

Municipalité
de Bolton-Est

Étude rétrospective de l'évolution des composantes environnementales du bassin versant du lac Nick

Étude rétrospective de l'évolution des composantes environnementales du bassin versant du lac Nick

26738TT

15 mai 2017

PRÉSENTÉ À

Municipalité de Bolton-Est

858, route Missisquoi
Bolton-Est (Québec) J0E 1G0

PRÉSENTÉ PAR

Tetra Tech QI inc.

Gestion environnementale et Milieu naturel

4655, boul. Wilfrid-Hamel
Québec (Québec) G1P 2J7

Tél. 418 871-8151

Télec. 418 871-9625

tetrattech.com

Préparé par :



Lionel Humbert

Biologiste, Ph. D., Chargé de projet

TABLE DES MATIÈRES

1.0 MISE EN CONTEXTE	1
2.0 DESCRIPTION DU MILIEU	1
3.0 MÉTHODOLOGIE	1
3.1 Logiciels	1
3.2 Topographie et hydrographie	1
3.3 Imagerie Landsat	2
3.4 Photographies aériennes	4
4.0 RÉSULTATS	4
4.1 Topographie et Hydrographie	4
4.2 Occupation des sols	5
4.3 Lacs	6
4.4 Cours d'eau	7
4.5 Visite de terrain	7
5.0 CONCLUSION	8
6.0 RECOMMANDATIONS	9

TABLEAUX

Tableau 4.1 : Bilan de l'occupation du sol du bassin versant du lac Nick selon les données récoltées en pourcentage de l'occupation des surfaces	6
Tableau 4.2 : Variation de la surface du lac Nick	7
Tableau 4.3 : Sommaire des précipitations pour la station météorologique de Lennoxville	7
Tableau 4.4 : Sommaire du maximum moyen des températures pour la station météorologique de Lennoxville	7

1.0 MISE EN CONTEXTE

Cette étude vise à récolter des données passées et présentes permettant de déterminer les changements qui ont eu lieu, notamment l'évolution des milieux humides filtrants et des rives des cours d'eau du bassin versant du lac Nick ainsi que l'occupation des sols au cours des XX^e et XXI^e siècles. L'analyse se base sur l'examen de photos satellites et aériennes du territoire depuis les 50 dernières années qui a montré de profondes modifications dans son occupation. La précision de l'étude est à l'échelle 1/20 000.

2.0 DESCRIPTION DU MILIEU

Le lac Nick se situe au sud-est du lac Trousers et les deux bassins versants sont contigus. L'exutoire du lac Nick se dirige vers l'étang Fisher plus au sud.

La topographie est montagneuse et de nombreux affleurements rocheux sont donc présents. Les sols dominants sont le loam de Blandford, un sol à bon drainage, et le loam sableux de Brompton, un sol à drainage moyen.

La zone se situe dans le domaine bioclimatique de l'érablière à tilleul. Ainsi, la majorité de la zone est occupée par des feuillus et des zones résineuses se situent dans les vallons froids et humides du bassin versant.

Le paysage est presque entièrement forestier. L'agriculture y est donc peu présente, principalement en raison des pentes et des sols peu productifs.

3.0 MÉTHODOLOGIE

3.1 LOGICIELS

Le traitement des données satellites a été fait sur une station de travail Unix avec les logiciels Grass 7.0.1 et Quantum GIS 2.8. Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) a servi de librairie de base pour le traitement des données.

Les analyses statistiques ont été produites avec le progiciel R 3.2.2. Un traitement final a été fait avec ArcGIS 10.0 sous Windows.

3.2 TOPOGRAPHIE ET HYDROGRAPHIE

3.2.1 Bassins versants

L'analyse de la topographie et le découpage des bassins versants et des sous-bassins versants du lac Trousers se basent sur les données d'élévations Canadian Digital Elevation Data (CDED) d'Environnement Canada datant du 12-12-2008 (CDED 031H08, Mont Orford). La résolution de ces données est de 0,75 seconde en « x » et « y » et de 1 mètre en élévation. Les données brutes sont fournies sous forme de fichier « raster » de type grille de données et géoréférencées en North American Datum of 1983 (NAD83).

Les courbes de niveau ont été générées avec GDAL_contour à partir des fichiers de données brutes.

La délimitation du bassin versant et des sous-bassins versants a été effectuée avec le progiciel TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Model) de David Tarboton de l'Université de l'Utah en partenariat avec Le Corps des Ingénieurs de l'Armée des États-Unis (US Army Corps of Engineers). Les calculs sont effectués à partir des

données brutes d'élévation, on obtient donc un bassin topographique qui peut différer du bassin versant actuel en raison de facteurs anthropiques ou physiques comme le type de sol.

Des modifications ont ensuite été effectuées suite à l'observation des photographies aériennes et de vérifications faites sur le terrain. Par exemple, certains fossés détournent de l'eau d'un bassin versant vers un autre.

3.2.2 Cours d'eau

La trajectoire du ruissèlement de surface a été calculée selon les données brutes de CDED avec le module *Stream Network Analysis* de TauDEM et la méthode de Peurker Douglas en utilisant l'analyse par chute (drop analysis). Des modifications ont ensuite été effectuées suite à l'observation des photographies aériennes. Ceci permet d'obtenir la trajectoire la plus probable des cours d'eau et ainsi de trouver les cours d'eau qui s'écartent de cette trajectoire et d'en trouver la cause (rectification, modification du sol), si possible.

La qualité des bandes riveraines des cours d'eau est évaluée à partir des photographies aériennes les plus récentes.

3.3 IMAGERIE LANDSAT

3.3.1 Landsat legacy

Pour les décennies 1990 et 2000, les images Landsat ont été analysées avec une méthode de classification basée sur les canaux 742 des satellites Landsat 4/5 et Landsat 7.

Ces images sont orthorectifiées par la NASA et ont une résolution de 28 mètres (1990) et de 14 mètres (2000). Une image en fausse couleur, c'est-à-dire que la couleur des objets n'est pas fidèle à la couleur que nous percevons et obtenue par juxtaposition des canaux 7,4 et 2 du satellite pour le rouge, le vert et le bleu respectivement. Cela donne une image en fausse couleur qui fait ressortir les zones humides du reste de la végétation avec une teinte de bleu comparé au vert de la végétation.

L'image finale nous permet d'obtenir :

- les constructions en rose et mauve;
- les sols en culture en vert pomme;
- la végétation allant de vert vif (forêts) à vert foncé (peuplement résineux);
- Les marais et marécages en vert avec une teinte de bleu violacé;
- l'eau en bleu foncé (eau profonde ou peu turbide) à bleu clair (faible profondeur ou très turbide).

Il est à noter que ces images représentent non pas une année, mais une moyenne sur plusieurs années centrées sur les années 1990 et 2000 en été. Elles sont sans nuages et calibrées pour être homogènes sur la zone (pas de différences dues à la période de l'année ni aux variations atmosphériques locales comme la pollution).

Un traitement des couleurs et une classification en neuf couleurs, selon le type d'objet (forêts, marais, eau vive, etc.), ont été produits à partir de ces images. La classification a été effectuée avec le procédé de quantification spatiale des couleurs (scolorq) de Puzicha et coll. (1998). La méthode est implémentée sous Unix par code source. Dans l'analyse, les deux classes de sol dénudé ont été regroupées.

Afin d'obtenir une meilleure représentation des classifications, la résolution nominale des images a été augmentée selon leur précision initiale (30 mètres pour Landsat 4/5 et 15 mètres pour Landsat 7). Les images résultantes ont donc la même résolution finale.

Une vérification de la classification a été faite, en se basant sur les photos aériennes, car la distinction entre certaines classes peut être difficile. Par exemple, les zones en asphalte apparaissent en mauve, couleur se situant entre le rose et le bleu. Une seconde vérification est faite avec les cartes de sols pour vérifier si le type de formation végétale peut s'installer sur le type de sol présent. La concordance des résultats obtenus entre les deux années est également vérifiée.

3.3.2 Landsat 8 OLI TIRS

Lancé en février 2013, ce nouveau satellite est devenu complètement opérationnel en avril 2013, mais des problèmes de calibration ont eu lieu jusqu'en février 2014.

Ce satellite, comparé à Landsat 4/5 et Landsat 7, possède un instrument dédié aux images thermiques infrarouges (TIRS). De plus, son module Operational Land Imager (OLI), comparé Enhance Thematic Mapper (ETM) des autres Landsat, possède un capteur dédié à la détection des nuages de type cirrus. Ces nuages affectaient les résultats des autres satellites en brouillant la réponse des capteurs. La sensibilité des capteurs aux différentes longueurs d'onde a également été ajustée pour améliorer la précision des images.

Les données utilisées ont été prises le 4 septembre 2015.

3.3.2.1 Prétraitement

Les données brutes ont d'abord subi une série de traitements numériques sous GRASS. La valeur de chaque pixel de donnée brute (Digital Number ou DN) est convertie pour donner la valeur de réflectance au sommet de l'atmosphère corrigée par rapport à la position du soleil. Ensuite, l'effet des cirrus est retiré des données. Finalement, la résolution des données a été portée à 15 mètres par une transformation de Brovey basée sur la couche de données panchromatiques.

Selon le type d'image finale produite, un équilibrage des couleurs est effectué pour améliorer le rendu, surtout en couleur naturelle.

3.3.2.2 Couleur naturelle

Une image du 4 septembre 2015 dans le visible a été obtenue en combinant les couches 4, 3 et 2 des données Landsat. Cette image sert de base pour les opérations de vérification des résultats.

3.3.2.3 Enhance Vegetation Index (EVI) pour les zones avec de faibles perturbations atmosphériques

L'EVI (voir Jiang et coll. 2007) est un indice de végétation calculé sur les couches 4, 5, 3 et 2 des données. Il permet d'avoir une idée de la biomasse présente. Il est utilisé à la place du NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) lorsque la biomasse est importante, ce qui est le cas du bassin versant du lac Trousers par sa dominance forestière. Son utilisation permet d'améliorer la distinction des types de végétation par leur biomasse.

