

LA GESTION DES STOCKS DE SEL SUR BASE D'UN INVENTORIAGE SELON LE MODÈLE-(R,S)

Tom Roelants ⁽¹⁾ et Luc Muyltermans ⁽²⁾

⁽¹⁾ Division de la Politique et de la Gestion Routières, Administration des Routes et des Communications,
Ministère de la Communauté flamande
Boulevard Albert II 20/4, B-1000 Bruxelles, Belgique
Tél.: +32-2-553-7928 / Fax: +31-2-553-7835
E-mail: tomjj.roelants@lin.vlaanderen.be

⁽²⁾ Centre pour la gestion industrielle
Université catholique de Louvain
Celestijnenlaan 300 A, B-3001 Heverlee, Belgique
Tél.: +32-16-322499 / Fax: +32-16-322986
E-mail: Luc.Muyltermans@cib.kuleuven.ac.be

1. Abrégé

Dans le passé, l'entretien hivernal en Flandre commençait en octobre à partir de grands stocks fixes. Au total, approximativement 38.000 tonnes de sel étaient stockées dans plusieurs dépôts au début de la saison d'hiver. Ces stocks étaient accumulés pendant l'été, à des prix plus bas (jusqu'à 5% moins chers), et correspondaient à la demande de sel au cours d'une période d'hiver "moyenne". En fonction des quantités de sel utilisées et des délais de livraison contractuels le nouveau sel était commandé pendant la période d'hiver aux prix d'hiver. Seulement vers la fin de l'hiver, l'on essayait de réduire les stocks. Cette politique présente incontestablement certains avantages: elle est facile à mettre en œuvre et elle permet une action relativement indépendante des fournisseurs de sel. Néanmoins, son désavantage principal consiste dans le fait qu'à la fin de l'hiver, il peut y rester des grandes quantités de sel inutilisées. Ces stocks doivent être gardés jusqu'à l'hiver suivant et entraînent des coûts d'entreposage considérables.

Pour affronter ce problème, un nouveau modèle de stock sur base d'un inventoriage selon le modèle-(R,S) a été développé. L'idée est d'arriver à une concordance plus étroite entre les inventaires de sel dans les dépôts d'une part, et la demande réelle de sel pendant les différents mois d'hiver d'autre part. Grâce à cette concordance plus étroite, en combinaison avec des délais de livraison plus courts et un meilleur échange d'informations sur les stocks entre les fournisseurs de sel et l'administration routière, les stocks pourront être réduits. Selon le modèle d'inventoriage (R,S), dès que le stock atteint un niveau minimal R, une commande est passée afin d'apporter le stock à un niveau maximal S. Ni le niveau minimal ni le niveau maximal des stocks ne sont fixés pour toute la période d'hiver; ils varieront chaque mois et pour chaque district. Les paramètres du modèle-(R,S) sont déterminés pour un niveau de service prédéfini et en fonction des données historiques de salage et de temps. Deux approches sont utilisées. La première approche est basée sur une régression multilinéaire (les prévisions du type de temps faites dans le passé sont confrontées avec l'utilisation de sel dans le passé correspondant à ces types de temps), la deuxième étant basée sur des données purement historiques des quantités de sel répandues. Les modèles permettent aux instances de soutien à la prise de décisions de savoir quand et combien de sel doit être commandé. Le premier modèle est plus exact, le deuxième plus facile à utiliser. Les deux modèles sont encore à peaufiner (données de temps, basées sur des données quotidiennes, ...) mais se sont déjà avérés utiles. En outre, des gains financiers significatifs semblent être possibles.

Après la mise en œuvre du modèle pour l'hiver suivant et après avoir alimenté le modèle avec des données spécifiques pour chaque district (quantité de mètres carrés à saler, zone climatologique, ...), chaque district gèrera ses propres stocks de sel sur base d'un processus de décision uniforme. Le modèle doit être alimenté avec de nouvelles données (récentes) pour devenir de plus en plus exact.

2. Introduction

En raison des responsabilités financières plus grandes de chacune des administrations au sein du ministère de la Communauté flamande, la nécessité de rationaliser également la gestion des stocks de sel a mené à une étude intéressante en coopération avec le centre pour la gestion industrielle de l'université de Louvain.

