

GCI900 – Projet de conception en génie civil - 2020

Équipe : _____

Évaluation du livrable L4 – **Enseignants & Coach**

Qualité BCAPG	Indicateur facultaire	Critère L4	Note	Sur	Évalué par
Préliminaires et Mandat					
Q07 Communication	3 Communiquer dans une langue de qualité	Préliminaires		5	SP
		I - Mandat		5	SP
II – Analyses					
Q02 - Analyse	1 Définir le problème	Identification du problème et des objectifs		10	C
		Établissement des données et hypothèses		10	C
	2 Élaborer une procédure de résolution	Élaboration des solutions		15	C
	4 Analyser et interpréter les résultats obtenus	Analyse des résultats		20	C
Q09 - Impact sur l'environnement et la société	Tous critères	ACV		5	BR
	2 Proposer des solutions afin de minimiser les risques envisagés	Analyse de risques		5	SP
Q02 - Analyse	4 Analyser et interpréter les résultats obtenus	Analyse fonctionnelle		10	NR/SL
Q02 - Analyse	4 Analyser et interpréter les résultats obtenus	Conclusion et recommandations		10	NR/SL
V – Annexes					
Q07 Communication	1 Organiser et présenter les informations pertinentes	V – Annexes pertinentes		5	SP
TOTAL (30% de la note finale du cours)				100	

Évaluateurs : SP : S. Perret NR : N. Roy SL : S. Langlois C : Coach de l'équipe

BR : B. Roure (Commentaires à la page suivante)

GCI900 – Projet de conception en génie civil - 2020

Équipe : _____

Commentaires Enseignants – L4

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying the lower half of the page. It is intended for the teacher's comments on the student's work.

GCI900 – Projet de conception en génie civil - 2020

Équipe : _____

Évaluation du livrable L4 –**Coach**

Qualité BCAPG	Indicateur facultaire	Critère L4	Note	Sur	Évalué par
II – Analyses					
Q02 - Analyse	1 Définir le problème	Identification du problème et des objectifs		10	C
		Établissement des données et hypothèses		10	C
	2 Élaborer une procédure de résolution	Élaboration des solutions		15	C
	4 Analyser et interpréter les résultats obtenus	Analyse des résultats		20	C

Commentaires



Faculté de Génie
Département de génie civil et de génie du bâtiment

L4 – Rapport d'analyse et de conception préliminaire
Municipalisation des chemins privés de l'APBLN à Bolton-Est

Dans le cadre du cours
GCI900 – Projet de conception en génie civil

Présenté à
Stéphanie Perret, ing., Ph. D.



Magalie Spénard
Équipe 16

23 octobre 2020

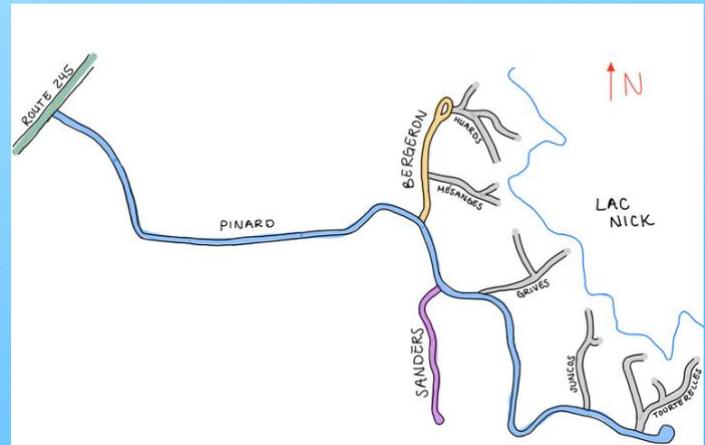
MUNICIPALISATION DES ROUTES DU DOMAINE DE L'APBLN À BOLTON-EST

Mandat

Déterminer les coûts d'une mise
aux normes de l'ensemble des
routes du domaine de l'APBLN
dans le but de sa municipalisation

Objectif

Permettre aux propriétaires-
membres de prendre une décision
sur l'avenir de leur routes



Solution hybride proposée

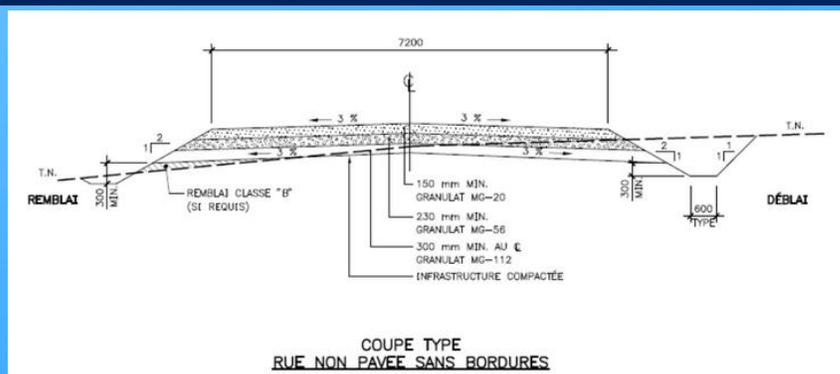
Mise aux normes du premier 1,5 km du chemin Pinard
Reconstruction de la chaussée et creusage des fossés sur 450 mètres
supplémentaires

Analyses effectuées

_ Fonctionnelle	Économique
Structure de chaussée	Environnementale
Sécurité routière	Hydraulique et hydrologique

Estimation des coûts des
travaux de génie civil

350 000 \$



Mandat:

Avril à août

Analyse:

Septembre et octobre

Conception:

Novembre et décembre

SOMMAIRE EXECUTIF

Considérant les dommages présents et les problématiques récurrentes de la chaussée des routes du domaine de l'APBLN;

Considérant la discussion en cours pour la possible municipalisation des routes du domaine de l'APBLN;

Considérant les inquiétudes des propriétaires-membres de l'APBLN par rapport aux coûts des travaux et aux possibles dépassements des coûts prévus;

L'équipe 16 propose une solution hybride de municipalisation.

La proposition est donc de mettre aux normes de la ville de Bolton-Est le tronçon du chemin Pinard entre la route 245 et son intersection avec le chemin Sanders. Il est également recommandé de faire des travaux correctifs sur les sections les plus endommagées des routes soient; les extrémités des chemins Pinard et Bergeron, l'intersection du chemin Pinard et de la ruelle des Grives et la courbe du chemin Pinard près de la ruelle des Juncos.

Le tableau ci-dessous présente une estimation préliminaire des coûts des travaux de génie civil proposés.

Item	Coûts/m. lin	Solution hybride	
		m. lin	Coûts
Reconstruction	130	2000	260 000,00 \$
Creusage de fossés	40	2000	80 000,00 \$
Glissière de sécurité	75	155	11 625,00 \$
			351 625,00 \$

Dans le cadre du cours GCI 900, les conseils des professeurs (enseignants, coachs, autres experts et représentants du client) sont donnés dans un contexte académique et n'engagent en rien leur responsabilité professionnelle d'ingénieur.

Déclaration d'intégrité relative au plagiat

Je certifie que

1. je suis l'auteure ou l'auteur
 - du présent travail
 - ou
 - de ma contribution au présent travail d'équipe ;
2. j'ai attribué et cité tout contenu emprunté selon les pratiques méthodologiques attendues.

Nom : Spénard Prénom : Magalie
Matricule : 14 054 113
Signature :  Date : 23 octobre 2020

Dans le cas où le texte de la déclaration est remis de manière électronique, l'adresse de courriel @usherbrooke.ca tient lieu de signature.