3.3.2.4 Humidité du sol

L'instrumentation TIRS de Landsat 8 permet maintenant de calculer des indices d'humidité des sols. Cette amélioration est une nouvelle étape dans l'analyse des données satellites pour l'identification des milieux humides dans un bassin versant. Nous avons calculé le Perpendicular Soil Moisture Index (PSMI) publié par Shafian et Maas (2015). Cet indice se base sur la distance entre une évaluation de la couverture du sol (ground cover ou GC) et les données des capteurs TIRS. Pour GC, nous avons utilisé l'indice EVI normalisé et les deux couches du capteur TIRS ont été combinées par le calcul d'une matrice de covariance et une analyse en composante principale

(PCA, voir Legendre et Legendre 1998). Le premier axe de la PCA expliquait 99,18 % de la variance, il a donc été utilisé seul pour calculer le PSMI.

3.3.2.5 Végétation

Pour l'identification des types de végétation, la même procédure est appliquée qu'en 3.3.1. Il est à noter que les couches 7, 5 et 3 sont utilisées à la place des couches 7,4 et 2, car Landsat 8 a plus de couches et leur numérotation a changé. Le résultat est donc similaire.

Par contre, le raffinement des capteurs OLI comparé à ETM permet notamment de mieux discriminer entre les zones urbaines, les routes et les zones en marais. Onze classes de type d'occupation des sols ont été retenues pour comparaison avec les résultats de 1990 et 2000; elles ont été diminuées en huit classes.

3.4 PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

Des photos aériennes au 1:40 000, 1:20 000, 1:10 000 et 1:500 ont été utilisées pour compléter les données des images satellites et produire les données de 1966. Une attention particulière a été apportée aux marais, aux habitations, aux lacs et aux espaces agricoles. Il est à noter que l'évaluation pour 1966 est plus approximative compte tenu du fait que les photographies aériennes sont en noir et blanc.

4.0 RÉSULTATS

Avant d'en venir aux résultats, il est à noter que ceux-ci sont au 1/20 000; les couches numériques venant avec cette étude ont donc cette précision. Ainsi, même si les logiciels permettent de consulter les données à une résolution plus précise, la précision des résultats ne change pas. Également, au niveau du réseau routier certaines zones apparaissent en bleu, ce n'est pas une erreur en tant que telle, mais le réseau de drainage de l'autoroute (noue centrale et fossés) qui ressort plus que l'asphalte. Même s'il y a des ponts et des ouvrages de drainage, l'autoroute est un obstacle à l'écoulement naturel des eaux de surface et de la nappe libre de surface, donc de l'eau peut s'accumuler en surface et en sous-sol aux abords de la route. Les zones avec des chemins forestiers et des routes non pavées peuvent être classifiées comme marécage, selon le type de substrat de la route, même si l'espace forestier est relativement sec. Le type de projection utilisée peut également introduire des décalages entre les couches, ainsi les couches Landsat proviennent d'images.

4.1 TOPOGRAPHIE ET HYDROGRAPHIE

Cette section présente les surfaces présentes et passées des bassins et sous-bassins versants selon les données d'élévation de CDED, ainsi que les résultats des écoulements obtenus et leur comparaison avec les cours d'eau principaux.

4.1.1 Bassins versants principaux

À partir des données d'élévation, le calcul du bassin versant du lac Nick par TauDEM, nous indique une superficie initiale de 560 ha. Aucune modification ne semble avoir eu lieu.

4.1.2 Sous-bassins versants du lac Nick

Le bassin versant du lac Nick est subdivisé par les bassins versants des quatre cours d'eau principaux. Trois se situent dans la partie nord du bassin versant et un dans la partie sud. On retrouve donc :

- Au nord :
 - Le ruisseau principal se situe le long du chemin du lac Nick dans sa portion nord. Il provient de la montagne à l'est du chemin et se dirige vers le lac par la rue des Hiboux. Plusieurs barrages de castors sont présents et des lacs ont été formés ainsi qu'un lac artificiel en tête.
 - Le ruisseau du lac Carmen : le lac Carmen est un lac partiellement artificiel qui résulte de la présence d'un barrage à proximité de la tête d'un cours d'eau existant. Ce cours d'eau se dirige vers le sud et il rejoint le cours d'eau principal à l'ouest de la rue des Hiboux.
 - Un ruisseau traverse le chemin du lac Nick au niveau du chemin public. Il provient de la Montagne plus au nord en passant par le lac Spring.
- Au sud :
 - Un ruisseau est présent au bout du chemin Pinard, au sud du lac. Il draine toute la section sud du bassin versant du lac et plusieurs barrages de castors sont présents.

Trois autres cours d'eau sont présents : la décharge du lac Sperling, un cours d'eau qui se rejette à l'est du parc de loisir et un cours d'eau au niveau du chemin Bergeron. Celui du chemin Bergeron était probablement intermittent et il a été fortement perturbé par la construction de la rue.

4.2 OCCUPATION DES SOLS

Le bilan de l'occupation des sols est présenté au tableau 4.1.

4.2.1 Photographies aériennes de 1966

Les images aériennes montrent un bassin versant presque exclusivement forestier avec des peuplements denses. Les forêts représentent environ 82 % des surfaces. La zone est presque vierge, les chemins, forestiers ou non, semblent peu ou pas présents. Quelques signes de coupes forestières sont visibles, mais mineurs. Environ 10 % des surfaces correspondent aux lacs et masses d'eau. Les 8 % restants correspondent à des milieux humides, et à des zones où le sol a été décapé récemment.

4.2.2 Landsat legacy circa 1990 et 2000

Durant les années 1990 – 2000, les surfaces forestières ont été coupées pour laisser place à des développements immobiliers. Les surfaces de forêts denses ont reculé passant de 60 % en 1966 à 36 % en 2000. Malgré la construction de plusieurs lacs artificiels, les surfaces en eau sont restées stables, mais on aperçoit une augmentation de la température de l'eau, ce qui semble être lié à l'accumulation de sédiments dans les lacs. Les surfaces en marais et marécages n'ont pas cessé d'augmenter passant de 4 % en 1966 à environ 7,5 % en 2000. Les surfaces de sol nu ont atteint un pic en 2000, ce qui correspond à des opérations de déboisements et au passage d'un paysage forestier à vocation d'exploitation forestière à un paysage forestier à vocation résidentiel.

4.2.3 Landsat 8 OLI ETRS 2015

Globalement, la diminution des surfaces forestières denses continue et les zones dénudées en 2000 sont revégétalisées. Les surfaces dénudées reviennent à une valeur plus « normale » et suivent la tendance amorcée entre 1966 et 1990, soit une augmentation des surfaces dénudées de l'ordre de 0,5 % pour 25 ans. Il est à noter

que les surfaces dénudées sont probablement sous-estimées, car les nouvelles habitations conservent les gros arbres sur les terrains. Les surfaces en marais et marécages ont augmenté avec l'analyse 753, mais la période d'étiage sévère pose un problème avec cette analyse. Si on regarde l'eau dans le sol (PSMI), qui est une analyse plus précise compte tenu de la période d'étiage, les surfaces de sol humide semblent avoir augmenté. Les eaux de surfaces semblent moins importantes et les surfaces en marais et marécages sont plus importantes par rapport à 1990 et 2000. On a une confirmation de la diminution des eaux plus froides et donc plus profondes.

L'augmentation des surfaces en marais et marécages est due en bonne partie à de nouveaux barrages de castors. La localisation de ces barrages se situe au sud du lac, principalement au niveau du tributaire.

**Tableau 4.1 : Bilan de l'occupation du sol du bassin versant du lac Nick
selon les données récoltées en pourcentage de l'occupation des surfaces**

Type d'occupation	1966	Landsat 1990	Landsat 2000	Landsat 2015 (étiage)*	
	% de l'occupation	% de l'occupation	% de l'occupation	% de l'occupation 753	% de l'occupation par PSMI
Eau profonde	8,11	8,85	6,53	6,40	6,43
Eau de surface	1,58	2,67	5,36	-	4,90
Marais	1,96	4,54	4,12	6,77	20,47
Marécage	1,99	1,41	3,19	6,88	
Végétation basse - Agriculture	3,16 0	8,12	1,07	6,64	
Forêt ouverte	21,55	28,90	34,62	36,55	
Forêt dense	60,59	43,97	36,32	34,55	
Sol dénudé et anthropique	1,06	1,54	8,79	2,21	

* Pour 2015, les résultats des images satellites sont donnés pour deux analyses différentes : l'analyse de l'occupation des sols selon les canaux 753 et l'analyse de l'humidité du sol (PSMI).

4.3 LACS

Au lac Nick, la problématique est la même que dans les bassins versants alentour. On peut observer une multiplication des lacs dans le bassin versant. En 1966, seuls deux lacs naturels sont présents. Quatre lacs artificiels apparaissent en 1990, deux en 2000 et un en 2015. Tous ces lacs semblent creusés au niveau de cours d'eau et donc hydro-connectés.

De nombreux barrages de castors sont aussi présents.

La surface en eau du lac Nick a augmenté depuis les années 1950-1966 (voir tableau 4.1). Notamment, le bras du lac au niveau de son exutoire n'était pas présent sur les cartes topographiques de 1950 et antérieures, ainsi que sur la photographie aérienne de 1966. Il semble donc que le niveau d'eau du lac ait augmenté (plus probable que l'agrandissement artificiel) et cela confirme les observations du changement d'occupation du sol et notamment les surfaces en marais et marécages en augmentation. Une partie de l'explication réside dans la modification de son exutoire entre 1978 et 1990, où un seuil a été mis en place. Il semble que des résidents aient rehaussé ce niveau depuis. On note également que sur les documents de l'association des propriétaires du lac Nick, le rehaussement du lac est un sujet fréquent.

Tableau 4.2 : Variation de la surface du lac Nick

Année	Surface en ha	Changement en % par rapport à 1966	Notes
1966	41,37		Selon les photographies aériennes
Circa 1990	50,30	121	Selon Landsat legacy
Circa 2000	50,35	121	Selon Landsat legacy
2015	47,93	115	Étiage sévère. Selon Google Earth 03/09/2015

4.4 COURS D'EAU

Les cours d'eau tributaires du lac Nick n'ont pas de problématique particulière. Ils sont majoritairement en zone forestière. La qualité des bandes riveraines semble donc bonne sur tout le bassin versant. Il est à noter que si les bandes riveraines sont dégradées en sous-couvert, il nous est impossible de le vérifier avec les données de cette étude. Des sections semblent linéarisées comme la rue des Hiboux, ce qui peut causer des problèmes d'augmentation des vitesses d'écoulement et d'érosion.