3. L'entretien hivernal dans la région flamande

Les compétences au niveau de la construction, de la gestion et de l'entretien du réseau routier principal (les autoroutes et les routes régionales) sont assignées aux 3 régions dans lesquelles la Belgique, comme État fédéral, est divisée : la Flandre, la Wallonie et la région Bruxelles-Capitale. En raison de cette fédéralisation, l'entretien hivernal sur le réseau routier principal, comme service fourni à l'utilisateur des routes, est fait par ces régions. Dans la région flamande, la gestion et l'entretien du réseau routier flamand - qui représente au total 6.200 km de routes, dont 1.300 km d'autoroutes (y compris les bretelles d'accès et de sortie) - sont pris en charge par 31 districts à l'intérieur des 5 provinces. L'organisation, la prise de décisions, l'inspection routière et le contrôle sur l'exécution relèvent de l'administration, tandis que l'exécution même est faite par des contractants du secteur privé. Chacun des districts est plutôt indépendant, mais cela n'empêche pas une coopération étroite avec les autres districts. Les districts font la gestion de leurs stocks de sel d'une manière assez indépendante. Dans le passé, cela a mené à une approche légèrement différente de la gestion de l'inventoriage et de la politique en ce qui concerne les nouvelles commandes dans chacun des districts.

Dans le passé, l'entretien hivernal en Flandre commençait dans la deuxième moitié du mois d'octobre à partir de grands stocks fixes. Au total, approximativement 38.000 tonnes de sel étaient stockées dans plusieurs dépôts au début de la saison d'hiver. Cette quantité correspond en générale à la demande de sel au cours d'une période d'hiver moyenne, mais exceptionnellement - pendant un hiver dur - il se peut également qu'elle est épuisée dans un délai de six semaines. Ces stocks étaient accumulés pendant l'été, à des prix plus bas (jusqu'à 5% moins chers), et représentent un prix d'achat de 2,2 millions d'euros.

	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	Année
1985-86	11,13	209,04	112,74	397,37	137,65	90,19	0,06	958
1986-87	0	5,81	140,59	308,17	239,33	134,11	0	828
1987-88	0	3,29	47,78	21,84	85,80	93,21	0,03	252
1988-89	0,16	32,06	7,07	65,87	30,64	5,79	0,12	142
1989-90	0	17,13	58,92	12,75	7,08	26,87	0,18	123
1990-91	0	37,47	164,43	117,78	553,06	0,53	0,33	874
1991-92	0	23,86	39,07	64,16	44,41	0,29	0	172
1992-93	4,19	7,55	53,29	72,01	134,14	18,76	0,08	290
1993-94	0,56	194,14	77,92	73,61	153,55	0,03	2,67	502
1994-95	0	0	109,98	250,10	26,80	75,19	0,36	462
1995-96	0,10	32,51	248,26	133,37	246,84	25,74	2,31	689
1996-97	0	127,98	241,50	169,15	17,25	2,02	0,01	558
1997-98	0,02	6,85	43,03	59,10	49,59	7,82	0,01	166
1998-99	0	95,14	223,44	133,63	301,37	3,23	0,32	757
µMOIS	1,15	56,63	112,00	134,21	144,82	34,56	0,46	484
σMOIS	3,08	71,48	80,36	112,52	150,79	44,37	0,87	298

Tableau 1: utilisation de sel (en g/m²) pour la région flamande

En fonction des quantités de sel utilisées et des délais de livraison contractuels, le nouveau sel était commandé pendant la période d'hiver aux prix d'hiver. Seulement vers la fin de l'hiver, l'on essayait de réduire les stocks. Cette politique présente incontestablement certains avantages: elle est facile à mettre en œuvre et elle permet une action relativement indépendante des fournisseurs de sel.

Néanmoins, son désavantage principal consiste dans le fait qu'à la fin de l'hiver, il peut y rester des grandes quantités de sel inutilisées. Ces stocks doivent être gardés jusqu'à l'hiver suivant et entraîneront des coûts d'entreposage considérables. En raison de la responsabilité financière plus grande il a fallu étudier des économies possibles, sans compromettre la sécurité opérationnelle.

