



**GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA
OPEN FILE 6620**

**Watershed Mapping and Monitoring for Northern Community
Impact Assessment – Clyde River, Nunavut**

ΔΛ እ ሚ ዘ ቪ አ መ ኣ ኔ ሚ አ መ ቦ ከ እ ዘ ኤ መ ዘ ክ ሚ ዘ ኣ እ
 ዘ እ ከ ሚ ዘ ኩ ሚ ዘ ኢ ሚ ዘ እ ዘ ኤ ሚ ዘ እ ዘ ኣ ሚ ዘ እ ዘ ኢ
 ዘ እ ዘ እ ዘ እ ዘ እ ዘ እ ዘ እ ዘ እ ዘ እ ዘ እ ዘ እ ዘ እ

**Cartographie et suivi des bassins versants pour l'évaluation
d'impact dans les communautés nordiques – Clyde River,
Nunavut**

P. Budkevitsch, C. Prévost, G. Pavlic, and M. Pregitzer

2011



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada



GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA OPEN FILE 6620

Watershed Mapping and Monitoring for Northern Community Impact Assessment – Clyde River, Nunavut

ΔL ɿ J ɿ < c c ɿ σ ɿ S ɿ o ɿ G ɿ c ɿ o ɿ a ɿ ɿ J ɿ A ɿ C ɿ D ɿ c ɿ σ ɿ ɿ b ɿ D ɿ A ɿ h ɿ c ɿ σ ɿ ɿ b ɿ D ɿ P ɿ D ɿ ɿ C ɿ c ɿ J ɿ A ɿ c ɿ o ɿ A ɿ C ɿ ɿ C ɿ D ɿ c ɿ A ɿ c ɿ J ɿ C ɿ D ɿ r ɿ L ɿ σ ɿ ɿ m ɿ o ɿ A ɿ C ɿ n ɿ r ɿ c ɿ r ɿ U ɿ - ɿ b ɿ ɿ f ɿ r ɿ b ɿ C ɿ l ɿ A ɿ b ɿ , ɿ o ɿ o ɿ g ɿ c ɿ

Cartographie et suivi des bassins versants pour l'évaluation d'impact dans les communautés nordiques – Clyde River, Nunavut

P. Budkewitsch, C. Prévost, G. Pavlic, and M. Pregitzer

2011

©Her Majesty the Queen in Right of Canada 2011

doi:10.4095/288034

This publication is available from the Geological Survey of Canada Bookstore (http://gsc.nrcan.gc.ca/bookstore_e.php).

It can also be downloaded free of charge from GeoPub (<http://geopub.nrcan.gc.ca/>).

Recommended citation:

Budkewitsch, P., Prévost, C., Pavlic, G., and Pregitzer, M., 2011. Watershed Mapping and Monitoring for Northern Community Impact Assessment – Clyde River, Nunavut//ΔL ɿ J ɿ < c c ɿ σ ɿ S ɿ o ɿ G ɿ c ɿ o ɿ a ɿ ɿ J ɿ A ɿ C ɿ D ɿ c ɿ σ ɿ ɿ b ɿ D ɿ A ɿ h ɿ c ɿ σ ɿ ɿ b ɿ D ɿ P ɿ D ɿ ɿ C ɿ c ɿ J ɿ A ɿ c ɿ o ɿ A ɿ C ɿ ɿ C ɿ D ɿ c ɿ A ɿ c ɿ J ɿ C ɿ D ɿ r ɿ L ɿ σ ɿ ɿ m ɿ o ɿ A ɿ C ɿ n ɿ r ɿ c ɿ r ɿ U ɿ - ɿ b ɿ ɿ f ɿ r ɿ b ɿ C ɿ l ɿ A ɿ b ɿ , ɿ o ɿ o ɿ g ɿ c ɿ /Cartographie et suivi des bassins versants pour l'évaluation d'impact dans les communautés nordiques – Clyde River, Nunavut; Geological Survey of Canada, Open File 6620, 63p. doi:10.4095/288034

Publications in this series have not been edited; they are released as submitted by the author.



Natural Resources
Canada Ressources naturelles
Canada



Enhancing Resilience in a Changing Climate
Building Resilience to Climate Change in Canadian Communities

Watershed Mapping and Monitoring for Northern Community Impact Assessment



Quickbird, August 21, 2005 (Image © 2005, Digital Globe, All Rights Reserved)

Clyde River, Nunavut

Canada



/

Canada

Table of Contents



Abstract	4
The Project Team.....	5
Project Partners.....	6
The Study Area.....	7
Background.....	8
Satellite Imagery.....	9
Ground Control Point.....	10
Watershed Boundary	11
Bathymetric Mapping	13
Technology Transfer	17
Additional Information	18
Next Steps.....	20

Abstract



This report highlights the Clyde River watershed assessment activity conducted by scientists from Natural Resources Canada. This activity included the use of high resolution satellite imagery, airphotos, and on-site field surveys to map the surrounding watershed boundaries and lake depths.

This activity was also used as a technology transfer exercise, whereby local members of the community were trained to understand and use a set of tools and solutions for conducting small lake surveys and for collecting GPS locations.

This document is copyright of Natural Resources Canada and contains copyrighted material of Digital Globe Inc, the provider of the Quickbird high resolution satellite image shown in this report.

Digital computer files resulting from this project, and described in this document, are available for free and are grouped under the same publication file. The digital files comprise of:

- Vector files of the outlines of the two watersheds (ESRI shapefile.shp).
- Raster files illustrating the water depth model of each of the three lakes surveyed (Geotiff.tif)
- Vector files illustrating the depth contours (isobaths) of each of the three lakes surveyed (ESRI shapefile.shp).
- Tabular statistics featuring the water volume for each of the three lakes.
- Lake volume statistics stored as .kml files (Keyhole Markup Language) viewable on tools such as Google Earth.
- Vector files illustrating the depth contours of each of the three lakes stored as .img files compatible with Garmin™ GPS map devices.
- A geocoded anaglyph product illustrating the surroundings of Clyde River. This digital and printed product is georeferenced and should be viewed with anaglyph red-blue glasses.

Project Team



Natural Resources Canada

David Mate

Project Leader
Natural Resources Canada
490, rue de la Couronne
Québec, QC G1K 9A9
Telephone: (418) 687-6407
Fax: (418) 654-2615
Email: David.Mate@NRCan.gc.ca

Christian Prévost

Environmental Scientist
Natural Resources Canada
588 Booth St., Ottawa, ON K1A 0Y7
Telephone: (613) 996-7789
Fax: (613) 947-1385
Email: Christian.Prevost@NRCan.gc.ca

Paul Budkewitsch

Activity Team Leader
Natural Resources Canada
588 Booth St., Ottawa, ON K1A 0Y7
Telephone: (613) 947-1331
Fax: (613) 947-1385
Email: Paul.Budkewitsch@NRCan.gc.ca

Goran Pavlic

Environmental Scientist
Natural Resources Canada
588 Booth St., Ottawa, ON K1A 0Y7
Telephone: (613) 947-1225
Fax: (613) 947-1385
Email: Goran.Pavlic@NRCan.gc.ca

Clyde River, Nunavut

Nick Illauq

Counsellor
Hamlet of Clyde River
P.O. Box 233
Clyde River, NU X0A 0E0
Telephone: (867) 924-6220
E-mail: Nick_illauq@hotmail.com

Shari and Jakob Gearheard

Ittaq Heritage and Research Centre
P.O. Box 241
Clyde River, NU X0A 0E0
Telephone: (867) 924-6555
E-mail: sharig@qiniq.com

Iqaluit, Nunavut

LeeAnn Pugh

Climate Change Coordinator
Nunavut Department of Environment
P.O. Box 1000
Station 1360 Iqaluit, NU, X0A 0H0
Toll free: 1-866-222-9063
E-mail: lpugh@gov.nu.ca



Project team members: Goran Pavlic, Christian Prévost and Paul Budkewitsch

Project Partners



Acknowledgements to our partners involved:

- Government of Nunavut : Department of Environment and the Department of Community and Government Services
- Canada-Nunavut Geoscience Office
- Canadian Institute of Planners
- Hamlet of Clyde River
- Ittaq Heritage and Research Centre
- Department of Indian and Northern Affairs



Indian and Northern
Affairs Canada

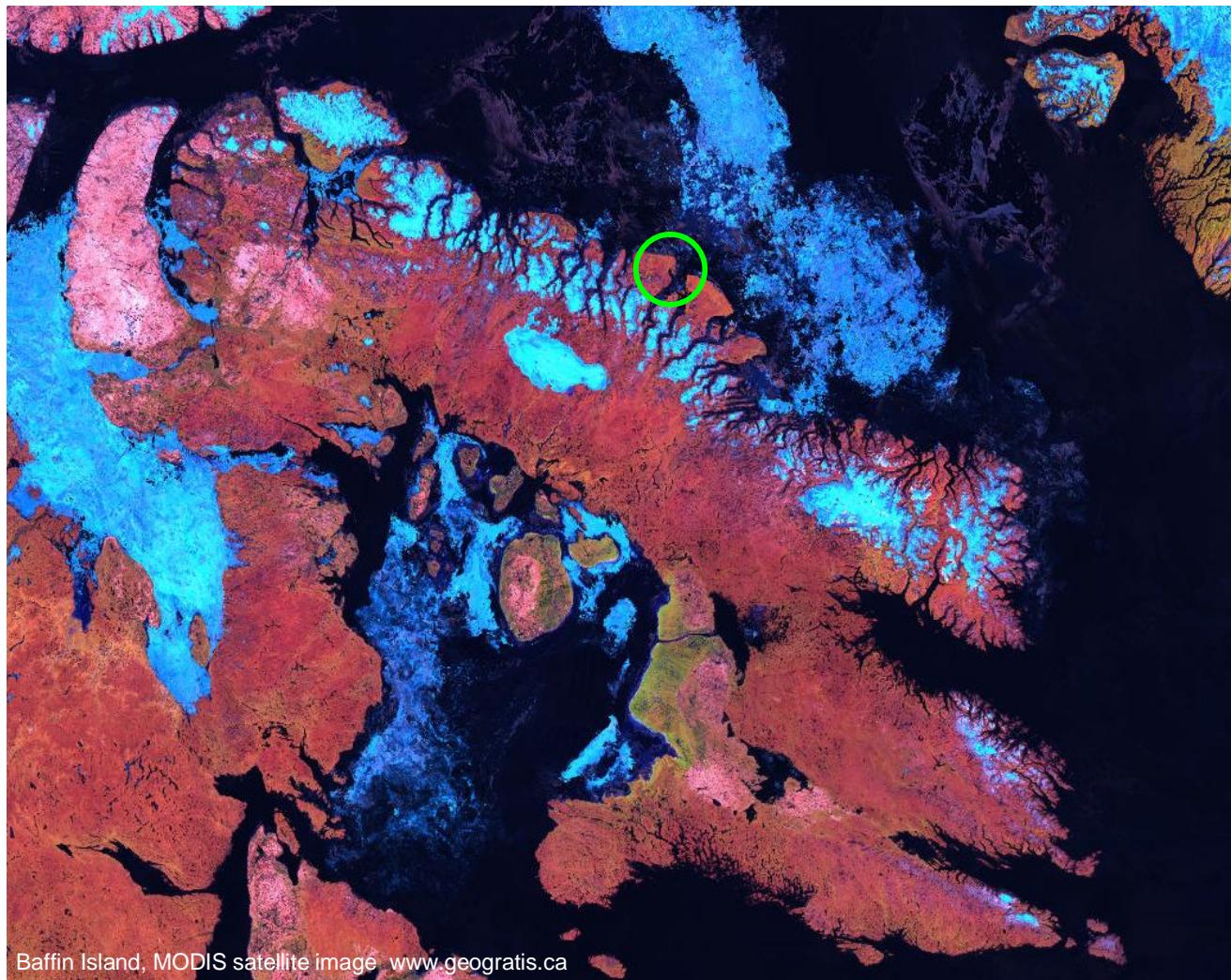
Affaires indiennes
et du Nord Canada

The Study Area



Clyde River, Nunavut

Clyde River is on Baffin Island's east coast in the shelter of Patricia Bay, off Clyde Inlet. Perched on a flood plain, Clyde River is surrounded by glaciers and icebergs with ten fiords within 100km radius of the hamlet. Clyde River has a population of approximately 850 people.



Background



Northern Canadian communities, like other communities in Canada, face numerous challenges in order to ensure access to safe, clean and plentiful water supplies. There are several factors that make this responsibility different in the North placing an additional strain on the limited resource of surface freshwater, such as:

- Reliance on exposed surface water due to the presence of continuous permafrost.
- Low precipitation.
- Rising consumption due to population growth.
- Uncertainty in the face of increasing changes in climate.

This research presents an example of bathymetric survey and watershed boundary mapping for the protection and evaluation of freshwater supplies for the hamlet of Clyde River in Nunavut.

In August 2007, on-site field surveys were conducted on three lakes near the Hamlet of Clyde River by scientists from Natural Resources Canada and a Councillor of the Hamlet. The first lake surveyed is used to supply water to the Hamlet of Clyde River, the second lake lies on higher ground and shares the same watershed as the water supply lake. The third lake surveyed is found in an adjacent watershed and could

be valued as a secondary potential water supply for the Hamlet. The on-site surveys applied watershed mapping methods to support the monitoring of water supply reservoirs and community planning. The geomatics and remote sensing data collected led to the production of detailed maps and statistics, including:

- A high resolution satellite image, geo-coded using precise ground control points.
- An accurate delineation of two important watersheds (catchment basins) near the hamlet.
- Stereo anaglyphs illustrating the landscape in 3D.
- Water depth contours and statistics to help determine the water supply budget.

The technology transfer aspect of the activity was orientated towards training local personnel on how low-cost equipment can be used to provide basic, yet accurate information. This type of fieldwork may also be effectively reproduced in other Nunavut communities. Results provide a better estimate of water supply volume and watershed boundaries to assist with monitoring in a changing climate that is beginning to significantly affect the Arctic.



Hamlet of Clyde River water reservoir, 2007

Satellite Imagery



High Resolution Satellite Imagery

A high resolution (QuickBird™) satellite image was acquired to be used as a geographic reference for community planning and development applications.



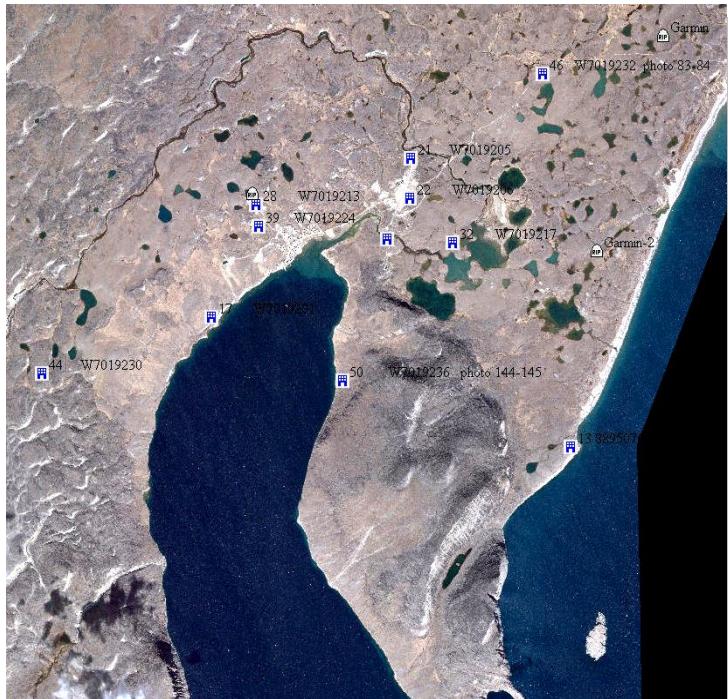
This image was referenced to the Earth (georeferenced) using precise ground control points collected by the project team and from Natural Resources Canada's Geodetic Survey and Aero Survey database (ASDB). The georeferenced image was generated using specialized geomatics software. Once in this form, the image map can be opened and viewed in other GIS software packages or printed with correct map coordinates.

