURS QUI AFFECTENT LE COUT DU DENEIGEMENT

La plupart des contrats qui sont signés entre le ministère et les entrepreneurs sont des contrats négociés. Il est donc essentiel de con-

naître les facteurs qui affectent le coût du déneigement. En voici une liste partielle:

- la température de la chaussée,
- la température de l'air ambiant,
- la fréquence des chutes de neige,
- le taux de la chute de neige,
- la quantité de la chute de neige,
- le moment de la chute de neige: durant une fête, un congé ou durant la semaine,
- la longueur à entretenir,
- la largeur des routes,
- l'emprise,
- le matériel utilisé,
- l'efficacité du matériel utilisé,
- la qualité de la surveillance,
- la coopération des citoyens,
- le vent: direction et intensité,
- la quantité de neige déjà au sol,
- la protection offerte par les abords de la route: forêt, etc.,
- le genre d'entretien: déblaiement, chargement, etc.,
- l'intensité de la circulation,
- l'importance de la route,
- l'orientation de la route,

- la longueur de l'hiver,
- l'indice du coût de la vie,
- etc.

Il ne saurait être question d'essayer de mettre au point une formule qui tiendrait compte de tous ces facteurs; d'ailleurs elle serait pratiquement inapplicable.

4.2 LES FACTEURS IMPORTANTS

Quatre facteurs ont été retenus pour résumer tous les autres. Ce sont:

- 1) la précipitation, /
- 2) le vent, /
- 3) l'emprise de la route, /
- 4) et la circulation. /

Il s'agit de facteurs qui se retrouvent pour chaque route; c'est en se basant sur ces quatre facteurs qu'il sera possible d'établir le prix au mille de chaque partie de route. Les facteurs spéciaux qui demandent une certaine considération sont discutés à la section 4.4.

4.2.1 LA PRECIPITATION

La chute de neige annuelle moyenne peut être:

- faible: moins de 100 pouces,
- moyenne: de 100 à 130 pouces,
- élevée: plus de 130 pouces.

La chute de neige annuelle moyenne est indiquée sur la carte 21 du document: Climat du Québec Méridional [7] . Pour la Côte Nord, utiliser la carte 20 du "Climat du Québec Septentrional [8] . Une carte plus complète est reproduite à la figure 1 [9] . Une carte beaucoup plus détaillée est disponible sur demande.

Il est bien entendu que les valeurs indiquées sur ces cartes sont des moyennes et qu'il peut y avoir des variations considérables d'une année à l'autre. Il n'en demeure pas moins qu'il y a des régions où les précipitations moyennes annuelles de neige sont élevées et d'autres où ces précipitations sont faibles. Il faut donc payer davantage là où les précipitations moyennes sont plus élevées. Comme de plus en plus de contrats sont négociés pour des périodes de trois ans, il devient ainsi moins nécessaire d'ajuster les taux chaque année en fonction des précipitations locales annuelles. Il sera possible éventuellement de rattacher chaque route à une station météorologique; à ce moment-là, il deviendra plus facile d'appliquer des facteurs de correction.