Table des matières

SECTION I	MANDAT	1
1	Introduction	1
2	Contextualisation	1
2.1	Besoins du client et contexte du projet	1
2.2	Description du mandat proposé	3
2.3	Liste des informations requises	3
2.4	Contenu d'intégration.....	4
2.5	Méthodologie.....	5
2.6	Organisation de l'équipe.....	6
2.7	Analyse de projets comparables.....	6
SECTION II	ANALYSE ET CONCEPTION PRÉLIMINAIRE	9
1	Élaboration des solutions.....	9
1.1	Statu quo – Entretien par l'APBLN	9
1.2	Municipalisation des routes.....	10
2	Analyse fonctionnelle.....	11
2.1	Définition des interacteurs	11
2.2	Définition des fonctions	12
2.3	Tableau fonctionnel	13
2.4	Définition des objectifs	13
2.5	Méthode du tri croisé	13
2.6	Matrices décisionnelles.....	15
2.7	Conclusions et recommandations	17
3	Analyse de la structure de chaussée.....	18
3.1	Définition du problème et des objectifs	18
3.2	Situation actuelle	18
3.3	Exigences de la municipalité	19
3.4	Défaillances observées.....	19
3.5	Travaux nécessaires	22
3.6	Conclusions et recommandations	23
4	Analyse de la sécurité routière	24
4.1	Définition du problème et des objectifs	24
4.2	Situation actuelle	24
4.3	Conclusions et recommandations	25

5	Analyse hydraulique et hydrologique	26
5.1	Définition du problème et des objectifs	26
5.2	Analyse hydraulique.....	26
5.3	Analyse hydrologique	26
5.4	Conclusions et recommandations	27
6	Analyse environnementale	28
6.1	Définition du problème et des objectifs	28
6.2	Conclusions et recommandations	28
7	Analyse économique	29
7.1	Définition du problème et des objectifs	29
7.2	Estimation des coûts des travaux de génie civil	29
7.3	Conclusions et recommandations	30
8	Conclusion	31
8.1	Conclusion d'analyse et recommandation de la solution.....	31
SECTION III CONCEPTION DÉTAILLÉE		33
1	Analyse des besoins	33
2	Conception	33
2.1	Génie routier	33
2.2	Hydraulique.....	33
3	Plans et devis pour commentaires.....	33
3.1	Plans pour commentaires	33
3.2	Devis pour commentaires.....	33
4	Estimation des coûts des travaux de génie civil	33
5	Conclusion	33
SECTION IV RECOMMANDATIONS.....		33
1	Recommandations	33
2	Lettre d'appel d'offres	33
3	Conclusion	33
4	Bibliographie	33
SECTION V ANNEXES		34

Liste des tableaux

Tableau 1 Informations et documents à acquérir.....	4
Tableau 2 Interacteurs humains et physiques	11
Tableau 3 Arbre fonctionnel	12
Tableau 4 Tableau fonctionnel	13
Tableau 5 Tri croisé de l'objectif 1 - Concevoir une solution économique	14
Tableau 6 Tri croisé de l'objectif 2 – Conserver un certain contrôle des lieux	14
Tableau 7 Facteurs de pondération des fonctions (K)	15
Tableau 8 Matrice décisionnelle - Objectif 1 Concevoir une solution économique	16
Tableau 9 Matrice décisionnelle - Objectif 2 Conserver un certain contrôle sur les lieux	16
Tableau 10 Structure de chaussée proposée	19
Tableau 11 Résumé des travaux nécessaires	22
Tableau 12 Estimation préliminaire des coûts des travaux de génie civil	29
Tableau 13 Estimation préliminaire des coûts des travaux de génie civil - Solution hybride	32

Liste des figures

Figure 1	Domaine de l'APBLN – Étendue du projet	2
Figure 2	Extrait du règlement 2011-237 de la ville de Bolton-Est - Règlement dictant les normes de construction de rues	5
Figure 3	Localisation des domaines de l'APLN (Nord du lac) et de l'APBLN (Sud du lac) - Carte du bassin versant du lac Nick	7
Figure 4	Estimation des coûts par secteur - Lac des Sittelles phase 2 - 2016.....	8
Figure 5	Localisation des zones devant subir des travaux de reconstruction partielle.....	10
Figure 6	Coupe type à respecter pour la réfection de rue existantes - Règlement 2011-237 Bolton-Est	19
Figure 7	Extrémité du chemin Pinard - Rigoles dans la chaussée.....	20
Figure 8	Extrémité du chemin Bergeron - Rigoles dans la chaussée	21
Figure 9	Intersection du chemin Pinard et de la ruelle des Grives.....	22
Figure 10	Zones où des glissières de sécurité sont requises	25
Figure 11	Caractéristiques du lac Nick - Site de l'APLN.....	27
Figure 12	Option hybride de municipalisation (en vert)	32

SECTION I MANDAT

1 Introduction

Dans le cadre du cours GCI 900 – Projet de conception en génie civil, il est attendu que les étudiants réalisent un projet réel afin de mettre en pratique leurs connaissances acquises au cours de leur baccalauréat et de leurs différents stages pour une dernière fois dans un contexte académique. Le projet permet également de mettre de l'avant la ou les spécialités développées par les étudiants.

Dans un premier temps, les besoins du client et les détails du mandat ont été définis. Le rapport présenté fait l'analyse de deux solutions qui répondent toutes les deux aux besoins du client afin de les départager. Une seule de ces deux solutions sera ensuite utilisée pour la dernière partie du projet, soit la conception et la réalisation des plans et devis pour commentaires.

2 Contextualisation

2.1 Besoins du client et contexte du projet

Le projet présenté dans ce document sera réalisé pour l'Association des propriétaires des berges du lac Nick. Il s'agit de la mise à niveau des 3,2 km de routes en gravier du domaine privé situé à Bolton-Est en vue de leur municipalisation.

Le représentant du client est Henri Derome, président de l'APBLN. M. Derome peut être contacté par courriel à l'adresse henri.derome@usherbrooke.ca.

Depuis plusieurs années déjà, les membres de l'APBLN discutent de la possibilité de municipaliser les routes de leur domaine privé. Le projet ne faisant pas l'unanimité, le mandat confié à l'équipe 16 consiste à évaluer les travaux nécessaires à la mise à niveau des routes selon les standards de la Ville de Bolton-

Est.

La

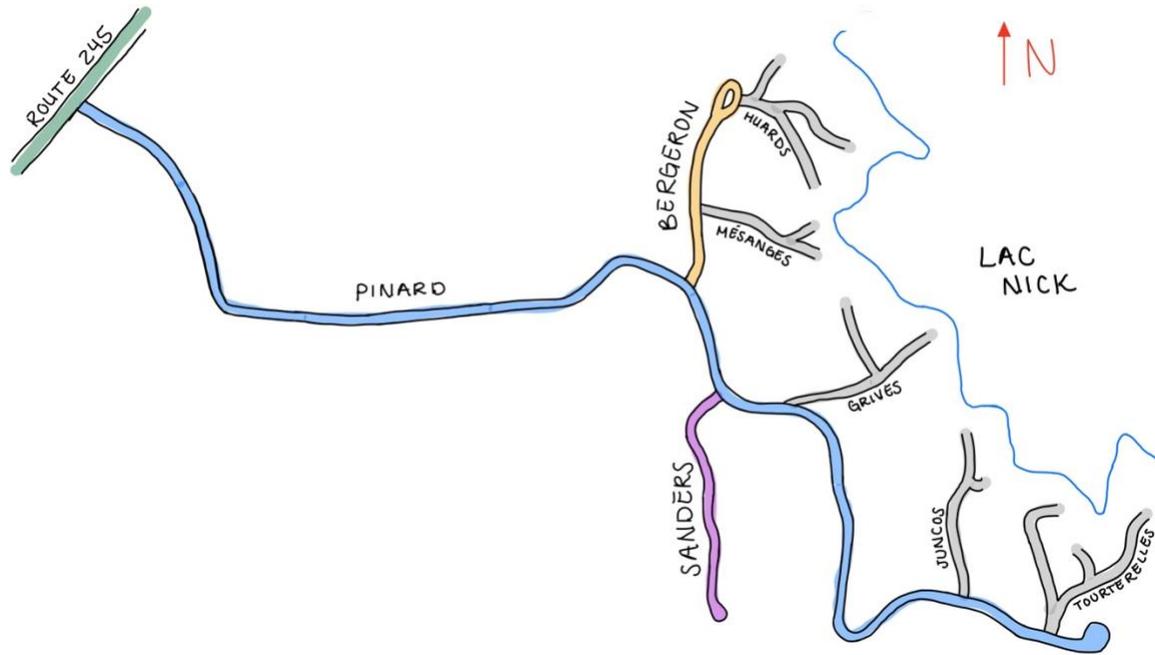


Figure 1 présente l'étendue du projet.

