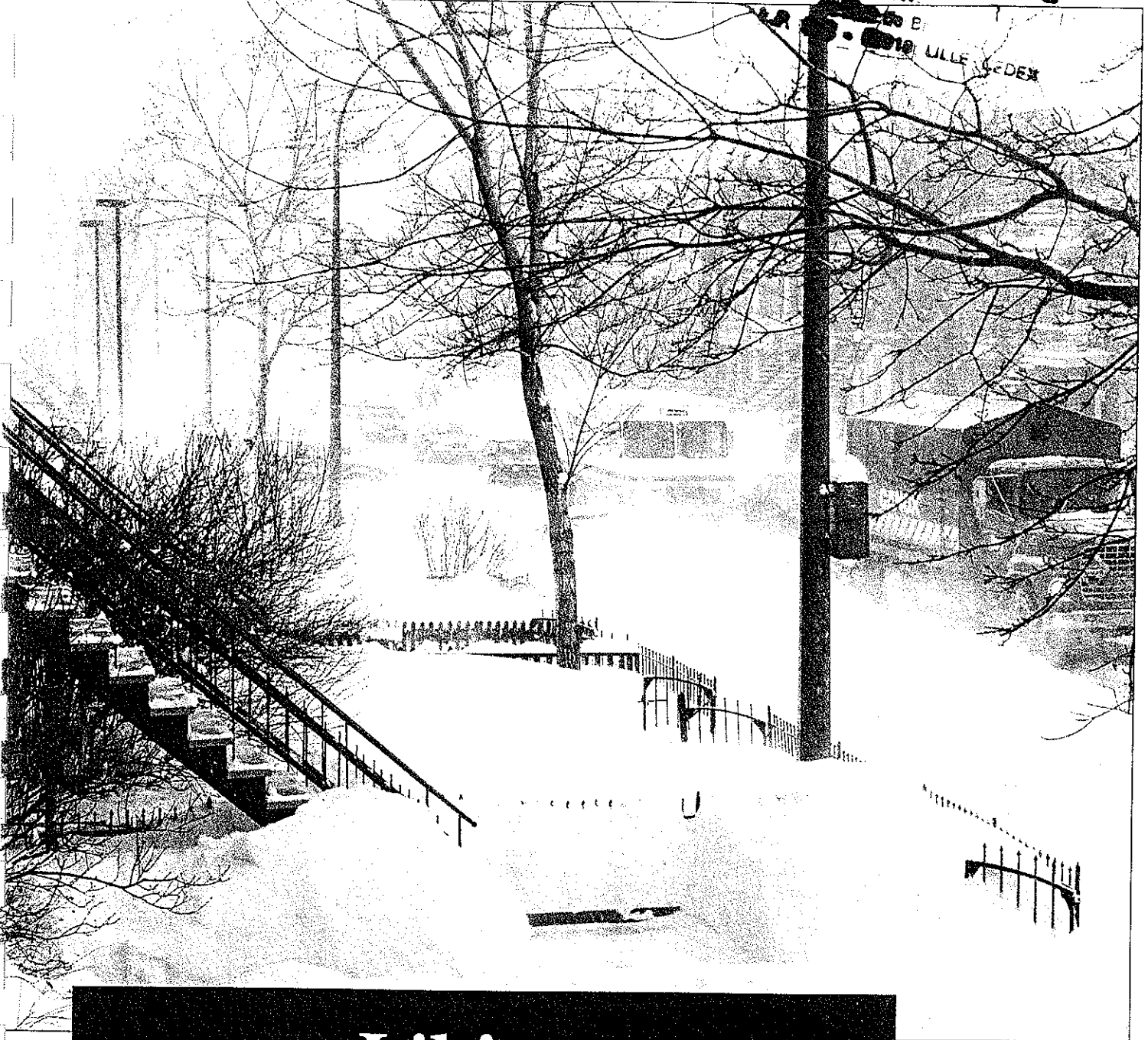


ROUTES ET TRANSPORTS

VOLUME 24
NUMÉRO 4
HIVER 1994-1995

ROUTE NORD PICARDIE
LILLE



L'hiver

Évaluation des systèmes
d'entreposage
et de chargement
de chlorure de sodium

La gestion
des neiges usées

L'urbanisme climatique
au service des piétons

Publié par
AQTR
ASSOCIATION
QUEBÉCOISE
DU TRANSPORT
ET DES ROUTES INC.