4.2.2 LE VENT

On ne peut utiliser les mesures directes du vent parce que le vent

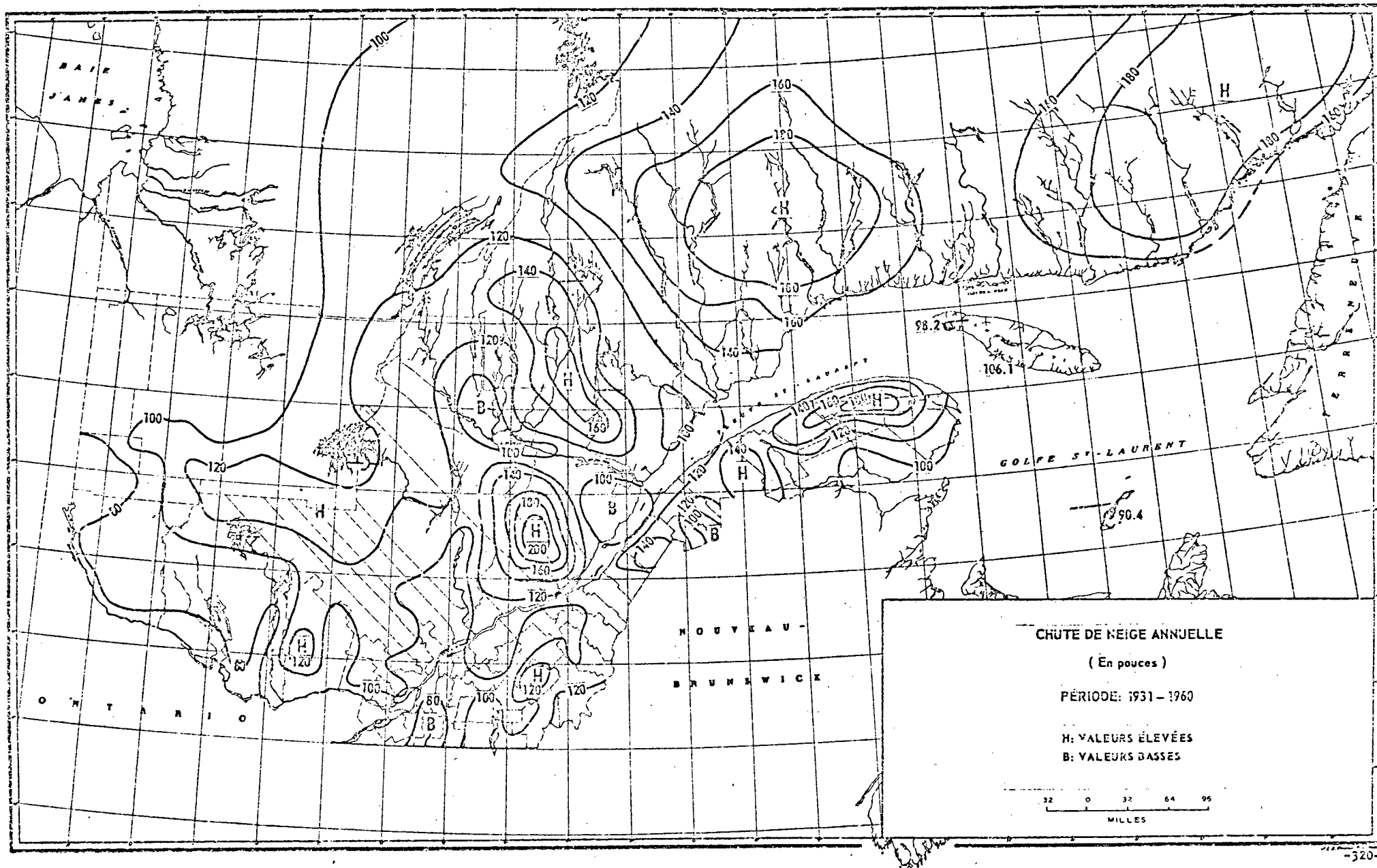


Fig. 1 - Chute de neige annuelle moyenne.

a des effets qui sont plus variables et plus difficiles à évaluer que la précipitation.

Ainsi il peut venter fort alors qu'il n'y a pas de neige, que la neige est recouverte d'une couche de glace ou qu'elle est mouillée. Dans ces conditions l'effet du vent sur la neige est pratiquement nul.

D'un autre côté, il peut venter un peu alors que la neige est très légère; si les conditions s'y prêtent, il peut y avoir accumulation de neige sur la route.

Il peut même arriver qu'un vent perpendiculaire à une route n'ait aucun effet nuisible, la neige ne faisant que traverser la route.

Le problème du vent doit donc être abordé d'une manière différente de celui de la précipitation. Il s'agit de savoir si la route est:

- peu affectée par le vent,
- moyennement affectée par le vent,
- très affectée par le vent.

Une route peu affectée par le vent peut être une route abritée en forêt, ou encore une route surélevée sans garde-fous, etc. Il y a bien ici et là quelques accumulations de neige causées par le vent mais elles sont peu nombreuses et peu étendues. Exemples:

Route 1 : Granby à Chambly.

Route 9 : Ste-Madeleine à Beloeil.

Route 19 : La Tuque à Lac Bouchette.

Une route moyennement affectée est une route où il se forme des remblais de 5 à 6 pieds de hauteur durant l'hiver. Cependant il n'est pas nécessaire de passer la charrue tous les jours et la visibilité est bonne sauf durant les tempêtes. Exemples:

Route 2 : Québec à la limite est de Donnacona.

Route 2 : Pointe-du-Lac à Berthierville.

Une route très affectée par le vent est une route où les problèmes causés par le vent sont réellement considérables. On peut citer comme exemples les routes suivantes:

Routes 3 et 20 : St-Lambert.

Route 6a : Gaspé à Rivière-au-Renard.

Route 10 : Isle-Verte.

Il faudrait prendre soin de ne pas considérer trop globalement les exemples cités; une route très affectée par le vent peut très bien comporter certaines parties où le vent ne cause aucun problème et vice-versa.

4.2.3 L'EMPRISE DE LA ROUTE

Lorsque l'emprise de la route est très étroite, il y a peu ou pas

d'accotement, et peu ou pas de fossés; de plus, il y a souvent aux abords de la route des obstacles (clôtures, arbres, etc.) qui nuisent au passage du matériel d'entretien. Exemples:

- la route 2 de Trois-Rivières à Pointe-du-Lac,
- la route 56 de Port-Alfred à la barrière du Lac-Ha-Ha.

Lorsqu'une route a été reconstruite d'après une section type du ministère, on ne rencontre généralement aucune des difficultés mentionnées ci-haut.

L'emprise de la route peut donc être telle que:

- l'entretien d'hiver s'en trouve affecté,
- l'entretien d'hiver ne s'en trouve pas affecté.

Les sections types du ministère ne peuvent être utilisées comme critères. Il faut réellement se rendre sur la route concernée et juger si l'emprise affecte ou non le déneigement.

4.2.4 LA CIRCULATION

Une route où il passe 20,000 véhicules par jour ne sera pas entretenue de la même façon qu'une route où il en passe 50 seulement.

Ainsi, sur une route où la circulation est forte, les véhicules nuisent aux opérations, le déblaiement doit être plus rapide, et il y a plus de pression

sur l'entrepreneur de la part des usagers.

La circulation peut donc être:

- faible : 0 à 500 véhicules par jour,
- moyenne : 501 à 2,500 véhicules par jour,
- forte : plus de 2,500 véhicules par jour.

Pour être capable de classer une route d'après ce dernier facteur, utiliser la dernière édition du "Recensement de la Circulation sur les Routes du Québec" [10] et le "Diagramme d'Ecoulement de la Circulation [11]. Se servir des moyennes journalières annuelles.

4.3 COUT DU DENEIGEMENT D'UNE ROUTE DE 100 MILLES

Pour déterminer le coût du déneigement d'une route de 100 milles, il a fallu d'abord faire une étude assez longue de différents contrats passés entre le Ministère de la Voirie et des entrepreneurs dans les divisions de Chicoutimi, Montréal, Rivière-du-Loup, Shawinigan et St-Hyacinthe. Il a aussi été possible de consulter les livres comptables de certains entrepreneurs pour déterminer les heures d'utilisation du matériel de déneigement.

A la suite de cette étude et avec l'expérience des membres du comité qui s'occupent ou qui ont eu à s'occuper de déneigement, la quantité et le type de matériel ainsi que le nombre d'employés nécessaires au

déneigement d'une route de 100 milles ont pu être déterminés. Trois cas ont été calculés: les conditions de déneigement peuvent être faciles, moyennement difficiles ou difficiles.