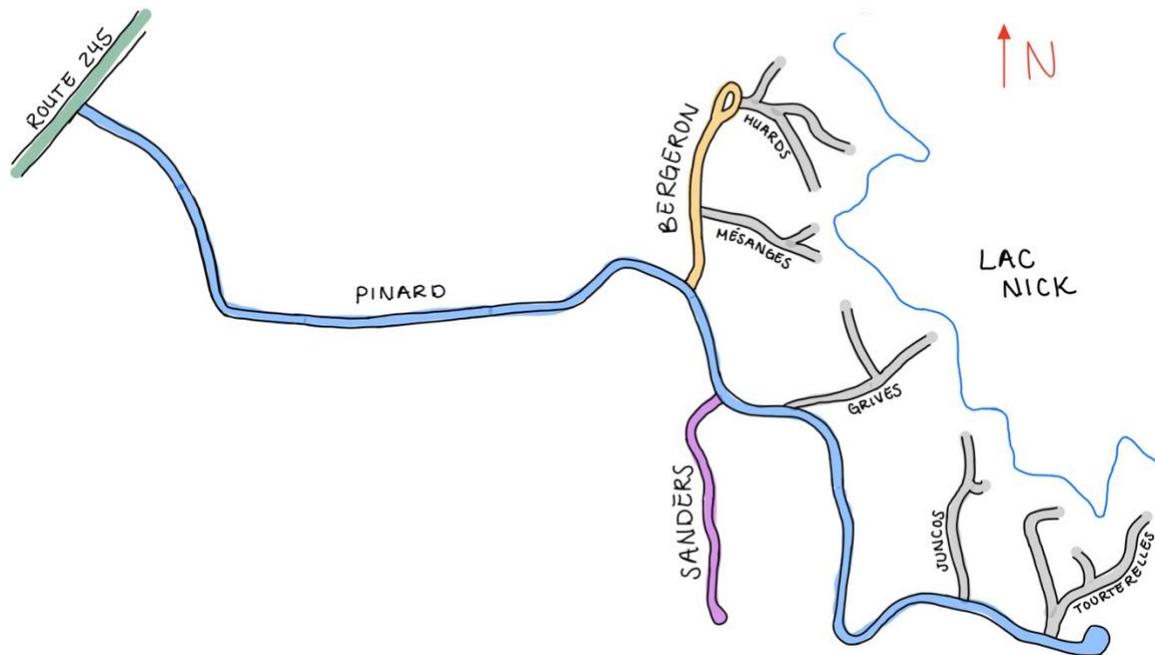


Figure 1 Domaine de l'APBLN – Étendue du projet

Plusieurs inquiétudes sont présentes chez les membres, entre autres, une perte de contrôle sur les travaux et leur coût, la conservation de l'accès au lac pour les propriétaires non-riverains et l'entretien hivernal des ruelles donnant accès à certaines résidences.

La Ville de Bolton-Est a des normes concernant les pentes et la largeur des chaussées, l'écoulement des eaux pluviales et la présence de glissières de sécurité. C'est donc sur ces aspects que l'équipe se concentrera pour son inspection générale et la conception des plans de mise à niveau. Il n'y a aucun réseau souterrain sur le domaine.

En bref, les principaux besoins du client sont :

- Déterminer les travaux nécessaires à la mise à niveau des routes selon les normes de la ville;
- Évaluer les coûts des travaux de façon précise pour éviter les dépassements et les surprises;
- Conserver l'accès au lac et déterminer les coûts de son entretien (saisonnier et annuel)

2.2 Description du mandat proposé

Afin de mener à bien le mandat proposé, plusieurs étapes seront nécessaires.

La première étape sera celle de l'analyse du projet et de la conception préliminaire. Une comparaison des deux options, soit la municipalisation des routes ou leur entretien par l'APBLN, sera faite dans ce rapport selon des analyses fonctionnelle, de la structure de chaussée, hydraulique et hydrologique, de la sécurité routière, environnementale et économique. Mais avant toute chose, une visite des lieux et une recherche de projets comparables ont été faites pour saisir pleinement le projet.

Le dimensionnement préliminaire des deux solutions permettra aussi de faire un choix technique. Il est important que l'analyse soit bien détaillée et que la

comparaison entre les deux solutions soit claire pour permettre aux membres de prendre une décision. Une seule option sera retenue pour la suite du mandat après l'approbation du client.

Cette option sera détaillée et des plans et devis pour commentaires seront remis. Des calculs et dimensionnements détaillés ainsi qu'une estimation des coûts la plus précise possible seront produits en plus d'une lettre d'appel d'offres.

2.3 Liste des informations requises

Le tableau suivant présente plusieurs informations qui seront nécessaires pour mener à bien le projet. Plusieurs documents ont été fournis dès la prise de contact par M. Derome via la plateforme Teams.

Tableau 1 Informations et documents à acquérir

Information/document	Source	Date d'acquisition
Politique de municipalisation des routes	Ville de Bolton-Est	✓
Standards de construction des routes	Ville de Bolton-Est	✓
Cadastre et arpentage du domaine	APBLN	✓
Comparables de projets	Équipe 16	✓
Inspection sommaire des routes	Équipe 16	✓
Inspection des déficiences	Équipe 16	✓

2.4 Contenu d'intégration

Plusieurs spécialités du génie civil seront traitées dans le projet, soit le génie municipal, en particulier la voirie, la gestion des eaux et le développement durable. Heureusement, ils ont tous été couverts par les cours à option et les différents stages réalisés par l'équipe au cours du cursus universitaire tel que décrit à la section suivante.

Le développement durable et la conservation de l'environnement font partie des valeurs personnelles de l'équipe. C'est pour cette raison qu'une attention particulière sera portée tout au long du projet sur l'impact des différents choix lors de l'élaboration des solutions. Une recherche d'harmonie entre l'environnement, l'économie et l'aspect social sera faite pour permettre aux propriétaires actuels et aux générations futures de profiter de l'accès aux berges du lac Nick.

2.5 Méthodologie

Comme mentionné précédemment, les deux options envisageables pour le projet sont le statu quo et la municipalisation des routes.

Il est certain que des travaux d'entretien doivent être faits pour assurer la sécurité des membres. Les travaux nécessaires à la municipalisation pourraient être plus importants en raison des exigences de la ville de Bolton-Est. C'est donc principalement sur la différence d'étendue des travaux que se fera le choix de la solution finale.

Pour donner suite à une inspection plus détaillée des routes et de leur état, un plan des travaux correctifs a été fait en fonction de la réglementation de la municipalité et sera présenté ultérieurement

Par exemple, les chemins devront respecter la coupe type présentée à la Figure 2 pour la réfection des chemins existants non pavés sans bordures. Les autres exigences de la municipalité seront discutées dans la section analyse du présent rapport.

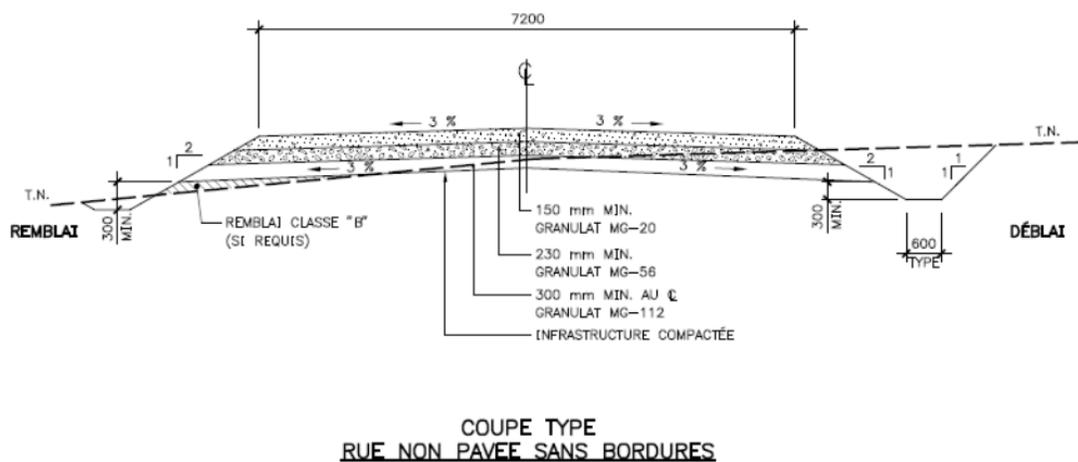


Figure 2 Extrait du règlement 2011-237 de la ville de Bolton-Est - Règlement dictant les normes de construction de rues

2.6 Organisation de l'équipe

Pour des raisons exceptionnelles, ce projet de conception sera réalisé de façon individuelle. Magalie Spénard a un parcours et une expérience tout à fait indiqués pour ce projet. Durant ses trois premiers stages chez CIMA+ à Sherbrooke et à Montréal, elle a travaillé sur divers projets de mise à niveau de rues, autant des infrastructures urbaines que de la structure de chaussée. Elle a également contribué à des plans d'intervention et d'entretien pour des municipalités et des projets concernant des routes privées très semblables à celle du projet actuel. Ses deux derniers stages dans l'équipe des transports à la Ville de Sherbrooke lui ont permis d'acquérir de l'expérience de services aux citoyens en plus de travailler à l'élaboration et à l'implantation de projet de réfection d'intersections et de pistes multifonctionnelles. Ses choix de cours à option lui ont également permis de développer une spécialisation en génie des transports et en hydraulique urbaine en plus des apprentissages qu'elle a réalisés au cours de son DEC en technologie du génie civil.

