

DÉVELOPPEMENT EN VUE D'UN SERVICE HIVERNAL PRÉVENTIF – DÉBLAIMENT AVANT LES CHUTES DE NEIGE ET SALAGE AVANT LA FORMATION DE VERGLAS

Ruedi Hofer, Directeur
NSNW AG, Routes nationales nord-ouest de la suisse, Suisse
info@nsw.ch

ABSTRACT

Today's road users expect highways which are safe at all times and available also throughout the winter. This paper describes an integrated «preventive winter service» approach involving use of technology, logistics management, operations management and traffic management. By using the most up-to-date liquid spreading method, whereby brine is sprayed on the road surface at a travelling speed of up to 80 km per hour. This preventive intervention can be triggered before bad weather hits, and even during periods of heavy traffic. Management of the logistic chain for de-icing supplies no longer focuses on average use over the winter, but on ability to keep going for several days at a time. Operations management is the key management element here. Constant monitoring of the weather is assured using the most modern forecasting models. This enables a response rhythm of 72-24-3/1 hours in advance (adjust resources – prepare to mount operation – call in designated supervisor/drivers). The work is coordinated by an operations central control, which is responsible for 250 to 500 km of highway. Traffic management enables road users to anticipate and adjust to the particular circumstances. Post-evaluations trigger actions that ensure continual improvement. Using this «preventive winter maintenance» approach, road providers can meet the requirements of today's road users throughout the winter season.

RÉSUMÉ

De nos jours - même en hiver – les usagers de la route attendent que les routes à grand débit soient disponibles en permanence et sûres. Le rapport présente une approche intégrale du «Service hivernal préventif». Il traite des éléments technologiques, de la gestion logistique, de la gestion d'intervention et de la gestion du trafic. Grâce à la nouvelle technique d'épandage de liquides, on asperge la route de saumure à une vitesse pouvant atteindre 80 km/h. Cette intervention préventive est possible avant l'évènement, sans gêne et même en présence de fort trafic. La gestion de la chaîne logistique de lutte contre le gel n'est plus axée sur les besoins hivernaux moyens mais plutôt sur la capacité des matériaux à être efficace pendant plusieurs jours. La gestion des interventions est le principal élément de commande. Avec les modèles les plus modernes on garantit une observation météo continue. Ceci permet un rythme de commande « 72-24-3/1 » heures à l'avance (adaptation des ressources – préparation de l'intervention – mise sur pieds du chef d'intervention/des chauffeurs). La gestion d'ordre supérieur est assurée par une centrale d'exploitation qui est responsable de 250 à 500 km d'autoroute. Grâce à la gestion du trafic on parvient à ce que les usagers de la route puissent se préparer à l'avance à des circonstances particulières. Au moyen d'évaluations on initialise les mesures permettant une amélioration continue. Le « service hivernal préventif » permet ainsi aux exploitants des routes de répondre même en hiver aux hautes exigences des usagers de la route.

1. SITUATION INITIALE

Pourquoi les paralysies totales du trafic se produisent-elles sur les routes à grand débit, malgré le service hivernal actuel? Et quelles sont les exigences actuelles en ce qui concerne un service hivernal moderne?

1.1. Défaillance du service d'entretien

Le 14 décembre 2010, dans la région de Bâle, une paralysie totale du trafic survint lors de faibles chutes de neige à l'heure de pointe matinale. Que s'est-il passé et comment peut-on éviter de tels évènements?

Durant plusieurs jours aucune précipitation n'a été enregistrée. Sur la chaussée il n'y avait plus de restes de sel des interventions précédentes du service hivernal. Seules de faibles précipitations neigeuses étaient tout au plus annoncées. Jusqu'à 6 heures du matin, les chaussées étaient complètement sèches ; la température du sol et de l'air était de -2°C . Juste après on a enregistré de faibles précipitations sous forme de neige sèche. Vu la courte durée des précipitations l'alarme neige n'a pas été déclenchée par les sondes au sol. Le service de la voirie n'a donc pas été automatiquement mis sur pieds et les installations d'aspersion de produit de dégel aux endroits névralgiques ne se sont non plus pas enclenchées.