Les conditions sont difficiles lorsque tous les facteurs affectent simultanément le déneigement; il faut alors un maximum de matériel.

Les conditions faciles se retrouvent sur des routes peu importantes, dont l'emprise n'affecte pas le déneigement; elles sont situées dans des endroits où la précipitation est faible et sont peu affectées par le vent.

Le cas moyennement difficile correspond à des conditions intermédiaires entre ces deux cas extrêmes.

Les calculs, dont les détails sont donnés aux tableaux VII, VIII et IX, sont basés sur les hypothèses suivantes:

- 1) Une niveleuse travaille 450 heures par hiver.
- 2) Un camion travaille 450 heures par hiver.
- 3) Un chasse-neige travaille 500 heures par hiver.
- 4) Une camionnette est utilisée durant 20 semaines.
- 5) Les contremaîtres et les opérateurs travaillent durant 20 semaines à l'entretien d'hiver et leur salaire, y compris les bénéfices marginaux, est de \$150 par semaine.

- 6) Le salaire d'un opérateur de chasse-neige est de \$2.75 l'heure, lorsque le chasse-neige est loué avec un opérateur.
- 7) Les taux de location utilisés sont ceux établis par le comité des taux de location. L'annexe "A" indique ces taux et montre comment ils ont été établis.
- 8) Le taux horaire d'utilisation d'une charrue en V avec aile ou d'une charrue à sens unique avec aile est de \$2.50 ($V_o = 3.5$).
- 9) Les camions utilisés sont de 39,000 lbs et leur taux de location est interpolé à \$6.25 l'heure.
- 10) Tous les calculs sont faits pour une route standard à deux voies.

Ces hypothèses sont en fait des constatations découlant de l'étude de différents contrats. Ainsi lorsqu'il est dit qu'un camion travaille 450 heures il s'agit du nombre d'heures minimum pour justifier l'emploi d'un tel matériel. C'est aussi un maximum, parce que si un camion travaillait davantage ce serait au détriment de la qualité du service.

Tableau VII - Coût annuel du déneigement d'une route de 100 milles: déneigement facile.

Matériels et employés	Utilisation	Taux	Coût, \$
2 niveleuses avec charrue à sens unique et aile	450 h	$\$(9.75 + 2.50)/h$	11,025
2 camions avec charrue et aile	450 h	$\$(6.25 + 2.50)/h$	7,875
0.5 chasse-neige Sicard Junior avec opérateur	500 h	$\$(17.65 + 2.75)/h$	5,100
1 camionnette	6 h/jr x 140 jours	\$1.90/h	1,596
1 contremaître	20 semaines	\$150/semaine	3,000
4 opérateurs	20 semaines	\$150/semaine	12,000
Total			40,596

Coût au mille: $\$40,596 / 100 = \$405.96/\text{mille}$

Tableau VIII- Coût annuel du déneigement d'une route de 100 milles: déneigement moyennement difficile.

Matériels et employés	Utilisation	Taux	Coût, \$
3 niveleuses avec charrue à sens unique et aile	450 h	\$(9.75 + 2.50)/h	16,538
3 camions avec charrue et aile	450 h	\$(6.25 + 2.50)/h	11,812
1.25 chasse-neige Sicard Junior avec opérateur	500 h	\$(17.65 + 2.75)/h	12,750
1 camionnette	12 h/jr x 140 jours	\$1.90/h	3,192
2 contremaîtres	20 semaines	\$150/semaine	6,000
6 opérateurs	20 semaines	\$150/semaine	18,000
Total			68,292

Coût au mille: $\$68,292 / 100 = \$682.92/\text{mille}$.

Tableau IX - Coût annuel du déneigement d'une route de 100 milles: déneigement difficile.

Matériels et employés	Utilisation	Taux	Coût, \$
3 niveleuses avec charrue à sens unique et aile	450 h	\$(9.75 + 2.50)/h	16,538
5 camions avec charrue et aile	450 h	\$(6.25 + 2.50)/h	19,688
2 chasse-neige Sicard Junior sans opérateur *	500 h	\$17.65/h	17,650
1 camionnette	20 h/jr x 140 jours	\$ 1.90/h	5,320
3 contremaîtres	20 semaines	\$150/semaine	9,000
10 opérateurs	20 semaines	\$150/semaine	30,000
Total			98,196

* Ici, les chasse-neige sont tellement utilisés que les opérateurs sont des employés de l'entrepreneur.

Coût au mille: $\$98,196 / 100 = \$981.96/\text{mille}$

4.4 LES FACTEURS SPECIAUX

4.4.1 L'ISOLEMENT

Un endroit isolé est un endroit qu'il est impossible d'atteindre par la route. Ex.: les Iles-de-la-Madeleine et la basse Côte-Nord (Hâvre St-Pierre, etc.).

Pour ces cas le comité recommande de payer les frais supplémentaires occasionnés par l'isolement. Chaque cas devrait cependant faire l'objet d'une étude séparée.

4.4.2 LA DUREE DE L'HIVER

Les prix calculés précédemment sont basés sur une période d'entretien d'hiver de 20 semaines. Le comité considère que l'hiver s'étend du 15 novembre au 5 avril et recommande d'insérer une clause à cet effet dans les contrats.

Si le ministère a besoin des entrepreneurs en dehors de cette période il devrait louer leur matériel à l'heure; d'ailleurs la Voirie peut toujours disposer des premières et dernières tempêtes de neige avec l'équipement qu'elle a en main. Cependant, si la période d'entretien d'hiver est clairement définie dans les contrats, il faudrait que les divisionnaires prennent les dispositions nécessaires pour faire face aux chutes de neige en

dehors de la période où l'entretien d'hiver est donné à contrat.

La méthode ne prévoit pas de facteur de correction pour des variations de la durée de l'hiver dans les diverses régions de la province; le facteur de correction relié à la précipitation en tient lieu. Il est possible d'affirmer, grosso modo, que pour une région donnée, si la précipitation est plus élevée, c'est que la durée de l'hiver est plus longue.