Puisqu'elle réalisera le projet seule, Magalie Spénard sera en charge des communications avec le client, des analyses et de la conception.

2.7 Analyse de projets comparables

Comparable A – Association des propriétaires du Lac Nick

Au nord du lac Nick se trouve un autre domaine privé qui est présentement en démarche pour la municipalisation de ses chemins privés. Il s'agit donc d'un excellent comparable puisque les exigences de la municipalité sont les mêmes en plus d'avoir lieu autour du même lac. Il s'agit également d'un exemple bien connu des membres de l'APBLN. En effet, une des inquiétudes des membres, soit le dépassement des coûts des travaux de mise à niveau, est en lien avec le projet au nord du lac. Pour éviter toute confusion, ce projet sera appelé Comparable A pour le reste du document.

Le projet a débuté en 2014 lorsque le promoteur a cessé d'entretenir les chemins du domaine privé. Les travaux de mise à niveau, au départ évalués à 190 000\$, sont maintenant évalués à plus de 800 000\$.

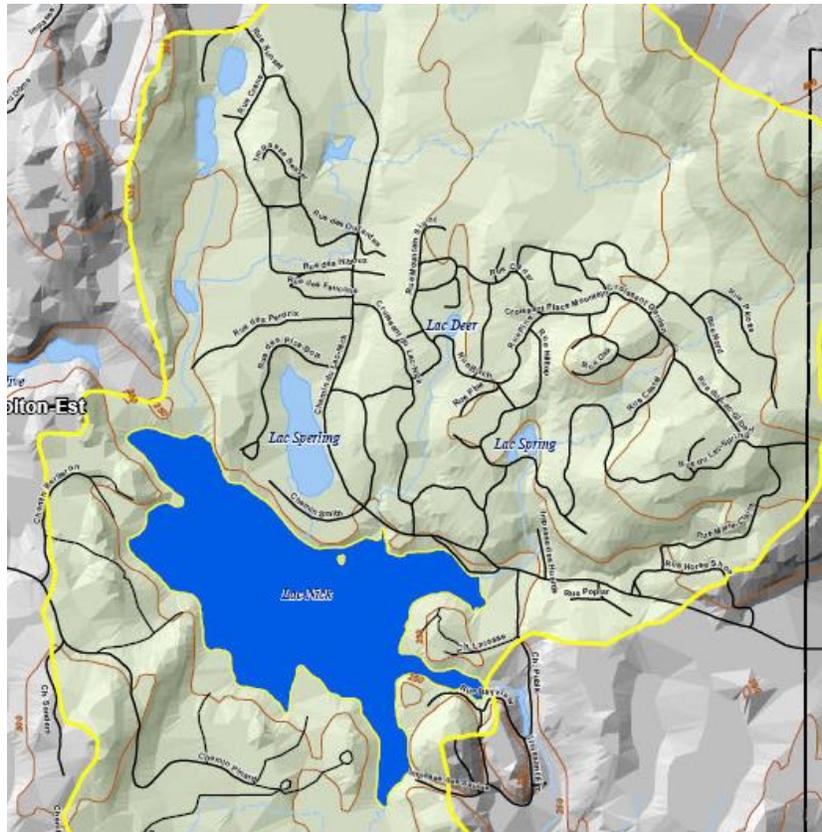


Figure 3 Localisation des domaines de l'APLN (Nord du lac) et de l'APBLN (Sud du lac) - Carte du bassin versant du lac Nick

Tel que présenté à la Figure 3, l'étendue du projet Comparable A est bien plus grande que celle de l'APBLN en plus d'être dans un secteur montagneux.

Comparable B – Lac des Sittelles

Le début du projet de municipalisation des chemins du lac des Sittelles remonte quant à lui à 2006. À ce moment, seulement le chemin principal avait été municipalisé alors que les autres chemins ont été convertis en chemin de tolérance. C'est-à-dire que les chemins étaient entretenus par la municipalité moyennant un frais annuel pour les propriétaires.

La phase 2 du projet est celle qui est la plus comparable au projet de l'APBLN avec la municipalisation de 3,7 km de chemins donnant accès à la majorité des propriétés du domaine. Le projet, en deux secteurs différents, avait une estimation des coûts d'environ 750 000\$, tel que ventilé à la Figure 4.

Secteur	1 Plaines et Vignes	2 Sapins, Joncs et Myriques
Km de rue	2,05	1,42
Nombre de propriétés	64	49
Propriétés construites	45 (70%)	42 (85%)
Coûts estimés	414 560\$	333 842\$
Superficie secteur (m ²)	375 122,8023	95 432,9590
Taux au m ²	1,1051\$*	3,4980\$*
Coût indiv. médian total (1)	5208\$+ int. (le cas échéant)(2)	5426\$+ int. (le cas échéant)(2)
Coût médian annuel (total/15 ans)	347\$+ intérêt	362\$ + intérêt
Coût médian par paiement (3 par année)	116\$ + intérêt	121\$ + intérêt
Coût médian/jour	0,95\$ + intérêt	0,99\$+ intérêt

Figure 4 Estimation des coûts par secteur - Lac des Sittelles phase 2 - 2016

SECTION II ANALYSE ET CONCEPTION PRÉLIMINAIRE

1 Élaboration des solutions

Dans le contexte actuel de l'état des routes du domaine de l'APBLN, il y a certains travaux correctifs qui sont nécessaires en plus de l'entretien régulier. C'est pourquoi en plus de l'option de municipalisation des routes, le client souhaite que l'équipe 16 analyse la possibilité de demeurer propriétaire des routes et ainsi prévoir un plan d'entretien.

Contrairement à ce qui avait été discuté auparavant, il a été décidé de mettre de côté l'analyse des coûts d'entretiens réguliers. L'analyse des deux solutions se fera donc uniquement sur les travaux requis à court terme, que ce soit de la réparation de chaussée ou la mise à niveau dans un but de municipalisation.

Toutefois, minimiser les coûts d'entretien étant un besoin important du client, l'équipe le gardera en tête tout au long de l'analyse et des recommandations à ce niveau seront présentées dans la phase de conception détaillée

1.1 Statu quo – Entretien par l'APBLN

La première solution proposée est le statu quo, soit que l'association conserve le droit de propriété sur ses chemins privés et continue d'en assumer l'entretien. Par contre, à la suite de l'inspection des déficiences réalisée le 26 septembre 2020, il y a des travaux correctifs qui doivent être faits pour éviter une dégradation rapide de l'état de la chaussée. Le client a également mentionné des problèmes de structures de chaussée récurrents au printemps et à l'automne.

Quatre endroits ont été ciblés afin de subir une reconstruction partielle de la chaussée. La Figure 5 présente ces zones en rouge. La partie en jaune du chemin Pinard est à surveiller et pourrait avoir besoin de travaux à court terme. En effet, le client a mentionné que des nids de poule ont tendance à se former à quelques endroits au printemps. Des travaux d'entretien ponctuels semblent avoir permis au

problème de se résorber, mais comme il s'agit de la partie la plus achalandée du domaine, il est important d'assurer le bon état de la chaussée.