Couturier de la 2e classe
Enregistrement no 5901

Point de retour garanti à:
6455, Christophe-Colum, sur 360
Montréal, (Québec) H2S 2G5

ÉVALUATION DES SYSTÈMES D'ENTREPOSAGE ET DE CHARGEMENT DE CHLORURE DE SODIUM

Lucie Parrot, ing.
Nathalie Provost, ing.

L'article qui suit décrit une étude effectuée pour le ministère des Transports du Québec concernant l'optimisation des entrepôts de sel déglaçant. Cette étude a été financée sous l'entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement des transports, comme projet conjoint des deux gouvernements. Plusieurs organismes ont collaboré à cette étude dont la Société Immobilière du Québec au niveau de l'étude des coûts des igloos actuels et plusieurs fournisseurs de systèmes établis au Canada et dans d'autres pays.

Dans les pays à climat froid et tempéré, l'entretien hivernal est considéré par les gestionnaires des réseaux routiers comme une tâche prioritaire. C'est pourquoi chaque année, le ministère des Transports du Québec achète et entrepose quelques 700 000 tonnes de chlorure de sodium pour le déglçage de son réseau routier.

Pour entreposer le chlorure de sodium, il existe actuellement au Québec environ 200 sites dont 83 sont de types "igloo"; les autres sont surtout des entrepôts rectangulaires. Or, ces installations dédiées à l'entreposage du sel sont vieillissantes. Certains sites d'entreposage ont même fait, à l'occasion, l'objet

de contestations de la part d'organismes tels que la C.S.S.T. ou le ministère de l'Environnement.

Compte tenu des quantités entreposées en jeu, des coûts s'y rattachant et de la priorité toujours grandissante de conserver le réseau routier sécuritaire, le ministère des Transports doit revoir certains aspects de l'entreposage du chlorure de sodium. Cet article présente les résultats de l'évaluation des systèmes d'entreposage et de chargement de chlorure de sodium utilisables par le Ministère des Transports du Québec pour l'entretien hivernal. Cette évaluation vise à s'interroger sur la conception et le mode

opérationnel des installations d'entreposage et de chargement actuellement en utilisation au MTQ.

Analyse des besoins et diagnostique

Pour comprendre la problématique, il est important, dans un premier temps, de décrire les systèmes d'entreposage et de chargement de chlorure de sodium déjà en place. Les 200 sites d'entreposage actuels sont composés principalement d'entrepôts rectangulaires, toutefois 83 entrepôts sont de type igloo. Les entrepôts rectangulaires ont des murs en bois de 4,5 m de haut qui reposent sur des murs de soutènement en béton de 4,3 m. Des fermes de bois

constituent la structure du toit qui est recouverte de bardeaux. Le pavage sert de plancher à l'entrepôt. Les igloos sont, habituellement, constitués d'un dôme de bois d'un diamètre de 30 m ayant une toiture de bardeaux reposant sur un mur de béton de 1,2 mètre de hauteur appuyé directement sur le pavage. Dans les deux cas, le processus d'entreposage et de chargement est le même; le sel est déchargé par le transporteur dans la cour pour être ensuite empilé dans l'entrepôt avec un chargeur de 1,5 m³. Le chargement dans les épandeurs se fait à l'aide du même chargeur; le sel est ramassé dans l'entrepôt et déposé dans l'épandeur.

Les besoins actuels et futurs des utilisateurs en matière d'entreposage et de chargement de sel ont ensuite été identifiés et validés. Ici, l'analyse des besoins comparée au processus actuel complète l'expression de la problématique. Cette comparaison permet d'identifier les forces et faiblesses des systèmes en place.

Les systèmes d'entreposage et de chargement du sel servent d'abord à fournir un produit déglaçant. Ils doivent donc permettre au ministère de disposer de fondant en quantité et en qualité nécessaire pour qu'il assure la sécurité des routes en hiver. Pour atteindre cette finalité, six grandes actions doivent être accomplies.

- **Entreposer le sel**, c'est-à-dire opérer un système d'entreposage, assister le transporteur qui livre le sel, recevoir ce sel

et optimiser le volume d'entreposage.

- **Charger le sel**, c'est-à-dire opérer un système de chargement et remplir les épandeurs.

- **Assurer une bonne qualité de sel**, c'est-à-dire contrôler la qualité du sel à l'arrivée, à l'entreposage et au chargement.

