

LE PROJET LE PLUS IMPORTANT MENE EN FINLANDE POUR LA PROTECTION DES NAPPES PHREATIQUES – AU NIVEAU DE LA ROUTE NATIONALE 25, LE COUT DES STRUCTURES DE PROTECTION S'ELEVE A ENVIRON 3,8 MILLIONS DE DOLLARS

Pekka Vallius

Finnish Road Enterprise, Services environnementaux

B.P. 2000, FIN 45101 Kouvola, Finlande

Tél.: +358-204 44 6373 / Télécopie: +358-204 44 6371

E-mail: pekka.vallius@tieliikelaitos.fi

1. Résumé

L'aire concerné par le projet, Hanko-Skogby, est situé dans le Sud de la Finlande, dans la région de la crête de Salpausselkä I, formée en marge de la glace stagnante. Sur toute son étendue (environ 20 km), il s'agit d'un bassin d'eau souterraine de 1^{ère} classe qui contient 5 bassins à part. Or, comme il est probable qu'il y ait des nappes phréatiques libres dans la plupart de la région de Hankoniemi, l'espace situé entre la surface terrestre et les eaux souterraines s'avère critique du point de vue de la protection. De plus, un facteur de grand risque en ce qui concerne les nappes phréatiques est que, sur le presqu'île de Hankoniemi, le niveau des eaux souterraines est en grande partie près de la surface terrestre, à beaucoup d'endroits seulement à une profondeur de 1 à 3 mètres.

Le projet pour la protection des nappes phréatiques des régions Hanko-Skogby est de loin le plus grand des projets réalisés jusqu'ici en Finlande. Des structures protectrices seront construites sur 16,5 km et plus de 300 000 m² de talus routiers seront protégés. Les points de rejet seront au nombre de 14, dont 10 vers la mer et 4 vers la terre. Trois stations de pompage seront construites. Le matériel utilisé à des fins de protection consistera en revêtement en bentonite ou en bentonite argileuse. Si le coût total utilisé pour le calcul des protections des eaux souterraines égale à 0,254 millions de dollars par kilomètre à protéger, les coûts de protection s'élèvent à environ 3,8 millions de dollars (4,2 millions d'euros).

2. Introduction

Le projet pour l'aménagement de la route nationale 25 ainsi que pour sa reconstruction partielle entre Hanko et Skogby a été présenté en 1993. Les principaux motifs pour ce projet étaient:

- le problème sur ce tronçon est double: la géométrie horizontale d'un côté et l'étroitesse de la route (8/7 m) de l'autre

- les incidences d'accidents considérablement plus fréquentes que sur les routes principales en général (la section en question: 1.09 acc./km/an contre la moyenne de 0.44 acc./km/an sur d'autres routes principales)
- la proportion des véhicules lourds sur cette route est anormalement grande, d'environ 14 % à cause du port d'importations de Hanko
- les Forces de défense ont un terrain d'exercice sur le presqu'île de Hankoniemi, ce qui augmente occasionnellement le nombre de véhicules lourds et lents
- du point de vue du tourisme, Hanko est une destination de grande intérêt, ce qui augmente considérablement le nombre de véhicules en été

L'étendue des protections de nappes phréatiques et d'autres questions ont été très faiblement présentées dans le cadre du projet de route de 1993. Par conséquent, il a fallu compléter le projet de 1998 au niveau des protections de nappes phréatiques avant de pouvoir entreprendre l'élaboration du plan de construction. En 1998, les représentants de Tielaitos (Direction générale des routes de Finlande) (voirie d'Uusimaa et consultation) avaient plusieurs négociations avec les villes de Tammisaari et de Hanko ainsi qu'avec les représentants du centre de la protection de l'environnement d'Uusimaa. Ces négociations visaient à définir les zones dans lesquelles il faudrait réaliser des protections de nappes phréatiques ou des systèmes de drainage.

La coupe de la nouvelle route sera de 10.5/7.5 m et sa longueur d'environ 1.1 km inférieure à celle de la route actuelle. Les coûts totaux seront d'environ 14.4 millions de dollars, dont la part des protections de nappes phréatiques s'élèvera à non moins de 3.8 millions de dollars environ. La construction de la route a commencé en 1999; en l'an 2000, le parcours entre Lappohja et Skogby (5.7 km) a été ouvert au public. En l'an 2000, environ 180 000 m² de protections ont été réalisées; le reste, soit environ 120 000 m², le seront en 2001. Une membrane bentonite sera utilisée pour servir de barrière d'étanchéisation. La figure 1 montre la situation du tronçon Hanko-Skogby où le projet sera réalisé.