4.4.3 LES PENTES

Les conditions de déneigement étant plus difficiles dans les pentes, le comité recommande d'augmenter d'un degré l'évaluation des parties de routes où les pentes sont de 5% et plus. Si, par exemple, en utilisant la méthode décrite au chapitre VI, une longueur de route donnée est évaluée à 6, on évaluera à 7 les parties de cette longueur de route qui ont des pentes de 5% et plus.

C H A P I T R E V

LE DEGLACAGE

Ici, il ne s'agit que de l'opération de déglacage, puisque les matériaux sont fournis par le Ministère de la Voirie. Pour les besoins du présent rapport, le mot "déglacage" signifie répandage de fondants chimiques et d'abrasifs; le coût des matériaux n'est jamais inclus.

5.1 COUT DU DEGLACAGE D'UNE ROUTE DE 100 MILLES

La détermination du coût du déglacage d'une route est faite de la même façon que dans le cas du déneigement. Soit une route de 100 milles, à deux voies standards. Pour le déglacage, il faut:

- 1) Une chargeuse avec opérateur, durant 20 semaines, à \$150 par semaine.
- 2) Trois engins de répandage montés sur des camions de 25,000 lbs et qui opèrent durant 400 heures au taux établi par le comité de la location du matériel routier ($V_o = 2.0$, pour un engin de répandage et le coût d'opération est de \$1.50 l'heure).

- 3) Un opérateur d'engin de répandage à \$150 par semaine durant 20 semaines. Les deux autres engins de répandage sont opérés par des employés qui s'occupent du déneigement.

Dans le cas du déglacage comme dans celui du déneigement c'est le principe de la disponibilité qui s'applique.

Le taux de \$122.40 au mille qui a été établi au tableau X concorde bien avec les taux fournis par la division de St-Hyacinthe pour le déglacage de la route 20. D'ailleurs pour un certain nombre de contrats, le déglacage est fait pour \$75 le mille par des entrepreneurs.

Le taux recommandé est donc de \$125 au mille lorsque le chargement est effectué par l'entrepreneur et de \$100 au mille lorsque le chargement est fait par la Voirie.

5.2 LES PENTES

Le seul cas, où d'après le comité, il faut réajuster le taux de déglacage, est lorsqu'il y a des pentes. En effet, dans ce cas, l'opération de déglacage est beaucoup plus dispendieuse.

Le comité recommande en conséquence d'augmenter de \$1000 par mille le taux de base du déglacage pour les parties de routes où la pente est

Tableau X - Coût annuel du déglacage d'une route de 100 milles.

Matériels et employés	Utilisation	Taux	Coût, \$
1 chargeuse avec opérateur	20 semaines	\$150/semaine	3,000
3 engins de répannage montés sur camions de 25,000 lbs	400 h	\$(3.70 + 1.50)/h	6,240
1 opérateur.	20 semaines	\$150/semaine	3,000
Total			12,240

Coût au mille: $\$12,240 / 100 = \$122.40/\text{mille}.$

de 5% et plus.

5.3 LE DEGLACAGE PAR LE MINISTERE

Le comité recommande de faire faire dans la mesure du possible le déglacage à contrat, lorsque par ailleurs le déneigement sur un tronçon de route donné est fait à contrat. Non seulement le coût en sera-t-il moins élevé, mais encore les quantités de fondants utilisées seront moins grandes, l'entrepreneur ne répandant que les quantités exigées. L'économie substantielle réalisée permettra de payer une partie du coût plus élevé du déneigement.

Il est peut être difficile de faire des comparaisons, mais actuellement dans une division, les entrepreneurs font le déglacage pour \$75 par mille. Dans une autre division située près de la précédente le déglacage est fait par la Voirie et il coûte \$497 par mille en salaires seulement. Dans les deux mêmes divisions le coût des matériaux est de \$372 par mille lorsque le déglacage est fait par l'entrepreneur et de \$419 par mille lorsque le déglacage est fait par la Voirie. Il existe d'autres cas où le coût du déglacage par la Voirie est encore beaucoup plus considérable.

Il est possible que le taux de déglacage soit trop bas dans certaines conditions. Mais lorsqu'il y a beaucoup de déglacage à faire durant un hiver, il y a moins de déneigement et vice-versa. Les deux conditions se retrouvent rarement simultanément. En faisant faire les deux opérations

par l'entrepreneur, il y a compensation pour les cas où le déglacage ou le déneigement seraient plus considérables durant un hiver.

Le tableau XI donne les quantités de chlorure de sodium utilisées dans les dix districts pour l'année 1967-1968.

Tableau XI - Quantités de chlorure de sodium utilisées durant l'hiver 1967-1968.

District	Chlorure de sodium acheté, tonnes	Déneigement à contrat, milles	Déneigement par la Voirie, milles	Longueur totale déneigée, milles	Taux de répandage, t/milles
1	33,260	895	194	1089	30.5
2	23,835	1891	190	2081	11.5
3	49,975	1399	260	1659	30.1
4	81,890	427	534	961	85.2 *
5	46,720	1008	177	1185	39.4
6	16,550	682	678	1360	12.2
7	35,635	1357	350	1707	20.9
8	60,125	1334	330	1664	36.1
9	37,950	857	311	1168	32.5
10	39,500	920	143	1063	37.1
Total	425,440	10,770	3,167	13,937	30.6

* Ce taux élevé s'explique par les conditions très particulières qui prévalent dans la région métropolitaine: voies élevées, très forte circulation, impossibilité de faire le déneigement avant le répandage, etc.

C H A P I T R E VI

EVALUATION DU PRIX DES CONTRATS

Une première méthode basée sur une évaluation par les membres du comité de chacune des combinaisons des facteurs importants avait d'abord été mise au point. La différence entre le plus haut taux de déneigement au mille (\$981.96) et le plus bas (\$405.96) avait été divisée en cinq degré de difficultés. Mais cette formule manquait de souplesse et il était impossible, par exemple, de distinguer entre une précipitation faible et une précipitation moyenne dans le prix des contrats.