4.5 VISITE DE TERRAIN

Deux visites de terrain ont été effectuées les 23 septembre et 24 octobre 2016. Il est à noter qu'entre le 1^{er} juin et le 1^{er} octobre 2016, les précipitations ont totalisé 267 mm et la moyenne du maximum journalier a été de 21,5 °C (Voir tableaux 4.3 et 4.4).

Tableau 4.3 : Sommaire des précipitations pour la station météorologique de Lennoxville

Mois	Juin	Juillet	Août	Septembre	Été
Précipitations en mm ¹	58	87	95	27	267
Normales ¹	105	131	135	107	478
Déficit en mm	47	44	40	80	211
Déficit en %	45 %	33 %	30 %	75 %	44 %

¹ Source Météomédia Archives de Lennoxville

**Tableau 4.4 : Sommaire du maximum moyen des températures
pour la station météorologique de Lennoxville**

Mois	Juin	Juillet	Août	Septembre	Été
Températures en °C ¹	23,4	25,9	26	22,5	24,45
Normales : maximum moyen ²	21,6	24	22,7	17,7	21,5
Différence	+1,8	+1,9	+3,3	+4,8	+2,95
Degrés excédentaires en %	8,3 %	7,9 %	14,5 %	27,1 %	13,7 %

¹ Environnement Canada Archives de Lennoxville ²Source Météomédia Archives de Lennoxville

Il en ressort que durant l'été 2016, un déficit de 211 mm, soit 44 % d'eau, a été enregistré alors que la température a été plus élevée de presque 3 °C pour le maximum moyen. À cela, il faut ajouter l'évaporation qui a été maximale en raison des températures et de l'ensoleillement ainsi que l'évapotranspiration. Si l'on met ces données en perspectives, nous étions donc en étiage très sévère.

Les conditions d'observations sur le terrain ont donc été très difficiles et les problématiques peu visibles. La visite du 24 octobre a permis d'observer certains cours d'eau avec un débit plus important (70 mm de précipitations entre le 20 et le 24 octobre, source Météomédia). Malgré ces précipitations, il était trop tard pour effectuer une vérification probante des grands complexes de milieux humides. Nous nous sommes donc attardés aux problématiques de cours d'eau lors de ces deux visites.

Pour le lac Nick, plusieurs faits ressortent de cette visite de terrain :

- Le ponceau à l'exutoire de l'étang Larochelle, qui prolonge l'exutoire du lac sous le chemin public, semble correctement dimensionné. Son radier est également adéquat. Par contre, son positionnement est à 90 degrés par rapport au sens du courant. Ce coude favorise la sédimentation dans l'étang. Son remplacement par un ponceau carré ou l'ajout d'un second ponceau pourrait rétablir une largeur d'écoulement plus proche de celle du cours d'eau aval. Cet étang, qui est techniquement un élargissement artificiel du cours d'eau original, a été mis en place entre 1978 et 1990. Le résultat de cet aménagement, en forme d'étang, est que le cours d'eau a été linéarisé, élargi et maintenant cette zone emmagasine des sédiments comme un bassin de sédimentation;
- Des constructions étaient en cours lors de notre visite ainsi que du déboisement, possiblement, en bande riveraine. Il est à rappeler que la bande riveraine est à 15 mètres lorsque la pente est abrupte et que cette distance est horizontale;
- L'accumulation de sédiments est très importante dans plusieurs sections du lac. L'exutoire du lac est remonté artificiellement;
- De nombreux barrages de castors sont présents.

5.0 CONCLUSION

Cette étude nous a permis d'observer l'évolution de l'occupation des sols du bassin versant des lacs Trousters et Nick au cours des 60 dernières années. Plusieurs faits ont été mis en lumière.

- 1° Le bassin versant du lac Nick ne présente pas de problématique majeure. Les seuls points importants concernent le rehaussement de son exutoire, le coude formé par le ponceau au niveau de l'étang Larochelle à son exutoire et des problématiques de construction sur ses rives.
- 2° Le niveau d'eau du lac Nick a augmenté depuis 1950, et ce, de façon artificielle. Le rehaussement d'un lac a toujours des conséquences, on le voit par exemple lors de la construction des réservoirs des barrages. Les matières en suspension se retrouvent piégées dans le lac où elles sédimentent. Avec les années, le fond du lac se surélève et la colonne d'eau diminue. En été, lorsque la température de l'eau augmente, la matière organique au fond de l'eau va se décomposer et l'oxygénation de l'eau va diminuer jusqu'à l'anoxie. Ils vont offrir un substrat favorable à la croissance de plantes aquatiques dans les zones avec une faible profondeur. Ces sédiments, en se décomposant, vont générer de l'azote et du phosphore. Ces éléments nutritifs vont favoriser les épisodes d'algues bleues et la croissance des herbiers. Ce phénomène est accéléré en raison de l'étrépage du sol des zones nouvellement inondées. Contrairement à un mécanisme d'érosion qui est une action abrasive mécanique graduelle, l'étrépage est un enlèvement complet des couches organiques d'un sol, rapidement.

- 3° Les surfaces en marais et marécages ont augmenté en raison de barrages de castor construits entre 2000 et 2015, et de la montée des eaux du lac. Ce sont donc des milieux humides créés par l'inondation de terres et non des zones d'accumulation naturelle des eaux. Contrairement à ces dernières qui piègent les matières en suspension, les marais et marécages nouvellement créés vont générer de la matière organique et des sédiments qui vont se diriger vers les cours d'eau et les lacs. Au lieu de rendre les services que l'on attribue aux milieux humides, ces surfaces participent à la dégradation et au vieillissement prématuré du milieu aquatique.
- 4° La population de castors semble en augmentation dans la zone comme ailleurs au Québec. Leurs barrages jouent un rôle important dans la régulation des cours d'eau. Mais, les populations sont déplacées par les développements immobiliers dans des zones moins propices à leur établissement et au rôle de régulation des eaux. Ils entrent donc en conflit avec les activités humaines, notamment en affectant les plans d'eau axés sur la villégiature.
- 5° Comme dans d'autres bassins versants, l'augmentation des lacs artificiels est importante. Ces masses d'eau peuvent avoir un effet sur le microclimat local, sur la qualité de l'eau des milieux récepteurs lors des fortes pluies estivales, et sont la porte d'entrée d'espèces exotiques dans le milieu naturel.
- 6° Les cours d'eau sont généralement en très bon état. Des zones semblent avoir été rectifiées et linéarisées pour permettre l'implantation d'unités d'habitations. Une linéarisation va généralement entraîner une augmentation des vitesses d'écoulement. Cette plus grande vitesse va augmenter l'érosion des berges et du lit du cours d'eau. Lorsque le trajet aval redevient naturel, les vitesses d'écoulement baissent brusquement et il y a alors des risques de débordement.

6.0 RECOMMANDATIONS

Pour le lac Nick, la montée de son niveau d'eau occasionne plusieurs problèmes dont le vieillissement prématuré du lac. La carte des herbiers (ABVdes7, 2016, disponible à lacnick.com) montre que la localisation de ces herbiers correspond aux zones où l'agrandissement du plan d'eau a eu lieu (voir annexe). Or, avant 1966 le lac était presque à son état naturel (pas d'habitations riveraines), alors qu'en 2015 plus d'une centaine d'habitations se sont implantées et plusieurs dizaines de kilomètres de chemin ont fait leur apparition.

Il faudrait, avec plusieurs vérifications (notamment concernant l'hydraulique en aval), enlever le seuil aménagé à l'exutoire du lac. Seuil qui a fait remonter artificiellement le niveau d'eau du lac.

Ceci va à l'encontre de plusieurs croyances qui indiquent que la montée du niveau d'eau d'un lac est bénéfique. Cela est vrai qu'un effet bénéfique peut être présent, car on augmente la thermocline, mais pas lorsque des sols sensibles s'en retrouvent nouvellement inondés. En inondant des terres, on déstabilise les sols, des arbres meurent, tombent et se décomposent dans l'eau. Il y a donc une grande accumulation de matières organiques et autres sédiments au niveau de ces barrages.

Le fond du lac va donc emmagasiner petit à petit des sédiments et devenir anoxique en raison de la décomposition de la fraction de matière organique de ces sédiments.

Les crues qui nettoyaient normalement le lac ne vont plus agir comme avant. L'action des crues est diminuée par le niveau d'eau du lac et le barrage qui va rendre la masse d'eau captive. L'eau va donc « glisser » sur le plan d'eau et sortir directement au lieu de pousser la masse d'eau présente dans le fond du lac. Un lac naturel va quant à lui être en étiage en été et le passage des crues se fera dans les parties basses du lac. Ces parties basses seront donc lavées des sédiments.

Le réaménagement et la renaturalisation de l'exutoire du lac au niveau de l'étang Larochelle pourraient limiter le vieillissement. Il faudrait probablement supprimer le seuil, rétablir un écoulement naturel et augmenter les vitesses. On va pouvoir ainsi supprimer l'étang dont les eaux sont probablement anoxiques et rétablir la montaison du poisson jusqu'au lac. Des vérifications en aval devraient être faites avant toute intervention ainsi qu'une étude hydraulique sommaire.

En ce qui concerne les castors, leur présence peut être bénéfique pour le bassin versant; leurs barrages régulent les eaux, ils favorisent la régénération arbustive au niveau des rives, etc. Les castors dans les régions naturelles, sans pression humaine, cherchent des cours d'eau aux eaux calmes avec un régime hydrique assez régulier et des berges colonisées par des feuillus. Ils favorisent généralement les sols stables. Ces zones étant souvent construites, les castors sont repoussés plus en amont dans des zones moins propices. Au niveau du lac Nick, le relief montagneux et le régime torrentiel des cours d'eau peuvent poser problème. Les zones de sol organique avec des cours d'eau relativement importants seraient à étudier et à surveiller.

Il faut garder en tête que ces problèmes forment un tout : des habitations ont été implantées autour du lac, un seuil a été mis en place et les castors ont été déplacés plus en amont. Maintenant, des barrages de castors se situent dans des zones où les sols sont instables, le seuil retient les sédiments, l'eau de pluie arrive plus rapidement au lac en raison des surfaces anthropiques, des chemins et des routes.