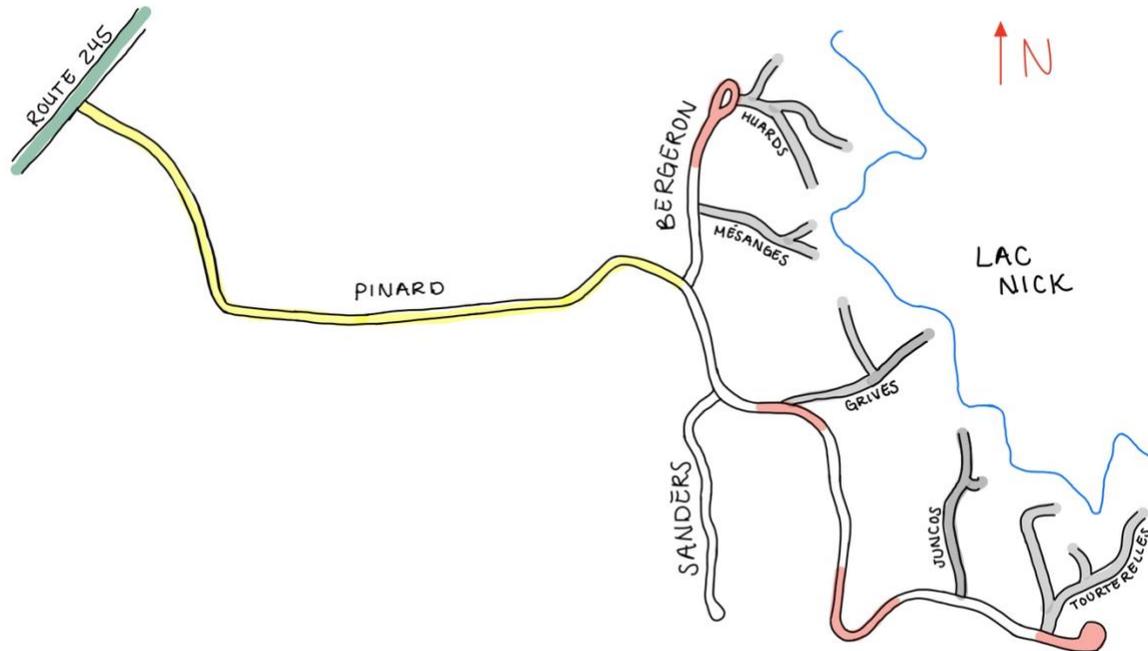


Figure 5 Localisation des zones devant subir des travaux de reconstruction partielle

En plus d'une reconstruction partielle de la chaussée et du creusage de fossé permettant le drainage adéquat, une glissière de sécurité devra être installée du côté du lac dans la courbe près de la ruelle des Juncos.

1.2 Municipalisation des routes

La deuxième solution proposée est de mettre à niveau l'ensemble des chemins Pinard, Bergeron et Sanders afin de procéder à leur municipalisation. L'association demeurerait toutefois propriétaire des ruelles sur le domaine et assurerait leur entretien régulier de façon à conserver l'accès au lac pour les propriétaires non-riverains.

2 Analyse fonctionnelle

La première analyse présentée est une analyse fonctionnelle simplifiée. Elle permettra de comprendre et d'appliquer les diverses étapes du processus de conception en génie civil en exposant les fonctions que le projet doit remplir et ses principaux objectifs.

La méthode des interacteurs, du tri-croisé et une matrice décisionnelle seront utilisés pour y parvenir.

2.1 Définition des interacteurs

Le Tableau 2 présente les interacteurs humains et physiques qui sont à prendre en considération lors de l'analyse des deux solutions du projet.

Tableau 2 Interacteurs humains et physiques

	Groupe	Nom	Lien d'affiliation
Interacteurs humains	Porteurs d'enjeux	APBLN	Client et initiateur du projet
		Ville de Bolton-Est	Responsable des normes et potentiel propriétaire du site
		Entrepreneur et sous-traitants	Responsable de l'exécution des travaux
		Fournisseurs	Fournit les matériaux nécessaires au projet
	Interacteurs secondaires	Hydro-Québec	Possède des installations sur le site
		Services d'urgence	Doivent avoir accès à la route en cas d'urgence
	Utilisateurs	Résidents et propriétaires	Doivent avoir accès à leur résidence
Interacteurs physiques	Interacteurs naturels	Sol et sous-sol	Devra être remanié
		Climat	Impact direct sur l'avancement des travaux
		Flore	Végétation pouvant potentiellement être enlevée ou endommagée suite aux travaux
		Faune	Pourrait être affectée par les travaux
	Constructions humaines	Ponceaux d'entrée privées	Pourraient être endommagés ou déplacés
		Câbles électriques et autres	Conflits possibles
		Éclairage	Devra être ajustée après les travaux

2.2 Définition des fonctions

Afin de répondre aux besoins du client, la solution retenue devra remplir certaines fonctions tout en respectant les contraintes des différents interacteurs présentés précédemment.

Tableau 3 Arbre fonctionnel

Groupe fonctionnel	Fonction principale	Fonction secondaire
1. Assurer la sécurité des utilisateurs	1.1 Assurer la sécurité des piétons	1.1.1 Assurer une largeur de route permettant la circulation conjointe des automobilistes et des piétons 1.1.2 Mettre en place des mesures réduisant la vitesse des automobilistes
	1.2 Assurer une signalisation appropriée pour tous les utilisateurs	-
	1.3 Assurer une bonne visibilité dans les courbes et les pentes	1.3.1 Élargir la chaussée dans les courbes prononcées 1.3.2 Mettre en place une signalisation adéquate à proximité des pentes abruptes
	1.4 Assurer un éclairage adéquat de la route	-
	1.5 Assurer un drainage adéquat de l'eau de pluie	-
2. Assurer la faisabilité et la durabilité du projet	2.1 Favoriser une solution économiquement viable	2.1.1 Minimiser les coûts des travaux 2.1.2 Minimiser les coûts d'entretien 2.1.3 Minimiser les risques de dépassement des coûts
	2.2 Limiter l'étendue des travaux	-
	2.3 Favoriser la durabilité du projet	2.3.1 Assurer un drainage adéquat de la chaussée 2.3.2 Minimiser les besoins en entretien
3. Assurer le rayonnement du projet	5.1 Promouvoir le développement durable	5.1.1 Limiter l'impact du projet sur la faune et la flore 5.1.2 Assurer une bonne gestion des eaux pluviales 5.1.3 Réduire les nuisances sonores lors des travaux

2.3 Tableau fonctionnel

Certaines de ces fonctions ont été sélectionnées afin de pouvoir comparer les solutions entre elles et faire ressortir celle qui serait idéale.

Tableau 4 Tableau fonctionnel

No	Fonction
1	Minimiser les risques de dépassement des coûts
2	Assurer une bonne gestion des eaux pluviales
3	Limiter l'étendue des travaux
4	Limiter l'impact du projet sur la faune et la flore
5	Assurer un drainage adéquat de la chaussée
6	Minimiser les besoins en entretien

2.4 Définition des objectifs

Selon les besoins du client, deux objectifs fonctionnels ont été déterminés afin de comparer les solutions. Le premier objectif est de « Concevoir une solution économique » et le deuxième objectif est de « Conserver un certain contrôle des lieux ».

2.5 Méthode du tri croisé

Afin de pouvoir comparer les solutions, la méthode du tri croisé a été utilisée. Cette méthode consiste à comparer les fonctions selon leur importance relative en prenant un des deux objectifs fonctionnels en compte. Les cotes attribuées vont de 0 (aucune importance) à 3 (importance très supérieure). Un facteur K est alors obtenu en additionnant les cotes de chaque objectif. Les matrices obtenues suite à la détermination des cotes et des facteurs K sont présentées dans les trois tableaux suivants.