Ground Control Points



Ground Control Point (GCP) Collection

Precise ground control points were acquired by GPS at locations visible both on the ground and on the satellite image.



Ground Control Points collected by the project team and from the Geodetic Survey of Canada database were used to georeference the Quickbird satellite image.



A visible ground location of an existing ground control marker.



Other visible landmarks such as large boulders that were suitable or visible targets were used to augment the GCP database.



Using the ground control points to georeference the satellite image.

RESULT: A georeferenced, high resolution satellite image map.

Watershed Boundary



Surveying the Watershed

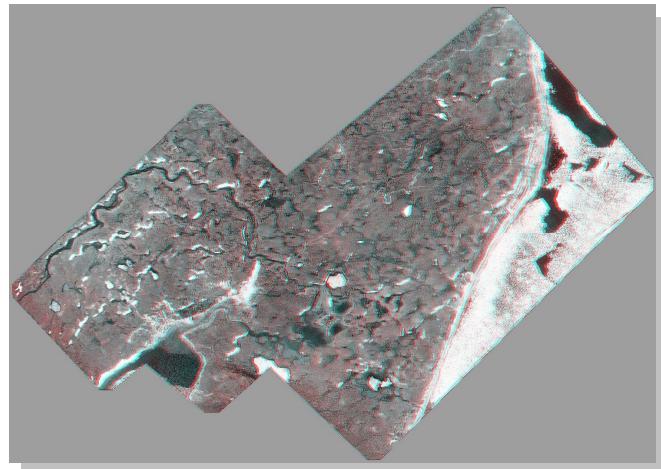
The water budget of a reservoir is predominantly controlled by the surface area of its watershed, the amount of precipitation, evapotranspiration from the vegetated surface, evaporation from the water surface, underground recharge, runoff, and the water volume removed for consumption. Some of these parameters are more difficult than others to evaluate. Climate change may also have an impact on the water budget of a lake due to fluctuations in the amount and distribution of precipitation.

Surveying the watershed boundary is one of the primary requirements for estimating the water budget of a lake and consequently estimating the available water resource for a community.

The watershed boundaries for the current and potential lake water supply in Clyde River were mapped and validated using two methods.

The first method was to estimate the watershed boundary by using an anaglyph image generated using several airphotos. An anaglyph derived from stereo-airphotos permits viewing the area in a 3D perspective by using blue-red coloured glasses. This product helps to visualize the basin and height of the land to gain a common understanding of the watershed boundary.

The second method to estimate the watershed boundary was by walking along the crest of the watershed divide, using a recording GPS to refine the boundary position.



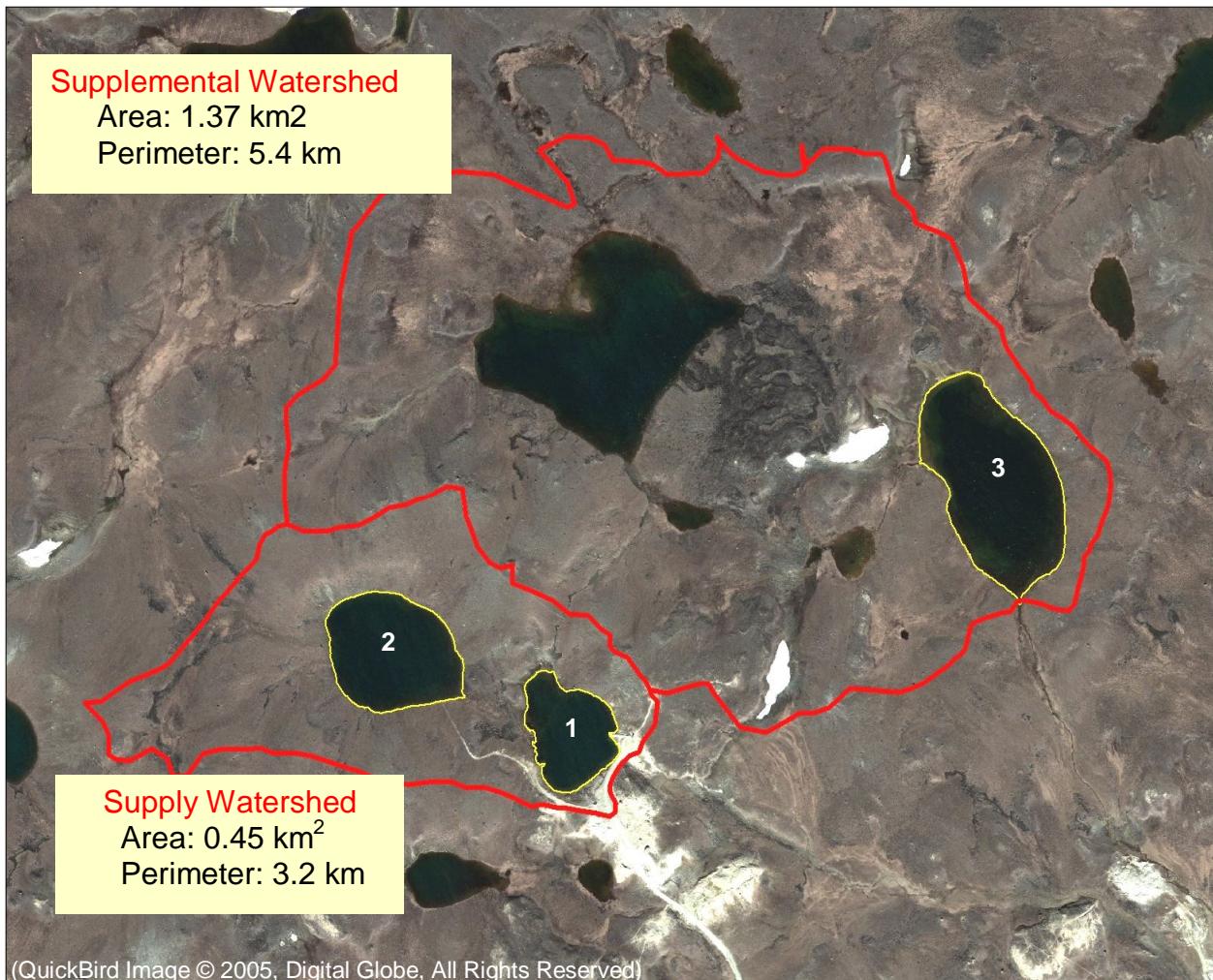
Stereo Anaglyphs for 3D-viewing.



Validation of the watershed boundary by walking along the crest of the watershed divide.



The Supply Watershed contains two lakes; the water reservoir (1) for Clyde River and a second lake (2). The Supplemental Watershed contains a potential secondary water source lake (3) for Clyde River. All three lakes were surveyed by the project team.



RESULT: Established watershed boundaries for the water reservoir and the adjacent secondary water source.

Bathymetric Mapping



Bathymetric Lake Surveys

The detailed bathymetric survey of three small lakes in the vicinity of Clyde River was completed in August 2007 by personnel from Natural Resources Canada and the Hamlet of Clyde River.

The overall method to conduct the survey was developed to obtain the best results possible with low cost, robust and easy to use equipment. The equipment includes a sonar fish finder and a standard consumer grade GPS receiver.



The three lakes surveyed



Collecting data on the lake for the bathymetric survey

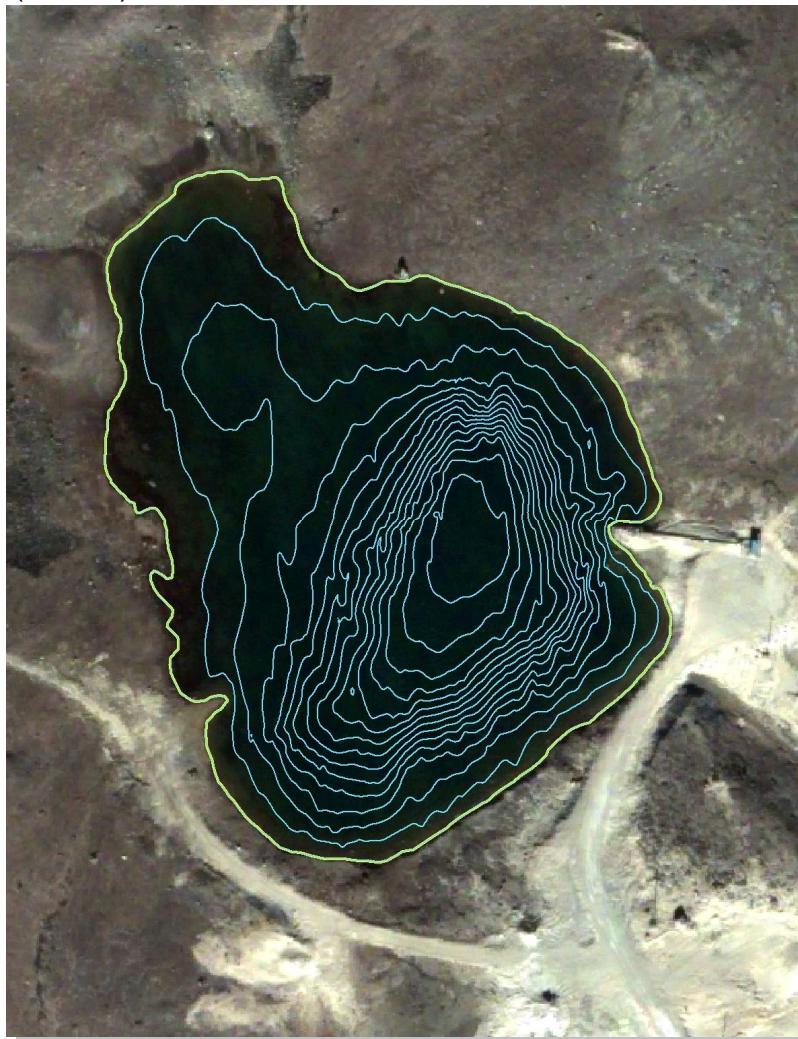


Close up view of the GPS receiver and sonar fish finder



Bathymetric contour lines (isobaths) were generated at 1 metre intervals. A series of three bathymetric maps at a printed scale of 1:1,000, one for each lake surveyed, were produced as shown in the figures below. Information derived from the bathymetric survey includes total lake volume, and water volume at various depth intervals.

Bathymetric survey of the Clyde River water reservoir (Lake 1)



Supply lake statistics Statistiques du lac principal

Perimeter / Périmètre:	.79 km
Area / Surface:	.033 km ²
Volume:	135.8×10^3 m ³
Depth / Profondeur:	~14.3 m

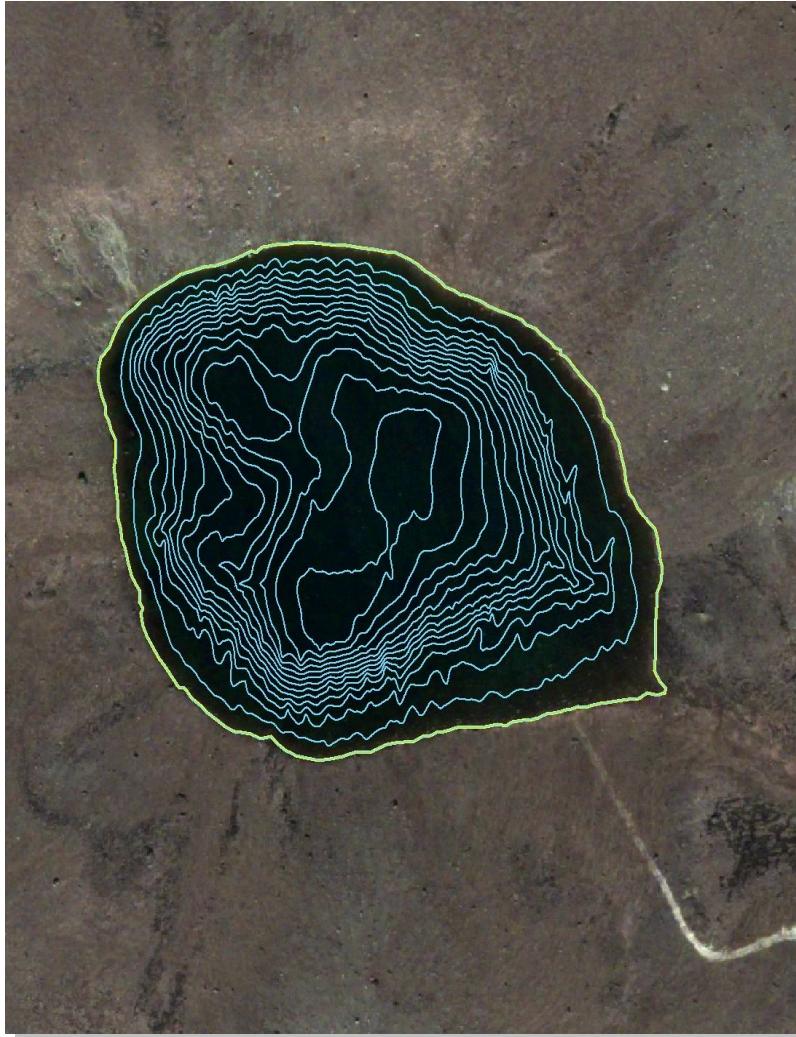
Depth Profondeur	Volume 1000 m ³	Cumu. volume 1000 m ³
0 – 10 cm	3.2	3.2
11 – 20 cm	3.1	6.3
21 – 30 cm	3.1	9.4
31 – 40 cm	3.0	12.4
41 – 50 cm	3.0	15.4
51 – 60 cm	2.9	18.3
61 – 70 cm	2.8	21.1
71 – 80 cm	2.8	23.9
81 – 90 cm	2.7	26.6
91 cm – 1m	2.6	29.0
1 – 2 m	22.5	51.7
2 – 3 m	15.5	67.3
3 – 4 m	12.0	79.3
4 – 5 m	10.2	89.5
5 – 6 m	8.0	98.4
6 – 7 m	7.0	106.1
7 – 8 m	6.8	112.9
8 – 9 m	5.9	118.8
9 – 10 m	5.0	123.8
10 – 11 m	4.2	128.1
11 – 12 m	3.4	131.5
12 – 13 m	2.5	134.0
13 – 14 m	1.5	135.4
14 m +	3	135.8

1 km² = 100 hectares

1m³ = 1000 litres



Bathymetric survey for the second lake (Lake 2)