Illustration 1 – Défaillance du service hivernal (Bâle H18, 14.12.2010)

Vu le trafic journalier moyen de 120'000 véhicules par jour le volume de trafic dans les premières heures du matin était très élevé. Sous l'effet des véhicules circulant entre 80 et 120 km/h, la neige légère et sèche a été soulevée en tourbillon. Par réchauffement, une partie de la neige a fondu sous les pneus. L'eau ainsi formée a immédiatement gelé sur la surface froide de la chaussée créant une mince couche de glace. La chaussée qui était sèche jusqu'alors s'est transformée en patinoire. Les usagers de la route ne se sont pas rendu compte du danger et ont perdu le contrôle de leur véhicule au moindre freinage ou coup de volant. En un très court laps de temps de nombreux accidents de dérapage se sont produits sur tout le réseau autoroutier (voir illustration 1). Ceci a conduit à une paralysie totale du trafic. Les véhicules du service hivernal furent bloqués dans les bouchons ou même ne purent partiellement pas quitter les centres d'entretien. La situation ne s'est

améliorée que vers 8 heures du matin lorsque la température a augmenté. Les conditions de trafic sont revenues à la normale vers midi.

La société exploitante NSNW a dû reconnaître qu'aujourd'hui une telle situation n'est plus acceptable aussi bien du point de vue du propriétaire de la route que de celui des usagers. Si, en hiver aussi, on ne parvient pas à maintenir la route sûre et utilisable, ceci peut mener à ternir de manière catastrophique l'image de l'entreprise et donc la mettre en danger. Il s'agit dès lors de mieux tenir compte de ce qui est actuellement attendu du service hivernal sur les routes à grand débit et d'orienter les prestations en conséquence.

1.2. Exigences actuelles concernant le service hivernal

Aujourd'hui, les usagers de la route attendent que les routes à grand débit soient en permanence à disposition et sûres – même en hiver. Il faut relever qu'actuellement sur la plupart des autoroutes on enregistre une charge élevée de trafic. Des heures de pointe avec des charges de trafic à la limite de la capacité surviennent partiellement dès 5 heures et jusqu'à 20 heures. Même de petits incidents ont de grosses conséquences. De plus, suite aux modifications climatiques on observe des changements de température plus fréquents et des événements extrêmes plus forts. Dans ces circonstances, comment les exploitants peuvent-ils encore maîtriser le service hivernal? Le rapport présente une approche intégrale du «service hivernal préventif». Il traite des éléments technologiques, de la gestion logistique, de la gestion d'intervention et de la gestion du trafic.

La tâche du service hivernal est de garantir la sécurité du trafic et la capacité de la route dans les conditions hivernales [13]. Dans plusieurs rapports de recherche l'utilité économique d'un service hivernal effectué en temps utile a été démontrée [13]. Les calculs montrent qu'en moyenne une demi-heure après l'épandage, sur les routes en campagne, les coûts du service hivernal sont compensés par les coûts économiques (coût des accidents, coûts d'exploitation des véhicules, coûts horaires) [6].

Eu égard aux discussions à propos des effets nocifs, le «service hivernal différencié» s'est développé. Différencié signifie que l'épandage des produits est concrètement effectué de façon échelonnée selon l'importance du trafic ainsi que les conditions locales et climatiques lors de chaque intervention [5]. Il s'agit d'un service hivernal adapté aux conditions et exigences concernant la sécurité routière, l'économie et la protection de l'environnement [15]. Par épandage préventif, on entend un épandage effectué avant que les précipitations aient commencé. Ce procédé sert d'une part à ralentir le phénomène de la chaussée glissante (par exemple formation de givre) et d'autre part à faciliter le déneigement ultérieur. Ainsi, avant chaque événement de précipitation un épandage préventif est fortement conseillé [10]. En cas de chute de neige sur les autoroutes et les semi-autoroutes prévaut la règle du déneigement total [14].

2. RECOURS À LA TECHNOLOGIE

Afin que les usagers aient toujours à disposition une route sûre, un «service hivernal préventif» est nécessaire. Toutefois, des technologies adéquates existent-elles? Il s'agit de se concentrer sur la technologie concernant l'épandage car le déneigement ne peut être effectué qu'après la chute de neige. Comment la technologie d'épandage s'est-elle développée et avec quelles techniques un épandage préventif peut-il être réalisé?