Tableau 5 Tri croisé de l'objectif 1 - Concevoir une solution économique

	F2	F3	F4	F5	F6
F1	F1 3	F1 1	F1 3	F1 2	F1 1
F2		F3 2	F2 3	F5 1	F6 1
F3			F3 3	F5 1	F6 1
F4				F5 3	F6 3
F5					F5 1

Tableau 6 Tri croisé de l'objectif 2 – Conserver un certain contrôle des lieux

	F2	F3	F4	F5	F6
F1	F1 1	F1 1	F1 2	F1 3	F1 1
F2		F3 2	F4 1	F2 1	F6 2
F3			F3 3	F3 3	F3 1
F4				F4 1	F6 3
F5					F6 2

Tableau 7 Facteurs de pondération des fonctions (K)

Fonctions		Objectifs	
		Concevoir une solution économique	Conserver un certain contrôle sur les lieux
F1	Minimiser les risques de dépassement des coûts	0,10	0,08
F2	Assurer une bonne gestion des eaux pluviales	0,03	0,01
F3	Limiter l'étendue des travaux	0,03	0,09
F4	Limiter l'impact du projet sur la faune et la flore	0,00	0,02
F5	Assurer un drainage adéquat de la chaussée	0,06	0,00
F6	Minimiser les besoins en entretien	0,05	0,07

2.6 Matrices décisionnelles

En pondérant les facteurs de pondération des fonctions (K) déterminés selon les objectifs fonctionnels par un facteur N, les solutions proposées au projet peuvent être comparées. Ce facteur N prend une valeur de 0, 1, 3 ou 9. Une solution qui ne répond pas du tout à la fonction aura un facteur N de 0 alors que celle qui y répond parfaitement aura un facteur N de 9. Les valeurs 1 et 3 sont attribuées si la solution répond partiellement à la fonction.

Les solutions proposées sont l'entretien des routes par l'association (S1) ou la municipalisation des routes (S2). Les tableaux suivants présentent les matrices décisionnelles selon chaque objectif.

Tableau 8 Matrice décisionnelle - Objectif 1 Concevoir une solution économique

Fonctions	K	S1		S2	
		N	K*N	N	K*N
Minimiser les risques de dépassement des coûts	0,1	9	0,90	3	0,3
Assurer une bonne gestion des eaux pluviales	0,03	1	0,03	9	0,27
Limiter l'étendue des travaux	0,03	9	0,27	3	0,09
Limiter l'impact du projet sur la faune et la flore	0	3	0	3	0
Assurer un drainage adéquat de la chaussée	0,06	3	0,18	9	0,54
Minimiser les besoins en entretien	0,05	3	0,15	9	0,45
		1,53		1,65	

Selon ce profil fonctionnel, la solution de municipalisation est privilégiée à 8%

Tableau 9 Matrice décisionnelle - Objectif 2 Conserver un certain contrôle sur les lieux

Fonctions	K	S1		S2	
		N	K*N	N	K*N
Minimiser les risques de dépassement des coûts	0,08	9	0,72	3	0,24
Assurer une bonne gestion des eaux pluviales	0,01	1	0,01	9	0,09
Limiter l'étendue des travaux	0,09	9	0,81	3	0,27
Limiter l'impact du projet sur la faune et la flore	0,02	3	0,06	3	0,06
Assurer un drainage adéquat de la chaussée	0	3	0	9	0
Minimiser les besoins en entretien	0,07	3	0,21	9	0,63
		1,81		1,29	

Selon ce profil fonctionnel, la solution d'entretien par l'association est privilégiée à 40%.

2.7 Conclusions et recommandations

Bien que les coûts des deux solutions soient très différents vu l'étendue des travaux qui diffèrent, l'objectif 1 – concevoir une solution économique ne permet pas de favoriser une solution ou l'autre vu leur faible écart. Par contre, la solution d'entretien par l'association est favorisée selon la deuxième analyse avec l'objectif 2 - conserver un certain contrôle sur les lieux.

D'autres analyses ont été réalisées afin de comparer les solutions sur d'autres plans et guider le client dans sa décision.

3 Analyse de la structure de chaussée

L'analyse de la structure de chaussée permettra de définir plus en détail les travaux nécessaires, autant dans le cas de l'entretien par l'APBLN que dans le cas d'une municipalisation.

Une conception préliminaire de la structure de chaussée sera aussi présentée dans ce chapitre.

3.1 Définition du problème et des objectifs

Afin de procéder à la municipalisation, l'ensemble des 3,2 km de chemins privés appartenant à l'APBLN doivent être mis aux normes de la ville. Il s'agit de travaux majeurs qui entraîneraient des coûts importants pour les propriétaires. Il est important de saisir pleinement l'ampleur des travaux avant de prendre une décision concernant l'avenir de l'entretien des routes de l'association.

Si les membres ne souhaitent pas aller de l'avant avec la municipalisation, quelques travaux correctifs sont tout de même nécessaires puisque le manque de drainage a endommagé la chaussée au fil des années.

3.2 Situation actuelle

Actuellement, aucune chaussée ne respecte les normes de la municipalité. En effet, les normes de construction de la ville de Bolton-Est exigent une assiette minimale de 7,2 m alors que des mesures sur le terrain ont montré des largeurs de chaussée entre cinq et six mètres.

Bien que de l'entretien soit réalisé chaque année par l'association, des problématiques récurrentes sont présentes à certains endroits. Que ce soit des ventres de bœufs, des nids de poule, des chaussées molles et impraticables ou des rigoles prononcées dans la chaussée, des travaux correctifs sont nécessaires à court terme afin d'éviter des dégradations plus importantes et des situations dangereuses.

3.3 Exigences de la municipalité

En ce qui concerne la structure de chaussée, la municipalité a publié dans sa réglementation une coupe-type pour la réfection des rues existantes sans pavage ni bordures telle que présentée à la Figure 6.

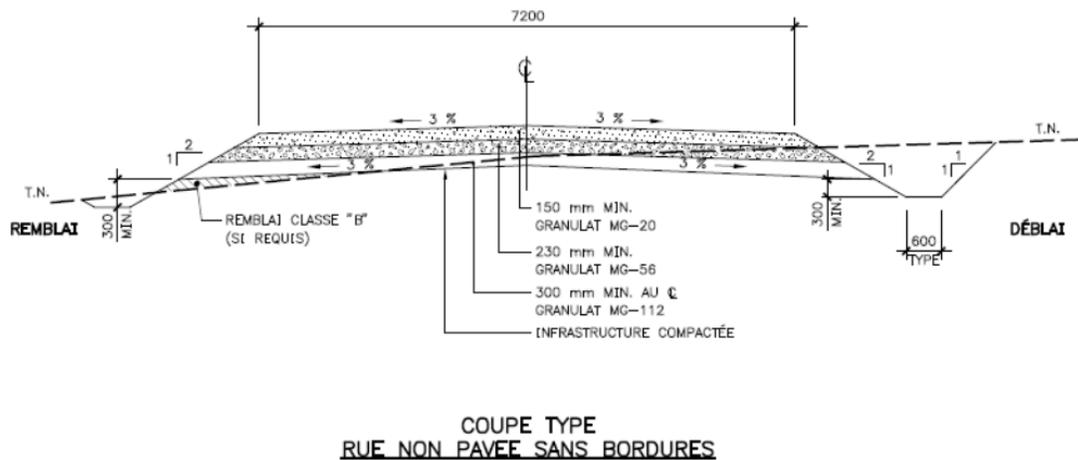


Figure 6 Coupe type à respecter pour la réfection de rue existantes - Règlement 2011-237 Bolton-Est

Afin de respecter les exigences de la municipalité, la structure de chaussée proposée pour les travaux pour les deux solutions, est présentée dans le Tableau 10.

Tableau 10 Structure de chaussée proposée

Type	Épaisseur
MG-20	150 mm
MG-56	230 mm
MG-112	300 mm

3.4 Défaillances observées

Lors des deux visites sur le terrain, diverses défaillances de la structure de chaussée ont pu être observées. Elles peuvent avoir été causées par un matériel d'infrastructure naturel de mauvaise qualité ou par des charges plus importantes

que prévues, mais tel que mentionné à plusieurs reprises, le manque de drainage a certainement contribué aux dommages.

Aux extrémités des chemins Pinard et Bergeron se trouvent des pentes abruptes où des rigoles se sont formées dans la chaussée. Ces deux mêmes zones semblent avoir d'autres problématiques, que ce soit un sol peu stable ou une structure de chaussée pratiquement absente. Il est évident que la circulation y est très faible, mais la chaussée doit tout de même être praticable pour les services d'urgence en cas de besoin.



Figure 7 Extrémité du chemin Pinard - Rigoles dans la chaussée



Figure 8 Extrémité du chemin Bergeron - Rigoles dans la chaussée

Dans la courbe prononcée à proximité de la ruelle des Juncos, des ornières et des vallons se sont formés du côté intérieur de la courbe. Quelques minutes d'observation ont suffi à voir que les conducteurs circulent principalement vers l'intérieur de la courbe et ralentissent à cause du manque de visibilité.