Second lake statistics Statistiques du second lac

Perimeter / Périmètre: .89 km
Area / Surface: .054 km²
Volume: 333.7 x 10³ m³
Depth / Profondeur: ~14 m

Depth Profondeur	Volume 1000 m ³	Cumul. volume 1000 m ³
0 – 10 cm	5.4	5.4
10 – 20 cm	5.2	10.6
20 – 30 cm	5.2	15.8
30 – 40 cm	5.1	20.8
40 – 50 cm	5.0	25.8
50 – 60 cm	4.9	30.7
60 – 70 cm	4.8	35.5
70 – 80 cm	4.7	40.3
80 – 90 cm	4.7	44.9
90 cm – 1m	4.6	49.5
1 – 2 m	41.3	90.8
2 – 3 m	35.6	126.4
3 – 4 m	32.4	158.9
4 – 5 m	30.0	188.9
5 – 6 m	27.8	216.8
6 – 7 m	25.6	242.4
7 – 8 m	23.1	265.5
8 – 9 m	20.2	285.7
9 – 10 m	17.4	303.1
10 – 11 m	14.2	317.3
11 – 12 m	10.1	327.4
12 – 13 m	5.4	332.8
13 – 14 m	.9	333.6

1 km² = 100 hectares

1m³ = 1000 litres



Bathymetric survey for the third lake, a secondary water source (Lake 3)



Third lake statistics Statistiques du 3e lac

Perimeter / Périmètre: 1.24 km
Area / Surface: .088 km²
Volume: 488.8 × 10³ m³
Depth / Profondeur: ~ 20 m

Depth Profondeur	Volume 1000 m ³	Cumul. volume 1000 m ³
0 – 10 cm	8.7	8.7
10 – 20 cm	8.4	17.1
20 – 30 cm	8.2	25.3
30 – 40 cm	8.0	33.2
40 – 50 cm	7.8	41.0
50 – 60 cm	7.6	48.6
60 – 70 cm	7.4	56.0
70 – 80 cm	7.2	63.2
80 – 90 cm	6.9	70.1
90 cm – 1m	8.7	78.8
1 – 2 m	55.5	132.3
2 – 3 m	45.1	177.4
3 – 4 m	39.8	217.2
4 – 5 m	35.8	253.0
5 – 6 m	32.5	285.6
6 – 7 m	29.4	315.0
7 – 8 m	27.1	342.1
8 – 9 m	24.9	367.0
9 – 10 m	22.7	389.8
10 – 11 m	20.3	410.0
11 – 12 m	17.4	427.5
12 – 13 m	15.0	442.5
13 – 14 m	13.0	455.5
14 – 15 m	10.7	466.2
15 – 16 m	8.4	474.6
16 – 17 m	6.3	480.9
17 – 18 m	4.4	485.3
18 – 19 m	2.7	487.9
19 – 20 m	.9	488.8

1 km² = 100 hectares

1m³ = 1000 litres

RESULT: Bathymetric surveys conducted and statistics generated for all three lakes.

Technology Transfer



The watershed boundary mapping and bathymetric lake survey techniques were designed as a technology transfer activity, required to support the assessment of watersheds in the vicinity of Clyde River. These techniques provide a low cost, user friendly and robust set of tools and solutions for conducting small lake surveys in order for Nunavut communities to better understand and gather information about their water supply lake and its surrounding watershed.



Christian Prévost teaches Nick Illauq bathymetric survey techniques.



Community workshop in Clyde River, March 2008

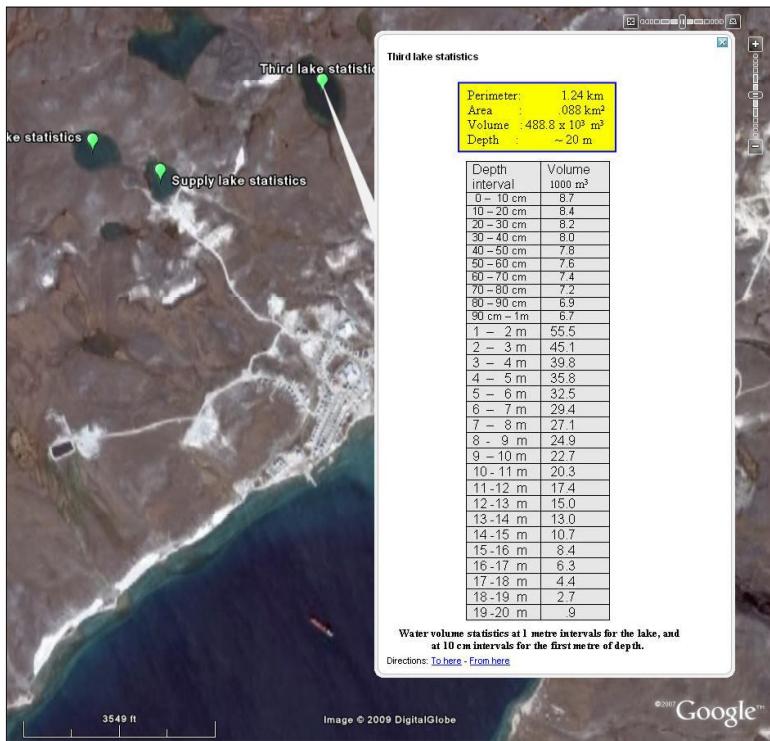
RESULT: Low cost, user friendly and robust set of mapping tools that the community can use to monitor their environment.

Additional Information



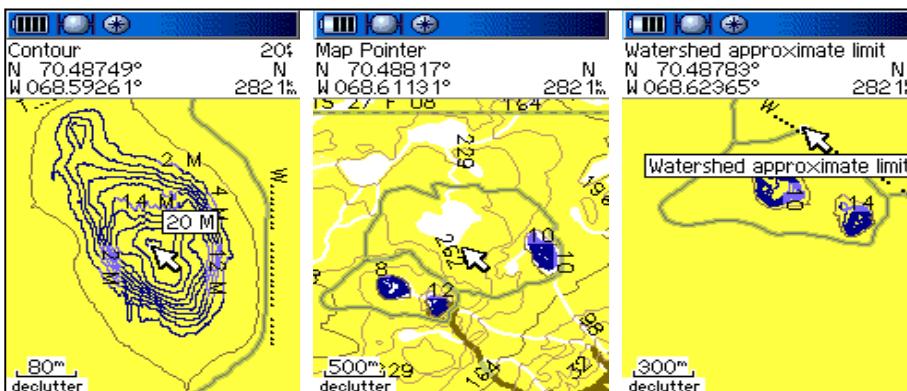
The geospatial products of this mapping and surveying activity were made compatible with low cost and accessible software.

A Keyhole Markup Language (.kml) file illustrating lakes statistics that can be opened by using public domain software such as Google Earth™.



Google Earth representation summarizing the major outputs for the summer of 2007.

A GPS compatible file (.img) illustrating the watershed outlines (boundaries) and lake depth contours can be opened and viewed directly on screen in a Garmin™ GPS Map.



Screen grabs from a Garmin76Map™ display featuring the bathymetric contours of the three lakes surveyed and their associated watersheds.



Fact Sheet and Poster

A factsheet featuring this project will be available on the Canada Centre for Remote Sensing web site www.ccrs.nrcan.gc.ca.

A large size poster illustrating the results of this project has also been produced. A limited number of printed copies are available upon request by contacting the project leader or the project members.



Geomatics information for watersheds near Clyde River, Nunavut, using EO data and ground surveys

P. Budkevitsch, C. Prevost, G. Pavlic
Natural Resources Canada, Earth Sciences Sector, Canadian Centre for Remote Sensing

BACKGROUND
Northern Canadian communities, like other communities in Canada, face numerous challenges. In order to ensure access to safe and plentiful water supplies, there are several factors that must be considered. One of the most important factors is climate change. Climate change has already had significant impacts on the environment and on the limited resource of淡水资源. This research presents an example of how the climate and watershed can be used today to support the protection and evaluation of freshwater supplies for the hamlet of Clyde River in Nunavut. The technology transfer activity was oriented towards training local personnel on how to use the information to provide basic yet accurate hydrological data.

In August 2007, on-site field surveys were conducted by scientists from Natural Resources Canada and a member of the Hamlet to supply watershed mapping methods to support monitoring of water supply resources, and for community planning.



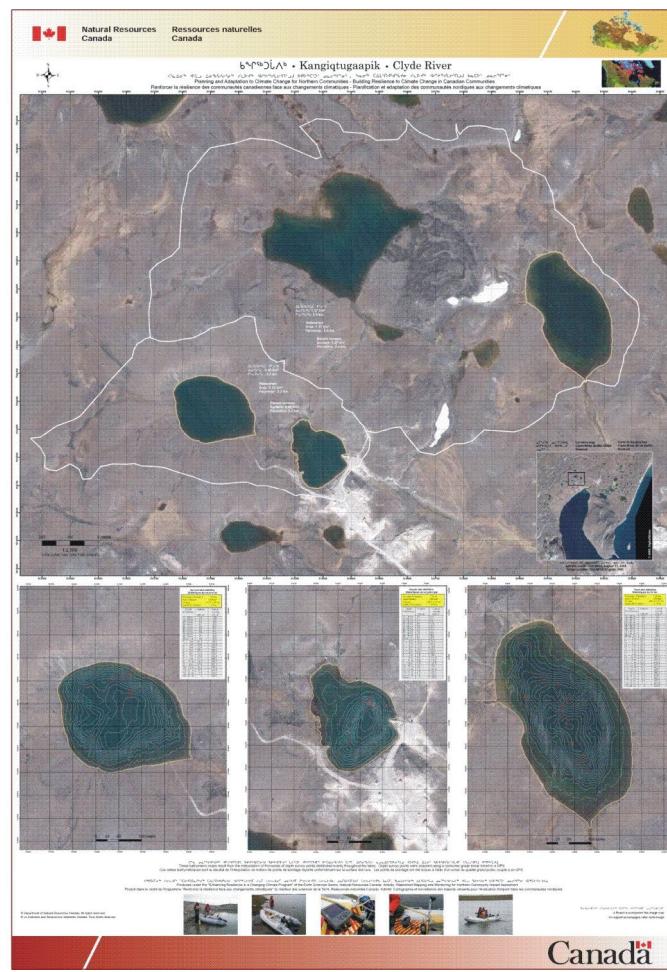
Several geomatics datasets from 2007 were used to create a detailed bathymetric survey of the lakes of the hamlet, one of which is the lake where the hamlet sits. One of the objectives of the study was to map the lake. It is considered to be a good candidate as an alternate source of water for the hamlet. A bathymetric survey was generated at 1 metre intervals, and a series of three bathymetric maps at scale of 1:10,000 were produced as shown in the figure. General information is included on the maps such as the lake bottom, total water volume at various depths, and water volume at various depths of interest. Three photographs are available upon request.

In addition to the watershed and bathymetric surveys, precise ground control points were acquired to support the generation of a digital elevation model (DEM). The corrected geocoded image is used as a geographic reference for general development applications, and has been distributed to registered partners. A DEM was generated from the images. Three photographs provide viewing the area in a 3D perspective by using stereoscopic glasses. The map presented to the partners had a common understanding of the administrative boundary.

Using the scope of the project to build Resilience to Climate Change in Human Settlements (http://www.nrcan.gc.ca/research/2/index_e.pdf), the technology transfer activity in geomatics and remote sensing led to the production of detailed maps, bathymetric surveys, and a DEM. The maps will be used to train local personnel. All team members recognized how effectively this initiative can be reproduced in other communities of Northern Canada. The team members have been invited to assist with monitoring in a changing climate that is beginning to affect the Arctic more significantly.

Canada

Project factsheet available on the CCRS web site.



Project poster featuring the project results.

Next Steps

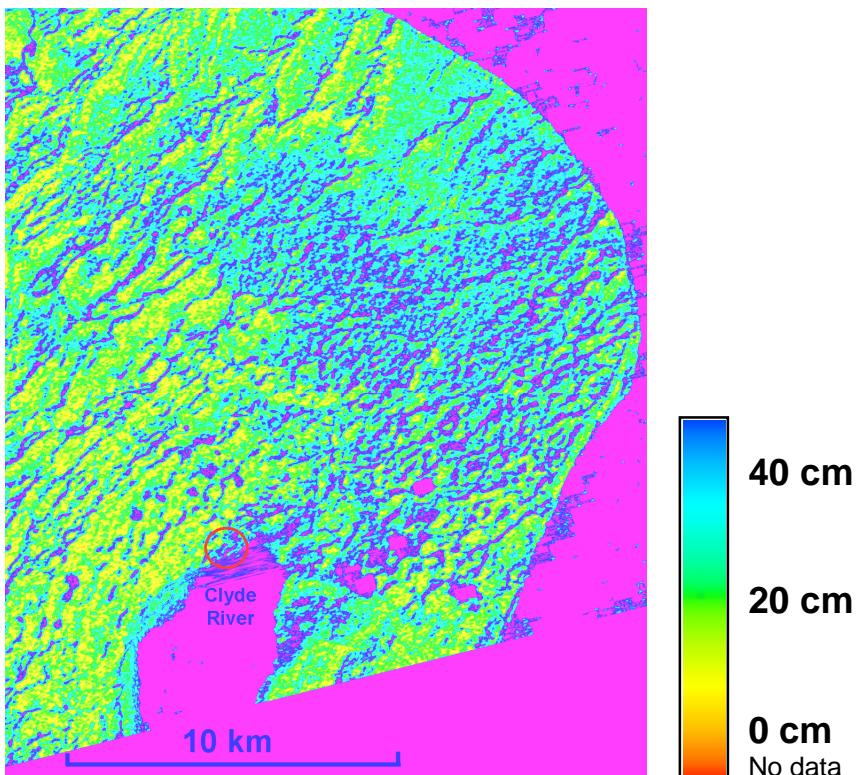


Technology Transfer

- Investigate other potential low cost tools and techniques amenable to enhance project outputs.

Snow Cover Estimation

- Investigate and develop methods to use Canada's RADARSAT-2 satellite data for estimating snow depth accumulation in the reservoir watersheds and other areas of interest. This information can be used to provide better input parameters in calculating the water budget.



Prototype product to provide spatial estimation of snow cover accumulation from radar satellite data.