2.1. Développement de la technologie de l'épandage

Avec l'augmentation du taux de motorisation et la nécessité de lutter contre la glissance hivernale, la technique d'épandage dans le service hivernal s'est, elle-aussi développée. En 1938 déjà, l'assiette d'épandage a été mise au point. Grâce à elle le produit d'épandage pouvait être dosé et dispersé régulièrement sur une plus grande largeur. Un développement significatif est survenu avec les «automates d'épandage». Par ce procédé, l'assiette d'épandage était alimentée automatiquement pendant le trajet. Depuis 1960 l'épandage en fonction du chemin parcouru a été introduit. Dans ce procédé, le dispositif d'épandage dosait automatiquement en fonction de la vitesse [3].

L'introduction de la technique du sel humide, étudiée en Suisse dès 1960 environ sous le nom de « sel d'adhésion » a constitué une étape supplémentaire. Dans les années 70 les recherches ont été poursuivies en Autriche et en Allemagne. Dès le début des années 80 la technique du sel humide a été introduite. Dans ce procédé, le sel n'est plus épandu à sec, mais humidifié avec une solution saline. Les véhicules du service hivernal doivent transporter le sel sec et la solution saline séparément. Ils ne sont mélangés que juste avant d'arriver sur l'assiette d'épandage. Moins de pertes de sel, effet de dégellement nettement plus rapide et plus efficace font que cette méthode a la préférence aussi bien du point de vue de la technique de la circulation et de l'économie que de celui de l'écologie. Aujourd'hui cette technique constitue le standard [3].

2.2. Epandage de liquides

Pour optimiser l'épandage préventif un pas supplémentaire est maintenant nécessaire dans le développement de la technique d'épandage car bien que la méthode du sel humide soit adaptée, elle n'est pas encore optimale. Sur la base des expériences faites jusqu'à ce jour on peut partir du principe que, pour l'épandage préventif, la technique d'épandage dans le service hivernal peut être complétée par une aspersion de pure solution saline (Epandeuse de produit liquide, voir illustration 2). Cette méthode constitue un nouveau pas important du développement [3].

Le procédé avec sel humide va toutefois conserver son utilité pour les épandages curatifs (intervention après la formation du givre) car il n'y a pas d'autre alternative si on doit épandre de grandes quantités de produit ou lors de très basses températures. Ceci est et reste la grande majorité des cas [3].

La recherche et la pratique ont démontré l'effectivité et l'efficience de l'aspersion avec des produits liquides dans le service hivernal. Les principaux avantages résident dans le fait que les produits restent plus longtemps en place, dans les économies de produit de dégellement pouvant aller jusqu'à 60%, dans le recouvrement rapide et la sécurité de l'effet ainsi que dans la possibilité de travailler avec de hautes vitesses d'intervention [12]. L'épandage de liquide (Sel humidifié FS 100) peut être effectué avec des vitesses d'intervention allant jusqu'à 80 km/h [1]. Sur les routes à grand débit, avec le FS 100 à 3g/m² par rapport au FS 30 à 8g/m², la teneur en restes de sel et donc l'effet sont plus élevés déjà après environ une heure [11]. Globalement, un effet constant du FS 100 d'une durée pouvant aller jusqu'à six heures a actuellement été mesuré [5]. Par contre, le sel à épandre FS 30 est rapidement chassé des traces de roulement [12]. La quantité restante de sel dans les traces de roulement après passage de 150 véhicules est encore de 30% [11]. Lors d'un épandage préventif de FS 30 sur des chaussées sèches ou légèrement humides, la teneur restante active n'est plus que de 15% environ [12].

3.1. Genres de sels et capacité à durer

A cause des divers genres d'extraction de sel, les sels à disposition pour le service hivernal sont également différents. En principe il existe trois genres d'extraction de sel: le sel gemme (de la mine), le sel obtenu par ébullition (obtenu par lavage chimique et cuisson) ainsi que le sel marin (obtenu par évaporation de l'eau de mer). En Europe, les trois sortes de sel sont utilisées pour le service hivernal; la plus grande partie provient du sel gemme [6]. En Suisse on utilise presque exclusivement le sel obtenu par ébullition. Lors de l'épandage de sel humide la différence entre les sels fins et les sels à gros grains est très relative au début de l'action de dégel; lors d'intervention avec épandage de liquide il n'y a même plus de différence [6]. Ainsi tous les genres de sel peuvent indifféremment être utilisés dans le cadre du service hivernal préventif.