C'est pourquoi il a fallu changer et il semble bien que la formule actuellement proposée, et qui est basée sur la pondération des facteurs importants et de leurs subdivisions soit plus simple, plus souple et plus rapide d'application.

6.1 LA PONDERATION DES FACTEURS

Les quatre facteurs importants retenus au chapitre IV ont été pondérés comme suit:

1) La précipitation moyenne annuelle:

- faible : 1.0,

- moyenne : 1.5,

- élevée : 2.0.

2) Le vent; la route est:

- peu affectée par le vent: 1.0,

- moyennement affectée par le vent: 2.0,

- très affectée par le vent: 4.0.

3) L'emprise de la route:

- n'affecte pas l'entretien d'hiver: 1.0, *

- affecte l'entretien d'hiver: 2.0.

4) La circulation est:

- faible : 1.0,

- moyenne : 1.5,

- forte : 2.0.

* Ici, certains pourraient objecter que si l'emprise de la route est telle que l'entretien d'hiver n'en est pas affecté, le facteur de pondération devrait être 0.0. Il est à remarquer dans ce cas-ci, qu'il faut quand même passer la charrue pour enlever la neige de la route; il y a cependant de la place à la mettre sur les côtés; ce n'est pas le cas lorsque l'emprise est étroite. Une remarque similaire pourrait s'appliquer pour le vent (cas "peu affecté").

A l'annexe "B", le tableau XIV montre toutes les combinaisons possibles des différents facteurs et de leurs subdivisions.

6.2 EVALUATION DU PRIX DES CONTRATS

Avant d'indiquer comment évaluer le prix des contrats une remarque préalable s'impose. Des quatre facteurs importants qui ont été retenus pour le déneigement, trois peuvent être qualifiés "d'objectifs". Ce sont:

- 1) La précipitation, puisque la carte préparée par le Ministère des Richesses Naturelles indique clairement les diverses zones de précipitation.
- 2) La circulation, puisque le recensement de la circulation est déjà fait par le Service Technique de la Circulation.
- 3) L'emprise: en circulant sur la route concernée, il est relativement facile de juger si l'emprise affecte ou non le déneigement.

Il reste le problème du vent. Il s'agit là du seul facteur réellement "subjectif". Pour pouvoir l'apprécier correctement il faut l'aide d'une personne qui soit parfaitement au courant des problèmes d'entretien d'hiver sur la route concernée (ce peut être le contremaître) pour qu'elle indique de façon précise où commencent et où finissent les différentes parties de routes peu affectées, moyennement affectées ou très affectées par le vent.

Comme il s'agit d'un facteur très important, il doit être manipulé avec soin.

Dans le cas des pentes, il est possible d'utiliser un inclinomètre fixé à la voiture.

Pour faire l'évaluation, il s'agit simplement de circuler en voiture sur chacune des routes à évaluer. Se servir d'une formule comme celle qui est illustrée à la figure 2. Prendre la lecture de l'odomètre au départ et déterminer quelles sont les conditions qui s'appliquent: précipitation, vent, emprise et circulation. Chaque fois que l'une de ces conditions change, faire la lecture de l'odomètre et changer de ligne en indiquant à chaque fois toutes les conditions; il est possible de relever les pentes en même temps. Prendre bien soin de traiter les quatre facteurs de façon absolument indépendante.

Bien qu'à certains moments, il faille ralentir et même arrêter parce que les conditions changent rapidement, il est souvent possible de faire les relevés à une vitesse normale.

En procédant de cette façon, chaque route est divisée en parties ou en sections qui sont évaluées séparément. Soit, par exemple, une longueur de route de 0.8 mille située dans un endroit où la précipitation annuelle moyenne est élevée, où le vent affecte peu la route, où l'emprise

est normale et où la circulation est intense. Le facteur d'évaluation * est de:

$$2.0 + 1.0 + 1.0 + 2.0 = 6.0$$

Pour obtenir le prix au mille de cette partie de route, multiplier le facteur d'évaluation par 100; ceci donne un prix de \$600 au mille. Le prix de la longueur de route concernée est de:

$$0.8 \times 600 = \$480.$$

Il faut procéder ainsi pour chaque partie de routes puis il s'agit de faire la somme de ces montants pour connaître le prix total du contrat. Utiliser pour les calculs une formule semblable à celle qui est illustrée à la figure 3.

L'annexe "C" donne certains exemples de contrats qui ont été évalués d'après la méthode proposée. Dans le cas du déglacage, il faut tenir compte des pentes, lesquelles ont déjà été relevées pour le déneigement.

* Voir le tableau XV de l'annexe B pour connaître tous les facteurs d'évaluation possibles.

6.3 LE FACTEUR DE MULTIPLICATION "100"

C'est au moyen de ce facteur de multiplication qu'il est possible de rattacher l'évaluation au mille d'une route aux taux établis dans les tableaux VII, VIII et IX. Autrement dit, une fois certains taux connus (tableaux VII, VIII et IX) il a fallu établir une manière de procéder pour relier chaque partie de route aux taux indiqués aux tableaux concernés. Comme la division en trois cas ou en cinq cas manquait de souplesse, le mode d'évaluation a été raffiné par la pondération de chacun des facteurs, de sorte que les facteurs d'évaluation s'étalent de 4.0 à 10.0 (de \$400 à \$1000 par mille).

Au bout de quelques années, il est possible, en raison de l'inflation notamment, que les taux proposés actuellement soient trop bas. A ce moment-là, il faudra seulement changer le facteur de multiplication (100) pour tenir compte de l'augmentation du coût de la vie.