አዲስ የኢትዮጵያ ስራው አገልግሎት ተደርጓል እና አዲስ የኢትዮጵያ ስራው አገልግሎት ተደርጓል

አዲስ የኢትዮጵያ ስራው አገልግሎት ተደርጓል እና አዲስ የኢትዮጵያ ስራው አገልግሎት ተደርጓል እና አዲስ የኢትዮጵያ ስራው አገልግሎት ተደርጓል እና አዲስ የኢትዮጵያ ስራው አገልግሎት ተደርጓል



የኢትዮጵያ ስራው አገልግሎት ተደርጓል 21, 2005 (ኤንዳርድ ምርመራ © 2005, ንብረትናይሮፕሮግር ከፍትናይሮፕሮግር, የኢትዮጵያ ስራው አገልግሎት ተደርጓል)

የኢትዮጵያ ስራው አገልግሎት

Canada



Canada



ଓକ୍ତୁମ୍ବର ମୁଦ୍ରା	24
ଲାଗୁନା ପାଇଁ	25
ଲାଗୁନା ପାଇଁ ଉପରେରେ	26
ବ୍ୟାକ୍‌ରୀତିରେ ଆଶୀର୍ବାଦ	27
କର୍ମଚାରୀଙ୍କ ପରିବହନ	28
କର୍ମଚାରୀଙ୍କ ପରିବହନ କାର୍ଯ୍ୟ	30
ପରିବହନ କାର୍ଯ୍ୟରେ ଆଶୀର୍ବାଦ	31
ଅନ୍ତର୍ଭାବ ପରିବହନ	32
ଅନ୍ତର୍ଭାବ ପରିବହନ କାର୍ଯ୍ୟରେ ଆଶୀର୍ବାଦ	34
ବ୍ୟାକ୍‌ରୀତିରେ ଆଶୀର୍ବାଦ	38
କର୍ମଚାରୀଙ୍କ ପରିବହନ କାର୍ଯ୍ୟରେ ଆଶୀର୍ବାଦ	39
ବ୍ୟାକ୍‌ରୀତିରେ ଆଶୀର୍ବାଦ	41



ʌc奴σ' ɬ ʌc奴᷑c



moΓbDURRJc bəCΓb

CAOON LAC

ʌc奴σ' ɬ r̥ɔc' ɬb
moΓbDURRJc bəCΓb
490, rue de la Couronne
Québec, QC G1K 9A9
D̥bcD̥b: (418) 687-6407
r̥b̥b̥d̥b̥: (418) 654-2615
'b̥b̥d̥: David.Mate@NRCan.gc.ca

▷c ɬ ɬ ɬ ɬ

'b̥b̥D̥cD̥b̥ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ
moΓbDURRJc bəCΓb
588 Booth St., Ottawa, ON K1A 0Y7
D̥bcD̥b: (613) 947-1331
r̥b̥b̥d̥b̥: (613) 947-1385
'b̥b̥d̥: Paul.Budkevitsch@NRCan.gc.ca

b̥r̥b̥c̥l̥ḁ, moΓc

σ̥ Δ̥cD̥b̥

b̥b̥L̥b̥
H̥D̥L̥c̥b̥d̥b̥ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ
U̥b̥b̥b̥d̥b̥ ɬ 233
b̥r̥b̥c̥l̥ḁ ɬ moΓc X0A 0E0
D̥bcD̥b: (867) 924-6220
'b̥b̥d̥: Nick_illauq@hotmail.com

Δ̥b̥c̥Δ̥c, moΓc

č̥d̥ ɬ ɬ

r̥c̥D̥c̥ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ
moΓc ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ
U̥b̥b̥b̥d̥b̥ ɬ 1000
U̥b̥b̥b̥D̥b̥ ɬ 1360 Δ̥b̥c̥Δ̥c, moΓc X0A 0H0
d̥P̥b̥b̥ ɬ D̥bcD̥b: 1-866-222-9063
'b̥b̥d̥: Ipugh@gov.nu.ca

d̥n̥C̥ >u̥F̥i̥n̥

ʌɛn̥c̥n̥σ̥' ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ
moΓbDURRJc bəCΓb
588 Booth St., Ottawa, ON K1A 0Y7
D̥bcD̥b: (613) 996-7789
r̥b̥b̥d̥b̥: (613) 947-1385
'b̥b̥d̥: Christian.Prevost@NRCan.gc.ca

J̥d̥n̥ <øc̥b̥

ʌɛn̥c̥n̥σ̥' ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ
moΓbDURRJc bəCΓb
588 Booth St., Ottawa, ON K1A 0Y7
D̥bcD̥b: (613) 947-1225
r̥b̥b̥d̥b̥: (613) 947-1385
'b̥b̥d̥: Goran.Pavlic@NRCan.gc.ca

/D̥n̥ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ

Δ̥C̥b̥ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ
D̥bcD̥b̥ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ
'b̥b̥d̥b̥ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ
U̥b̥b̥b̥d̥b̥ ɬ 241
b̥r̥b̥c̥l̥ḁ ɬ moΓc X0A 0E0
D̥bcD̥b: (867) 924-6555
'b̥b̥d̥: sharig@qiniq.com



ʌc奴σ' ɬ ʌc奴᷑c: J̥d̥n̥ <øc̥b̥, d̥n̥C̥
>u̥F̥i̥n̥, ▷c̥ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ ɬ

Canada

Λευστός Λευκόβουργάς



▷ Από την Ανατολική Καναδά: Από την Βορειοανατολική Καναδά: ▷ Ελληνικά:

- Σεριερός αριθμούς: Από την Ανατολική Καναδά έχει πάρει ο πληθυσμός στην Ανατολική Καναδά
- Το μεγαλύτερο αριθμός από την Ανατολική Καναδά είναι η Καναδική Αριθμός Πληθυσμού
- Το μεγαλύτερο αριθμός από την Ανατολική Καναδά είναι η Καναδική Αριθμός Πληθυσμού
- Η Ανατολική Καναδά έχει πάρει ο πληθυσμός στην Ανατολική Καναδά
- Το μεγαλύτερο αριθμός από την Ανατολική Καναδά είναι η Καναδική Αριθμός Πληθυσμού
- Το μεγαλύτερο αριθμός από την Ανατολική Καναδά είναι η Καναδική Αριθμός Πληθυσμού



Indian and Northern Affairs Canada

Affaires indiennes et du Nord Canada

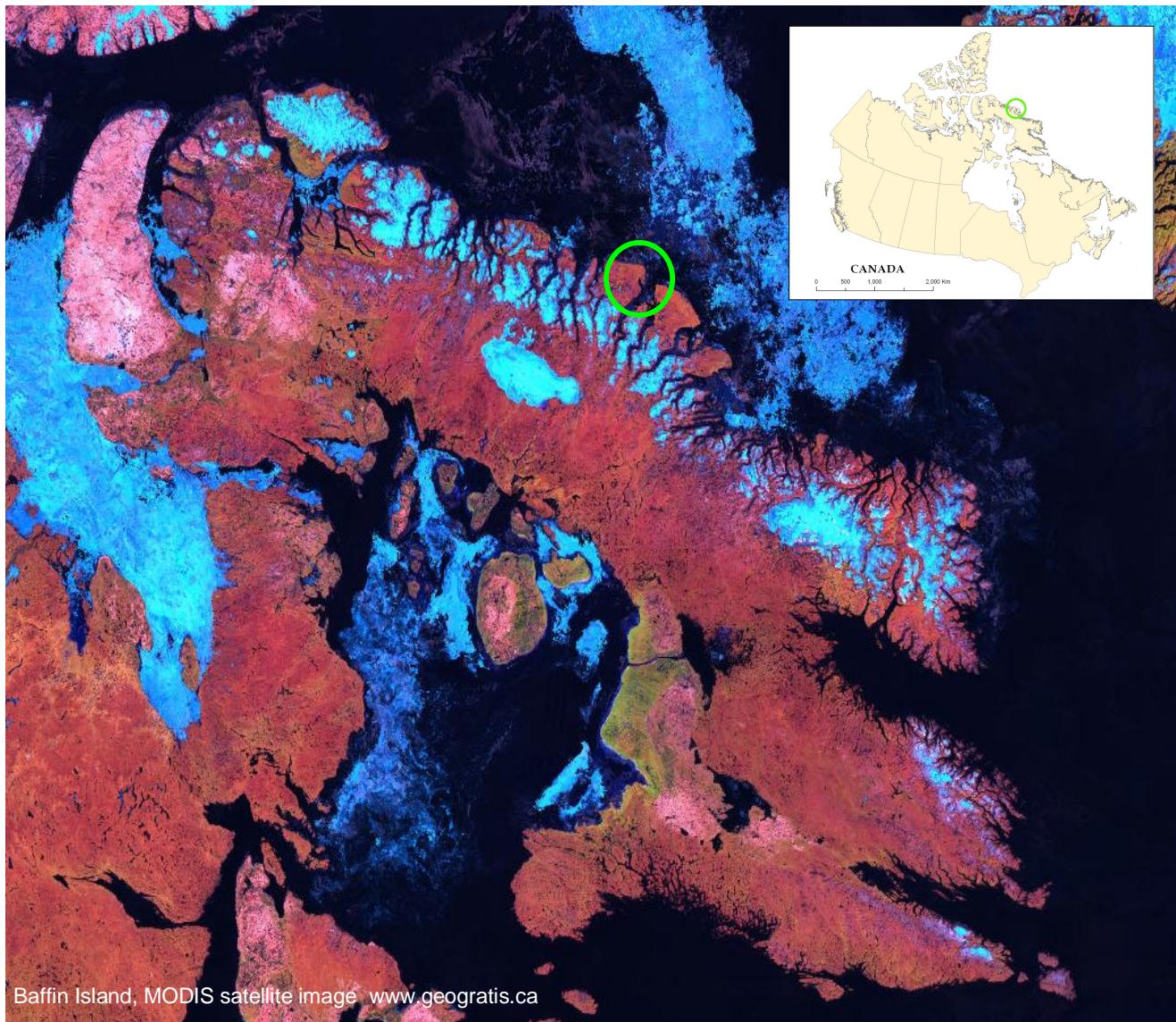
‘የበታኑናል’ ሰርብናል ነት



የግኝኩርስለው መዕቃ

የግኝኩርስለው የሞባይልና ከዚ በፊት የሚገኘውን
ሆነዎችን ስምምነት እንዲያረጋግጥ ነው እና ይህንን ስራው.
ልደናውን የሚከተሉ የሚከተሉ የሚከተሉ የሚከተሉ የሚከተሉ
የግኝኩርስለው የሞባይልና ከዚ በፊት የሚገኘውን
ሆነዎችን ስምምነት እንዲያረጋግጥ ነው እና ይህንን ስራው.

ለኋይ በትወል አንቀጽ 10 ሰርብናል ነት
100 የሚከተሉ የሚከተሉ የሚከተሉ የሚከተሉ የሚከተሉ
የግኝኩርስለው የሞባይልና ከዚ በፊት የሚገኘውን
ሆነዎችን ስምምነት እንዲያረጋግጥ ነው እና ይህንን ስራው.





ხული შედება ასაკისა
ენგრავი.

- მსოფლიო გეოგრაფიული და სოციალური მდგრად არ არა მათი მართვის მიზანია.
- მიზანია გეოგრაფიული და სოციალური მდგრად არ არა მათი მართვის მიზანია.

ენგრავის სამართლებრივ გამოყენება უდინებელია და უძველესია.

კონკრეტულ მდგრად არ არა მათი მართვის მიზანია. კონკრეტულ მდგრად არ არა მათი მართვის მიზანია.



Hamlet of Clyde River water reservoir, 2007



አርባና ይመት ተስፋው አረብና>ኅ ለጌዢ ሲሆን ትምህር; ማቀበል የኢትዮጵያ ጥቅምና (1) የአገሪቱ ቤታዊ ትምህር ጥቅምና (2). ልማት ጥቅምና መሆኑን የሚከተሉ ስነዎች ማቀበል የኢትዮጵያ ጥቅምና (3) ይመት የአገሪቱ ቤታዊ ትምህር የሚከተሉ ስነዎች.



ክፍል 3: የአገሪቱ ቤታዊ ትምህር ማቀበል የሚከተሉ ስነዎች

ΔԼ▷< Δճե՞սԸ ՚ԵԹԱՎԾԱՇԾ ԹԶ ՞Ա՛ՅՀԸՆ▷Գ



ΔԼ▷< Δճե՞սԸ ՚ԵԹԱՎԾԱՇԾ ԿՐԴ ՚ԵԺՀԿԸ

ՀՅԴԱԿԱՐՔԱԴՐԱ ԱԼՆԸ ՚ԵԹԱՎԾԱՇԾ
՚ԵԹԱՎԾԱՄ ՚ԵԺՀԿԸ Թ ԱՌԱՋՄ
ՀՐՎԱԾ ՚ԵԹԱՎԾԱՇԾ ԵՐԱԿԱՆԱԼՏՀ
ԱԼՈՒԿԾԸՆԴՀ Շ ԷՐՐ 2007ՆՈՅ Հ
ԱՌՈՎԱԼՈՒՐՄ ԹԶ ԵՐԱՎԱՐՈՒՅՈՒ
ԵԶԸ ԵԿԱ ԱՆԼԵՑԵՐԸ ԵՐԱԿԱՆԱԼՏՀ.

ԱՆԴՈՒՅՆՈՎԾԱՅՆ ԱՌՈՎԱԼՈՒՅԾ
ՌԵՆԴԸՆ ՚ԵԺՀԿԸ ԿՎԵԿԾԴԸ
ՌԵՆԴԸՆ ՚ԵԺՀԿԾՈՒՄ
ՌԵՐԵՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ²,
ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ,
ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ³
ԱՌՈՎԱԼՈՍ ՎԵՐԸ. ԱՌՈՎԱԼՈՍ
ԱՆԴՈՒՅՆՈՎԾԱՅՆ ԱՆԴՈՒՅՆՈՎԾԱՅՆ
ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ
ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ¹.



ԹՎԵՐԸ ՈՂԳԴՎԱԾԸ ԿՐԴ ՚ԵԹԱՎԾԱՇԾ ՚ԵԺՀԿԸ



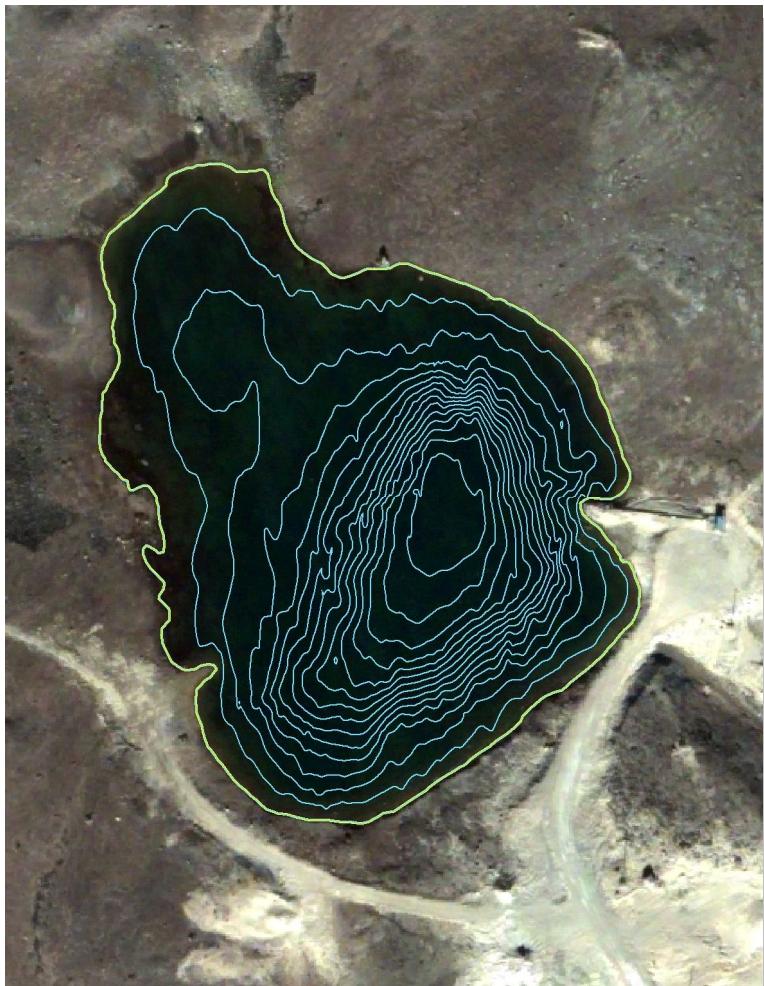
՚ԵՐԵՎԱՆՈՎԾԱՅՆ ԾՈՎՆ ԿՎՈՒԲՈՒ
ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ¹
ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ²
ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ ՎԵՐԸ³



ԱՆԴԸՆ ԿՐԸ ՚ԵԺՀԿԸ

ΔL^uLC Δ^ub^uLC Δσ^ub^u6^u 1ΓCΓ^u ▷^uLR^uσ^ub^u▷^u>^u. ለ^uSL^uσ^u ΔL^uLC Δ^ub^uLC
 ‘b^umoΔ^uCσ^u’^uSL^uσ^u ቅ^u‘^uPL^uσ^u ካ^uρU^uU^u▷^u>J 1:1,000 ▷^uCU^uDL^u ፍ^uCU^uJ,
 ▷^uCD^uU^uU^uCU^uJ ▷^uσ^u C^u‘^u ‘b^uDL^uCC^u, ካ^uρU^uCD^u▷^u C^uDL^uDL^u C^u‘^u SL^uDL^u.
 C^uDL^uU^uU^uU^uDL^u△^u ΔL^uLC Δ^ub^uLC ‘b^umoΔ^uCσ^u’^u ‘b^uDL^uCC^u ለ^uDL^uDL^u△^u
 C^uDL^u△^u ΔL^uLC ‘b^umoU^uσ^u’^uSL^uσ^u, ▷^uL^u△^u ‘b^umoU^uσ^u’^uLC L^uDL^u ▷^uDL^uDL^u△^u
 ΔU^uDL^u ▷^uSL^uσ^uDL^u ▷^uCU^uDL^u△^u.