RÉFÉRENCES

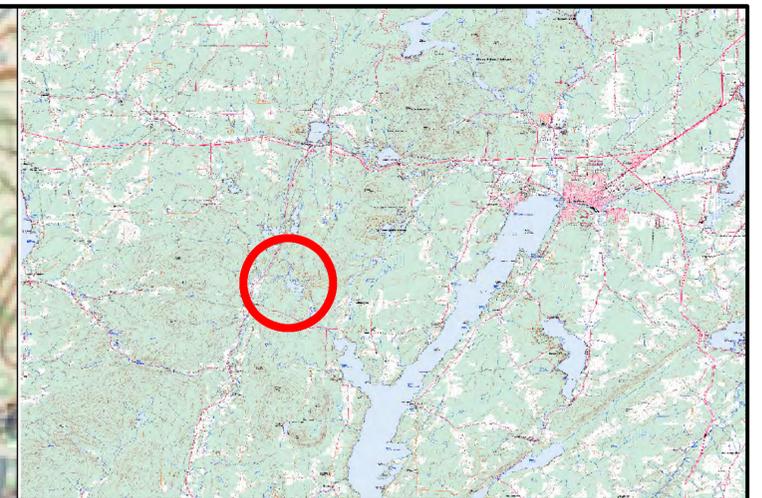
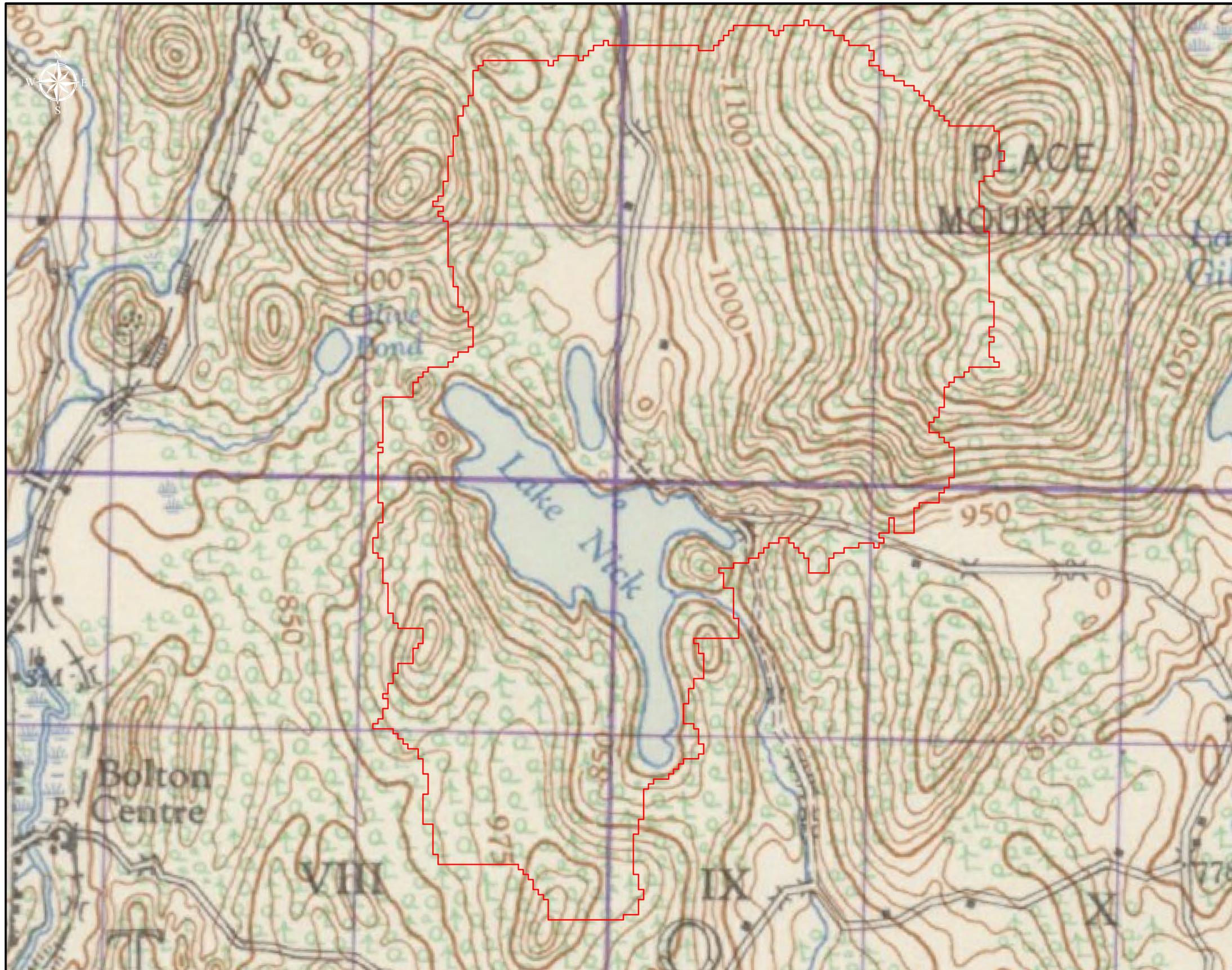
JIANG Z., HUETE A.R., KIM Y. et DIDAN K., 2007. *2-band enhanced vegetation index without a blue band and its application to AVHRR data*. Proc. SPIE 6679, Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability IV, 667905.

LEGENDRE P. et LEGENDRE L., 1998. *Numerical Ecology 2^e edition*. Elsevier Science, 852 p.

PUZICHA J., HELD M., KETTERER J., BUHMANN J.M. et FELLNER D., 1998. *On Spatial Quantization of Color Images Tech*. Rept IAI-TR-98-1 Univ. of Bonn.

SHAFIAN S. et MAAS S.J., 2015. *Index of Soil Moisture Using Raw Landsat Image Digital Count Data in Texas High Plains*. Remote Sens. 2015, 7(3), 2352-2372.

ANNEXE 1 – CARTES

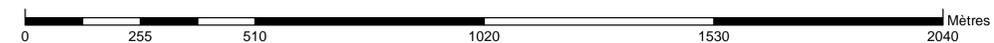


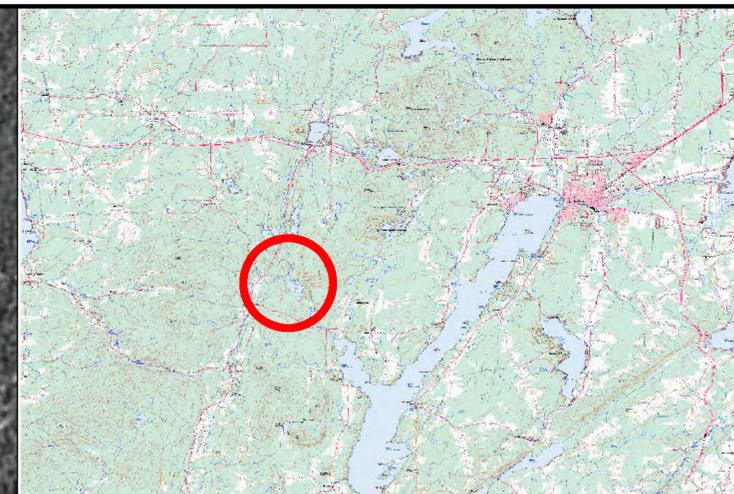
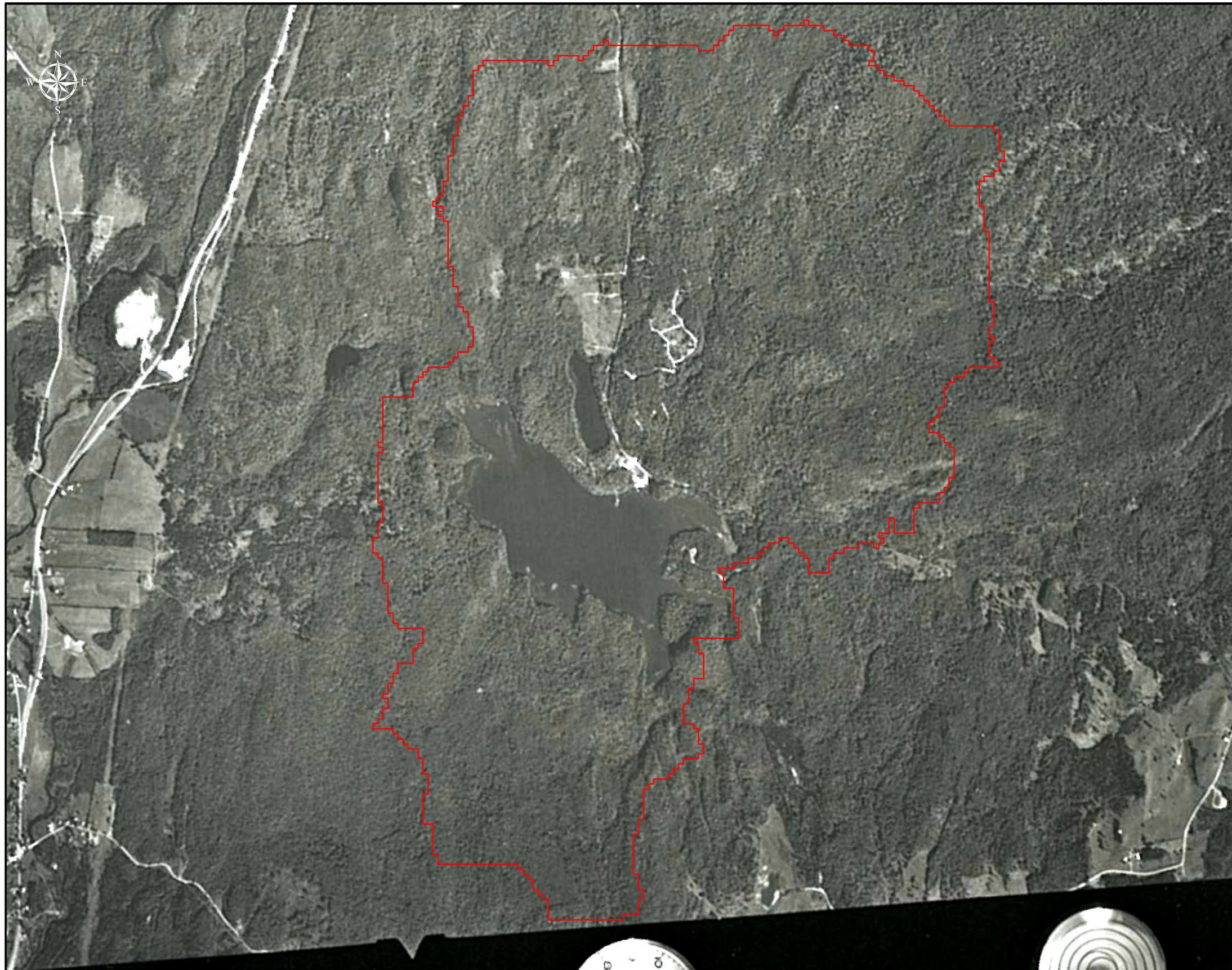
Légende