4. But de l'étude

Pour affronter ce problème un nouveau modèle de stock sur base d'un inventariage selon le modèle-(R,S) a été développé. L'idée est d'arriver à une concordance plus étroite entre les inventaires de sel dans les dépôts d'une part, et la demande réelle de sel pendant les différents mois d'hiver d'autre part. Grâce à cette concordance plus étroite, en combinaison avec des délais de livraison plus courts et un meilleur échange d'informations sur les stocks entre les fournisseurs de sel et l'administration routière, les stocks pourront être réduits. Une première indication que la politique générale d'inventariage pouvait être améliorée est issue d'une comparaison de la relation entre la surface traitée et la capacité d'inventariage pour chaque district. Cette comparaison fait apparaître de grandes différences, bien qu'aucun district (à l'exception d'Eeklo) n'ait eu de grands problèmes d'inventariage au cours des quinze dernières années.

	District	Surface (mio m ²)	Silos horizontaux		Silos verticaux		Capacité totale (m ³)	# sorties
			#	Cap. (m ³)	#	Cap. (m ³)		
Anvers	112-Ruisbroek	2,424	2	880	4	250	1.130	28,0
	114-Geel	2,842	2	800	0	0	800	16,9
	121-Anvers	4,814	2	770	3	285	1.055	13,1
	123-Brecht	1,902	1	600	0	0	600	18,9
	124-Grobbendonk	1,821	1	800	2	200	1.000	32,9
	125-Vosselaar	3,673	2	800	0	0	800	13,1
	Total pour la province	17,476	10	4.650	9	735	5.385	18,5
Brabant flam.	211-Halle	1,616	2	880	3	375	1.255	37,3
	213-Herent	2,119	4	1.500	0	0	1.500	34,0
	221-Vilvorde	4,607	1	1.000	3	450	1.450	15,1
	222-Bertem	2,722	1	900	2	515	1.415	25,0
	224-Aarschot	2,092	4	1.100	0	0	1.100	25,2
	Total pour la province	13,156	12	5.380	8	1.340	6.720	24,5
Flandre occidentale	311-Bruges	2,293	3	950	0	0	950	24,9
	312 + 322 -Courtrai	4,534	8	1.650	0	0	1.650	21,8
	313-Ipres	2,163	2	800	0	0	800	22,2
	314-Dixmude	1,966	4	850	0	0	850	25,9
	315-Ostende	2,011	5	900	0	0	900	26,9
	316-Pittem	1,208	4	600	0	0	600	29,8
	321-Jabbeke	2,154	2	615	0	0	615	17,1
	Total pour la province	16,329	28	6.365	0	0	6.365	23,4
Flandre orientale	411-Gand	1,951	4	600	0	0	600	18,5
	412-Audenaerde	2,350	4	600	0	0	600	15,3
	413-Eeklo	2,404	1	100	2	120	220	5,5
	414-Saint-Nicolas	2,819	3	1.200	1	65	1.265	26,9
	415-Alost	1,834	1	800	2	125	925	30,3
	421-Gentbrugge	5,793	4	1.200	9	690	1.890	19,6
	Total pour la province	17,151	17	4.500	14	1.000	5.500	19,2
Limbourg	711-Saint-Trond	2,377	1	600	3	175	775	15,6
	712-Hasselt	2,840	3	1.050	3	185	1.235	20,9
	713-Neerpelt	1,920	1	1.000	2	150	1.150	28,8
	714-Tongres	1,757	2	800	5	240	1.040	28,4
	715-Maaseik	2,218	4	1.500	3	250	1.750	37,9
	716-Genk	3,420	2	1.000	4	315	1.315	18,5
	Total pour la province	14,532	13	5.950	20	1.315	7.265	24,0
Total pour la région flamande	78,644	80	26.845	51	4.390	31.235	21,2	

Tableau 2 : capacité d'inventariage (Anvers, Flandres occidentale et orientale avec 20 g/m², Brabant flamand et le Limbourg avec 25 g/m²)

L'objectif principal d'un modèle de stock est de pouvoir répondre aux deux questions suivantes: 'quand commander?' et 'combien commander?'. En l'occurrence, le choix pour un certain type de modèle et le projet de modèle lui-même ne sont pas si évidents, vue le degré élevé d'incertitude ainsi que la variabilité de la demande de sel.