Selon les informations données par le client, l'intersection entre le chemin Pinard et la ruelle des Grives est également sujette aux problématiques printanières.



Figure 9 Intersection du chemin Pinard et de la ruelle des Grives

3.5 Travaux nécessaires

Comme mentionné auparavant, dans le cas d'une municipalisation des routes, la mise à niveau devra être réalisée sur l'ensemble des 3,2 km comme demandé par la municipalité. Dans le cas de l'entretien par l'association, les quatre zones présentant des défaillances majeures devront être reconstruites partiellement.

Tableau 11 Résumé des travaux nécessaires

Emplacement	Longueur à reconstruire
Extrémité chemin Pinard	100 m
Courbe chemin Pinard, près de la ruelle des Juncos	150 m
Intersection chemin Pinard et ruelle des Grives	50 m
Extrémité du chemin Bergeron	150 m

3.6 Conclusions et recommandations

Peu importe la solution retenue par le client à la suite de l'analyse et la conception préliminaire, des travaux correctifs sont nécessaires. Environ 450 mètres devront être reconstruits partiellement en suivant les normes de la ville de Bolton-Est.

Le chemin Pinard entre la route 245 et le chemin Bergeron devra subir des travaux si les problématiques printanières reviennent dans les prochaines années.

Dans le cas de la mise à niveau des routes de l'association dans le but de leur municipalisation, l'entièreté des 3,2 km de routes devra être mise à niveau selon ces mêmes normes de construction.

4 Analyse de la sécurité routière

4.1 Définition du problème et des objectifs

La sécurité routière est un aspect prioritaire dans l'analyse d'un projet. Des changements sur une route auront un effet sur le comportement des usagers et pourraient causer des problèmes de sécurité.

Par exemple, un élargissement de la largeur de chaussée pourrait faire augmenter le sentiment de sécurité des automobilistes et ils pourraient augmenter leur vitesse. Des courbes ou des intersections qui ne présentent pas de problèmes apparents de sécurité pourraient alors être dangereuses.

4.2 Situation actuelle

Actuellement, la signalisation présente sur le terrain est suffisante et efficace. Les automobilistes circulent à une vitesse sécuritaire et les éléments naturels (végétation rapprochée de la chaussée, courbes et pentes) semblent suffisants pour contrôler la vitesse aux endroits potentiellement dangereux.

Par contre, aucune glissière de sécurité n'est présente. Le règlement 2011-237 de la ville de Bolton exige la présence de glissière de sécurité en tôle ondulée galvanisée lorsque le dénivelé entre le bord de la chaussée et le fond du fossé est plus grand que 2,0 m. La chaussée doit également être élargie de 800 mm aux endroits où une glissière est installée. La Figure 10 montre les endroits où le dénivelé semble supérieur à 2,0 m. Une glissière de sécurité est donc requise à ces endroits selon les réglementations de la municipalité.

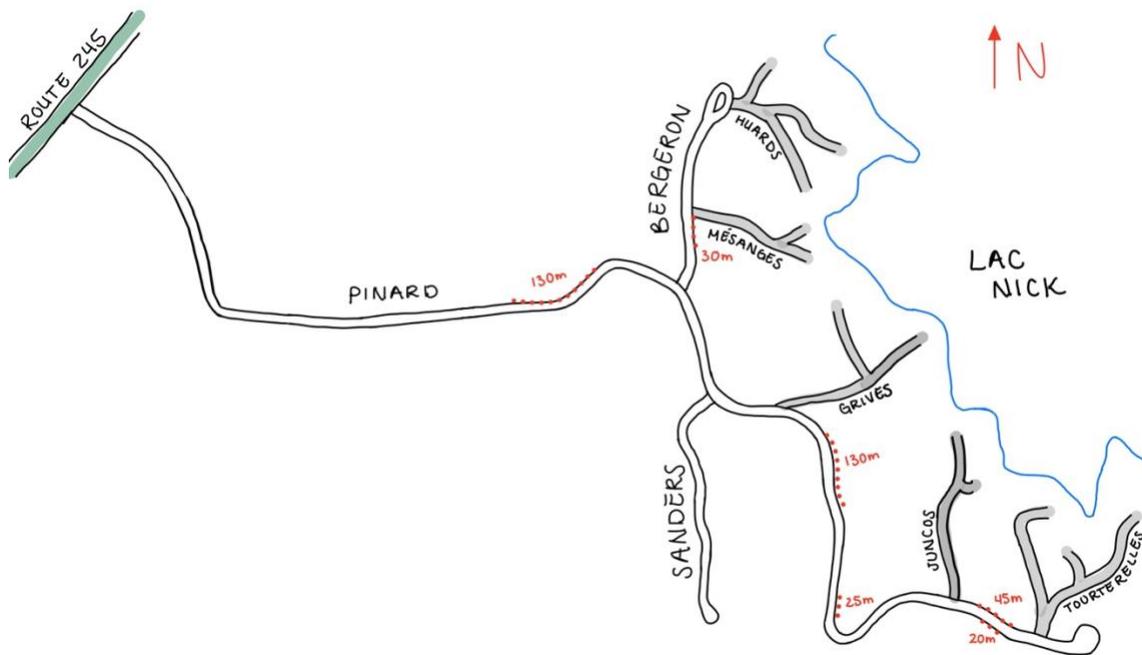


Figure 10 Zones où des glissières de sécurité sont requises

4.3 Conclusions et recommandations

En conclusion, les routes de l'association semblent sécuritaires dans leur forme actuelle. Par contre, les travaux proposés pourraient avoir un impact important sur le comportement des automobilistes.

Dans le cas de l'entretien par l'association, une glissière de sécurité d'environ 25 mètres devrait être installée dans la courbe près de la ruelle des Juncos. Il s'agit du seul endroit où des travaux sont nécessaires qui doit avoir un dispositif de retenue.

Dans le cas de la mise à niveau des routes en vue de leur municipalisation, des glissières de sécurité devraient être installées à tous les endroits identifiés sur la Figure 10, soit environ 380 mètres.

5 Analyse hydraulique et hydrologique

5.1 Définition du problème et des objectifs

Comme mentionné auparavant, le manque de drainage aux abords des routes du domaine de l'APBLN est responsable de diverses défaillances de la structure de chaussée. De plus, la proximité du lac Nick est un élément à prendre en compte dans l'analyse des solutions proposées.

5.2 Analyse hydraulique

Bien qu'aucun service municipal ne soit présent sur le domaine, le manque de fossé de drainage a un impact justifiant une analyse hydraulique.

En effet, uniquement le tronçon du chemin Pinard entre les chemins Bergeron et Sanders a des fossés des deux côtés. Toutefois, ces fossés sont peu profonds et auraient besoin d'être creusés davantage.

Tel que présenté dans la Figure 6, la municipalité demande des fossés d'au moins 980 mm de profondeur et 600 mm de largeur. Ces fossés doivent être végétalisés de façon à éviter leur érosion. Dans le cas d'une pente supérieure à 5%, la municipalité exige la pose d'une membrane géotextile et de l'empierrement. Dans ce cas, les fossés doivent être creusés 300 mm plus profonds.

La municipalité exige que les ponceaux aient un diamètre minimum de 450 mm. L'inspection des ponceaux n'a pas été réalisée et est exclue de la présente analyse. Toutefois, une inspection et une analyse de la capacité des ponceaux de drainage devra être effectuée par le client avant de procéder aux travaux.

5.3 Analyse hydrologique

Le lac Nick est un petit lac de tête qui est alimenté uniquement par son bassin versant. Il se déverse éventuellement dans le lac Memphrémagog.

La conservation est assurée conjointement par l'APBLN et l'APLN. La qualité du lac est tributaire aux rejets des résidents et une bonne gestion des eaux pluviales sur les chemins privés de l'association y contribue directement.

Une analyse hydrologique approfondie n'est pas nécessaire dans l'analyse actuelle. L'état du lac est bien documenté et il est possible d'y avoir accès au besoin.