 Bassin versant

Fond: carte topographique 31H01-W de 1950

1:8 000	Lac Nick - Étude rétrospective Situation en 1950	
	Préparée par: L. Humbert	Vérifiée par: G. Beaumont
Feuillet No. 01	Pour: Municipalité de Bolton-Est	Projet: 26738TTA
	Date: décembre 2016	





Légende

 Bassin versant

Fond: image aérienne de MRNF de 1966

1:8 000

**Lac Nick - Étude rétrospective
Situation en 1966**

Préparée par: L. Humbert Vérifiée par: G. Beaumont

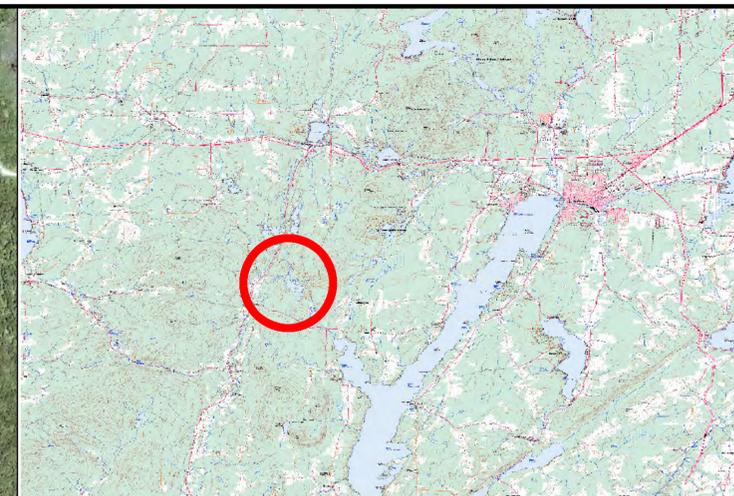
Feuillet No.

01

Pour: Municipalité de Bolton-Est Projet: 26738TTA

Date: décembre 2016

0 255 510 1020 1530 2040 Mètres



Légende

 Bassin versant

Fond: image Google Earth de 2007

1:8 000

**Lac Nick - Étude rétrospective
Situation en 2007**

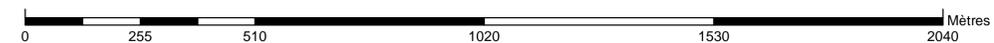
Préparée par: L. Humbert Vérifiée par: G. Beaumont

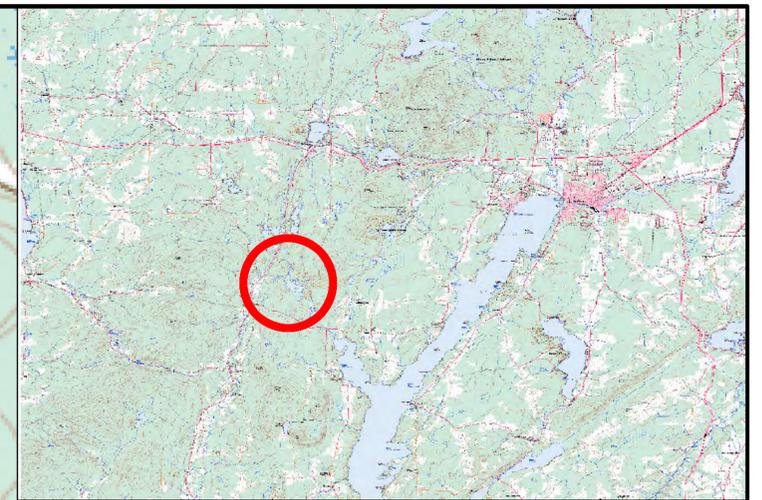
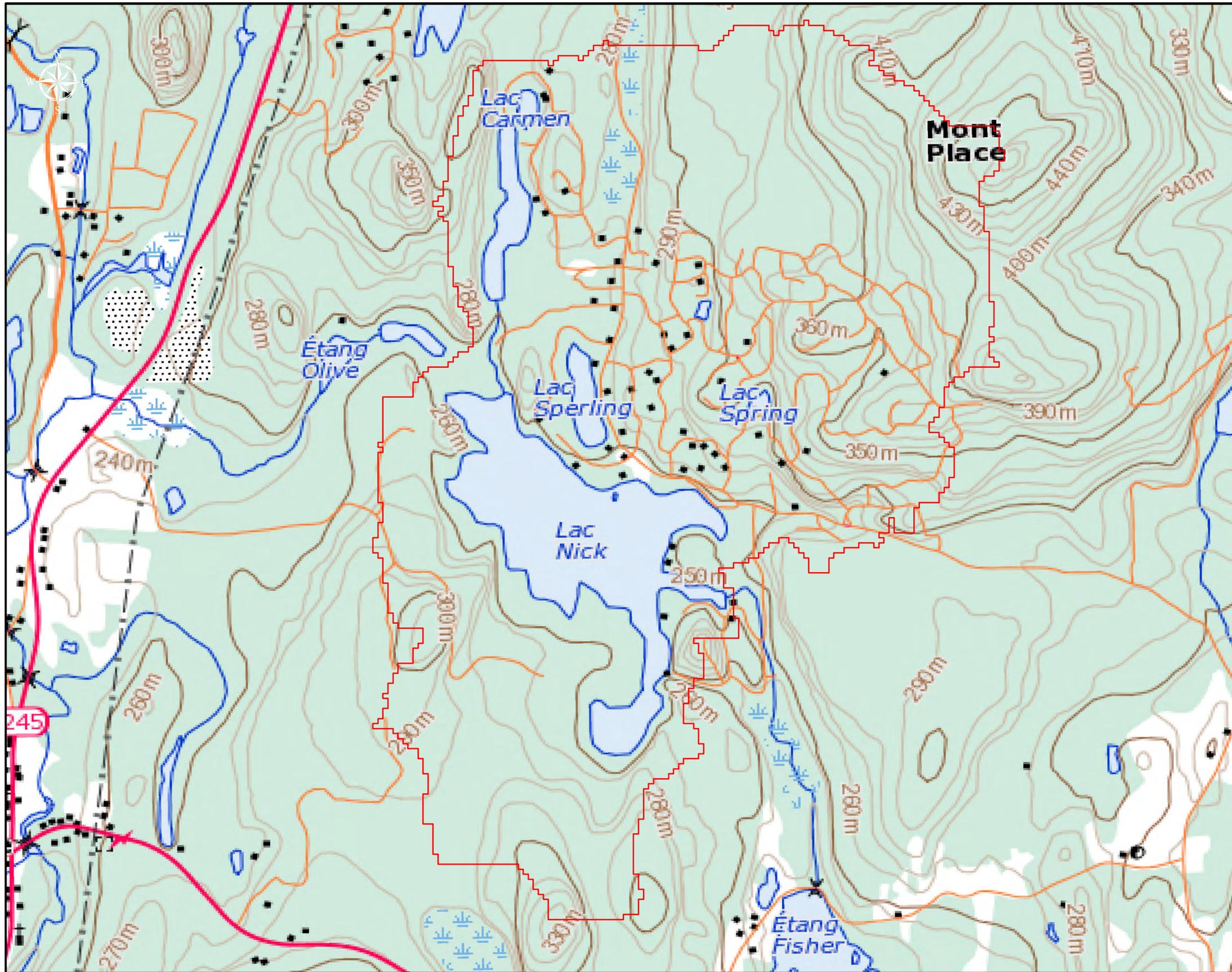
Feuillet No.