5. Inventoriage selon le modèle-(R,S)

Selon le modèle d'inventariage (R,S), dès que le stock atteint un niveau minimal R (de l'anglais "reorder", niveau qui nécessite une nouvelle commande), une commande est passée afin d'apporter le stock à un niveau maximal S (le niveau du stock ou le niveau cible) (cfr. fig. 1). Ni le niveau minimal ni le niveau maximal des stocks ne sont fixés pour toute la période d'hiver; ils varieront chaque mois et pour chaque district.

Dans ce système une commande est passée une fois que le niveau de l'inventaire s'abaisse jusqu'au moins le point d'une nouvelle commande. Une quantité variable est commandée, de façon à permettre seulement que le niveau de l'inventaire atteigne le niveau maximal S, qui a été calculé en termes de niveau de service prédéfini. Après un délai LT ("lead time" ou délai de livraison), la commande est disponible pour répondre à la demande.

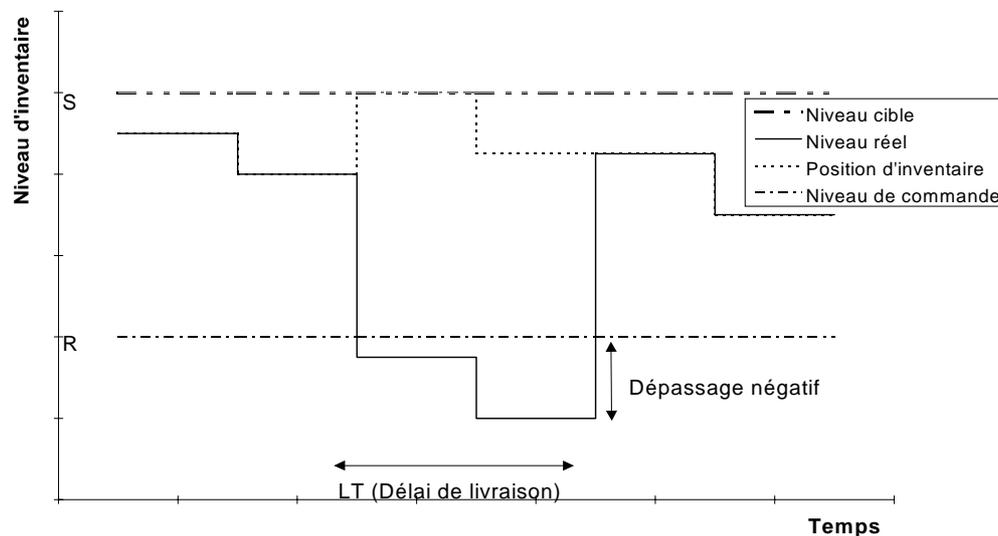


Figure 1: modèle-(R,S)

Dans un système de suivi continu une commande peut être passée dès que la demande de sel surgit. Par conséquent, il est nécessaire de passer une commande quand le niveau de l'inventaire est juste assez élevé pour être sûr pendant le délai de livraison. Quand la commande est passée exactement au moment où la position de l'inventaire atteint le niveau d'une nouvelle commande (le niveau dit 'R'), aucune pénurie ne se produira pendant le délai de livraison si la demande totale pendant ce délai de livraison reste en dessous du point de la nouvelle commande. Si la demande prévue pendant le délai de livraison égale exactement le point R, et s'il y a une répartition symétrique de la demande pendant le délai de livraison, nous pouvons nous attendre à une pénurie au milieu des cycles des nouvelles commandes. Ainsi, un stock régulateur est ajouté pour assurer que le point de la nouvelle commande est plus élevé que la demande prévue pendant le délai de livraison et la commande est disponible avant qu'une pénurie ne se produise. Ce stock régulateur SS est calculé en fonction d'un niveau de service prédéfini et égale $k\sigma_{LT}$, k étant un facteur de sécurité et σ_{LT} la déviation standard des erreurs de prévision sur μ_{LT} (= la demande moyenne prévue pendant le délai de livraison).

Les valeurs calculées pour SS , μ_{LT} et la demande mensuelle prévue $E(\text{mois})$ permettent de déduire des valeurs mensuelles pour le niveau d'une nouvelle commande R et le niveau maximal des stocks S .