Bien que les quantités de sel disponibles soient amplement suffisantes, on constate ou plutôt on constatait de gros problèmes d'approvisionnement dans le service hivernal [6]. Jusqu'à maintenant les dépôts de sel décentralisés des services routiers étaient dimensionnés selon les besoins hivernaux moyens. En règle générale ces dépôts correspondaient à 50% d'un besoin hivernal moyen [4]; actuellement environ 75% [16]. Suite à l'augmentation des événements extrêmes cette quantité peut déjà avoir été utilisée après peu de jours. De plus, dans des situations extrêmes, selon l'état des routes et en cas de forte demande, le ravitaillement en moyens de dégellement n'est pas toujours possible immédiatement. Il faut de plus noter que les dépôts centraux sont plus économiques que ceux qui sont décentralisés. De ce qui précède, on peut donc tirer la conclusion qu'aujourd'hui il est plus raisonnable de dimensionner les dépôts sur la base de la capacité des services de la voirie à durer que sur les besoins hivernaux moyens. Pour ceci, lors de situations météo extrêmes la capacité des dépôts décentralisés doit suffire pour cinq jours d'intervention [4].

3.2. Chaîne de la logistique

En se basant sur ce qui précède concernant la capacité du service hivernal à durer et donc d'avoir la possibilité d'un service hivernal préventif on peut affirmer que la chaîne de la logistique prend encore plus d'importance.