01

Pour: Municipalité de Bolton-Est Projet: 26738TTA

Date: décembre 2016



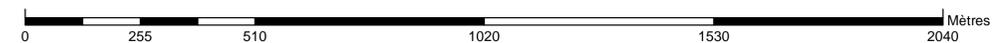


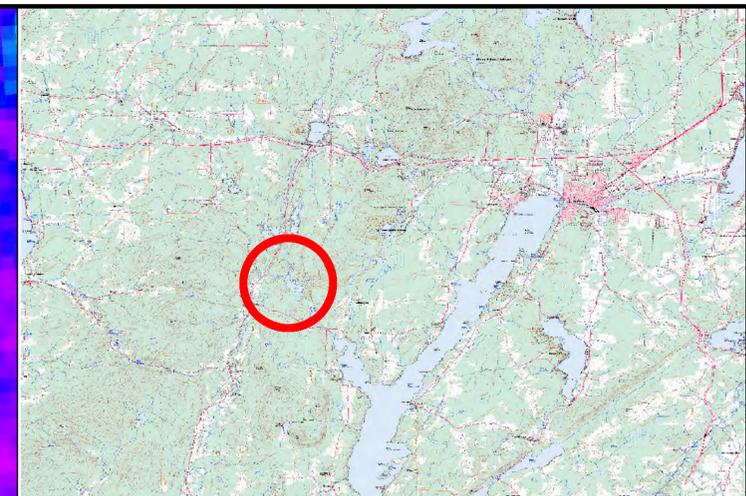
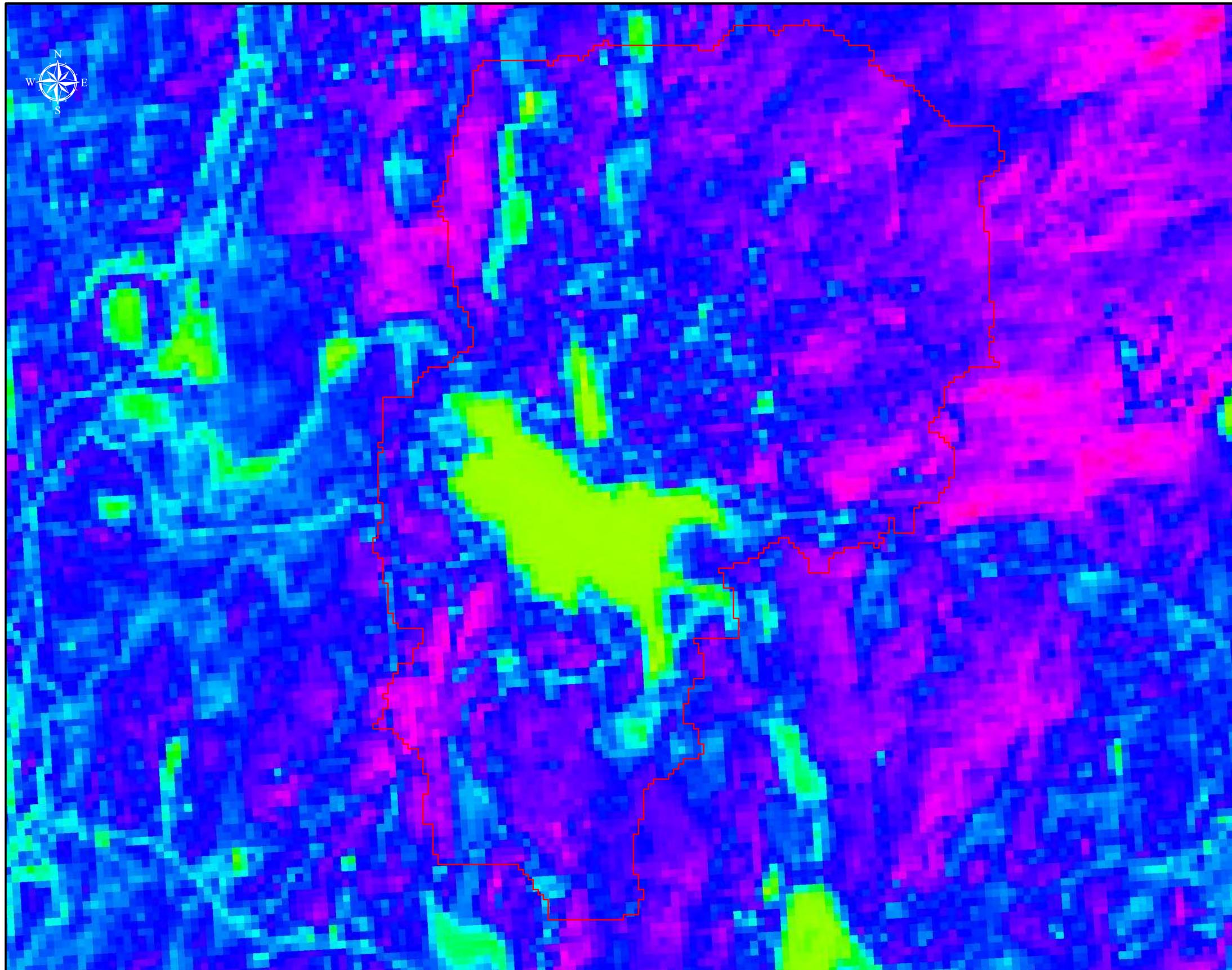
Légende

 Bassin versant

Fond: carte topographique 31H01 de 2008

1:8 000	Lac Nick - Étude rétrospective Situation en 2008	
	Préparée par: L. Humbert	Vérifiée par: G. Beaumont
Feuillet No. 01	Pour: Municipalité de Bolton-Est Projet: 26738TTA	
	Date: décembre 2016	

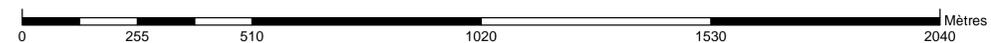




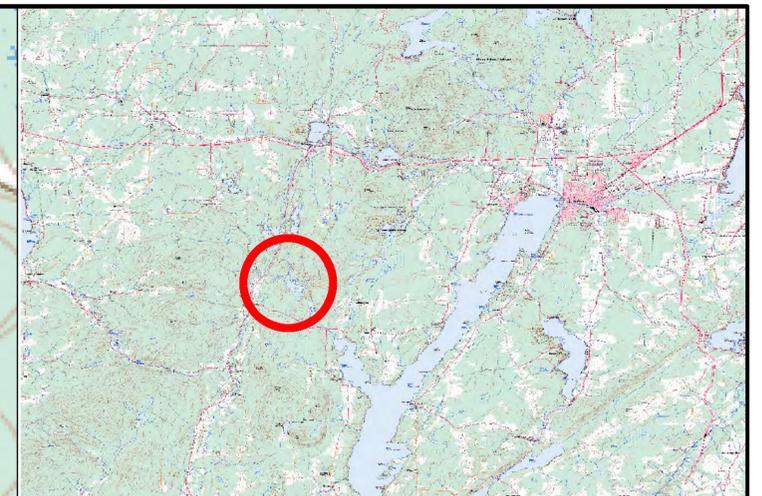
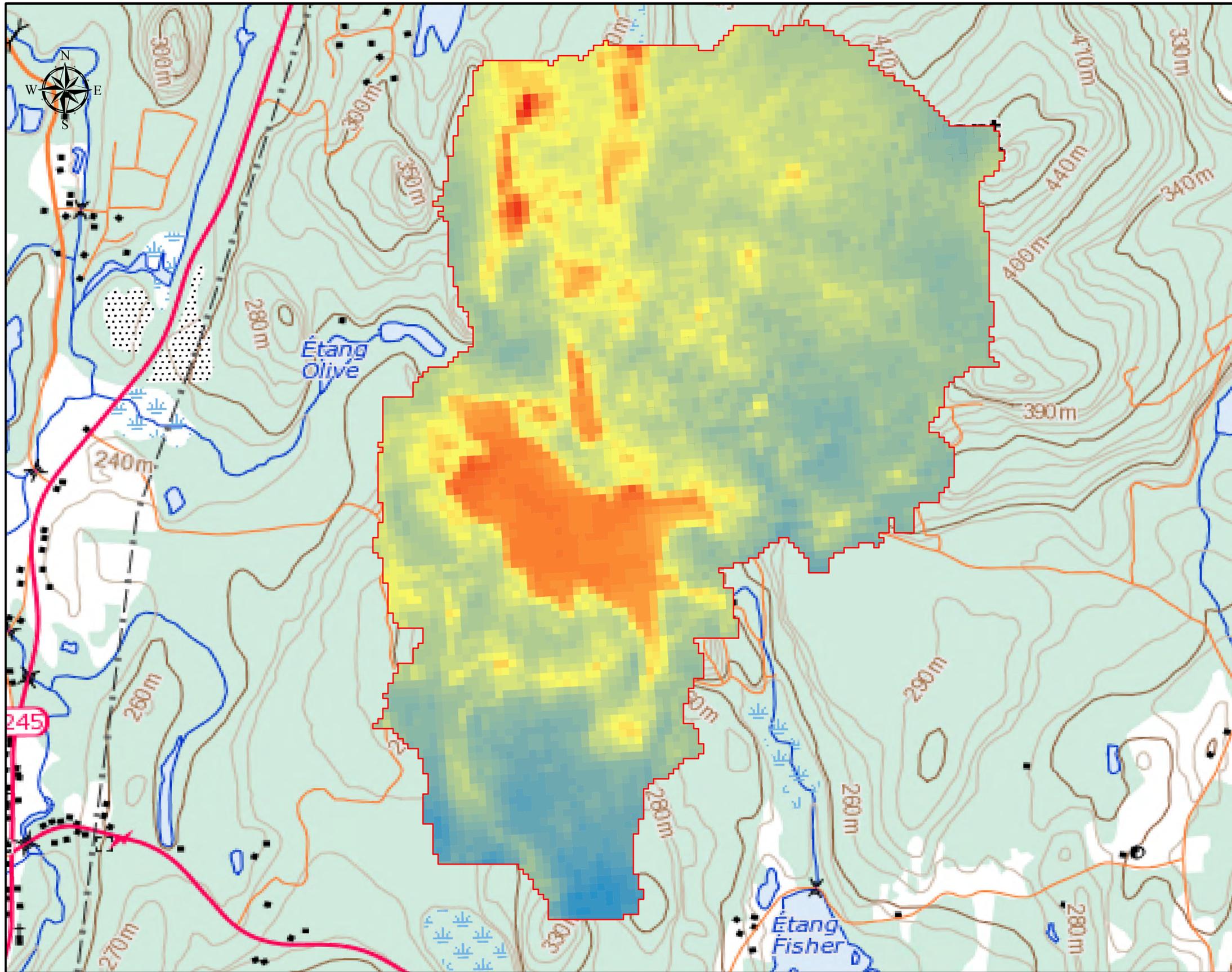
Légende

 Bassin versant

L'indice de végétation exprime la biomasse présente au niveau du sol. La biomasse est faible pour les couleurs bleu clair à forte pour les couleurs rosés/rouges. Les zones sans biomasses sont représentées du jaune (aucune biomasse) au vert (traces de biomasse).



1:8 000	Lac Nick - Étude rétrospective Indice de Végétation EVI en 2015	
	Préparée par: L. Humbert	Vérifiée par: G. Beaumont
Feuillet No. 01	Pour: Municipalité de Bolton-Est Projet: 26738TTA	
	Date: décembre 2016	