Ce modèle a été choisi parmi d'autres modèles plus habituels parce qu'il part d'un suivi continu et il est utile dans le cas d'une demande variable. Considérant que des pénuries sont inacceptables pour l'entretien hivernal en raison de son volet socio-économique important, la préférence est donnée à un modèle de niveau de service dans lequel le niveau de service prédéfini est très élevé (à savoir 99,08%). Par conséquent, aucun coût de pénurie n'a été pris en considération. Les paramètres du modèle sont déterminés pour ce niveau de service prédéfini et en fonction des délais de livraison et des données historiques de salage et de temps. Ce modèle spécifique doit dans sa simplicité être utile pour tous les districts, en appliquant certains facteurs correcteurs si un district se trouve dans une situation trop différente des caractéristiques globales (par exemple: un climat plus doux, un autre sous-sol, location stratégique). Deux approximations sont utilisées.

6. Première approximation

La première approximation est basée sur une régression multilinéaire. Les prévisions du type de temps faites dans le passé sont confrontées avec l'utilisation de sel dans le passé correspondant à ces types de temps. Les prévisions de temps ont été mises à la disposition de la région flamande par le service météorologique des forces armées aériennes belges, et sont données sous forme de lettres, allant de A à G, représentant un type d'hiver. La lettre A correspond au type d'hiver le plus doux, tandis que la lettre G correspond au type d'hiver le plus dur. Le tableau 3 donne le nombre moyen de jours pendant un mois pour chacun des types d'hiver au cours des 14 derniers hivers.

	Type d'hiver					
	A	B	C	D	E	F
Nov	18,71	5,14	5,14	1,00	0,00	0,00
Déc	17,07	3,36	9,00	1,57	0,00	0,00
Jan	15,71	3,29	9,57	2,43	0,00	0,00
Fév	13,29	2,14	9,79	2,43	0,57	0,00
Mars	20,00	5,21	5,50	0,29	0,00	0,00

Tableau 3: nombre de jours moyen pendant un mois pour les types d'hiver A à F dans les périodes 1985-1986 et 1999-2000

En raison de la simplicité et aussi parce que les frontières des différentes zones climatiques ne correspondent pas avec celles des différents districts, la Flandre est considérée dans une première approximation comme une seule région pour laquelle un seul modèle est calculé (avec la possibilité susmentionnée d'utiliser des facteurs de correction). Quant aux données sur les quantités de sel répandues, des valeurs relatives (par rapport à la surface à traiter, qui peut légèrement différer d'année en année) sont utilisées. Avec ces données une équation de régression a été formulée pour chacun des mois d'hiver (novembre - mars). Dans ces équations, la quantité de sel moyenne utilisée pendant une semaine (= "LT" ou délai de livraison) ou pendant un certain mois est la fonction du nombre de jours ayant connu un certain type d'hiver dans cette période. Pour la plupart des équations la corrélation est au-dessus de 0,7, ce qui signifie que le type d'hiver joue vraiment un rôle significatif, mais également d'autres paramètres jouent un rôle moins important. Dans une première approximation ces derniers paramètres ont été négligés. La déviation maximale entre les données calculées sur base des équations de régression d'une part et les données concernant les quantités de sel réellement répandues dans un mois d'autre part, va jusqu'à approximativement 170 g/m². La déviation moyenne est seulement d'environ 30 à 40 g/m², ce qui correspond approximativement à environ 1,5 à 2 sorties de salage.

Pour le calcul des différentes valeurs R et S les 4 approximations suivantes ont également été utilisées: le dépassement négatif du niveau R est négligé, un mois compte 4 semaines indépendantes, le délai de livraison est d'une semaine et les quantités de sel répandues mensuellement sont normalement réparties.

		nov	déc	jan	fév	mars
(1)	SS	57,69	64,14	84,28	117,12	49,94
(2)	μ_{LT}	15,84	28,15	28,04	35,36	8,25
(3)=(1)+(2)	R	73,53	92,29	112,32	152,48	58,19
(4)	E(mois)	58,00	118,71	129,21	136,65	38,58
(5)=(3)+(4)	S	131,53	211,00	241,53	289,13	96,77

Tableau 4: valeurs paramétriques (en g/m²) pour le modèle-(R,S) sur base des équations de régression multilinéaires

Le tableau repris ci-dessus mentionne également le stock SS ("safety stock" ou stock de sécurité) (= 2,88 σ_{LT}) et la quantité moyenne de sel répandue prévue pendant un mois [E(mois)]; en l'occurrence, la valeur 2,88 est le facteur de sécurité qui correspond à un niveau de service de 0,998 dans le cas d'une répartition représentative normale. Les valeurs E(mois), μ_{LT} et σ_{LT} sont calculées par le biais d'équations de régression. Le point où une nouvelle commande doit être passée se situe parfois à un niveau plus élevé que celui de la demande pour le mois en question, ce qui signifie que la demande prévue pour un mois peut se produire dans un délai d'une semaine. Cela s'est avéré - bien qu'exceptionnellement - en pratique.