ΔL^uDL^u△^u ΔU^uDL^u ‘b^umoΔ^uCσ^u’^u ‘b^uDL^uCC^u’^u SL^u△^u ΔΓ^uC^uΔ^uSL^uσ^u (C^uDL^u 1)



**Supply lake statistics
Statistiques du lac principal**

Perimeter / Périmètre:	7.9 km
Area / Surface:	.033 km ²
Volume:	135.8 x 10 ³ m ³
Depth / Profondeur:	-14.3 m

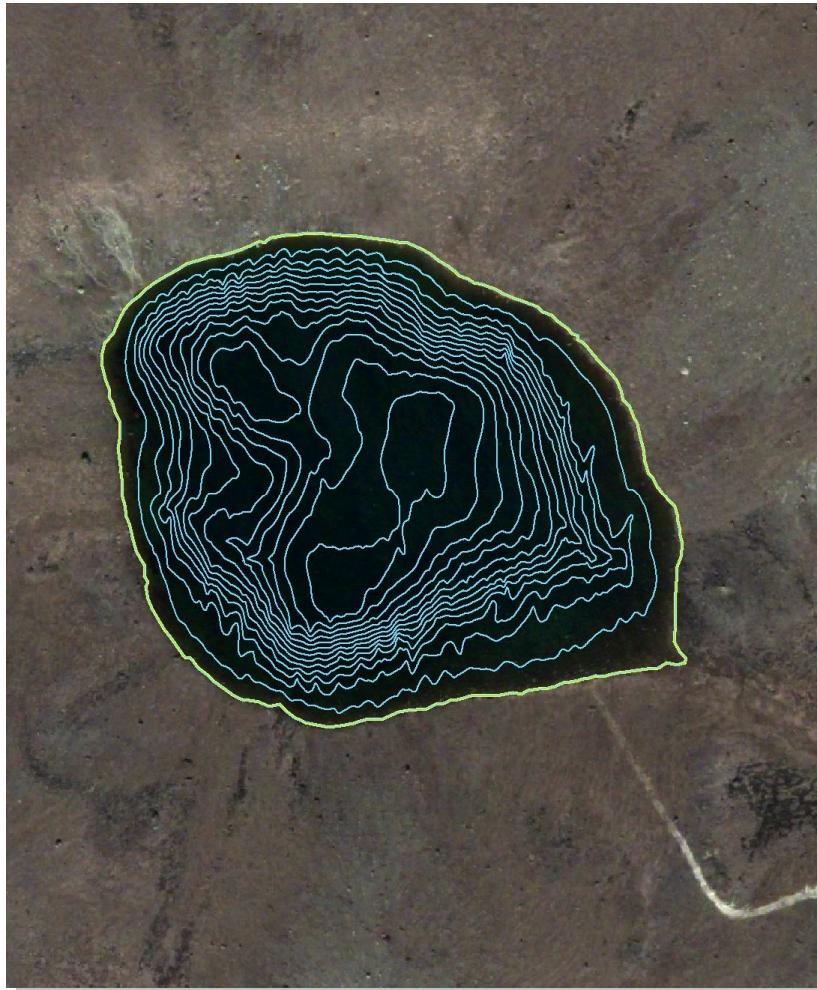
Depth / Profondeur:	Volume :000 m ³	Currua volume 1000 m ³
0 - 10 cm	3.2	3.2
10 - 20 cm	3.1	6.3
20 - 30 cm	3.1	0.4
30 - 40 cm	3.0	12.7
40 - 50 cm	3.0	15.2
50 - 60 cm	2.9	18.3
60 - 70 cm	2.8	21.1
70 - 80 cm	2.0	20.9
80 - 90 cm	2.7	26.6
90 cm - 1m	2.6	29.3
1 - 2 m	22.5	51.7
2 - 3 m	15.5	67.3
3 - 4 m	12.0	79.3
4 - 5 m	10.2	89.5
5 - 6 m	8.9	98.4
6 - 7 m	7.8	106.1
7 - 8 m	6.8	112.0
8 - 9 m	5.9	118.0
9 - 10 m	5.0	123.8
10 - 11 m	4.2	128.1
11 - 12 m	3.4	131.5
12 - 13 m	2.5	134.0
13 - 14 m	1.5	135.4
14 m +	.3	135.8

1 km² = 100 hectares

1m³ = 1000 litres



ΔLD² ΔΠσ²UC σ²ΔC²σ²σ²σ² σ²ρ²ΔC² C² (C² 2)



Second lake statistics
Statistiques du second lac

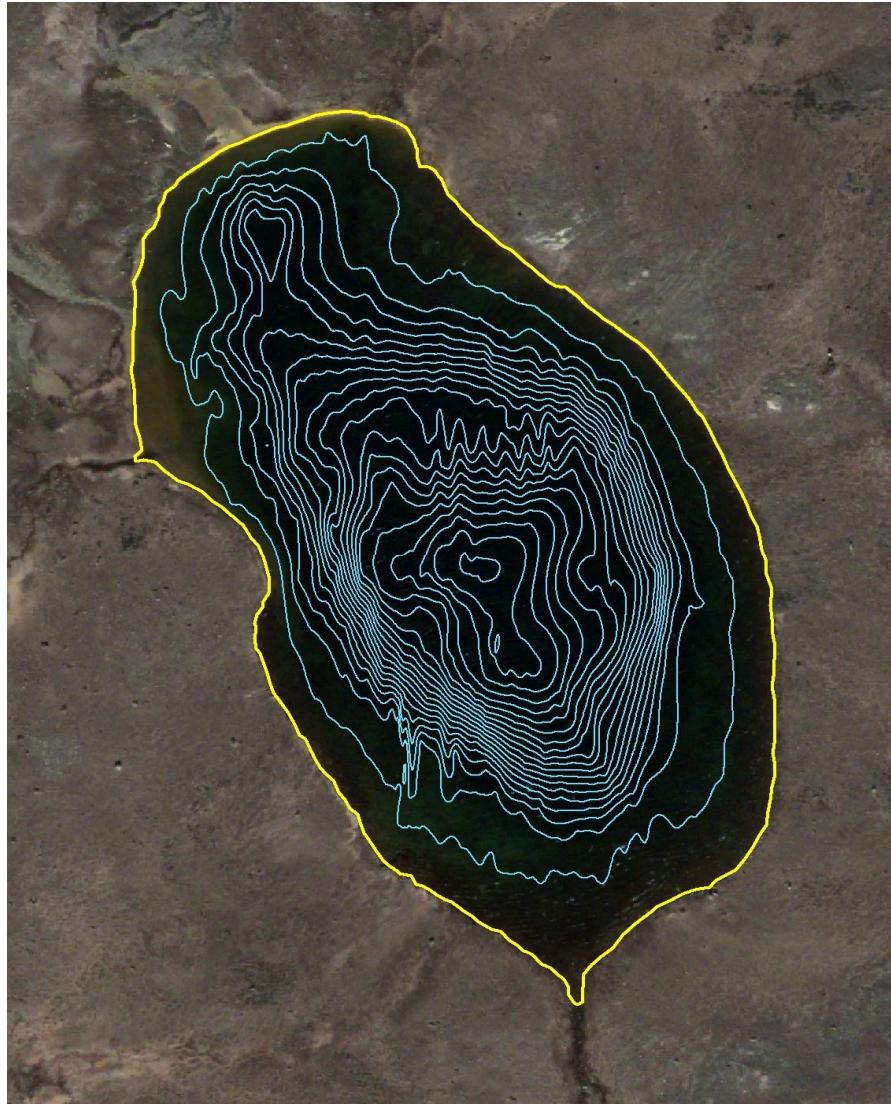
Perimeter / Périmètre:	.89 km
Area / Surface:	054 km ²
Volume:	333.7×10^8 m ³
Depth / Profondeur:	~14 m

Depth Profondeur	Volume 1000 m ³	Cumul. volume 1000 m ³
0 – 10 cm	5.4	5.4
10 – 20 cm	5.2	10.6
20 – 30 cm	5.2	15.8
30 – 40 cm	5.1	20.8
40 – 50 cm	5.0	25.8
50 – 60 cm	4.9	30.7
60 – 70 cm	4.8	35.5
70 – 80 cm	4.7	40.3
80 – 90 cm	4.7	44.9
90 cm – 1m	4.6	49.5
1 – 2 m	41.3	90.8
2 – 3 m	35.6	126.4
3 – 4 m	32.4	158.9
4 – 5 m	30.0	188.9
5 – 6 m	27.8	216.8
6 – 7 m	25.6	242.4
7 – 8 m	23.1	265.5
8 – 9 m	20.2	285.7
9 – 10 m	17.4	303.1
10 – 11 m	14.2	317.3
11 – 12 m	10.1	327.4
12 – 13 m	5.4	332.8
13 – 14 m	.9	333.6

1 km² = 100 hectares

1m³ = 1000 litres

ΔLD< ΔUσ^۰LC ۚ b^۰ΔC^۰σ^۰ۚ bD^۰σ^۰ ۚ σ^۰ۚ C^۰D<, P^۰J^۰C^۰ΔΓ^۰C^۰6^۰ۚ D^۰ۚ C^۰ (C^۰۶
3)



Third lake statistics
Statistiques du 3e lac

Perimeter / Périmètre:	1.24 km
Area / Surface:	.088 km ^۲
Volume:	488.8×10^3 m ^۳
Depth / Profondeur:	~ 20 m

Depth Profondeur	Volume 1000 m ^۳	Cumul. volume 1000 m ^۳
0 – 10 cm	8.7	8.7
10 – 20 cm	8.4	17.1
20 – 30 cm	8.2	26.3
30 – 40 cm	0.0	33.2
40 – 50 cm	7.8	41.0
50 – 60 cm	7.8	48.6
60 – 70 cm	7.4	56.0
70 – 80 cm	7.2	63.2
80 – 90 cm	6.9	70.1
90 cm – 1m	6.7	76.8
1 – 2 m	55.5	132.3
2 – 3 m	45.1	177.4
3 – 4 m	39.8	217.2
4 – 5 m	35.8	253.0
5 – 6 m	32.5	285.6
6 – 7 m	29.4	315.0
7 – 8 m	27.1	342.1
8 – 9 m	24.9	367.0
9 – 10 m	22.7	389.8
10 – 11 m	20.3	410.0
11 – 12 m	17.4	427.5
12 – 13 m	15.0	442.5
13 – 14 m	13.0	455.5
14 – 15 m	10.7	466.2
15 – 16 m	8.4	474.6
16 – 17 m	6.3	480.9
17 – 18 m	4.4	485.3
18 – 19 m	2.7	487.9
19 – 20 m	9	488.8

1 km^۲ = 100 hectares

1m^۳ = 1000 litres

ۮ۶ر۶۰۰۰: ΔLD< Δ۶۶۰۰۰LC ۚ b۶۰۰۰۰۰۰ ۚ bD۶۰۰۰ ۚ σ۶۰۰۰ ۚ σ۶۰۰۰ ۚ C۶۰۰۰D<, P۶۰۰J۶۰۰C۶۰۰Δ۶۰۰C۶۰۰6۶۰ ۚ D۶۰۰۰ ۚ C۶۰۰۰ (C۶۰۰۰۰
۰)

Δ来看看吧圖說



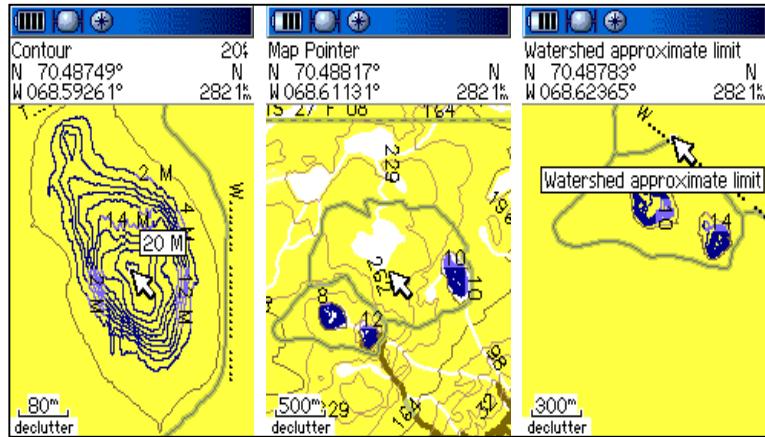
莫得嘅gis軟件都係可以分析地形的，但係呢個軟件就唔可以做地形分析了，所以莫得嘅gis軟件都係不可以做地形分析的。

不過呢個軟件可以分析地形，但係呢個軟件不可以做地形分析。所以呢個軟件不可以做地形分析。



莫得嘅gis軟件都係不可以做地形分析的，所以呢個軟件不可以做地形分析。

莫得嘅gis軟件都係不可以做地形分析的，所以呢個軟件不可以做地形分析。



莫得嘅gis軟件都係不可以做地形分析的，所以呢個軟件不可以做地形分析。

‘ብዕል’ የሚሸፍበውን ማረጋገጫ

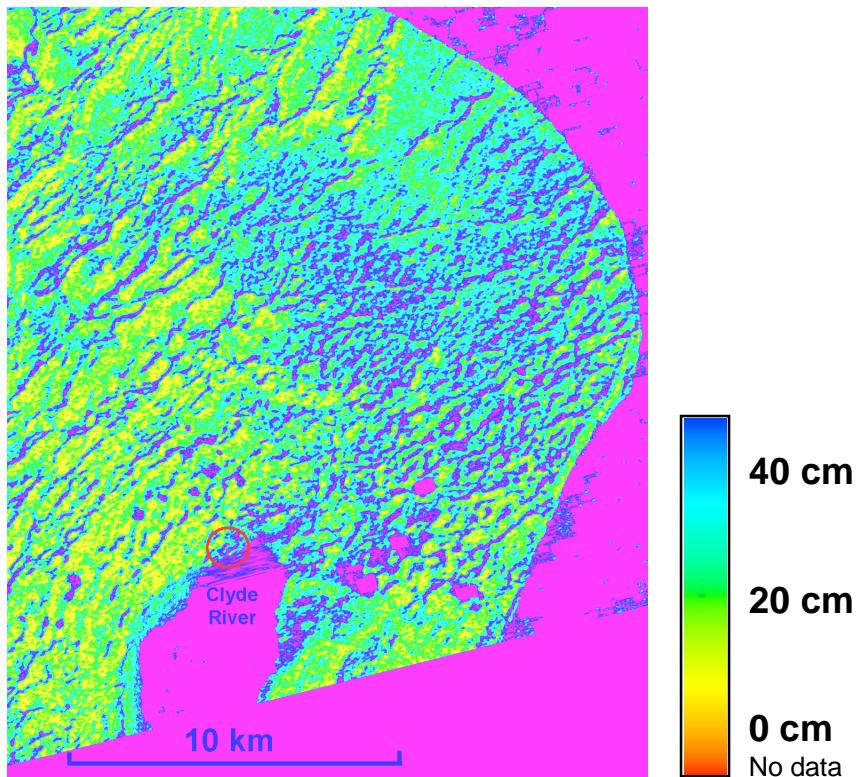


‘ብኩል’ የሚሸፍበውን ማረጋገጫ

- ‘ብኩል’ ማረጋገጫ ፖርም አካላት በሚሸፍበው ጥሩ የሚሸፍበውን ማረጋገጫ አይነት የሚሸፍበውን ማረጋገጫ እና ማረጋገጫ አገልግሎት የሚሸፍበውን ማረጋገጫ ይመለከተዋል.