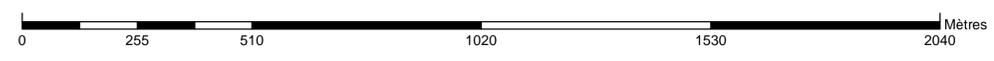
Légende

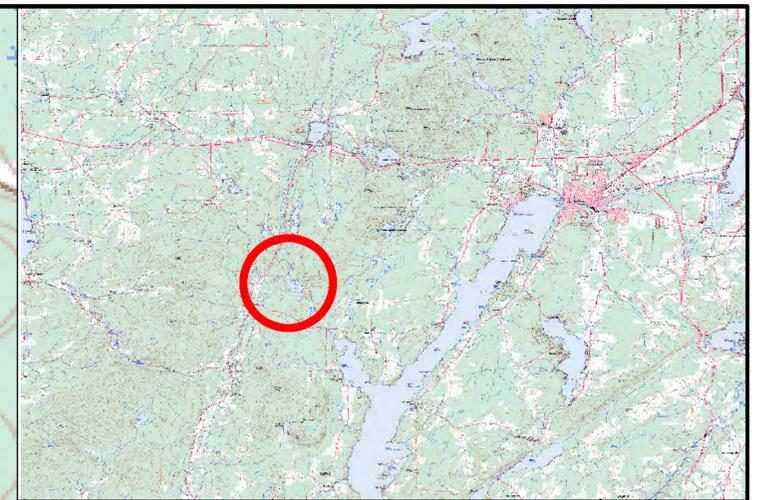
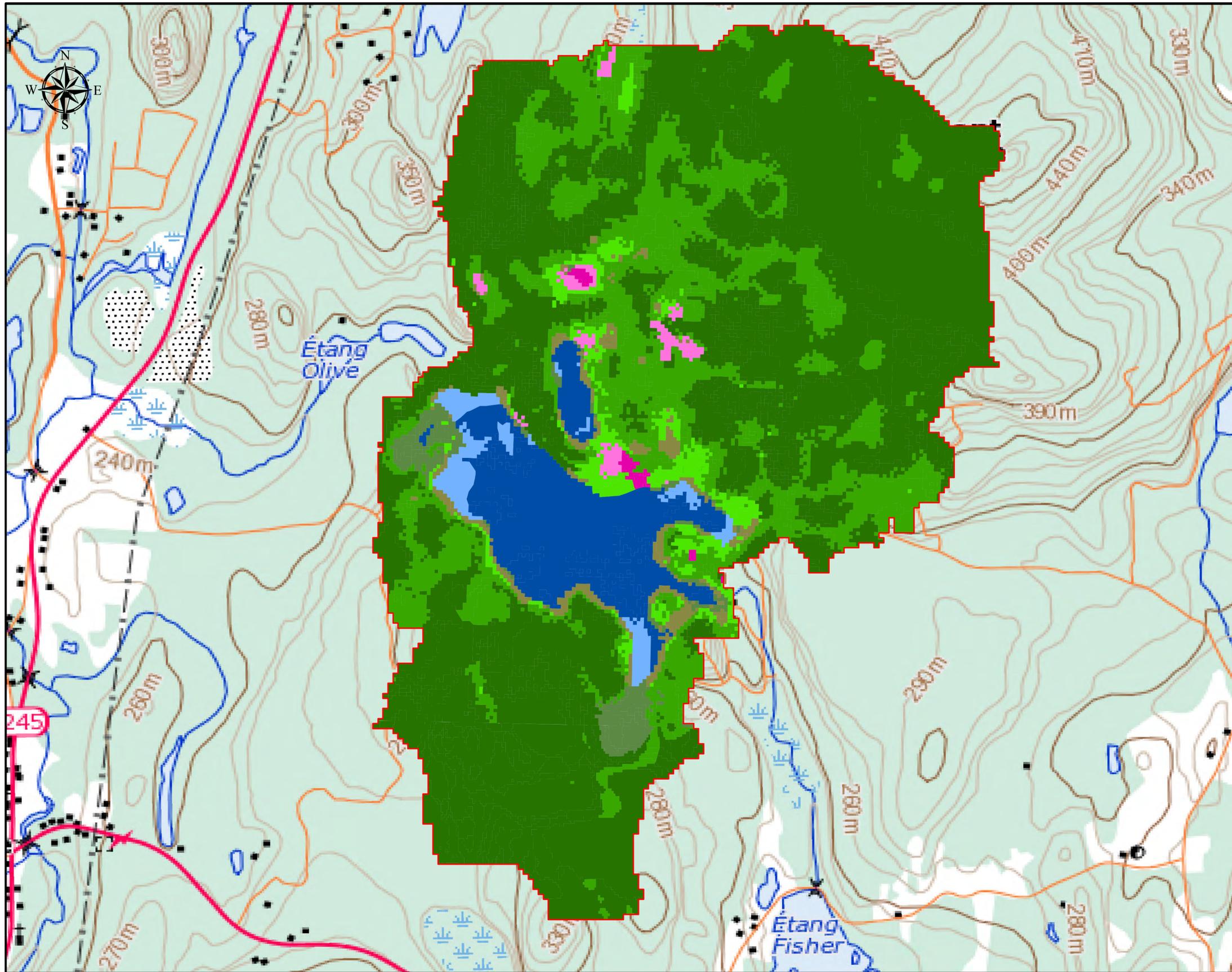
 Bassin versant

L'indice d'humidité des sols exprime le taux d'humidité présent dans le sol. L'humidité est faible pour les couleurs bleues à forte pour les couleurs rouges.

Fond: carte topographique 31H01 de 2008

1:8 000	Lac Nick - Étude rétrospective Humidité des sols (PSMI) en 2015	
	Préparée par: L. Humbert	Vérifiée par: G. Beaumont
Feuillet No. 01	Pour: Municipalité de Bolton-Est	Projet: 26738TTA
	Date: décembre 2016	



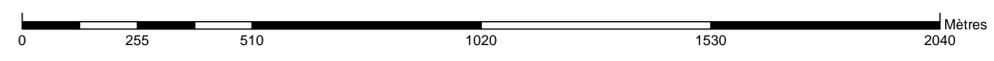


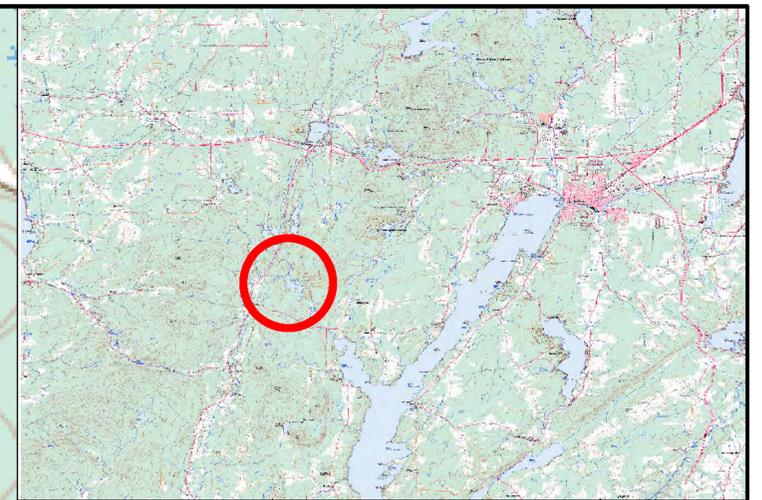
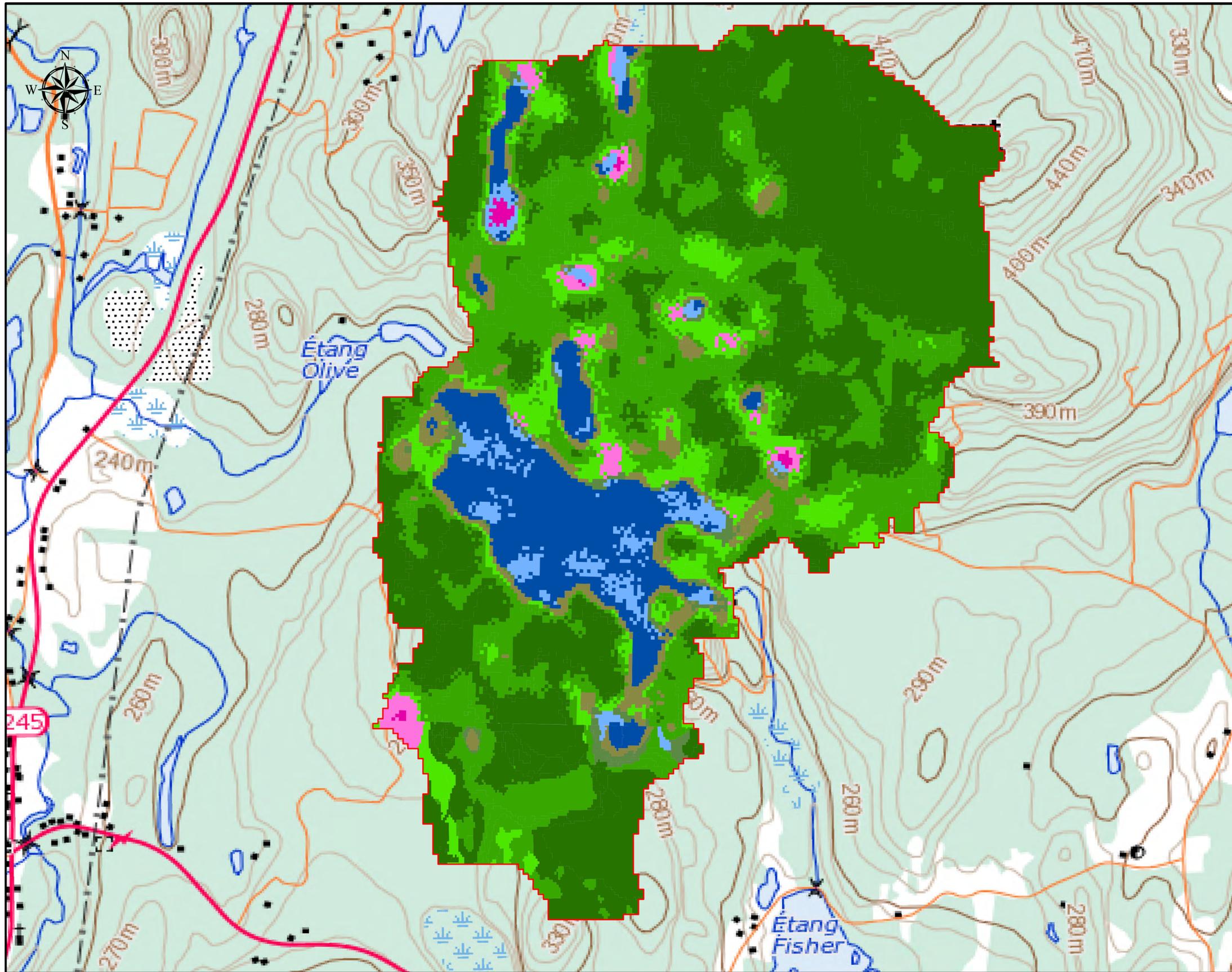
Légende

- Bassin versant
- Eau profonde
- Eau de surface
- Sol découvert ou anthropique
- Sol semi-découvert ou anthropique
- Marais
- Marécage
- Prairie
- Forêt
- Forêt dense

Fond: carte topographique 31H01 de 2008

1:8 000	Lac Nick - Étude rétrospective Occupation des sols en 1966	
	Préparée par: L. Humbert	Vérifiée par: G. Beaumont
Feuillet No. 01	Pour: Municipalité de Bolton-Est Projet: 26738TTA	
	Date: décembre 2016	