Actuellement, on peut dire que les taux ont été établis par le jeu de l'offre et de la demande. En utilisant la méthode proposée on retrouve à peu près, la même répartition des taux. En général si un taux est actuellement élevé, en utilisant la méthode, on retrouvera un taux élevé. Dans certains cas cependant, on a pu constater que les taux actuels sont trop élevés; dans d'autres cas les entrepreneurs ne sont pas assez payés.

C H A P I T R E VII

CONCLUSION

Ce rapport consacré à l'étude d'une formule de pondération des contrats d'entretien d'hiver montre d'abord qu'il ne s'est pratiquement fait aucune recherche sur le sujet et que, même lorsque des méthodes dites objectives sont mises au point, il faut en pratique tenir compte des facteurs inhérents à la route concernée.

Après avoir souligné le coût de l'entretien d'hiver au Québec et sa complexité, ce rapport indique comment le problème de la détermination des taux a pu être abordé en utilisant l'hypothèse de la disponibilité dans le cas du déneigement et dans le cas du déglacage. Un dernier chapitre montre comment la manière de procéder a été raffinée pour lui donner plus de souplesse et explique la procédure à suivre pour l'évaluation de chacun des contrats. Le rapport recommande aussi de faire faire dans la mesure du possible le déglacage à contrat, lorsque par ailleurs le déneigement d'une route est fait à contrat; le coût en sera beaucoup moins élevé.

Il se peut que dans certains cas, et particulièrement au début, l'application de la méthode proposée pose certains problèmes; la méthode

est valable cependant, comme en témoignent les exemples de l'annexe "C".

A N N E X E "A"

TAUX DE LOCATION DES MATERIELS D'ENTRETIEN D'HIVER

Les frais de location des matériels routiers comprennent les frais fixes et les frais variables.

1. LES FRAIS FIXES

La valeur annuelle moyenne des frais fixes est indiquée au tableau XII.

Tableau XII - Matériels routiers: valeur annuelle moyenne des frais fixes pour un investissement initial de \$1000 ($V_o = 1$)

Période d'amortisse- ment, années N	Amortis- sement moyen, \$/année A_m	Investis- sement moyen, \$ I_m	Frais de possession \$/année $P_m = 0.25 I_m$	Frais fixes annuels $A_m + 0.25 I_m$ \$/année
1	1000	1000	250	1250
2	500	500	125	625
3	321	481	120	441
4	234	469	117	351
5	184	461	115	299
6	152	456	114	266
7	129	453	113	242
8	113	450	112	225
9	100	448	112	212
10	89	446	111	200
11	81	445	111	192
12	74	444	111	185

Tableau XII - (Suite et fin)

Période d'amortisse- ment, années N	Amortis- sement moyen, \$/ année A_m	Investis- sement moyen, \$ I_m	Frais de possession, \$/ année $P_m = 0.25 I_m$	Frais fixes annuels, $A_m + 0.25 I_m$ \$/ année
13	68	443	111	179
14	63	442	111	174
15	59	442	111	170
16	55	441	110	165
17	52	440	110	162
18	49	440	110	159
19	46	440	110	156
20	43	439	110	153

Les remarques suivantes s'appliquent au tableau XII:

- 1) La période d'amortissement: c'est aussi la vie utile du matériel.
- 2) L'amortissement moyen: c'est le prélèvement annuel moyen sur les bénéfices pour compenser la diminution de valeur subie par le matériel du fait de sa vétusté.
- 3) L'investissement moyen: c'est la valeur moyenne du capital investi.
- 4) Les frais de possession: ce sont les frais qui découlent de la seule possession du matériel, indépendamment de

l'utilisation que l'on en fait. Ils sont à peu près proportionnels à l'investissement moyen. Ils peuvent être répartis comme suit:

	<u>%</u>
Hausse des prix (inflation)	4.0
Intérêts sur l'investissement	9.5
Intérêt du fonds de réserve	- 2.5
Taxes spéciales	0.0
Assurances	1.5
Remisage	2.5
Frais généraux et profits	10.0
	<u>25.0</u>

- 5) Les frais fixes annuels: ce sont les frais encourus chaque année que le matériel soit utilisé ou non. C'est la somme de l'amortissement moyen et des frais de possession.

Voir le tableau XIII pour le matériel utilisé dans ce rapport.

2. LES FRAIS VARIABLES

Pour connaître les frais totaux ou encore les frais de location, il faut ajouter aux frais fixes les frais variables. Ce sont:

- 1) Les frais de réparation et d'entretien (R): ils sont donnés par

la formule suivante:

$$R_u = \frac{1}{H} \times 0.4328 \times 1.06 \overset{\text{signification}}{\text{N}} \times 1.05^H \times F_r$$

- 2) Les frais de fonctionnement (F): ces frais sont proportionnels à la puissance du moteur mais varient suivant le genre de carburant et le type de matériel. Ces frais s'appliquent aux carburants, aux lubrifiants, aux filtres et aux autres accessoires similaires.
- 3) Les frais d'opération (O): il s'agit des salaires payés aux opérateurs.

Par exemple, il est facile de calculer le coût unitaire d'amortissement pour un investissement initial de \$1000. Si la vie utile du matériel est de 5 ans avec une utilisation annuelle de 1600 heures, l'amortissement unitaire est de:

$$A_u = \frac{184}{1600} = \$0.115/\text{heure}$$

Les autres frais se calculent de la même manière.

Les frais de location sont au tableau XIII a; c'est la somme des frais fixes, des frais de réparation, des frais de fonctionnement et des frais d'opération.

Tableau XIII - Sommaire des frais fixes horaires pour le matériel d'entretien d'hiver.