የፖ.ሮ.ዳሪያ ለሚሸፍበውን ማረጋገጫ

- ‘ብኩል’ ማረጋገጫ ፖርም አካላት በሚሸፍበው ጥሩ የሚሸፍበውን ማረጋገጫ አይነት የሚሸፍበውን ማረጋገጫ እና ማረጋገጫ አገልግሎት የሚሸፍበውን ማረጋገጫ ይመለከተዋል.
Clyde River ማረጋገጫ መመሪያ ለሚሸፍበው ማረጋገጫ አይነት የሚሸፍበውን ማረጋገጫ እና ማረጋገጫ አገልግሎት የሚሸፍበውን ማረጋገጫ ይመለከተዋል.



ርድብኬነት ነው ተደረገው የሚሸፍበውን ማረጋገጫ መመሪያ የሚሸፍበውን ማረጋገጫ እና ማረጋገጫ አገልግሎት የሚሸፍበውን ማረጋገጫ ይመለከተዋል.



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada



Renforcer la résilience sous un climat en changement
Renforcer la résilience des communautés canadiennes face aux changements climatiques

Cartographie et suivi des bassins versants pour l'évaluation d'impact dans les communautés nordiques



Clyde River, Nunavut

Canada



/

Canada

Table des matières



Résumé	45
Équipe de projet	46
Partenaires de projet.....	47
La zone d'étude	48
Introduction	49
Imagerie satellitaire à haute résolution	50
Points de contrôle au sol.....	51
Limites des bassins versants	52
Cartographie bathymétrique.....	54
Transfert technologique	58
Information additionnelle	59
Prochaines étapes.....	61

Résumé



Ce rapport porte sur une activité d'évaluation de bassins versants dans la région de Clyde River menée par des scientifiques de Ressources naturelles Canada. L'activité a inclu l'utilisation d'imagerie satellitaire à haute résolution, de photographies aériennes, et de relevés de terrain pour l'évaluation du volume d'eau de lacs, et cartographier la limite de leurs bassins versants respectifs.

Cette activité a aussi été utilisée à titre d'exercice de transfert technologique par lequel un membre de la communauté locale a été formé à comprendre et à utiliser divers équipements et solutions pour effectuer le relevé bathymétrique de lacs de faible dimension et pour acquérir des données géographiques par GPS.

Les Droits d'auteurs de ce document appartiennent à Ressources naturelles Canada. Il contient aussi du matériel dont les Droits appartiennent à Digital Globe Inc, fournisseur de l'image à haute résolution Quickbird présentée dans ce rapport.

Les fichiers numériques issus de ce projet, et décrits dans ce document, sont disponibles gratuitement et sont colligés sous ce même dossier de publication. Les fichiers numériques comprennent:

- Fichiers vectoriels délimitant deux bassins versants (ESRI shapefile.shp).
- Fichiers matriciels illustrant le modèle bathymétrique de chacun des trois lacs inventoriés (Geotiff.tif).
- Fichiers vectoriels illustrant les courbes bathymétriques (isobathes) de chacun des trois lacs inventoriés (ESRI shapefile.shp).
- Tableau décrivant les statistiques du volume d'eau de chacun des trois lacs.
- Statistiques de volume d'eau des trois lacs sauvegardées en format .kml (*Keyhole Markup Language*), permettant un affichage à l'aide d'outils tel GoogleEarth^{mc}.
- Fichier vectoriel illustrant les courbes bathymétriques de chacun des trois lacs sauvegardées en format .img, compatible avec les GPS cartographiques Garmin^{mc}.
- Produit anaglyphe géocodé illustrant les environs de Clyde River. Ce produit, numérique et papier, est géoréférencié et doit être visualisé avec des lunettes anaglyphes rouge–bleu.

Équipe de projet



Natural Resources Canada

David Mate

Chef de projet
Ressources naturelles Canada
490, rue de la Couronne
Québec, QC. G1K 9A9
Téléphone: (418) 687-6407
Télécop.: (418) 654-2615
Courriel: David.Mate@RNCan.gc.ca

Paul Budkewitsch

Chef d'activité
Ressources naturelles Canada
588 rue Booth, Ottawa, ON. K1A 0Y7
Téléphone: (613) 947-1331
Télécop.: (613) 947-1385
Courriel: Paul.Budkewitsch@RNCan.gc.ca

Christian Prévost

Scientifique en environnement
Ressources naturelles Canada
588 rue Booth, Ottawa, ON. K1A 0Y7
Téléphone: (613) 996-7789
Télécop.: (613) 947-1385
Courriel: Christian.Prevost@RNCan.gc.ca

Goran Pavlic

Scientifique en environnement
Ressources naturelles Canada
588 rue Booth, Ottawa, ON. K1A 0Y7
Téléphone: (613) 947-1225
Télécop.: (613) 947-1385
Courriel: Goran.Pavlic@RNCan.gc.ca

Clyde River, Nunavut

Nick Illauq

Conseiller
Village de Clyde River
C.P. 233
Clyde River, NU X0A 0E0
Téléphone: (867) 924-6220
Courriel: Nick_illauq@hotmail.com

Shari et Jakob Gearheard

Ittaq Heritage and Research Centre
C.P. 241
Clyde River, NU X0A 0E0
Téléphone: (867) 924-6555
Courriel: sharig@qiniq.com

Iqaluit, Nunavut

LeeAnn Pugh

Coordonnatrice – Changement
climatiques
Ministère de l'Environnement du
Nunavut
C.P. 1000
Station 1360, Iqaluit, NU, X0A 0H0
Tél. (Sans frais): 1-866-222-9063
Courriel: lpugh@gov.nu.ca



Membres de l'équipe de projet: Goran Pavlic, Christian Prévost et Paul Budkewitsch

Partenaires de projet



Reconnaissance de l'implication de nos partenaires:

- Gouvernement du Nunavut : Ministère de l'Environnement et Ministère des Services communautaires et gouvernementaux.
- Bureau géoscientifique Canada-Nunavut
- Institut Canadien des urbanistes
- Village de Clyde River
- *Ittaq Heritage and Research Centre*
- Ministère des Affaires indiennes et du Nord Canada



Affaires indiennes
et du Nord Canada

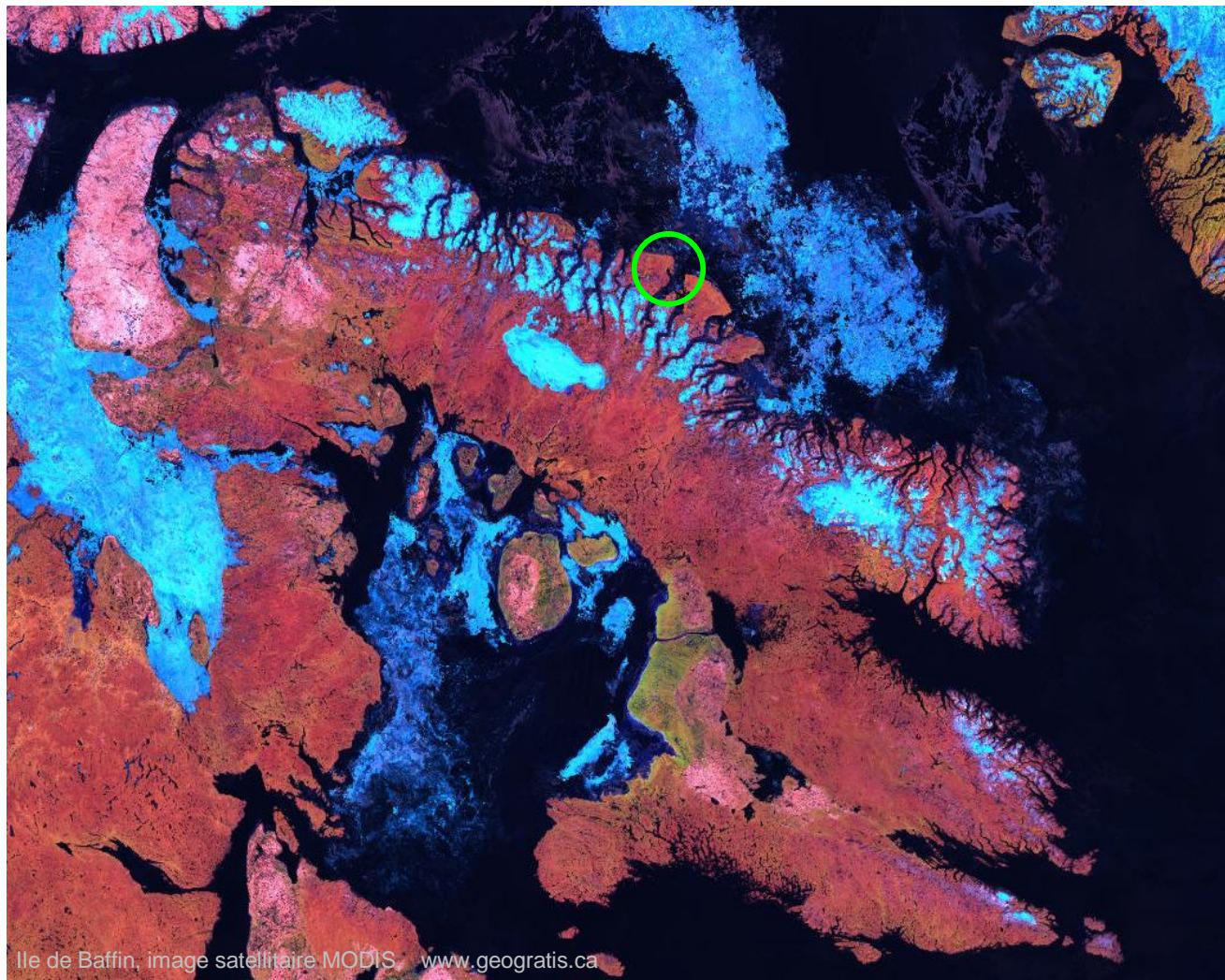
Indian and Northern
Affairs Canada

La zone d'étude



Clyde River, Nunavut

Clyde River est localisée dans le secteur de Clyde Inlet, sur la côte est de l'Île de Baffin. Perché sur les bords de la baie Patricia, le village est situé dans une région de glaciers et d'icebergs, et de dix fjords dans un rayon de 100km. Clyde River a une population d'environ 850 personnes.



Île de Baffin, image satellitaire MODIS : www.geogratis.ca

Introduction



Les collectivités du Nord canadien, comme d'autres collectivités du Canada, font face à de nombreux défis lorsqu'il s'agit d'assurer l'accès à des ressources en eau suffisantes et salubres. Plusieurs facteurs font en sorte que cette situation est particulière dans le Nord, et convergent vers un accroissement de la pression sur les réserves limitées d'eau de surface:

- Dépendance à l'égard des eaux de surface due à la présence de pergélisol continu.
- Faibles précipitations.
- Augmentation de la consommation due à l'accroissement de la population.
- Incertitude face à l'accroissement des variations climatiques.

La présente recherche illustre l'utilisation de levés bathymétriques et la cartographie des limites de bassins versants, comme moyen facilitant la protection et l'évaluation de l'approvisionnement en eau potable du village de Clyde River au Nunavut. En août 2007, des scientifiques de Ressources naturelles Canada et un Conseiller du village de Clyde River ont réalisé des levés de terrain de trois lacs près du village. Le premier lac relevé est le réservoir d'alimentation en eau du village de Clyde River. Le second lac, un peu plus haut, se partage le même bassin versant que le lac d'alimentation. Le troisième lac relevé se trouve dans un bassin versant adjacent et pourrait être considéré à titre source secondaire potentielle.



Lac d'approvisionnement du village de Clyde River, 2007

Le levé de terrain a permis d'appliquer des méthodes de cartographie de bassins versants dans le but d'améliorer le suivi des lacs et la planification municipale. Les données de télédétection et de géomatique recueillies ont conduit à la production de cartes détaillées et de statistiques, incluant :

- Une image satellitaire à haute résolution rectifiée rigoureusement avec des points de contrôle au sol.
- Une délimitation précise de deux bassins versants près du village.
- Une image stéréo anaglyphe illustrant le paysage en trois dimensions.
- Des courbes bathymétriques et des statistiques pour aider à déterminer le bilan hydrique des lacs.

Le volet de transfert technologique du projet a été axé sur la formation de personnel local à l'utilisation d'équipement peu coûteux pour acquérir de l'information de base, mais néanmoins exacte. Ce type de relevé de terrain pourrait être répété efficacement dans d'autres collectivités du Nunavut. Une meilleure estimation des réserves d'eau et des limites des bassins versants procure des données importantes qui aident à assurer la surveillance des changements climatiques, dont les incidences sont de plus en plus notables, particulièrement dans l'Arctique.

Imagerie satellitaire



Imagerie satellitaire à haute résolution

Une image satellitaire à haute résolution (QuickBird^{MC}) a été acquise et utilisée à titre de référence géographique pour la planification municipale et le développement d'applications.