- **Gérer le sel**, c'est-à-dire contrôler les entrées et les sorties de sel, faire le lien avec le système d'inventaire, fournir des statistiques de consommation et indiquer la quantité restante.

- **Respecter les objectifs opérationnels**, c'est-à-dire résister à la corrosion, aux intempéries et au vandalisme, s'adapter au matériel roulant actuel du MTQ et éviter la contamination.

- **Fournir un mélange abrasif**, c'est-à-dire pouvoir mélanger le sel avec du sable et stocker ce mélange en pile, à l'extérieur.

Grâce aux informations recueillies et à l'analyse des besoins, il est possible d'émettre un diagnostic des systèmes actuels. Leur plus grande force réside dans la simplicité de leur fonctionnement. En effet, peu d'équipements sont utilisés et ceux-ci sont connus et d'opération facile. De plus, les systèmes sont souples; on peut se réapprovisionner en sel et remplir les entrepôts selon la demande, relativement facilement. Ainsi, le sel est presque toujours disponible.

Toutefois, certains éléments demandent à être optimisés.

En effet, par rapport aux opérations d'entreposage et de chargement comme telles, la manutention du sel doit être minimisée car plus le sel est manipulé, plus il a tendance à se défaire en poussière, état dans lequel il est moins efficace. De plus, l'optimisation de l'espace d'entreposage n'est pas réalisée; les entrepôts actuels ne sont pas remplis à pleine capacité.

Il faut aussi noter certaines difficultés liées à la santé et la sécurité au travail. Les installations actuelles permettent difficilement d'effectuer des manœuvres sécuritaires et efficaces. Les conditions de travail actuelles sont, elles aussi, difficiles à cause des poussières de sel en suspension et des émanations de monoxyde de carbone dans les entrepôts mal ventilés. De plus, des accidents ont eu lieu lorsque des employés grimpaient sur les épandeurs pour enlever ou émietter les blocs de sel.

Un autre inconvénient observé est lié au fait que les systèmes protègent très peu le sel lors des livraisons. En effet, là où il y a un nombre fréquent de livraisons, elles peuvent être effectuées dans des conditions pluvieuses exposant le sel aux intempéries. D'ailleurs, les portes des entrepôts laissent entrer la pluie, la neige et les contaminants. De plus, l'environnement doit être protégé de la contamination. On doit aussi éviter une pollution visuelle ou par le bruit lorsque le site se trouve en zone habitée.

Enfin, les conditions d'opération des systèmes d'entreposage

et de chargement changent grandement d'un site à l'autre et les volumes saisonniers à entreposer ainsi que le nombre de livraisons annuelles varient beaucoup. Ce problème concerne l'ensemble des entrepôts de sel, il est lié, principalement, à la localisation des entrepôts à travers le territoire du Québec.

La liste de ces besoins a permis de dresser une spécification fonctionnelle d'un système, spécification qui a servi de référentiel pour l'évaluation de systèmes existants ou à concevoir. Cette spécification contient les besoins opérationnels identifiés par les responsables actuels ainsi que les contraintes et objectifs particuliers émis par le ministère.

Répertoire des systèmes existants

Après la rédaction de la spécification, un inventaire des systèmes d'entreposage et de chargement de sel a été réalisé à travers les pays nordiques du monde. Plusieurs types d'entrepôt ont pu être identifiés mais aucun n'avait d'avantages significatifs sur l'entrepôt actuel. Une évaluation de chaque système inventorié a été faite grâce à une grille d'évaluation pondérée qui a découlé directement des spécifications fonctionnelles. A ce point, il s'est avéré qu'aucun système d'entreposage répertorié ne répondait totalement aux exigences de la spécification fonctionnelle: plusieurs obtenaient un bon pointage mais tous avaient des avantages et des inconvénients.

Les différents systèmes recensés et retenus sont de trois catégories:

1. silo (fabriqué de tôle, de fibre de verre, de bois, d'acier ou de béton) avec chargement sous le silo;
2. entrepôt en surface (igloo ou entrepôt rectangulaire) avec ou sans convoyeur pour le remplissage de l'entrepôt et le chargement des épandeurs;
3. entrepôt souterrain (caveau et bunker) avec remplissage par le dessus et chargement des épandeurs par chargeur ou en dessous de l'entrepôt.