Matériel	V _o	N	H	Utilisa- tion an- nuelle, heures	A _m	A _u	P _m	P _u	Frais fixes \$/heure \$1000	Frais fixes pour le matériel \$/heure
Camionnette	3.0	3	6	2,000	321	0.160	120	0.060	0.220	0.660
Camion 25,000	6.5	5	8	1,600	184	0.115	115	0.072	0.187	1.215
Camion 36,000	12.0	5	8	1,600	184	0.115	115	0.072	0.187	2.242
Camion 42,000	14.0	5	8	1,600	184	0.115	115	0.072	0.187	2.620
Autoniveleuse	30.0	8	12	1,500	113	0.075	112	0.075	0.150	4.50
Chasse-neige Sicard Junior	28.6	12	6	500	74	0.148	111	0.222	0.370	10.56
Matériel di- vers	1.0	5	2.5	500	184	0.368	115	0.229	0.597	0.60

Tableau XIII a - Sommaire des coûts de location pour le matériel d'entretien d'hiver.

Matériel	N	R _u	R	F _u	Puissance nominale, HP	F	O	Frais fixes, \$/heure	Frais de location, \$/heure
Camionnette	3	0.115	0.345	0.005	180	0.90	---	0.660	1.90 ✓
Camion 25,000	5	0.107	0.695	0.01	180	1.80	---	1.215	3.70 ✓
Camion 36,000	5	0.107	1.284	0.01	235	2.35	---	2.242	5.87 ✓
Camion 42,000	5	0.107	1.499	0.01	250	2.50	---	2.620	6.62 ✓
Autoniveleuse	8	0.103	3.09	0.018	120	2.16	---	4.50	9.75 ✓
Chasse-neige Sicard Junior	12	0.103	2.94	----	---	4.15	---	10.56	17.65 ✓
Matériel divers	5	0.13	0.13	----	---	----	---	0.60	0.73 ✓

A N N E X E " B "

LES COMBINAISONS POSSIBLES DES QUATRE FACTEURS DU DENEIGE- MENT ET LE FACTEUR D'EVALUATION DE CHACUNE DES COMBINAISONS

Tableau XIV - Liste des combinaisons possibles des quatre facteurs du déneigement et de leurs subdivisions.

Combinaison No.	Précipitation			La route est affectée par le vent			Emprise		Circulation		
	Faible	Moy.	Élevée	Peu	Moy.	Très	N'affecte pas	Affecte	Faible	Moy.	For-te
1	X			X			X		X		
2		X		X			X		X		
3			X	X			X		X		
4	X				X		X		X		
5		X			X		X		X		
6			X		X		X		X		
7	X					X	X		X		
8		X				X	X		X		
9			X			X	X		X		
10	X			X				X	X		
11		X		X				X	X		
12			X	X				X	X		
13	X				X			X	X		
14		X			X			X	X		
15			X		X			X	X		
16	X					X		X	X		
17		X				X		X	X		
18			X			X		X	X		
19	X			X			X			X	
20		X		X			X			X	
21			X	X			X			X	
22	X				X		X			X	
23		X			X		X			X	
24			X		X		X			X	
25	X					X	X			X	

Tableau XIV - (Suite et fin)

Combinaison No.	Précipitation			La route est affectée par le vent			Emprise		Circulation		
	Faible	Moy.	Elevée	Peu	Moy.	Très	N'affecte pas	Affecte	Faible	Moy.	Fort
26		X				X	X			X	
27			X			X	X			X	
28	X			X				X		X	
29		X		X				X		X	
30			X	X				X		X	
31	X				X			X		X	
32		X			X			X		X	
33			X		X			X		X	
34	X					X		X		X	
35		X				X		X		X	
36			X			X		X		X	
37	X			X			X				X
38		X		X			X				X
39			X	X			X				X
40	X				X		X				X
41		X			X		X				X
42			X		X		X				X
43	X					X	X				X
44		X				X	X				X
45			X			X	X				X
46	X			X				X			X
47		X		X				X			X
48			X	X				X			X
49	X				X			X			X
50		X			X			X			X
51			X		X			X			X
52	X					X		X			X
53		X				X		X			X
54			X			X		X			X

Tableau XV- Facteur d'évaluation de chaque combinaison.

Combinaison No.	Évaluation	Combinaison No.	Évaluation	Combinaison No.	Évaluation
1	4.0	19	4.5	37	5.0
2	4.5	20	5.0	38	5.5
3	5.0	21	5.5	39	6.0
4	5.0	22	5.5	40	6.0
5	5.5	23	6.0	41	6.5
6	6.0	24	6.5	42	7.0
7	7.0	25	7.5	43	8.0
8	7.5	26	8.0	44	8.5
9	8.0	27	8.5	45	9.0
10	5.0	28	5.5	46	6.0
11	5.5	29	6.0	47	6.5
12	6.0	30	6.5	48	7.0
13	6.0	31	6.5	49	7.0
14	6.5	32	7.0	50	7.5
15	7.0	33	7.5	51	8.0
16	8.0	34	8.5	52	9.0
17	8.5	35	9.0	53	9.5
18	9.0	36	9.5	54	10.0

A N N E X E " C "

EXEMPLES D'EVALUATION DE PRIX DE CONTRATS

La figure 4 est un exemple d'une évaluation de route; celle-ci a été divisée en sections et le facteur d'évaluation a été calculé pour chaque section. La figure 5 montre comment calculer le prix du contrat. Le coût du déneigement à contrat était de \$15,479, et par la méthode il devrait être de \$15,875; le coût de l'entretien d'hiver (déneigement et déglacage) de cette route fut de \$31,631 en 1968-1969; si le ministère confie le déneigement et le déglacage à l'entrepreneur concerné, ce coût pourrait être ramené à \$22,137.

Le tableau XVI est un résumé du calcul du prix de divers contrats d'après la méthode proposée.