7. Deuxième approximation

La deuxième approximation est basée sur des données purement historiques des quantités de sel répandues. À cet effet, les données mensuelles de 14 hivers ont d'abord été introduites. Puisque dans cette approximation la répartition de la demande pendant le délai de livraison doit être connue, les données mensuelles disponibles ont été utilisées pour simuler des données hebdomadaires approximatives (données mensuelles divisées par 4).

	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr
1985-86	2,78	52,26	28,19	99,34	34,41	22,55	0,01
1986-87	0	1,45	35,15	77,04	59,83	33,53	0
1987-88	0	0,82	11,95	5,46	21,45	23,30	0,01
1988-89	0,04	8,02	1,77	16,47	7,66	1,45	0,03
1989-90	0	4,28	14,73	3,19	1,77	6,72	0,05
1990-91	0	9,37	41,11	29,44	138,27	0,13	0,08
1991-92	0	5,96	9,77	16,04	11,10	0,07	0
1992-93	1,05	1,89	13,32	18,00	33,54	4,69	0,02
1993-94	0,14	48,54	19,48	18,40	38,39	0,01	0,67
1994-95	0	0	27,50	62,52	6,70	18,80	0,09
1995-96	0,03	8,13	62,07	33,34	61,71	6,44	0,58
1996-97	0	31,99	60,37	42,29	4,31	0,50	0
1997-98	0,01	1,71	10,76	14,78	12,40	1,95	0
1998-99	0	23,79	55,86	33,41	75,34	0,81	0,08

Tableau 5: demande hebdomadaire (en g/m²) pour la région flamande

Les 4 mêmes approximations que dans la première approximation ont été utilisées. Dans cette approximation aussi, la Flandre est considérée comme une seule région, bien qu'en l'occurrence un calcul par province aurait été possible. Mais maintenant un calcul devient également possible pour les mois incomplets d'octobre et d'avril. Puisqu'en l'espèce, le même niveau de service de 0,998 a été

choisi, la quantité de sel répandue par mois doit être calculée, qui suffira dans 99,8% des cas pour satisfaire à la demande pendant le délai de livraison. Les résultats pour le taux 0,998 sont mentionnés au tableau ci-dessous.

		oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr
(1)	SS	2,45	38,00	34,02	65,21	100,42	24,62	0,54
(2)	μ_{LT}	0,29	14,16	28,00	33,55	36,21	8,64	0,12
(3)=(1)+(2)	R	2,74	52,16	62,02	98,76	136,63	33,26	0,66
(4)	E(mois)	1,15	56,63	112,00	134,21	144,82	34,56	0,46
(5)=(3)+(4)	S	3,89	108,79	174,02	232,97	281,45	67,82	1,12

Tableau 6: valeurs paramétriques (en g/m²) pour le modèle-(R,S), sur base de la technique directe

Le tableau ci-dessus mentionne également le stock SS (= R - μ_{LT}). La valeur R est calculée pour le taux 0,998 et les valeurs μ_{LT} et E(mois) (= μ_{mois}) sont tirées du tableau 1, dans lequel $\mu_{LT} = \mu_{\text{mois}}/4$.