Cet article traite du besoin de protection des eaux souterraines à proximité de la route nationale 25 du point de vue de l'approvisionnement en eau des villes de Hanko et de Tammisaari (région de Skogby); de plus, les protections déjà prévues seront considérées en relation avec les nouvelles instructions données par la Direction générale des routes de Finlande.

3. Risques Causes Par La Circulation Routiere, La Construction Et L'Entretien Des Routes

Sur la route nationale 25, entre Hanko et Skogby, le volume de trafic est de 3300 véhicules par jour, dont la part du trafic de poids lourds monte jusqu'à 14 %. Il est estimé que le volume atteindra le niveau d'environ 5700 véhicules par jour avant l'an 2010. Quant à l'entretien des routes d'hiver, cette section de route appartient à la classe supérieure (IS) puisque la circulation lourde et les transports de substances dangereuses y sont considérables (Finnra 1995). En 1997, le volume des transports de



Figure 1. Situation Du Tronçon Hanko-Skogby, Route Nationale 25, Concerné Par Le Projet D'Aménagement.

liquides inflammables était de 2000 à 3000 tonnes par semaine et celui des autres substances dangereuses de moins de 500 tonnes par semaine. Etant donné que cette section de route appartient à la classe supérieure de maintenance d'hiver, la quantité du sel utilisé en hiver est considérable; environ 13 tonnes/km/an.

4. Geologie de Nappes Phreatiques Du Bassin

La superficie concernée par le projet de route Hanko-Skogby a été classée, sur presque toute sa longueur (environ 20 km), comme bassin d'eau souterraine de la classe I. Elle compte en tout quatre bassins d'eau souterraine (Hanko, Sandö-Grönvik, Isolähde, Lappohja) sur le territoire de la ville de Hanko, ainsi que celui de Skogby à Tammisaari. Le projet de route s'inscrit entièrement dans la zone de la crête de la Salpausselkä I.

La crête de la Salpausselkä se distingue du reste du terrain sous forme d'une dorsale dont la hauteur au-dessus du niveau de mer est d'environ 10 m à proximité de la ville de Hanko (plus de 20 mètres dans la région de Lappohja). L'eau souterraine atteint son niveau maximum à peu près vers le milieu de la Salpausselkä: à l'est de l'agglomération de Hanko, ce niveau est d'abord à environ 3,5 mètres au-dessus du niveau de mer contre environ 14 mètres dans la région de Lappohja. Près de la côte, les ni-

veaux d'eau sont très près de celui de l'eau de mer. En ce qui concerne le presqu'île de Hankoniemi, contourné par la mer, les facteurs provoquant des variations de niveau de l'eau souterraine sont dus non seulement aux précipitations, à l'absorption, etc., mais aussi aux variations du niveau de l'eau de mer. Il est à supposer qu'il y a de l'eau souterraine libre dans la majeure partie du presqu'île de Hankoniemi; par conséquent l'espace entre le niveau du sol et le niveau de l'eau souterraine s'avère critique du point de vue de la protection. Un grand risque aux eaux souterraines est également causé par le fait que, sur le presqu'île de Hankoniemi, le niveau de l'eau souterraine est principalement près de le niveau du sol, souvent seulement à une profondeur de 1 à 3 mètres.

5. Critères Pour L'Évaluation Du Besoin De Protection Des Nappes Phréatiques

Certains critères pour déterminer le besoin de protéger les eaux souterraines sur une section de route ont été présentés dans la publication « Protection de l'eau souterraine au niveau de la route » (Finnra 1993, 2000). D'après les nouvelles instructions, les talus seront protégés si:

- les risques sont importants au niveau d'une station de pompage existante ou future, quand du sel est épandu sur la route (la teneur en chlorure, par exemple, est supérieure à 25 mg/l ou tend clairement à monter, avec un taux de risque supérieur à 75)

Une protection doit être construite également dans les situations dans lesquelles les trois critères ci-dessous se remplissent:

- une station de pompage existe dans la zone du bassin d'eau souterraine ou une zone de pompage y est prévue
- le débit d'eau souterraine est dirigé de la route vers la station de pompage ou la zone de pompage prévue
- la quantité du sel épandu par an dépassera les 8 tonnes par kilomètre ou le volume des transports de substances dangereuses sera de plus de 100 000 tonnes par an.

Au lieu de construire directement les protections, il a été prévu d'effectuer un suivi de la teneur en chlorure, de diminuer les épandages du sel ou d'aménager les fossés afin d'accélérer l'écoulement des eaux de surface; ceci dans les cas où au moins l'une des conditions 1 à 3 ne serait pas entièrement remplie.

6. Proposition De Protection Des Bassins D' Eau Souterraine

Les négociations pour la définition de la zone à protéger et la réalisation du drainage se sont basées sur le texte ci-dessous. S'appuyant sur la proposition du 11 juin 1998, la Direction générale des routes de Finlande a mené des négociations avec les parties intéressées (villes de Hanko et Tammissaari, Centre de protection environnementale d'Uusimaa) pour définir le territoire à protéger et pour réaliser le drainage.