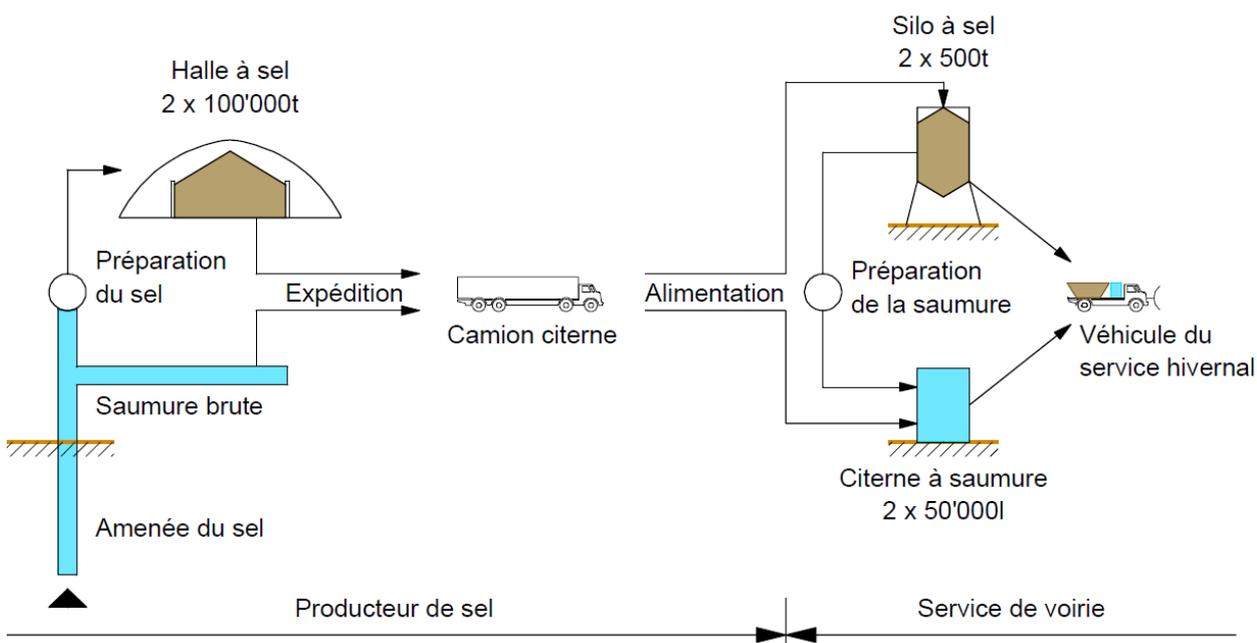


Illustration 3 – Chaîne logistique des matériaux de déverglçage

La chaîne de la logistique est décrite pour le sel obtenu par ébullition mais peut aussi être appliquée pour d'autres genres de sel (voir illustration 3). Pour des raisons économiques les grands dépôts centralisés sont plus adaptés que des petits dépôts décentralisés. Les dépôts centraux sous forme de halle à sel peuvent contenir jusqu'à 100'000 tonnes. Les petits dépôts décentralisés des services de voirie sont aujourd'hui conçus sous forme de silos à sel contenant jusqu'à 500 tonnes ; ceux-ci permettent une alimentation efficace des véhicules du service hivernal. Pour le service hivernal préventif, la saumure a une importance déterminante ; les besoins en saumure augmentent donc fortement. L'alimentation des véhicules du service hivernal se fait à partir de citernes à saumure allant jusqu'à des capacités de 50'000 litres et munies de pompes de grande puissance afin d'assurer le remplissage rapide des camions épandeurs de liquide d'une capacité de plus de 20'000 litres. L'alimentation des citernes à saumure peut se faire par des camions citernes directement depuis l'installation d'ébullition ou au moyen de préparation de saumure à la sortie du silo. Jusqu'à une distance de transport par camions citernes d'environ 100 km depuis l'installation d'ébullition les coûts sont à peu près identiques à ceux de la fabrication de saumure à la sortie du silo. Par contre les besoins en énergie sont environ trois fois moindres [17]. Pour des raisons économiques on doit limiter les citernes à saumures décentralisées. Pour répondre à la nécessité de la capacité à durer, une possibilité de préparation de saumure à la sortie du silo est pourtant indispensable pour les épandeurs de liquides des exploitants de routes décentralisés. Le ravitaillement en matériaux de déverglacement par des camions citernes doit en plus être assuré 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.

4. GESTION DE L'INTERVENTION

La technologie d'épandage et la gestion de la logistique des moyens de dégellement sont des conditions indispensables pour assurer un service hivernal préventif. Les interventions du service hivernal doivent pourtant être planifiées, déclenchées et exécutées par l'être humain. Avec quel rythme de commande une intervention peut-elle être rendue possible et quelles sont les conditions pour créer une organisation formative permettant de maintenir la route disponible en permanence et sûre en hiver?

4.1. Cycle d'intervention

Le cycle d'intervention sert de processus pour la planification, l'exécution, le contrôle et l'optimisation du service hivernal (voir illustration 4). Le rythme de commande «72-24-3/1» en constitue l'élément principal pour le service hivernal préventif.

La planification comprend des pas suivants. Tout d'abord il convient de préparer les ressources, ce qui veut dire la mise à disposition des engins du service hivernal, des matériaux de déverglacement et du personnel en quantité et qualité suffisantes. De plus, la formation du personnel doit être assurée grâce à des cours et des entraînements. Par une observation permanente des prévisions météo et de la route, on doit se donner la possibilité de prévenir les événements hivernaux. L'observation de la météo se fait au moyen de systèmes modernes de prévision météo. Pour l'observation de la route on utilise des stations de mesure le long de la route, des images vidéo et des courses de contrôle ponctuelles. Ces observations sont effectuées par des spécialistes de la centrale d'exploitation qui est responsable de 250 à 500 km de routes à grand débit [7].

Les interventions du service hivernal s'exécutent selon le rythme de commande «72-24-3/1» [8]. Cela signifie que 72 heures avant l'évènement les ressources sont adaptées en fonction des besoins. Particulièrement si on s'attend à des événements extrêmes – par exemple un danger de pluie givrante – on prépare des moyens supplémentaires permet-

tant de tenir sur la durée. L'intervention prévue est préparée 24 heures à l'avance ; elle est discutée avec les chauffeurs du service hivernal. Pour l'intervention effective, la centrale d'exploitation met sur pieds le chef d'intervention régional 3 heures à l'avance et les chauffeurs du service hivernal 1 heure à l'avance. Le chef d'intervention régional peut ainsi se faire à l'avance une image détaillée des conditions locales. Ceci permet une arrivée ordonnée des collaborateurs aux centres d'entretien ainsi que la préparation des derniers détails sur les engins du service hivernal et de mener les discussions de détail pour les interventions. Grâce à la technologie de l'épandage de liquides, ceci peut être effectué 2 à 4 heures avant l'évènement météo. On a ainsi suffisamment de temps à disposition pour traiter tous les tronçons de route concernés de façon préventive et si nécessaire avant les heures de pointe. De plus, le service hivernal peut être épaulé au moyen de la gestion de la circulation (voir chapitre 5). En cas de conditions extrêmes les services de dépannage pour les éventuels poids lourds bloqués sont décentralisés à l'avance [9].