8. Conclusions de l'étude

Les modèles permettent aux instances de soutien à la prise de décisions de savoir quand et combien de sel doit être commandé. Le premier modèle est plus exact mais il exige beaucoup de données et de temps, le deuxième modèle est plus facile à utiliser. Les résultats de la deuxième approximation s'avèrent environ 20 gr/m² (ce qui représente plus ou moins 1 sortie de salage) plus faibles que dans la première approximation. Cela signifie que dans le cas de la deuxième approximation, l'on attendra environ 1 sortie de salage de plus avant de passer une nouvelle commande que dans le cas de la première approximation. Cela est une conséquence de la présomption que le modèle hebdomadaire est identique au modèle mensuel. Puisque l'expérience montre que ceci n'est pas exactement le cas et que la demande peut surgir dans une période très courte, cette approximation sous-estime la demande possible pendant le délai de livraison. Les données quotidiennes doivent être substituées dans le modèle. Ainsi, les deux modèles exigent toujours davantage de peaufinage, mais ils se sont déjà avérés utiles. En outre, des gains financiers appropriés semblent être possibles. La capacité de stockage totale semble être réductible de 20 à 25%, ce qui signifie des économies significatives au niveau des coûts d'entrepôt.

Afin de pouvoir se donner une idée des résultats qui peuvent être obtenus si le modèle (2ième approximation) avait été utilisé dans le passé, une simulation a été faite pour un district aléatoire. Cette simulation a démontré qu'avec les valeurs actuelles des paramètres-modèles, des pénuries seraient survenues de temps à autre dans le passé. C'est une preuve de plus de la nécessité de nourrir les modèles avec des valeurs quotidiennes.

9. Mise en œuvre concrète

Pour chaque district l'on calcule la surface totale à traiter pour tous les itinéraires de salage en leur ensemble. Les surfaces avec de l'asphalte poreux sont calculées deux fois, parce qu'elles sont traitées également deux fois. La surface totale pour un district multiplié avec le taux de dissémination donne l'utilisation de sel pour une sortie dans un district. Le tableau repris ci-dessous montre le point R où une nouvelle commande est passée et le niveau maximal des stocks S, exprimé en fonction de la quantité. Ce tableau est basé sur les résultats de la deuxième approximation. Il a été adapté de la façon suivante:

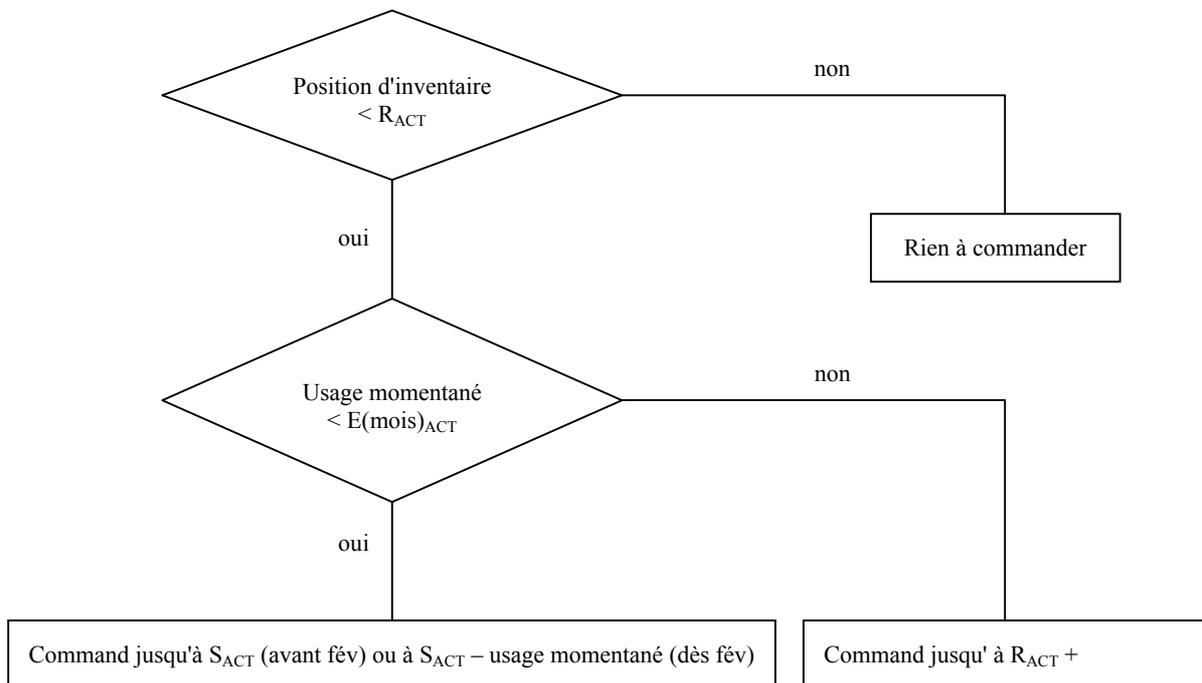
- 2,5 sorties supplémentaires sont ajustées en raison de la sous-estimation (cfr. 6. et 8.)
- $SS \geq 4$
- tous les chiffres ont été arrondis jusqu'à à un nombre pair (R) ou impair (S), pour faciliter l'interpolation
- en janvier les mêmes chiffres qu'en février ont été pris.