Le prix total opté pour calculer les coûts de protection était de 0,227 millions de dollars par kilomètre à protéger (Vallius 2000). Il a été supposé que la superficie de coupe à protéger serait de 16 m. Le

prix total comprend: la couche d'étanchéisation (membrane bentonite/sol-bentonite), couches de protection, égouts pluviaux, drainage (canalisations) et stations de pompage.

Le tableau 1 montre que la ville de Hanko doit avoir recours à plusieurs petites stations de pompage pour assurer l'alimentation en eau de consommation. Ceci parce que la quantité d'eau souterraine reste relativement réduite dans ces zones de bassins d'eau souterraine dont le sol est principalement composé de formations sableuses situées entre zones rocheuses. Le tableau 1 indique combien la teneur en chlorure est faible dans les stations de pompage de la ville de Hanko bien que plusieurs de ces stations se trouvent à l'approximité immédiate de la route nationale 25. La teneur en chlorure de toutes ces stations de pompage est inférieure à la valeur de 25 mg/l, limite de corrosion pour des matériaux de canalisations. Or, étant d'environ 60 mg/l, la teneur en chlorure de la station de pompage de la ville de Tammisaari (Harparskog) est trop élevée. L'incidence de l'épandage du sel est évidente.

La route nationale entre Hanko et Skogby est située presque entièrement, soit sur environ 19,6 km, dans une zone de bassin d'eau souterraine de la classe I. Selon les premières estimations, les coûts de protection seraient au total d'environ de 4,5 millions de dollars (le prix pour un kilomètre à protéger étant de 0,227 millions de dollars).

Aucune protection d'eau souterraine n'est proposée aux sites suivants:

- Bassin d'eau souterraine de Hanko (intervalles entre les pieux 0-4600): Motifs: La zone d'incidence de la station de pompage de Silversand ne s'étend pas jusqu'à celle de la construction de la route nationale, mais s'inscrit entièrement dans le cadre du réseau de chaussées de la ville de Hanko. Dans la zone en question se trouve la station de pompage de Furunäs, polluée et hors d'usage
- Bassin d'eau souterraine de Lappohja (intervalles entre les pieux 15350-17800): Motifs: Les puits les plus anciens de la station de pompage de Lappohja ne sont plus en usage; aucune prise d'eau supplémentaire n'a été prévue au niveau de cette zone
- Intervalles entre les pieux 17800-20000: Motifs: la zone n'a pas été classée comme un bassin d'eau souterraine important

Les protections d'eau souterraine seront réalisées aux intervalles entre les pieux: 4600-154000 et 20000-21800. La zone à protéger est longue de 12,6 km et les coûts totaux d'environ 2,9 millions de dollars. L'étendue et le drainage de la zone à protéger sont à préciser au moyen d'études ultérieures.

Tableau 1. Teneurs En Chlorure Des Stations De Pompage Des Villes De Hanko Et Tammisaari (Skogby) Inconnue = Chlorure Non Analysé).

Bassin d'eau souterraine et station de pompage	Teneur en chlorure (mg/l)	Prise d'échantillon
<i><u>Bassin d'eau souterraine de Hanko:</u></i>		
• Silversand	INCONNUE	
• Route Mannerheimintie	17	16.10.1996
• Terrain de tir	INCONNUE	
• Furunäs	12	10.01.1996
• Cebal Printal Oy	INCONNUE	
<i><u>Bassin d'eau souterraine de Sandö-Grönvik:</u></i>		
• Plage Santalanranta	12	07.04.1997
	8	10.01.1996
• Broars 1 et 2 (Oy Forcit Ab)	INCONNUE	
• Visko Oy	INCONNUE	
<i><u>Bassin d'eau souterraine d'Isolähde:</u></i>		
• Isolähde	9	06.08.1997
	12	07.04.1997
	8	10.01.1996
	7	13.11.1995
	6	07.07.1993
• Grop (Nouvelle station de pompage de Lappohja)	2	16.10.1996
<i><u>Bassin d'eau souterraine de Lappohja:</u></i>		
• Ancienne station de pompage de Lappohja	NON UTILISEE	
<i><u>Bassin d'eau souterraine de Skogby:</u></i>		
• Harparskog	59	23.09.1998
	56	23.06.1998
	62	24.02.1998

7. Bassins D'Eau Souterraine A Proteger

Après les négociations, il a été décidé de la construction des protections d'eau souterraine suivantes: Aux intervalles entre les pieux 1000 – 15.600 et 19.920 – 21.739. Au total, les protections concernent donc une zone routière de 16,5 km. Les protections seront réalisées avec quelques modifications par rapport à la proposition initiale, surtout au niveau de la première partie du plan de protection. Cette partie ne serait pas protégée étant donné que, dans cette région (celle de la station de pompage

de Furunäs), l'eau souterraine est polluée et par conséquent non utilisable comme eau destinée à la consommation domestique.