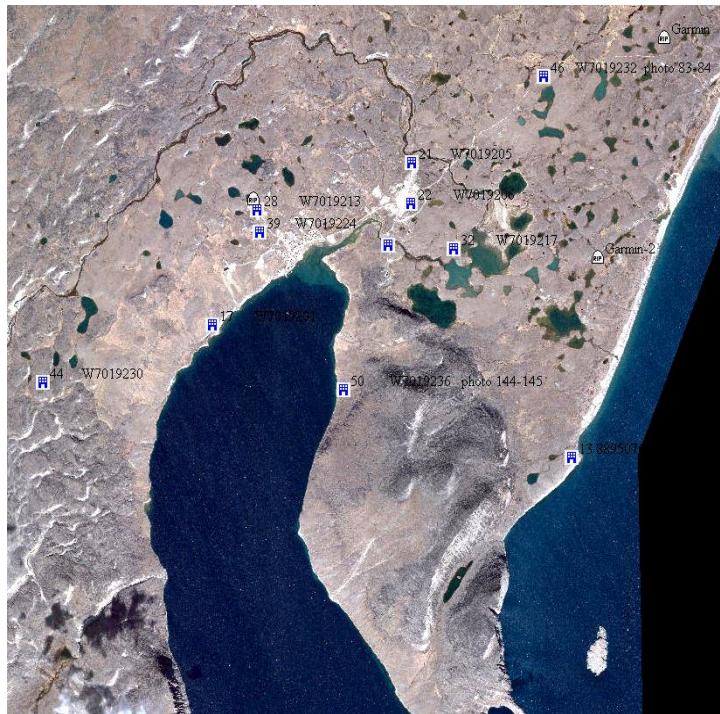
Cette image a été géoréférenciée (référenciée au sol) en utilisant des points de contrôle précis, colligés par l'équipe de projet et/ou extraits de la base de données de la Division des Levés géodésiques de Ressources naturelles Canada (RnCan) et de la Banque de données de levés de terrain de RnCan. L'orthorectification a été exécutée à l'aide de logiciels spécialisés. Une fois rectifiée, l'image peut être visualisée en utilisant divers logiciels de géomatique ou reproduite sur papier avec les coordonnées cartographiques exactes.

Points de contrôle au sol



Acquisition de points de contrôle au sol

Des points de contrôle précis ont été acquis par GPS à des endroits à la fois visibles au sol et visibles sur l'image satellitaire.



Des points de contrôle ont été utilisés pour orthorectifier l'image satellitaire QuickBird. Ils ont été recueillis par l'équipe de projet, ou obtenus de la base de données des Levés géodésiques, ou de la Banque de données de levés de terrain de RnCan



Un point géodésique de référence, visible au sol et aussi visible sur l'image satellitaire.



D'autres points de référence, tel de larges blocs, visibles sur l'image, ont été utilisés pour augmenter la banque de points GPS de contrôle au sol.



Une image satellitaire est géoréférenciée à l'aide de points de contrôle au sol.

RÉSULTAT: Une carte image satellitaire à haute résolution et géoréférenciée.

Limites des bassins versants



Délimitation des bassins versants

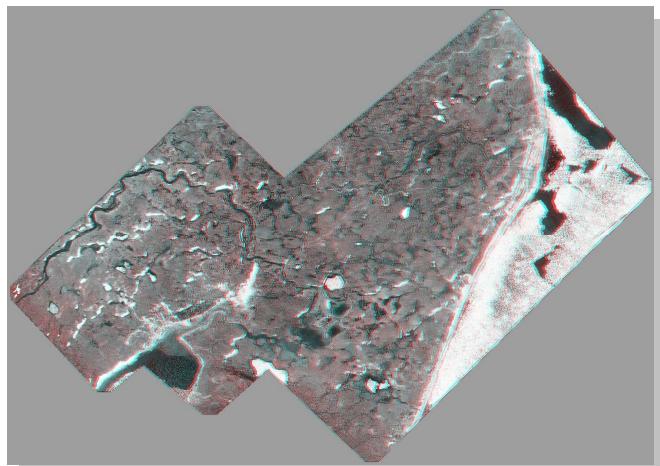
Le bilan hydrique d'un réservoir est principalement contrôlé par la surface de son bassin versant, la quantité de précipitation, l'évapotranspiration des végétaux, l'évaporation des surfaces d'eau, la recharge aquifère, le ruissellement, et le volume d'eau extrait pour la consommation. Certains de ces paramètres sont plus difficiles à évaluer que d'autres. Les changements climatiques peuvent aussi avoir un impact sur le bilan en eau d'un réservoir dû aux fluctuations dans la quantité et la distribution des précipitations.

Délimiter la surface du bassin versant est un prérequis à l'estimation de son bilan hydrique et à l'estimation du volume d'eau disponible pour la communauté.

La délimitation et la validation des bassins versants du lac d'approvisionnement et du lac complémentaire potentiel ont été effectuées en deux étapes.

La première étape a consisté à délimiter les bassins versants à l'aide d'une image anaglyphe produite à l'aide de plusieurs photos aériennes. Une anaglyphe permet de voir l'environnement en trois dimensions en utilisant les lunettes rouge-bleu appropriées. Ce produit aide à visualiser le bassin et les dénivélés du terrain pour acquérir une compréhension commune des limites des bassins versants.

La seconde étape a été réalisée en marchant sur la crête des bassins et en enregistrant le tracé à l'aide d'un GPS de haute précision pour confirmer et raffiner les limites des bassins.



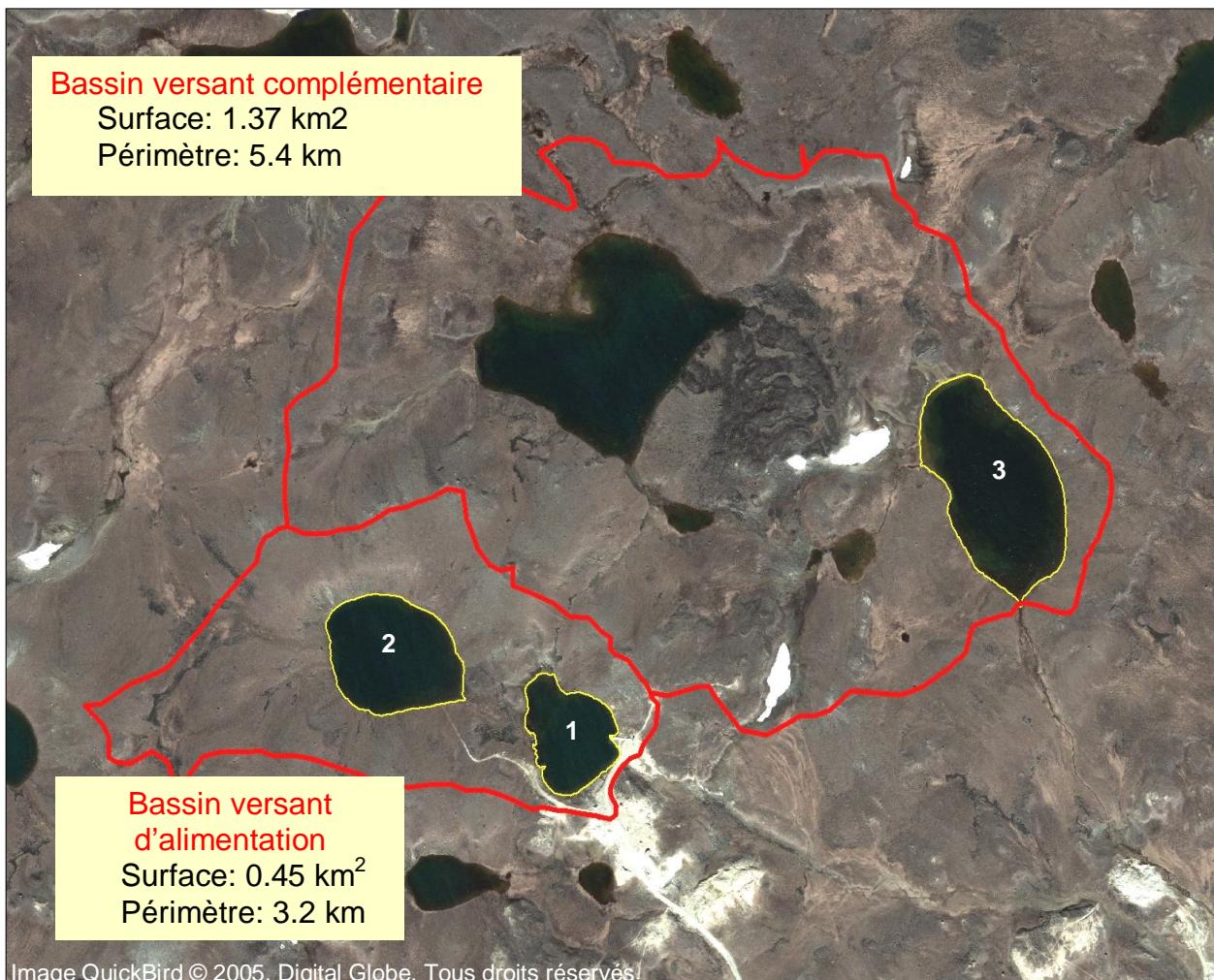
Stéréo anaglyphe pour visualisation 3D.



Validation de la limite d'un bassin versant en marchant le long de la ligne de partage des eaux.



Le bassin versant d'alimentation regroupe deux lacs : le lac d'approvisionnement de Clyde River (1), et un second lac (2). Le bassin versant complémentaire contient un troisième lac qui peut constituer une source potentielle d'approvisionnement pour Clyde River (3). Ces trois lacs ont été inventoriés par l'équipe de projet.



RÉSULTAT: Cartographie de la limite du bassin versant du lac d'approvisionnement, et de la limite d'un bassin d'approvisionnement complémentaire adjacent.

Cartographie bathymétrique



Relevé bathymétrique des lacs

Le relevé bathymétrique détaillé de trois lacs de faible dimension dans les environs de Clyde River a été réalisé en août 2007 par le personnel de Ressources naturelles Canada et un Conseiller du village de Clyde River.

L'ensemble de la méthode de réalisation a été optimisée pour obtenir les meilleurs résultats possibles en utilisant un appareillage robuste, facile à utiliser et peu dispendieux. L'équipement inclut un échosondeur de pêcheur et un récepteur GPS de qualité consommateur.



Les trois lacs inventoriés



Acquisition de données bathymétriques du lac

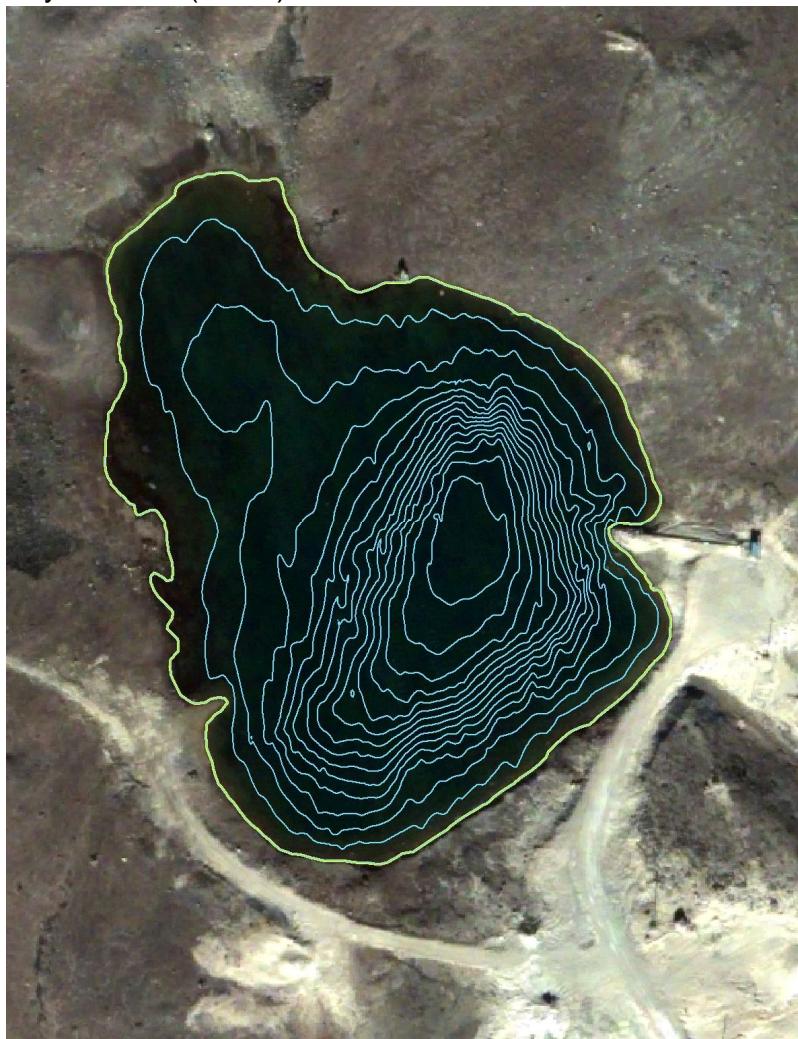


Vue rapprochée du récepteur GPS et de l'échosondeur de pêcheur.



Les courbes bathymétriques (isobathes) ont été générées à un intervalle de 1 m. Une série de trois cartes bathymétriques ont été produites à une échelle de 1:1,000, dans leur version imprimée, tel que présenté dans la figure ci-jointe. L'information dérivée du relevé bathymétrique inclut le volume d'eau total, ainsi que les volumes à divers intervalles de profondeur.