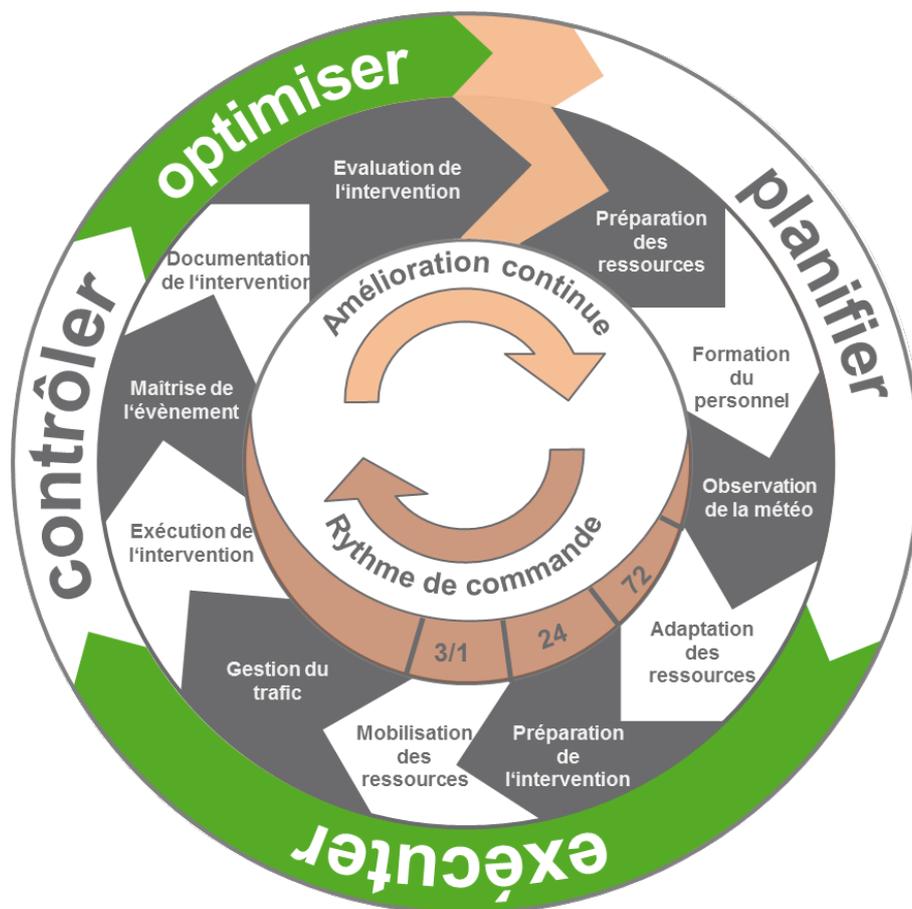


Illustration 4 – Cycle d'intervention du service hivernal

Le contrôle est effectué aussi bien en cours d'intervention qu'après celle-ci. Ceci dans le sens que l'observation de l'évolution de l'état de la route a lieu pendant l'intervention et que l'intervention des véhicules du service hivernal est suivie au moyen de systèmes dynamiques de localisation. De plus, selon les conditions atmosphériques et lors d'accidents, la gestion du trafic s'ajoute en renfort (voir chapitre 5).

L'optimisation des prochaines interventions se base sur des discussions au sein de l'équipe immédiatement après l'intervention. L'optimisation de l'entier du système se base sur des évaluations systématiques du cycle de chaque période hivernale.

4.2. Evaluation de l'évènement

A part les discussions qui font suite aux interventions et les évaluations annuelles systématiques, l'amélioration continue se base sur l'évaluation des évènements. Dès que surviennent des évènements avec de grosses conséquences, par exemple des bouchons prolongés ou de nombreux accidents dus au service hivernal, on établit systématiquement des rapports d'évènement. On y note l'évolution des conditions atmosphériques et de celle de la situation sur la route, le comportement des forces d'intervention, les accidents survenus, les bouchons et l'évaluation par les intervenants. Ceci nécessite la tenue d'une banque de données contenant les indications nécessaires. Celle-ci sert également à démontrer la capacité d'action du service hivernal et fournit les bases nécessaires dans le cas où des questions de responsabilité doivent être clarifiées.