Chacun des systèmes a été comparé au système actuel

(entrepôt rectangulaire ou igloo et chargeur) au niveau de sa capacité, de son coût de construction et de son coût unitaire d'entreposage. Les aspects de fiabilité et d'implantation dans n'importe quel type de terrain ont aussi été examinés.

En résumé, les systèmes actuels, avec ou sans convoyeur, sont pénalisés, surtout parce qu'ils ne protègent pas parfaitement l'environnement et les employés. Ils sont aussi plus rudimentaires en ce qui concerne l'entreposage et le chargement. Toutefois, ils sont simples et satisfont aux besoins opérationnels.

Les silos ont été éliminés parce qu'ils sont très coûteux,

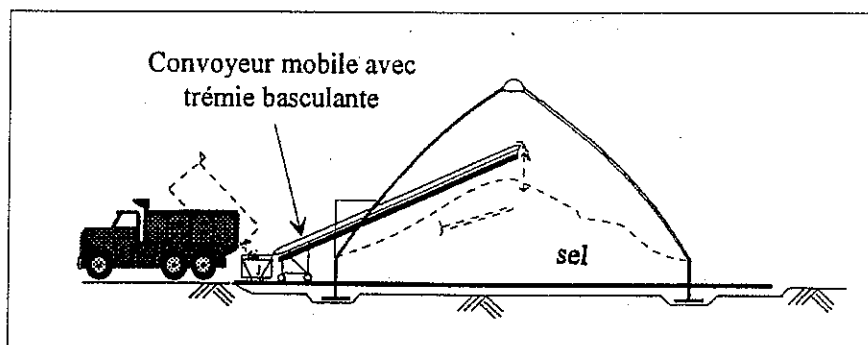


FIGURE 1 : Igloo actuel avec convoyeur

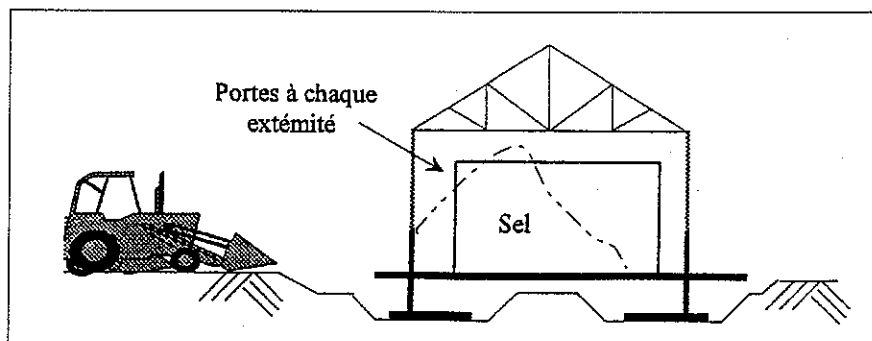


FIGURE 2 : Entrepôt rectangulaire avec chargeurs

très sensibles à la qualité du sel qui y est entreposé et qu'il y a des risques d'agglomération du sel et d'implosion des silos. Enfin, les entrepôts souterrains n'ont pas été retenus par le ministère parce qu'ils ne peuvent pas être implantés dans n'importe quel site: ils sont envisageables seulement là où le sol le permet (roc non fissuré, dénivellation appropriée) sinon leur coût, pour pallier aux conditions non-adéquates, devient prohibitif.

Optimisation

L'objectif, à cette étape, est de suggérer un système existant qui pourrait satisfaire aux besoins avec ou sans modifications ou de concevoir un système, à partir de ce qui aura été trouvé ailleurs. Comme les systèmes inventoriés ne répondent pas de manière optimale aux besoins; de nouvelles idées ont été suggérées par l'équipe de projet lors d'un atelier d'analyse de la valeur. L'équipe s'est

basée sur les systèmes recensés. Les propositions retenues gravitent donc autour du concept d'entrepôt en surface et sont de deux natures:

- des options qui améliorent les systèmes actuels, igloo ou entrepôt rectangulaire, de façon à en optimiser l'opération, ces options sont décrites au tableau 1;
- des systèmes optimisés dès la conception et contenant des innovations, décrits au tableau 2.