CARACTÉRISTIQUES	VALEURS
Superficie du lac	0,5 km ²
Périmètre du lac	5,3 km
Volume d'eau	1 459 400 m ³
Temps de séjour	0,3 an ≈ 116 jours
Longueur maximale	1,2 km
Largeur maximale	0,5 km
Profondeur moyenne	3,0 m
Profondeur maximale	8,5 m

Figure 11 Caractéristiques du lac Nick – Site web de l'APLN

5.4 Conclusions et recommandations

Il est recommandé d'améliorer le drainage des chaussées pour éviter d'endommager davantage les structures de chaussée. Des fossés de drainage doivent donc être creusés selon les normes de la municipalité aux endroits où des travaux auront lieu, selon le choix de la solution finale.

6 Analyse environnementale

6.1 Définition du problème et des objectifs

Le développement durable est une valeur très importante pour l'équipe. Le respect de l'environnement est donc au cœur des objectifs du projet.

De la végétation de milieu humide a pu être observée aux abords de la chaussée à plusieurs endroits du domaine. L'équipe n'étant pas experte en biologie, la caractérisation de la végétation et les précautions requises devront être étudiées par une tierce partie avant les travaux, peu importe la solution choisie.

6.2 Conclusions et recommandations

Afin de préserver l'environnement et réduire les dommages possibles, il est recommandé de limiter les travaux qui entraîneraient une perte de la végétation. Il sera aussi nécessaire de faire une bonne gestion des eaux durant les travaux pour éviter de rejeter des sédiments supplémentaires au lac et ainsi affecter la qualité de son eau.

7 Analyse économique

7.1 Définition du problème et des objectifs

Le facteur économique est une des priorités du client. Il est tout à fait compréhensible que les propriétaires du domaine souhaitent que les travaux se fassent en limitant les excès. C'est sur ce critère que va probablement se jouer la décision finale de la solution.

7.2 Estimation des coûts des travaux de génie civil

Dans les analyses précédentes, l'étendue des travaux à réaliser pour chacune des solutions a été présentée. L'estimation préliminaire des travaux de génie civil se fera principalement sur trois items, soit;

- Reconstruction de la route selon les normes de la ville de Bolton-Est
- Creusage de fossés de drainage selon les normes de la ville de Bolton-Est
- Installation de glissière de sécurité

Tableau 12 Estimation préliminaire des coûts des travaux de génie civil

Item	Coûts/m. lin	Solution 1 - Statu quo		Solution 2 - Municipalisation	
		m. lin	Coûts	m. lin	Coûts
Reconstruction	130	450	58 500,00 \$	3200	416 000,00 \$
Creusage de fossés	40	450	18 000,00 \$	3200	128 000,00 \$
Glissière de sécurité	75	25	1 875,00 \$	380	28 500,00 \$
			78 375,00 \$		572 500,00 \$

Les coûts présentés dans le Tableau 12 proviennent de la liste et prix des ouvrages de transports du ministère du Transport du Québec, données statistiques pour l'année 2019.

7.3 Conclusions et recommandations

Il est évident que les coûts d'une mise à niveau complète des routes du domaine de l'APBLN sont beaucoup plus importants que ceux des travaux proposés avec le statu quo. Toutefois, il ne faut pas oublier que des travaux sur le chemin Pinard entre la route 245 et le chemin Bergeron pourraient être nécessaires dans les années à venir, en plus d'autres travaux d'entretien si des sections sont endommagées par le manque de drainage.

8 Conclusion

8.1 Conclusion d'analyse et recommandation de la solution

Pour donner suite aux analyses fonctionnelle et économique, il est clair que la solution du statu quo est celle qui répond le mieux au besoin de limitation des coûts. Cependant, des travaux d'entretien pourraient être nécessaires à court et moyen terme en plus de ceux qui sont jugés urgents.

Les analyses techniques ont permis de bien identifier les travaux urgents qui devront être faits rapidement pour empêcher une dégradation importante de la chaussée et causer des problèmes de sécurité, voir empêcher l'accès à certaines résidences.

Considérant ces conclusions et considérant les politiques d'acquisition de la ville de Bolton-Est en plus de sa politique sur l'entretien des chemins privés, l'équipe 16 a pris la décision d'offrir une solution hybride.

Il est recommandé d'effectuer la mise à niveau du chemin Pinard jusqu'à son intersection avec le chemin Sanders en plus de réaliser les travaux tel que mentionné dans l'option statu quo, tel que présenté à la Figure 12. Cette section du chemin Pinard a besoin de travaux à moyen terme pour régler les problématiques de nids de poule et étant le tronçon le plus achalandé, c'est également celui qui devrait être mis aux normes en priorité.

La section de glissière de sécurité requise sur le chemin Pinard avant l'intersection avec le chemin Bergeron devra aussi être installée.

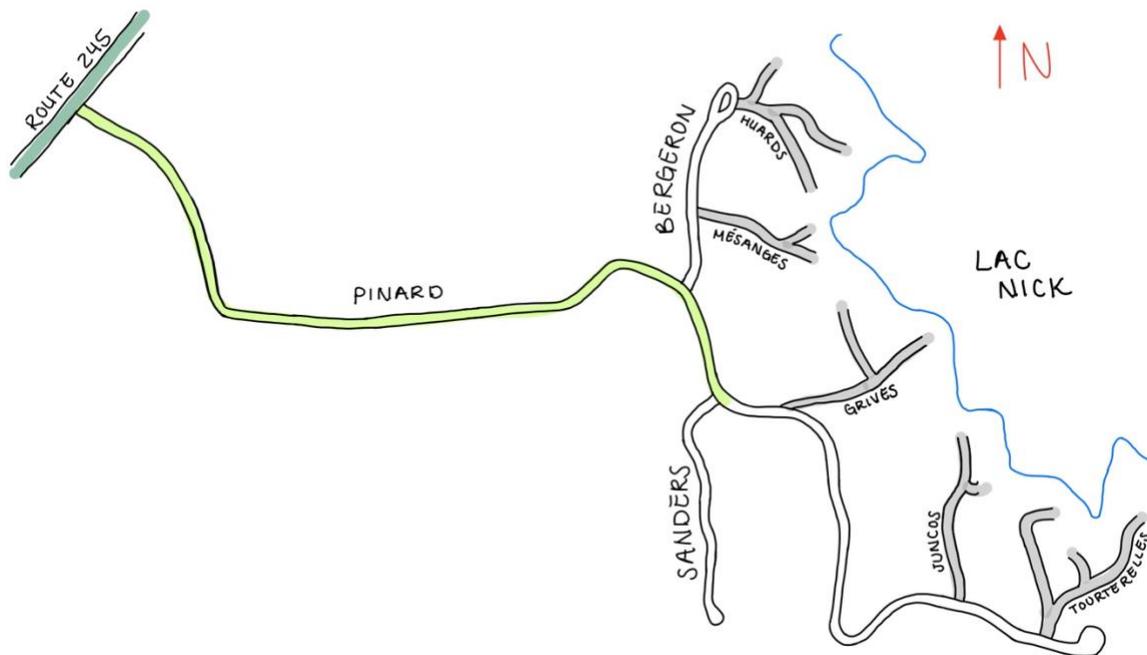


Figure 12 Option hybride de municipalisation (en vert)

Le Tableau 13 présente l'estimation préliminaire des coûts des travaux de génie civil pour la solution hybride proposée.

Tableau 13 Estimation préliminaire des coûts des travaux de génie civil - Solution hybride

Item	Coûts/m. lin	Solution hybride	
		m. lin	Coûts
Reconstruction	130	2000	260 000,00 \$
Creusement de fossés	40	2000	80 000,00 \$
Glissière de sécurité	75	155	11 625,00 \$
			351 625,00 \$

La conception détaillée de la solution aura lieu suite à l'approbation de la recommandation par le client.

SECTION III CONCEPTION DÉTAILLÉE

- 1 Analyse des besoins
- 2 Conception
 - 2.1 Génie routier
 - 2.2 Hydraulique
- 3 Plans et devis pour commentaires
 - 3.1 Plans pour commentaires
 - 3.2 Devis pour commentaires
- 4 Estimation des coûts des travaux de génie civil
- 5 Conclusion

SECTION IV RECOMMANDATIONS

- 1 Recommandations
- 2 Lettre d'appel d'offres
- 3 Conclusion
- 4 Bibliographie

SECTION V ANNEXES