Relevé bathymétrique du lac d'approvisionnement de Clyde River (Lac 1)



Supply lake statistics Statistiques du lac principal

Perimeter / Périmètre:	.79 km
Area / Surface:	.033 km ²
Volume:	$135.8 \times 10^3 \text{ m}^3$
Depth / Profondeur:	-14.3 m

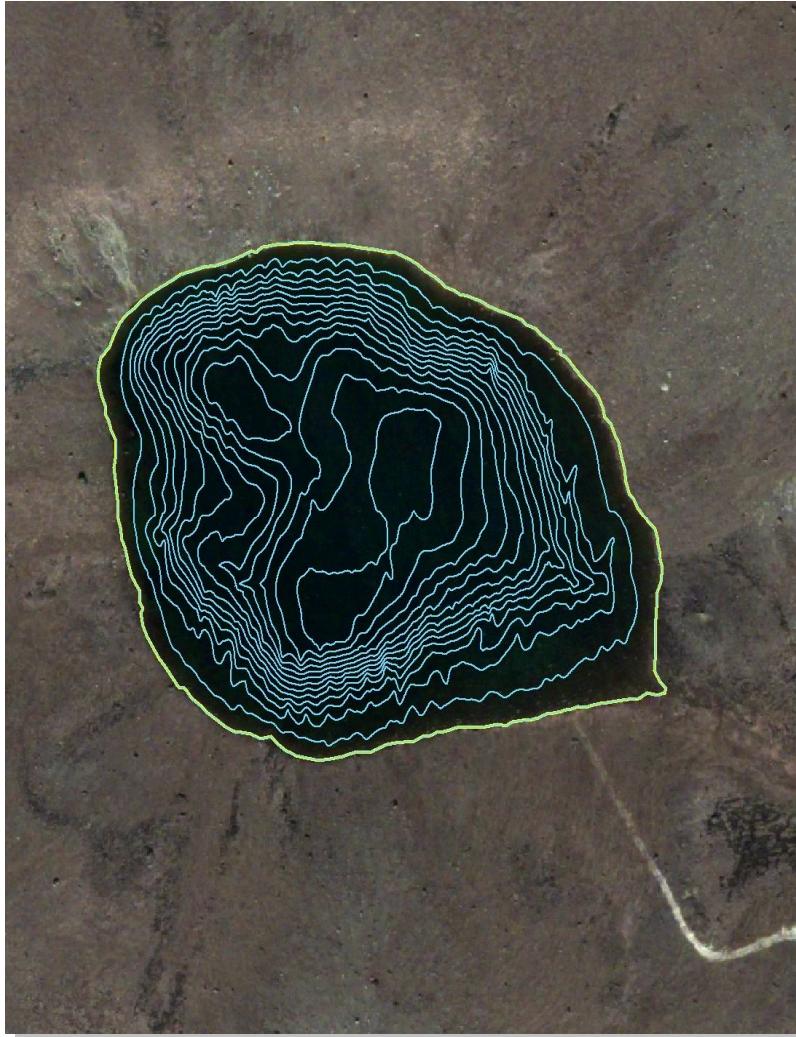
Depth / Profondeur:	Volume 1000 m ³	Cumulative volume 1000 m ³
0 - 10 cm	3.2	3.2
10 - 20 cm	3.1	6.3
20 - 30 cm	3.1	9.4
30 - 40 cm	3.0	12.4
40 - 50 cm	3.0	15.4
50 - 60 cm	2.9	18.3
60 - 70 cm	2.8	21.1
70 - 80 cm	2.0	23.9
80 - 90 cm	2.7	26.6
90 cm - 1m	2.6	29.3
1 - 2 m	22.5	51.7
2 - 3 m	15.5	67.3
3 - 4 m	12.0	79.3
4 - 5 m	10.2	89.5
5 - 6 m	8.9	98.4
6 - 7 m	7.8	106.1
7 - 8 m	6.8	112.0
8 - 9 m	5.9	118.0
9 - 10 m	5.0	123.0
10 - 11 m	4.2	128.1
11 - 12 m	3.4	131.5
12 - 13 m	2.5	134.0
13 - 14 m	1.5	135.4
14 m +	.3	135.8

1 km² = 100 hectares

1m³ = 1000 litres



Relevé bathymétrique du second lac (Lac 2)



Second lake statistics Statistiques du second lac

Perimeter / Périmètre: .89 km
Area / Surface: .054 km²
Volume: 333.7 x 10³ m³
Depth / Profondeur: ~14 m

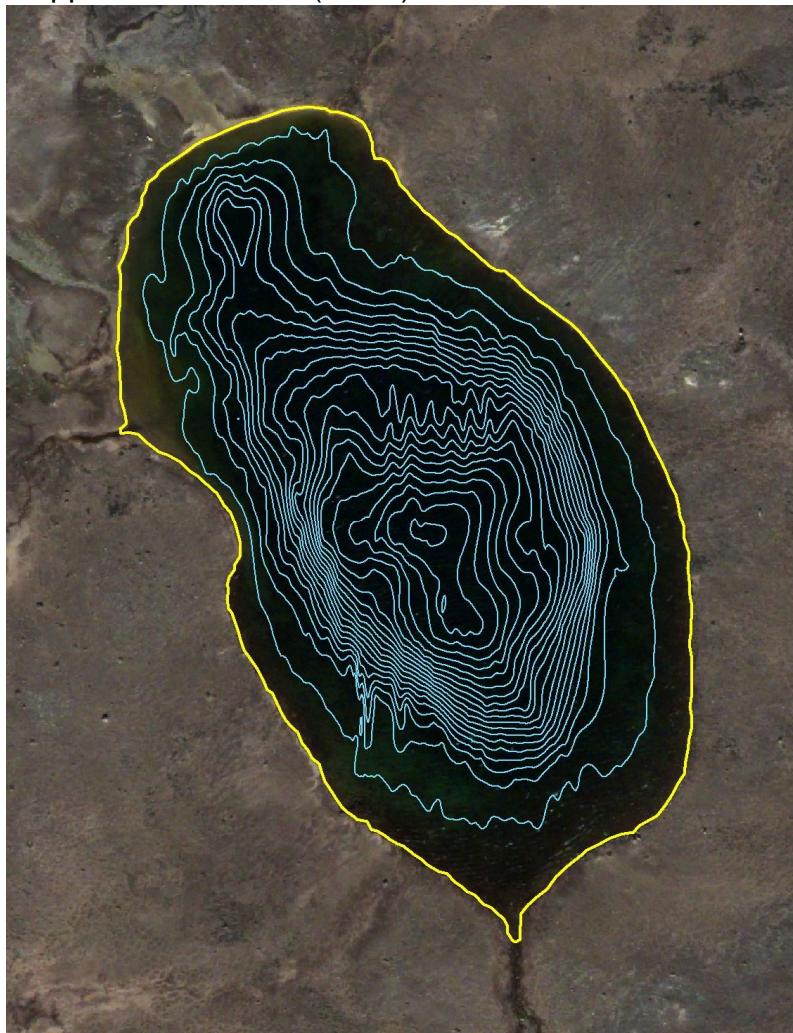
Depth Profondeur	Volume 1000 m ³	Cumul. volume 1000 m ³
0 – 10 cm	5.4	5.4
10 – 20 cm	5.2	10.6
20 – 30 cm	5.2	15.8
30 – 40 cm	5.1	20.8
40 – 50 cm	5.0	25.8
50 – 60 cm	4.9	30.7
60 – 70 cm	4.8	35.5
70 – 80 cm	4.7	40.3
80 – 90 cm	4.7	44.9
90 cm – 1m	4.6	49.5
1 – 2 m	41.3	90.8
2 – 3 m	35.6	126.4
3 – 4 m	32.4	158.9
4 – 5 m	30.0	188.9
5 – 6 m	27.8	216.8
6 – 7 m	25.6	242.4
7 – 8 m	23.1	265.5
8 – 9 m	20.2	285.7
9 – 10 m	17.4	303.1
10 – 11 m	14.2	317.3
11 – 12 m	10.1	327.4
12 – 13 m	5.4	332.8
13 – 14 m	.9	333.6

1 km² = 100 hectares

1m³ = 1000 litres



Relevé bathymétrique du troisième lac; une source potentielle d'approvisionnement (Lac 3)



Third lake statistics
Statistiques du 3e lac

Perimeter / Périmètre: 1.24 km
Area / Surface: .088 km²
Volume: 488.8 × 10³ m³
Depth / Profondeur: ~ 20 m

Depth Profondeur	Volume 1000 m ³	Cumul. volume 1000 m ³
0 – 10 cm	8.7	8.7
10 – 20 cm	8.4	17.1
20 – 30 cm	8.2	25.3
30 – 40 cm	8.0	33.2
40 – 50 cm	7.8	41.0
50 – 60 cm	7.6	48.6
60 – 70 cm	7.4	56.0
70 – 80 cm	7.2	63.2
80 – 90 cm	6.9	70.1
90 cm – 1m	8.7	78.8
1 – 2 m	55.5	132.3
2 – 3 m	45.1	177.4
3 – 4 m	39.8	217.2
4 – 5 m	35.8	253.0
5 – 6 m	32.5	285.6
6 – 7 m	29.4	315.0
7 – 8 m	27.1	342.1
8 – 9 m	24.9	367.0
9 – 10 m	22.7	389.8
10 – 11 m	20.3	410.0
11 – 12 m	17.4	427.5
12 – 13 m	15.0	442.5
13 – 14 m	13.0	455.5
14 – 15 m	10.7	466.2
15 – 16 m	8.4	474.6
16 – 17 m	6.3	480.9
17 – 18 m	4.4	485.3
18 – 19 m	2.7	487.9
19 – 20 m	.9	488.8

1 km² = 100 hectares

1m³ = 1000 litres

RÉSULTAT: Relevé bathymétrique effectué et statistiques calculées pour chacun des trois lacs.

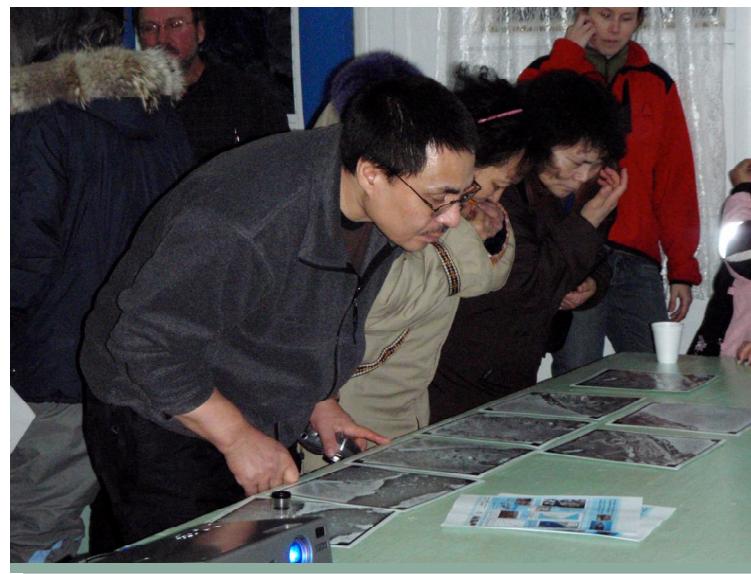
Transfert technologique



La cartographie des bassins versants et la technique de relevé bathymétrique ont été conçues dans une optique de transfert technologique pour appuyer l'évaluation des plans d'eau aux environs de Clyde River. Ces techniques fournissent des outils robustes, conviviaux et peu dispendieux pour réaliser des relevés sur des lacs de petite dimension, dans le but de permettre aux communautés du Nunavut de mieux comprendre leurs lacs et d'acquérir de l'information sur leur bassins versants.



Christian Prévost montre les techniques de relevé bathymétrique à Nick Illauq, Conseiller municipal de Clyde River.



Présentation et atelier de travail, Clyde River, mars 2008

RÉSULTAT: Des outils robustes, conviviaux et peu dispendieux de cartographie que la communauté peut utiliser pour la surveillance de son environnement.

Information additionnelle



Produits géomatiques

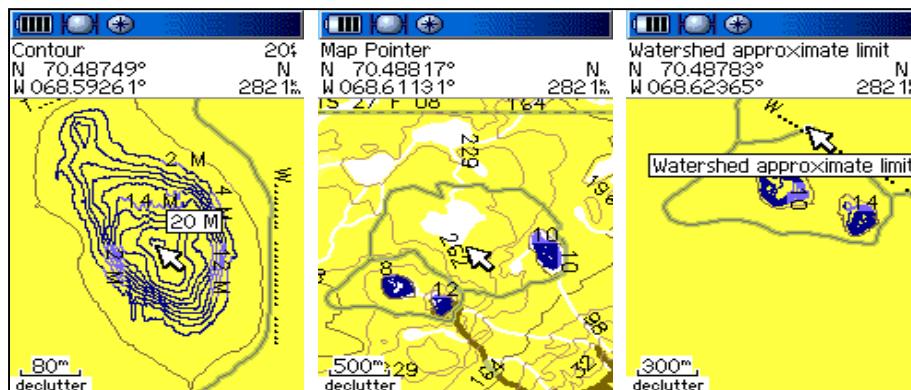
Les produits géomatiques résultant de cette activité de cartographie et de relevés au sol ont été rendu compatibles avec des logiciels d'usage courant.

-Un fichier.kml (*Keyhole Markup Language*) illustrant les données statistiques des lacs peut être affiché en utilisant des logiciels publics tel GoogleEarth^{MC}.



Représentation GoogleEarth regroupant quelques résultats de la campagne de 2007.

-Un fichier .img, compatible avec les GPS cartographiques Garmin^{MC}, et illustrant les limites des bassins versants et les courbes bathymétriques des trois lacs, peut être visualisé directement à l'écran du GPS.



Copie d'écran d'un GPS Garmin76Map^{MC} illustrant la limite du bassin versant et les courbes bathymétriques de chacun des trois lacs.



Fiche d'information et affiche

Une fiche d'information résumant cette initiative est disponible au site web du Centre canadien de télédétection www.cct.rncan.gc.ca.

Une affiche illustrant les résultats de ce projet a aussi été produite. Un nombre limité de copies papier grand format sont disponibles sur demande en contactant le chef ou les membres du projet.



Fiche d'information disponible au site www.cct.rncan.gc.ca du Centre canadien de télédétection.



Affiche grand format regroupant les résultats du projet.

Prochaines étapes

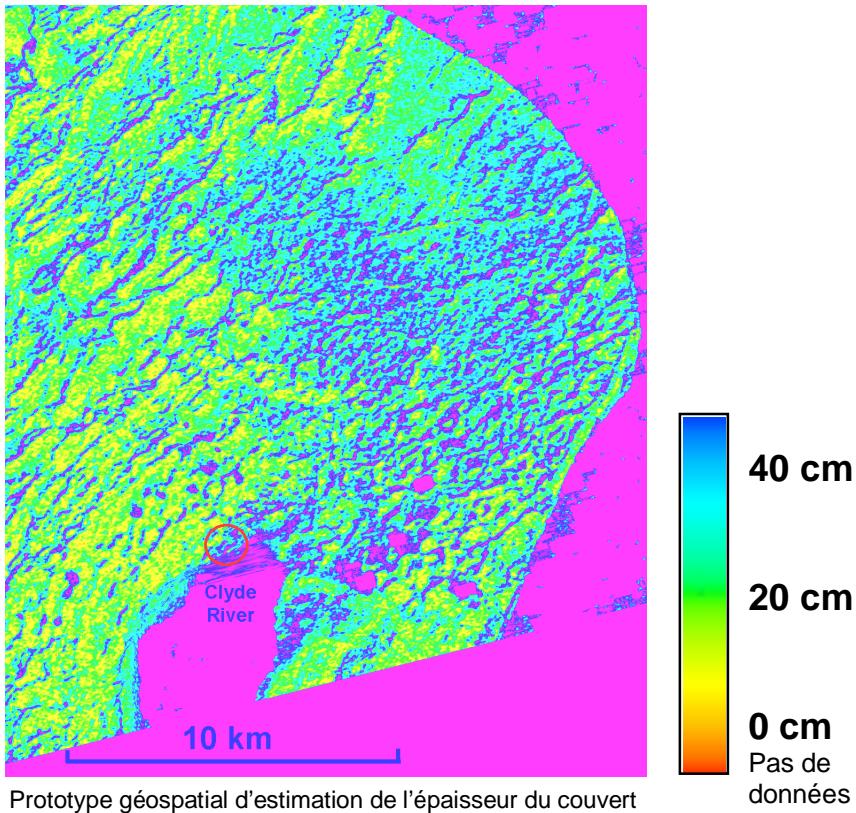


Transfert technologique

- Rechercher d'autres techniques et outils robustes et peu dispendieux d'intérêt pour accroître les retombées du projet.

Estimation du couvert de neige

- Investiguer et développer des méthodes pour tirer profit des images satellitaires canadiennes de RADARSAT-2 pour estimer l'épaisseur de neige accumulée dans les bassins versants et autres régions d'intérêt. Cette information peut être utilisée pour améliorer les paramètres d'entrée dans le calcul du bilan hydrique d'un lac d'approvisionnement.



Prototype géospatial d'estimation de l'épaisseur du couvert nival à partir d'une image satellite radar.