Les options augmentent le niveau de qualité atteint par les systèmes. Elles seront donc recommandées lorsqu'elles sont applicables. Quant aux systèmes proposés, leurs coûts de construction, d'opération et d'entretien ont été calculés pour des volumes saisonniers différents. Il s'est avéré que l'entrepôt rectangulaire d'une capacité de 500 t obtient le prix unitaire le moins élevé pour tous les volumes saisonniers. Mais l'évaluation monétaire ne doit pas être la seule à orienter le choix; il est important de considérer la capacité de répondre aux besoins et l'impact de la fiabilité et du niveau de service désiré.

Les résultats de l'optimisation amènent donc à constater que des systèmes d'entreposage et de chargement de chlorure de sodium adaptés aux risques du climat québécois, pouvant être installés partout au Québec pour toutes les quantités de sel consommées, et répondant aux objectifs et besoins du ministère, doivent être simples.

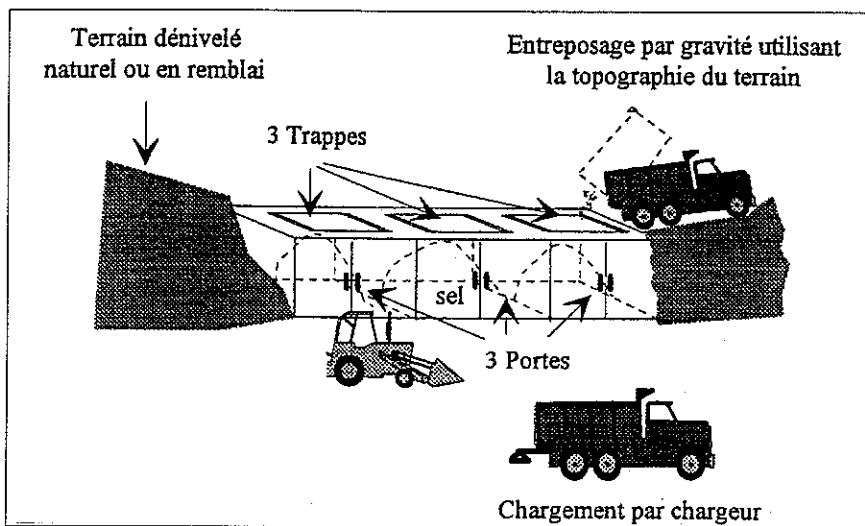


FIGURE 3 : Semi-caveau

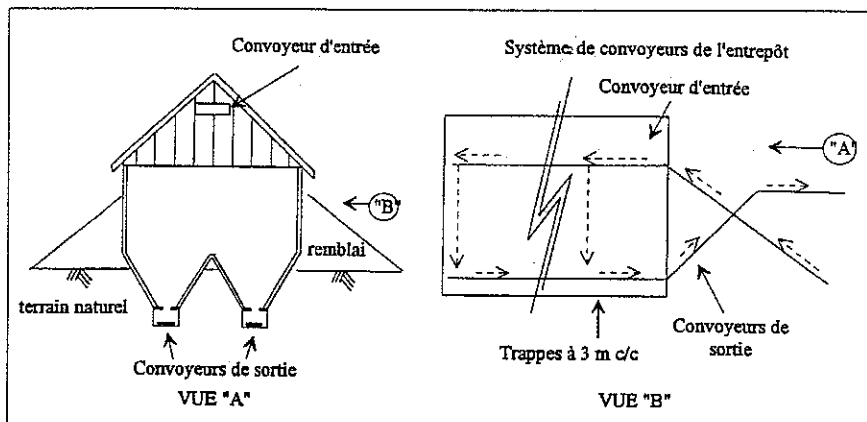


FIGURE 4 : Entrepôt-silo (pas à l'échelle)