8. Coûts De Protection Des Nappes Phreatiques

Les coûts de planning pour la réalisation des protections d'eau souterraine sont d'environ 0,18 millions de dollars. Surtout le planning du drainage a été très difficile dû au fait que les variations de niveau de sol sont minimales. Les coûts de planning correspondent à environ 5 % des coûts de construction totaux.

Le total des coûts de protection sera d'environ 3,8 millions de dollars; la superficie à protéger sera d'environ 330 000 m². Le prix total sera donc d'environ 11,5 dollars par mètre carré et le prix par kilomètre de route d'environ 0,227 millions de dollars par kilomètre. La couche d'étanchéisation consistera d'une membrane bentonite complétée de plastiques HDPE de 0,3 mm dans les zones dans lesquelles l'inclinaison du sol est inférieure à 0,3 %. La décomposition des coûts est la suivante:

- forme du talus, couche d'étanchéisation, tuyau de drainage et couche de protection; 9 dollars/m² x 330 000 m²: = 3,0 millions de dollars
 - égout parallèle à la route; env. 4500 m x 76 dollars/m: = 0,3 millions de dollars
 - égouts de décharge, tubes de pression; env. 4300 m x 76 dollars/m: = 0,3 millions de dollars
 - stations de pompage; 4 x 45 000 dollars: = 0,2 millions de dollars
- Total: 3,8 millions de dollars

9. Conclusions

La protection de nappes phréatiques entre Hanko et Skogby est de loin le plus grand projet qu'on ait réalisé en Finlande. Les coûts en seront d'environ 3,8 millions de dollars. Les protections seront construites sur 16,5 kilomètres et environ 300 000 m² de talus seront protégés. Les points de décharge seront au nombre de 14, dont 10 à la mer et 4 à la terre. 4 stations de pompage seront construites. La membrane bentonite sera utilisée comme matériau de protection.

Comme il est à supposer que la majorité du presque île de Hankoniemi possède de l'eau souterraine libre, l'espace entre le niveau du sol et le niveau d'eau souterraine est critique du point de vue de la protection. L'autre facteur de risque important réside dans le fait que le niveau d'eau souterraine est pour la plupart très proche de celui du sol sur le tout le presque île de Hankoniemi, souvent seulement à une profondeur de 1 à 3 mètres. L'approvisionnement en eau de la ville de Hanko nécessite plusieurs petites stations de pompage. Ces stations sont situés à proximité de la route nationale 25.

La teneur en chlorure des stations de pompage de la ville de Hanko, situées à proximité de la route nationale 25, est très faible, inférieure à 25 mg/l. Par conséquent, il n'est pas nécessaire de réaliser des protections d'eau souterraine à cause de l'épandage du sel sur les routes. En effet, les protections seront réalisées principalement à cause du risque d'accident lors des transports des substances dangereuses. Or, la protection de la station de pompage de la ville de Tammisaari (Harparskog) s'avère néces-

saire également à cause de l'épandage du sel, étant donné que la teneur en chlorure est relativement élevée, soit de 60 mg/l.

Pourquoi sera-t-il nécessaire de réaliser des protections d'eau souterraine sur pas moins de 16,5 km à l'occasion de l'aménagement de la route nationale 25 Hanko-Skogby ? Quelques uns des motifs ont déjà été présentés ci-dessus. Néanmoins, il faut dire que le tronçon à protéger serait plus court si suffisamment d'études avaient été effectuées dès la phase de planification de la route pour définir les bassins d'eau souterraine. Par ailleurs, il faudrait soulever la question concernant la nécessité de protection d'une zone de bassin d'eau souterraine pollué à la suite d'une fuite de substances toxiques (soit celui de Furunäs) !

10. References

Finnra (Finnish Road Administration), 1993. Groundwater Protection Along Roads. ISBN 951-47-8100-7. TIEL 2140001E, 31 p.

Finnra (Finnish Road Administration), 1995. Winter Maintenance Policy In Finland 1996-. ISBN 951-726-120.9. TIEL 2230014E, 20 p.

Finnra (Finnish Road Administration), 2000. Pohjaveden suojaus tien kohdalla. Groundwater Protection Along Roads (Draft in Finnish), 31 p.

Vallius, P., 2000. Protection Of The Most Important Groundwater Intake In Finland. GeoEng2000, An International Conference On Geotechnical & Geological Engineering, 19-24 November 2000, Melbourne, Australia, 6 p.