MINISTÈRE DE LA VOIRIE

PROVINCE DE QUEBEC

ENTRETIEN D'HIVER

DISTRICT NO: 7 DIVISION NO: 2

DOSSIER: 226-2259

CONTRAT:

COMTE: DUBUC

MUNICIPALITE:

LONGUEUR TOTALE: 26,9 milles

MONTANT DU CONTRAT:

ENTREPRENEUR:

Chemin	Localisation	Odomètre	Longueur de la section, milles	Évalua- tion	Précipitation			La route est af- fectée par le vent			Emprise		Densité de la circulation			Pentes	
					Fai- ble	Moy	Éle- vée	Peu	Moy.	Très	N'ai- fecte pas	Ai- fecte	Fai- ble	Moy.	Forte	Début	Fin
			1,2	6,5		x		x				x			x		0,6
			0,1	8,5		x				x		x	x				
			0,7	5,5		x		x				x	x				0,4
			0,7	8,5		x				x		x	x				
			8,2	5,5		x		x				x	x				0,4
			0,3	6,5		x			x			x	x				
			6,4	5,5		x		x				x	x				
			0,4	8,5		x				x		x	x				
			0,2	5,5		x		x				x	x				
			0,6	8,5		x				x		x	x				
			0,9	5,5		x		x				x	x				
			1,0	6,5		x			x			x	x				
			6,2	5,5		x		x				x	x				1,5
		TOTAL	26,9														

Fig. 4 - Exemple d'une évaluation de route.

MINISTÈRE DE LA VOIRIE

PROVINCE DE QUEBEC

ENTRETIEN D'HIVER

DISTRICT NO: 7 DIVISION NO: 2

DOSSIER: 226-2259

CONTRAT:

COMTE: DUBUC

MUNICIPALITE:

LONGUEUR TOTALE: 26.9 milles

MONTANT DU CONTRAT: \$

ENTREPRENEUR:

Chemin	Localisation	Longueur de la section, milles	Pentes, milles	Déneigement			Déglacage			Coût Total, \$
				Évalua- tion	Coût au mille, \$	Coût de la section \$	Déglaca- ge à \$100/mil- le	Charge- ment à \$25/mil- le	Ajuste- ment pour pentes à \$1000/mil- le	
		1.2	0.6	6.5	650.	780.	26.9 x	100 =		2690.
		0.1		8.5	850.	85.		26.9 x 25 =		672.
		0.7	0.4	5.5	550.	385.		2.9 x 1000		2920.
		0.7		6.5	850.	595.				
		8.2	0.4	5.5	550.	4510.	Déglaçage:			15,585.
		0.3		6.5	650.	195.	correction pour			
		6.4		5.5	550.	3520.	pentes			
		0.4		8.5	850.	340.	2.9 x 100			290.
		0.2		5.5	550.	110.				
		0.6		8.5	850.	510.			TOTAL:	22,137.
		0.9		5.5	550.	495.				
		1.0		6.5	650.	650.				
		6.2	1.5	5.5	550.	3410.				

Fig. 5 - Exemple de calcul du prix d'un contrat.

Tableau XVI - Autres exemples de contrats calculés d'après la méthode proposée.

No du Contrat	Longueur du contrat, milles	Coût actuel du déneigement par contrat, \$	Coût du dé- neigement par la méthode, \$	Coût actuel du déneigement par contrat et du déglacage par Voirie, \$	Coût du dénei- gement et du déglacage * par la méthode \$
226-2259 (7-2)	26.92	15,479	15,875	31,631	22,137
226-2413 (7-2)	13.26	7,293	9,010	17,993	11,168
226-1995 (7-2)	58.67	42,734	39,930	77,936	62,564
226-1777 (7-2)	63.19	37,914	33,310	71,255	54,209
226-2479 (7-2)	43.31	23,820	28,810	44,420	37,324
226-2336 (5-3)	37.56	15,024	18,300	---	22,944
226-2389 (10-2)	27.29	10,916	13,900	---	17,129
226-1910 (10-2)	76.17	48,202	40,775	---	50,742
226-2527 (10-2)	15.91	6,364	8,174	---	9,765
226-2044 (10-2)	37.33	17,872	21,226	---	24,959
226-2390 (10-2)	8.95	3,580	3,707	---	4,602
226-2336 (5-3)	37.56	15,024	18,300	---	22,944
226-2338 (5-3)	25.80	10,320	12,785	---	16,360
226-2400 (5-2)	52.64	21,056	27,560	---	35,740
226-2403 (5-2)	26.27	10,508	13,700	---	18,084
226-2028 (5-3)	24.93	9,972	14,610	---	17,846
226-2335 (5-3)	33.55	13,420	15,435	---	19,779

* Le chargement est inclus.

B I B L I O G R A P H I E

1. Highways Research Circular No 62, 48 - 59 (1967).
2. Winter Maintenance Practices in Canada: 1963, Technical Publication No 20, Canadian Good Road Association, Ottawa, janvier 1964.
3. Rapport du comité de la viabilité hivernale, Association Internationale Permanente des Congrès de la Route, XIIIe congrès mondial, Tokyo 1968.
4. Arpin, J.V.: Snow Clearing in Montreal, Conference on Snow Removal and Ice Control, Ottawa 1964.
5. Cahier des charges, déneigement, Service de la Voie Publique, Ville de Montréal, 1967.
6. Maintenance Management Study, Analysis of Winter Maintenance Operations, Roy Jorgensen and Associates, 1967.
7. Ferland, M.-G. et Gagnon, R.M.: Climat du Québec Méridional, Document M.P. - 13, Ministère des Richesses Naturelles, Québec, 1967.
8. Ferland, M.-G. et Gagnon, R.-M.: Climat du Québec Septentrional, Document M.P.-10, Ministère des Richesses Naturelles, Québec, 1967.
9. Feuillelet Météorologique, Vol. 7, No 7, juillet 1968; Service de Météorologie, Ministère des Richesses Naturelles, Québec.
10. Recensement de la Circulation sur les Routes du Québec, Service technique de la Circulation, Ministère de la Voirie, Québec, dernière édition.
11. Diagramme d'Ecoulement de la Circulation, Service technique de la Circulation, Ministère de la Voirie, Québec, dernière édition.

MINISTERE DES TRANSPORTS



QTR A 098 074