Les résultats des rapports d'évènement sont analysés par des spécialistes et des mesures sont proposées. Les responsables de la gestion prennent des décisions quant aux éventuelles mesures d'urgence qui doivent encore être mise en œuvre durant l'hiver en cours ou quant aux mesures ordinaires pour l'hiver suivant. Ainsi, la nécessité d'un service hivernal préventif citée dans le rapport d'évènement selon le chapitre 1.1 «Défaillance du service d'entretien» du présent rapport a-t-elle été reconnue début 2011 et mise en œuvre de manière échelonnée.

5. GESTION DU TRAFIC

Pour que le service hivernal préventif puisse développer tous ses effets, les usagers de la route doivent être intégrés dans le processus. On doit parvenir à ce qu'ils soient préparés aux conditions de circulation et puissent adapter leur comportement en conséquence. De plus, en cas de conditions atmosphériques extrêmes ou d'accidents les installations de gestion du trafic doivent être activées comme aide. Lors des interventions du service hivernal ainsi que pour les instructions concernant la gestion du trafic, la direction des opérations est du ressort de l'exploitant de la route; la coordination est assurée par la centrale d'exploitation [7].

5.1. Information concernant le trafic

Les usagers de la route doivent être rendus attentifs aux particularités de la route en hiver. En principe, une obligation d'équipement d'hiver devrait être édictée dans les régions où des évènements hivernaux surviennent régulièrement pendant les mois d'hiver (En Suisse ce n'est pas encore le cas). De plus des indications journalières quant aux conditions routières attendues et à d'éventuelles modifications de l'état de la chaussée qui sont apparues devraient être communiquées aux usagers de la route (radio, SMS, Apps, GPS, etc.). Ces informations doivent être préparées et transmises par les services d'information existants.

De plus, au moyen de panneaux routiers à message variable sur le tronçon concerné, les usagers de la route peuvent être rendus attentifs aux conditions locales. Ces messages contiennent des indications hivernales et concernant les dangers, ainsi que les éventuelles limitations de vitesse. La diffusion de ces informations dépend du chef d'intervention en fonction. Le plan de gestion du trafic pour le service hivernal sert de base.

5.2. Gestion de la circulation

Au moyen de l'information citée ci-dessus, on génère une première gestion du trafic puisque les usagers de la route adaptent leur comportement aux conditions routières. Lors d'évènements extraordinaires le plan d'intervention du service hivernal et le concept de

dépannage viennent s'ajouter [9]. Dans ce contexte, les mesures de la technique de la circulation peuvent être intégrées au plan de gestion du trafic dans le service hivernal. Lorsque des événements météo sont annoncés, par exemple de fortes chutes de neige, il s'agit de détourner préventivement le trafic lourd, de le doser ou même, dans des cas extrêmes le stopper pour que les véhicules du service hivernal puissent circuler en permanence et ne soient pas bloqués par des poids lourds en panne.

En cas d'accidents ou lorsque des véhicules sont bloqués, il y a lieu de dégager immédiatement les voies de circulation. En principe, cela est possible puisqu'avec le service hivernal préventif il n'y a pratiquement jamais de blessés graves. De plus grâce aux services de dépannage décentralisés au préalable, les poids lourds aussi peuvent être écartés rapidement.

6. DÉVELOPPEMENTS

L'approche intégrale «Service hivernal préventif» nécessite encore des développements. Le concept qui veut que les événements du service hivernal peuvent être planifiés et que les mesures peuvent être réalisées au préalable doit être implémenté à tous les niveaux. Ce faisant on pourra voir où des améliorations supplémentaires sont possibles et déterminer quels développement techniques sont nécessaires.