Option	Description	Avantages	Désavantages	Application	Investissement	Économie	PRI
Agrandir la porte de l'igloo	Agrandir la porte de l'igloo existant de 1 m de chaque côté.	Diminue les dommages Diminue les coûts d'entretien Réduit les risques reliés à la SST Accélère le chargement	Il faut vérifier la capacité structurale de l'igloo avec une porte plus grande	Igloo existant	3000 \$	500 \$/an	6 ans
Utiliser un plus gros chargeur	Utiliser un chargeur de 3 m ³ (agrandir la porte)	Accélère temps de chargement Diminue l'émanation de CO Réduit la manipulation	Coût du chargeur	Entrepôt où le volume saisonnier est plus élevé que 1 500 t	3000 \$	500 \$/an pour un volume de 1 500 t	6 ans
Ventiler l'igloo	Installer un ventilateur	Réduit les risques reliés à la SST	Coût du ventilateur	Igloo existant et nouveau	10 000 \$	aucune directe, mais l'absentéisme est réduit	---
Installer une balance	Installer une balance sur les chargeurs	Contrôle quantitatif des entrées et sorties de sel	Coût de la balance et risque d'augmentation du nombre d'opérations	Partout	8 000 \$	aucune	---
Construire une rampe pour le chargement	Construire une rampe de chargement et un bassin de rétention	Réduit les attentes des épandeurs et accélère le chargement Protège l'environnement Récupère le sel échappé Permet un accès facile à la grille des épandeurs Permet d'installer une grille fixe	Augmente les coûts de l'installation	Partout	30 000 \$	3000 \$/an	10 ans pour un volume saisonnier de 20 000 t

TABLEAU 1: Options proposées et leurs diverses implications

Configuration	Dimensions	Capacité	Entreposage	Chargement
Petit igloo	22 m diamètre	500 t	chargeur	chargeur
Igloo actuel	30 m diamètre	1 500 t	chargeur	chargeur
Igloo et convoyeur	30 m diamètre	3 000 t	convoyeur	chargeur
Entrepôt rectangulaire	12 m x 16 m x 7,5 m hauteur libre	500 t	chargeur	chargeur
Entrepôt rectangulaire	12 m x 48 m x 7,5 m hauteur libre	1 500 t	chargeur	chargeur
Entrepôt rectangulaire automatisé	12 m x 48 m x 7,5 m hauteur libre	3 000 t	convoyeur	chargeur
Semi-caveau	10 m x 30 m x 5 m de hauteur	1 500 t	par gravité	chargeur
Entrepôt-silo	13 m x 30 m x 12 m de hauteur	4 000 t	convoyeur	convoyeur
Deux igloos sur le même site	30 m de diamètre	6 000 t	convoyeur	chargeurs

TABLEAU 2: Systèmes proposés

Donc, les systèmes proposés ne présentent pas de grandes innovations. Le tableau 3 récapitule nos

propositions, quant à l'optimisation des systèmes actuels et en donne les avantages et inconvénients.

Gestion des stocks

Les notions de gestion des stocks clarifient les approches sur lesquelles s'appuient les recommandations. En effet, dans le cas de l'entreposage du sel, on fait face à un inventaire d'anticipation que l'on bâtit d'avance pour utilisation en une saison, complété d'un inventaire de fluctuation que l'on garde sous forme de stock de réserve pour couvrir toutes les fluctuations dues à:

- l'habileté de prévoir la demande avec précision;
- le temps de livraison de la matière;
- l'habileté à contrôler ce temps de livraison;

- la quantité livrée;
- le niveau de service désiré.

Le ministère se voit donc contraint de tenir compte de

plusieurs paramètres à la fois. Quelques uns sont hors de son contrôle tel celui de prévision de la demande qui est fonction des conditions météorologiques.

D'autres sont reliés aux ententes avec les fournisseurs, comme le délai de livraison et la quantité livrée. Finalement, le seul paramètre qui relève du ministère est le niveau de service désiré. Or, en pleine saison hivernale et surtout lors d'une tempête de neige ou en période de formation de verglas, le niveau de service est très élevé.

Il y a donc deux facteurs qui influencent le choix d'un système d'entreposage et de chargement de sel: le volume saisonnier à traiter et le mode de gestion de stock à favoriser.

Recommandations

Le choix du meilleur système, parmi les différents systèmes suggérés doit donc être basé d'abord sur le volume saisonnier consommé et ensuite sur la capacité requise de l'entrepôt, déterminée cas par cas selon le mode de gestion de stock envisagé. Si ce mode de gestion détermine qu'un seul remplissage par hiver est préférable, pour réduire au maximum le risque de rupture de stocks, alors la capacité de l'entrepôt devra être égale au volume saisonnier. Dans les autres cas, la capacité de l'entrepôt pourra être une fraction du volume saisonnier en rapport avec le nombre de remplissages permis en hiver. La combinaison des éléments capacité, volume saisonnier, terrain et coût détermine alors le type d'entrepôt et de chargement à implanter. Le tableau 4 résume la situation.