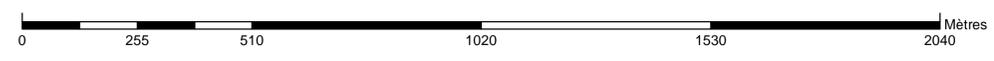


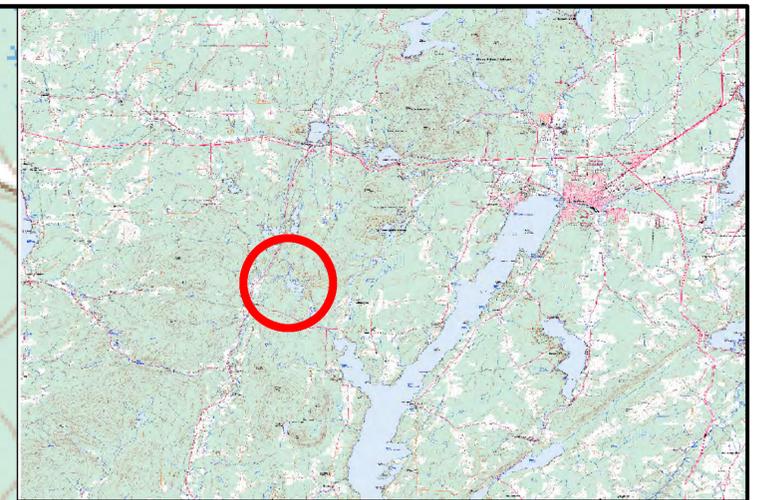
Légende

- Bassin versant
- Occupation des sol en 1990**
- Eau profonde
- Eau de surface
- Sol découvert ou anthropique
- Sol semi-découvert ou anthropique
- Marais
- Marécage
- Prairie
- Forêt
- Forêt dense

Fond: carte topographique 31H01 de 2008

1:8 000	Lac Nick - Étude rétrospective Occupation des sols en 1990	
	Préparée par: L. Humbert	Vérifiée par: G. Beaumont
Feuillet No. 01	Pour: Municipalité de Bolton-Est Projet: 26738TTA	
	Date: décembre 2016	



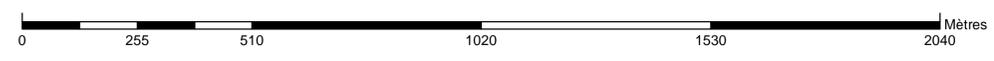


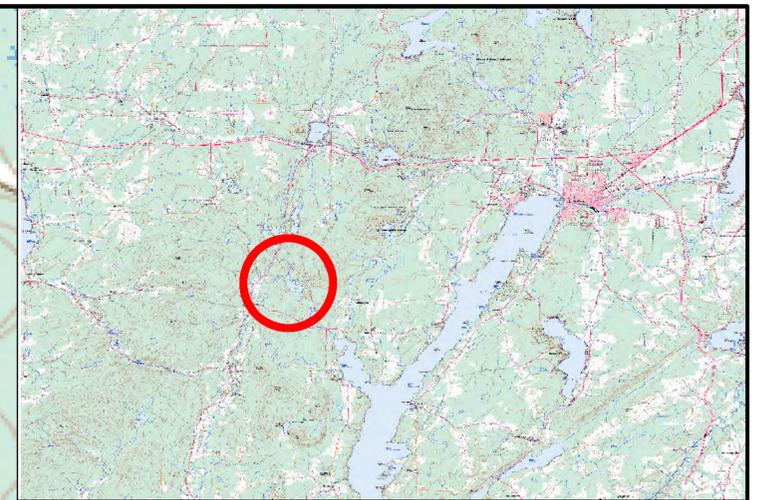
Légende

- Bassin versant
- Eau profonde
- Eau de surface
- Sol découvert ou anthropique
- Sol semi-découvert ou anthropique
- Marais
- Marécage
- Prairie
- Forêt
- Forêt dense

Fond: carte topographique 31H01 de 2008

1:8 000	Lac Nick - Étude rétrospective Occupation des sols en 2000	
	Préparée par: L. Humbert	Vérifiée par: G. Beaumont
Feuillet No. 01	Pour: Municipalité de Bolton-Est Projet: 26738TTA	
	Date: décembre 2016	



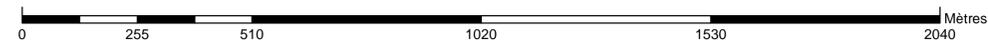


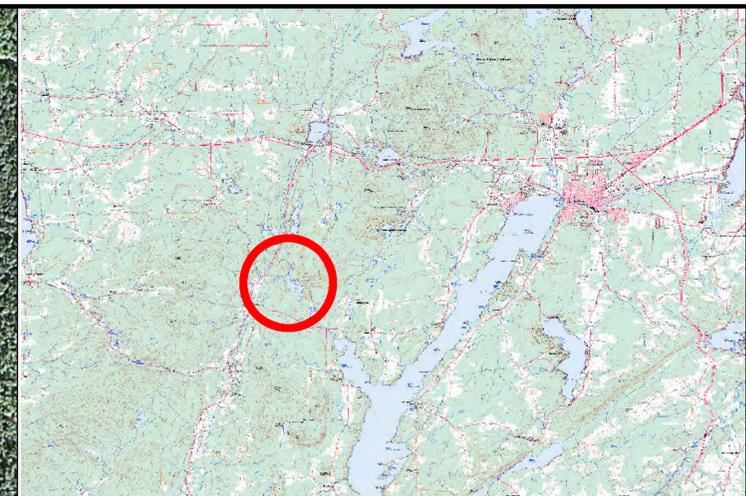
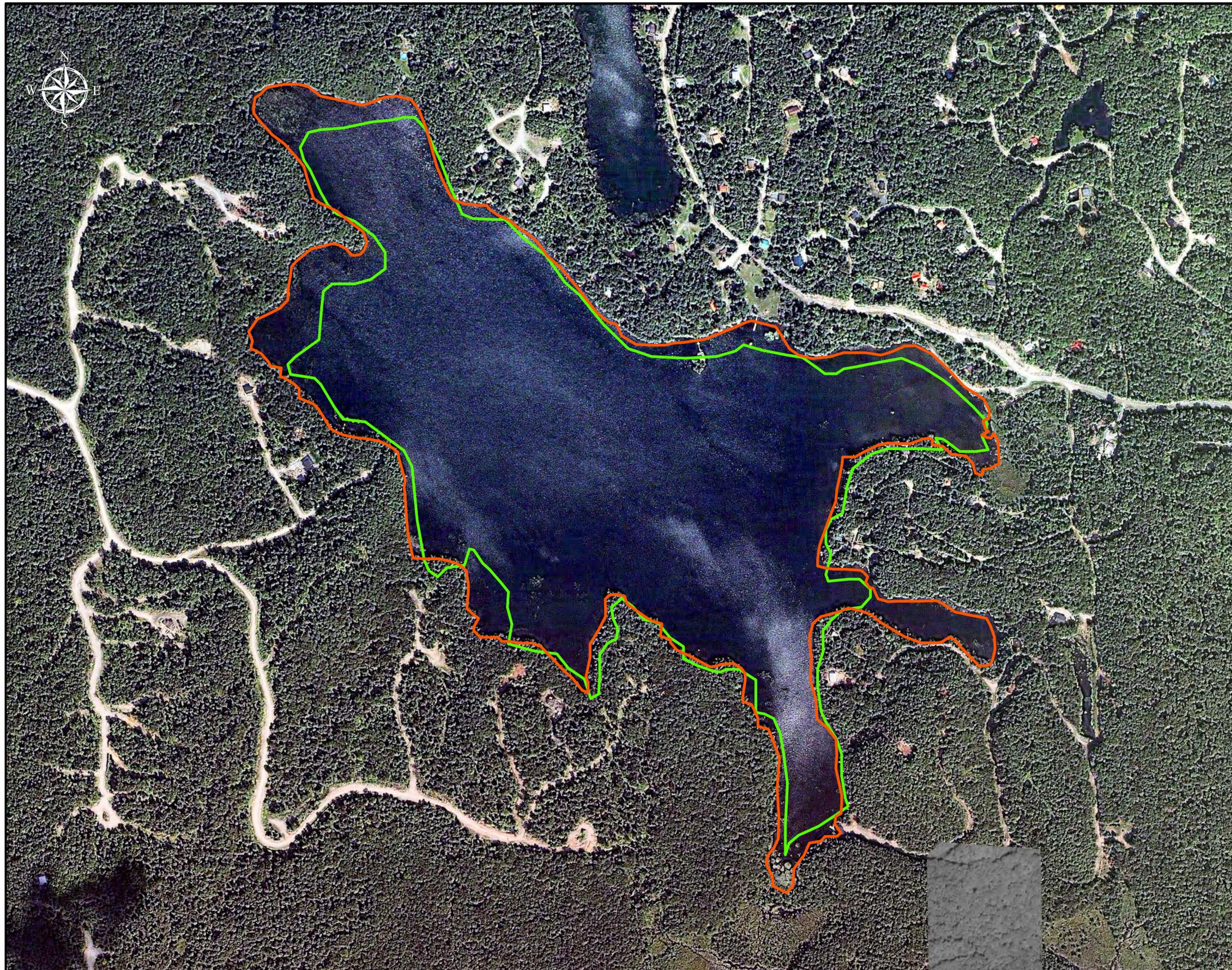
Légende

- Bassin versant
- Eau profonde
- Eau de surface
- Sol découvert ou anthropique
- Sol semi-découvert ou anthropique
- Marais
- Marécage
- Prairie
- Forêt
- Forêt dense

Fond: carte topographique 31H01 de 2008

1:8 000	Lac Nick - Étude rétrospective Occupation des sols en 2015	
	Préparée par: L. Humbert	Vérifiée par: G. Beaumont
Feuillet No. 01	Pour: Municipalité de Bolton-Est Projet: 26738TTA	
	Date: décembre 2016	





Légende

- Surface du lac en 1966
- Surface du lac en 2015

Fond: image satellite Google Earth 2007

1:3 000	Lac Nick - Étude rétrospective Variation de la surface en eau du Lac	
	Préparée par: L. Humbert	Vérifiée par: G. Beaumont
Feuillet No. 01	Pour: Municipalité de Bolton-Est Projet: 26738TTA	
	Date: décembre 2016	