Dans le domaine technique, certains développements sont déjà en cours. Dans le domaine des prévisions météo et des pronostics routiers on travaille intensément afin de pouvoir donner aux chefs d'interventions des prévisions avec des recommandations d'intervention. Celles-ci se basent sur des modèles micro-climatiques et des scénarios d'intervention. La possibilité de traiter de grandes quantités de données et les pronostics se basant sur des algorithmes vont permettre de pousser ce développement dans les prochaines années. La question du financement du développement et des spécialistes pour son utilisation reste posée.

La technique d'épandage des matériaux de déverglaçage va évoluer dans le sens d'un épandage de saumure flexible. La teneur en sel humide (FS) variera entre 30% (note de l'auteur, 15%) et 100% [11]. Restent à définir les teneurs en sel humide qui doivent être appliquées et si les techniques d'épandage actuelles doivent encore être développées. De plus, l'automatisation de l'épandage va être poussée plus avant. Celle-ci devient possible grâce à une utilisation renforcée de l'électronique et du traitement des données. Le but est de parvenir à un épandage plus précis et à décharger le personnel. Aujourd'hui, cette technique est déjà partiellement utilisée grâce à des caméras à infrarouge installées dans les véhicules du service hivernal [3].

Dans la gestion du trafic, l'information déterminante pour les usagers de la route sera transmise directement dans les véhicules par un système d'information adéquat. De plus, grâce à un système Push, les automobilistes recevront les informations et les indications quant au comportement sur les systèmes de leur choix avant leur départ pour le voyage prévu.

Avec l'approche intégrale «service hivernal préventif» les exploitants de routes peuvent répondre aux exigences accrues des usagers de la route qui attendent des route à grand débit toujours à disposition et sûres. Une mise en œuvre efficace exige une orientation en conséquence vers le « service hivernal préventif » et donc vers le concept d'un service hivernal planifiable et préventif.

RÉFÉRENCES

1. Boschung, Küpper-Weisser (2012). Epandeuse de liquides (FullWet). Esquisse de projet.
2. Boschung, Küpper-Weisser (2013). Engin d'épandage combiné (CombiWet). Prospectus.
3. Hanke H. (2010). La technique d'épandage de l'avenir: Optimisation de l'effet et assurance qualité. Route et trafic no 10, pp. 18-24.
4. Hanke H. (2011) Quantité de réserve en sel et gestion des stocks de sel – Recommandations sur la base des expériences faites pendant l'hiver extrême 2009/2010. Symposium ASTRAD 2011 à Wels.
5. Hanke H. (2012). Nouvelles constatations et stratégies concernant l'utilisation de produits d'épandage en Allemagne. 2ème congrès national du service hivernal à Bâle.
6. Hanke H. (2013). Le sel – un élixir de vie: Nouvelles constatations concernant l'utilisation du sel dans le service hivernal. Strassenverkehrstechnik 2.2013, pp 95-100.
7. Hofer R. (2013). Netzwerkindustrie Strasse – Développement de l'exploitation. Recueil d'articles, Walter Straumann, canton de Soleure, pp 573-596.
8. Hofmann M. (2011). Leitfaden Winterdienst für Bundes- und Landesstrassen. Symposium ASTRAD 2011 à Wels.
9. Maier-Farkas H. (2013). Gestion moderne du service hivernal sur la base de l'exemple du tronçon d'autoroute A21 Alland. Symposium ASTRAD 2013 à Wels.
10. Neuhold J. (2013). Rapport de recherche sur l'optimisation de l'épandage de sel humide. TU Vienne, Institut für Verkehrswissenschaften.
11. Neuhold J. (2013). Epanchage de saumure dans le service hivernal. Symposium ASTRAD 2013 à Wels.
12. Niebrügge L. (2012). Expériences pratiques avec l'épandage de solutions salines de dégellement. Strassenverkehrstechnik 5.2012, pp 288-296.
13. Norme suisse, SN 640 750b (2007). Service hivernal; norme de base.
14. Norme suisse, SN 640 756a (1991). Service hivernal; degrés d'urgence – Niveau du service hivernal – Plan et registre des itinéraires – Plan d'intervention.
15. Norme suisse, SN 640 761b (2010). Service hivernal; déneigement.
16. Norme suisse, SN 640 722b (2001). Service hivernal; lutte contre la glissance hivernale au moyen de matériaux d'épandage.
17. SPLAN (2012). Bilan énergétique et bilan des coûts Sel/saumure (pour 1 tonne de sel).