Les recommandations sont donc orientées vers les solutions

Système	Avantages et inconvénients
Igloo avec des modes d'entreposage et de chargement par chargeur Capacité effective de 500 t ou 1 500 t	Durabilité et fiabilité sous toutes conditions d'opération. Simplicité d'opération. Capacité de répondre aux normes CSST, MENVIQ et SIQ, surtout avec des portes élargies et la ventilation. Contrôle de quantité possible avec la balance.
Igloo avec convoyeur mobile pour l'entreposage et un chargeur pour le chargement Capacité effective de 3 000 t Illustré à la figure 1	Rotation du sel possible et capacité d'entreposage maximisée. Durabilité et fiabilité sous toutes conditions d'opération et diminution du nombre de livraisons. Simplicité d'opération et diminution du nombre de manipulation par rapport au système précédent. Capacité de répondre aux normes puisque le convoyeur diminue les opérations à faire à l'intérieur. Contrôle des quantités possible puisque le convoyeur inclut une balance. Diminution de la manipulation du sel grâce au convoyeur. Facilité de préparation des abrasifs.
Entrepôt rectangulaire avec chargeur Capacité effective de 500 t ou 1 500 t Illustré à la figure 2	Comme pour le premier igloo. Flexibilité quant aux dimensions. Peut être modulaire
Entrepôt rectangulaire avec convoyeur mobile et chargeur Capacité effective de 3000 t	Comme pour le second igloo. Flexibilité quant aux dimensions. Peut être modulaire
Semi-caveau Capacité effective de 1 000 t Illustré à la figure 3	Capacité d'entreposage maximisée à cause du chargement par le haut. Durabilité sous toutes conditions d'opérations. Simplicité d'opération accrue puisqu'on n'a pas besoin de chargeur à l'entreposage, c'est donc plus rapide. Diminution du nombre de manipulation du sel puisqu'on dépose directement le sel dans l'entrepôt. Risque de pénétration de pluie ou de neige lors de l'entreposage par le haut. Étanchéité des portes du haut à assurer. Capacité de répondre aux normes puisqu'il y a moins besoin d'opérations intérieures. Contrôle des quantités possible si on ajoute une balance au chargeur.
Entrepôt-silo automatisé Capacité effective de 4 000 t Illustré à la figure 4	Capacité d'entreposage maximisée par l'utilisation de convoyeurs. Durabilité et fiabilité sous toutes conditions d'opération. Simplicité d'utilisation maximale due à l'automatisme. Manipulations du sel réduites au minimum. Respect des normes puisque le sel n'entre pas en contact avec le personnel ou l'environnement. Contrôle des quantités à l'entrée et à la sortie grâce aux convoyeurs et inventaire précis. Circulation réduite des camions.
Deux igloos avec convoyeur mobile et chargeur partagés Capacité effective de 6 000 t	Comme pour le second igloo Partage des équipements de base tel le chargeur et le convoyeur.

TABLEAU 3 : Évaluation des systèmes proposés

Volume saisonnier	Systèmes proposés					
	Igloo ou entrepôt avec chargeur	Semi-caveau	Igloo actuel ou entrepôt avec chargeur	Igloo actuel ou entrepôt avec convoyeur	Entrepôt-silo	2 igloos avec convoyeur
	Capacité: 500 t	Capacité: 1 000 t	Capacité: 1 500 t	Capacité: 3 000 t	Capacité: 4 000 t	Capacité: 6 000 t
8 000 < V < 20 000 t consommation très élevée 5% des sites actuels	Entreposage très fréquent risque très élevé de rupture de stock *	Entreposage très fréquent entre 8 et 20 fois risque très élevé de rupture *	Entreposage très fréquent entre 6 et 14 fois risque très élevé de rupture	Entreposage fréquent entre 3 et 7 fois risque de rupture élevé	Entreposage peu fréquent entre 2 et 5 fois risque moyen de rupture	Entreposage peu fréquent entre 2 et 4 fois risque moyen de rupture
3 000 < V < 8 000 t consommation élevée 39% des sites	Entreposage très fréquent entre 6 et 16 fois risque très élevé de rupture de stock *	Entreposage fréquent entre 3 et 8 fois risque de rupture élevé	Entreposage peu fréquent entre 2 et 5 fois risque moyen de rupture	Entreposage peu fréquent entre 1 et 3 fois peu de risque	Entreposage entre 1 et 2 fois peu de risque	Entreposage entre 1 et 2 fois peu de risque
1 500 < V < 3 000 t consommation moyenne 32% des sites	Entreposage fréquent entre 3 et 6 fois risque de rupture élevé	Entreposage peu fréquent entre 2 et 3 fois risque moyen de rupture	Entreposage entre 1 et 2 fois peu de risque	Entreposage en une seule fois pas de risque	N'optimise pas l'espace Non recommandé	N'optimise pas l'espace Non recommandé
500 < V < 1 500 t consommation faible 14% des sites	Entreposage peu fréquent entre 1 et 3 fois peu de risque	Entreposage peu fréquent entre 1 et 2 fois peu de risque	Entreposage en une seule fois pas de risque	N'optimise pas l'espace Non recommandé		
< 500 t consommation très faible 10% des sites	Entreposage en une seule fois pas de risque	N'optimise pas l'espace Non recommandé				