	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr
R	4	6	8	10	10	6	4
S	5	9	13	17	17	9	5

Tableau 7: valeurs R et S utilisées pour cet hiver dans la région flamande

La position de l'inventaire pendant un mois aléatoire doit être située entre ces deux valeurs (R et S). Cela signifie que si la position de l'inventaire devient inférieure à R, il doit y avoir une nouvelle commande pour apporter la position au niveau S. Dans la quatrième semaine de chaque mois (en décembre à partir de la troisième semaine, en raison de la période de vacances) les valeurs moyennes R et S du mois courant et du mois suivant doivent être prises en considération.

SEMAINES 1 – 3:



SEMAINE 4:

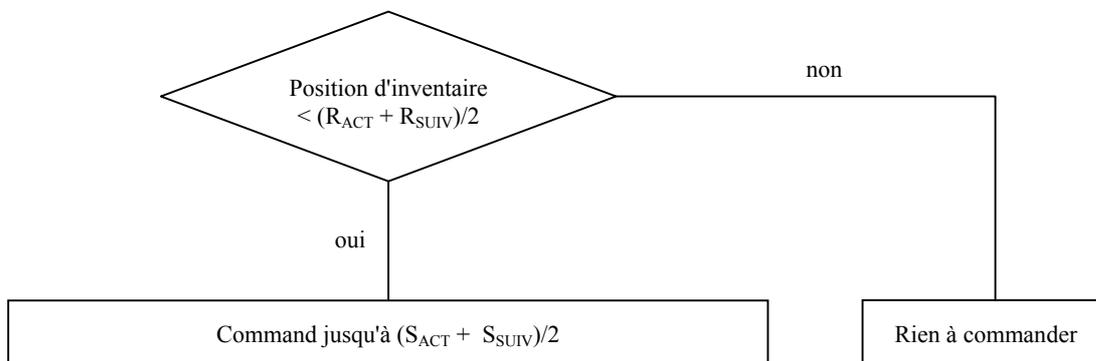


Figure 2: aperçu du processus de prise de décisions

Le premier octobre, les districts commencent avec une position d'inventaire limitée (la valeur S pour le mois d'octobre ou la position finale de l'hiver dernier, si elle était plus élevée que S). Cette position de l'inventaire est maintenue à son niveau et sera augmentée dès la deuxième moitié du mois de décembre à son niveau le plus élevé, qui sera maintenu jusqu'à la fin du mois de février. A partir de ce moment-là, le stock est réduit en fonction des circonstances de temps, de sorte qu'à la fin du mois d'avril le niveau S de 5 sorties puisse éventuellement être atteint. Il n'y aura plus de livraisons d'été.

10. Améliorations futures

Après la mise en œuvre du modèle pour l'hiver actuel et après l'alimentation du modèle avec les données spécifiques de l'district, chaque district de l'administration routière gèrera ses propres stocks de sel sur base d'un processus de prise de décisions uniforme. Le modèle doit être nourri avec de nouvelles données (récentes) et des données (quotidiennes) davantage détaillées pour devenir de plus en plus exact. Sur base des résultats de l'étude, les délais de livraison se sont raccourcis à 6 jours; l'année prochaine ils seront encore réduits à 4 ou 5 jours.

Après cette première étude en coopération avec l'université de Louvain, une deuxième étude a commencé. Dans le cadre de cette dernière étude, un modèle de simulation sera développé afin de pouvoir faire une analyse dite de sensibilité (l'influence de la variation du type d'hiver, du délai de livraison, du niveau de service...). Ainsi, sur base de fondements statistiques, une amélioration du modèle d'inventaire proposé et une évaluation du surplus financier et économique et du niveau de service du modèle amélioré seront possibles.