TABLEAU 4 : Grille d'analyse

* Système non recommandé lorsque le risque est très élevé

qui ne comportent pas de risque de rupture de stocks, peu de risque et même parfois parmi celles qui comptent un risque moyen de rupture de stock dans les cas où la distance le permettrait:

1. Pour une consommation de moins de 1 500 t de chlorure de sodium par saison (24 % des sites), installer un entrepôt rectangulaire d'une capacité effective de 500 tonnes, avec mode d'entreposage et de chargement par chargeur. Si le terrain est favorable, le semi-caveau peut être envisagé.

2. Pour une consommation de 1 500 à 8 000 t de sel par hiver (71 % des sites), l'igloo actuel de 30 mètres de diamètre avec mode d'entreposage et de chargement par chargeur est recommandé. S'il y a risque de problèmes d'approvisionnement, équiper l'igloo d'un convoyeur pour l'entreposage afin d'optimiser le volume d'entreposage.

3. Pour une consommation de plus de 8 000 t (5 % des sites), il est proposé d'installer deux igloos de 30 mètres de diamètre avec mode d'entreposage

par convoyeur et mode de chargement par chargeur ou bien un entrepôt-silo.

Conclusion

Les systèmes simples sont parfois les plus efficaces et il s'agit parfois de les améliorer légèrement pour qu'ils répondent mieux aux besoins. Ici, en fait, l'étude a démontré que le système physique n'était pas seul en cause; la gestion de l'inventaire du sel a un effet sur le choix du système, autant sur son niveau d'automatisation que sur ses dimensions et même sur sa localisation sur le territoire.

De plus, une contrainte de départ du projet étant de présenter un système compatible avec les méthodes et les équipements actuels d'épandage de sel, l'innovation a dû porter sur les méthodes d'entreposage et de chargement du sel, qui existent actuellement. Or, lors d'une séance de réflexion, certains participants ont émis des suggestions intéressantes qui débordaient des limites de l'étude en portant plutôt sur les méthodes d'épandage: utilisation

de sel en solutions de différentes concentrations, giclage automatique des structures critiques (ponts, courbes, pentes), utilisation de conteneurs à sel réutilisables se fixant sur un nouveau type d'épandeur, monitoring en temps réel de conditions météorologiques et de l'état des routes, etc. Ces différentes idées pourraient servir de point de départ pour une nouvelle conception de systèmes de viabilité hivernale. Entre temps, le ministère des

Transports du Québec a obtenu une série de recommandations ainsi qu'une grille de décision lui permettant de choisir la solution optimale relative à l'entreposage du sel déglacant et à son chargement dans les épandeurs -tels qu'ils existent actuellement- et qui tient compte du niveau de service désiré. De plus, les solutions proposées répondent de façon économique aux spécifications fonctionnelles.

Erratum

La modélisation stratégique du transport urbain des marchandises dans la grande région de Montréal

Dans le dernier numéro de la revue (vol. 24, no 3), des parties importantes du texte soumis par l'auteur ont été retirées sans autorisation préalable. La direction de la revue s'excuse de cette erreur de parcours.

Les personnes désireuses d'obtenir la version intégrale du texte soumis par l'auteur ou qui aimeraient obtenir des renseignements supplémentaires sur la modélisation du transport urbain des marchandises sont invitées à communiquer avec le professeur Robert Chapleau à l'École Polytechnique de Montréal (C.P. 6079, succ. Centre-ville, Montréal, Québec H3C 3A7 - télécopieur (514) 340-5763).