

## Rapport technique :

Acquisition de données terrain pour la modélisation des bassins versants et des aquifères du nord-ouest québécois.

Organisme d'accueil :



Guillaume Pfundstein

## Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier mes maîtres de stage Éric ROSA et Vincent CLOUTIER pour leur accueil chaleureux au sein du groupe de recherche sur l'eau souterraine. Je les remercie pour m'avoir offert ce stage spontanément. Je tiens également à les remercier pour tout ce qu'ils m'ont apporté, le temps qu'ils ont pris soin de me consacrer et la confiance qu'ils ont su m'accorder.

Je remercie ensuite très vivement Simon Nadeau, le doctorant avec qui j'ai travaillé durant ces 3 mois, premièrement pour m'avoir accueilli chaleureusement. Il m'a attribué une grande confiance. Je le remercie pour sa pédagogie et sa bonne humeur. Ses conseils et son expérience m'a permis d'acquérir de nombreuses connaissances et compétences qui me seront utiles par la suite.

Je remercie Magalie Roy pour son accueil, son aide et sa disponibilité.

Je remercie l'ensemble des membres de l'UQAT que j'ai pu côtoyer durant ce stage. Ils ont su se rendre disponibles quand cela était nécessaire et ont toujours pris soin de m'expliquer les choses de manière pédagogique.

Je remercie mon tuteur de stage Mr Didier GRAILLOT de m'avoir aidé dans les démarches pour trouver ce stage. Je le remercie également pour son soutien ainsi que son encadrement.

# Table des Matières

Remerciements .....	2
Table des Matières .....	3
Introduction.....	4
1/ Présentation de l’organisme d’accueil.....	5
2/Présentation du stage .....	5
2.1 Contexte .....	5
3/ Présentation hydrogéologique de la région d’étude .....	5
3.1. Présentation hydrogéologique de la Région .....	5
3.2 Région d’étude .....	7
4/ La mission principale.....	9
4.1 La théorie.....	9
4.2 La composition Isotopique .....	10
5/ Les Missions réalisées .....	11
5.1/ Période d’échantillonnage sur la thèse de Simon.....	11
5.1.1/ Échantillonnage et mesures de débit des rivières(Estival). .....	11
5.1.2/ Pluviométrie.....	15
5.1.3/Échantillonnage hivernales.....	15
5.2/ Traitement des données .....	17
5.2.1/ Calcul de la surface des bassins versants.....	17
5.3/ Compilation des données sur Excel .....	21
5.4/ Traitement des profils de débit .....	24
6/Autres missions réalisées.....	26
6.1/Échantillonnage des puits de la ville d’Amos.....	26
6.2/ Échantillonnage sur les lacs de Kettles .....	27
6.2.1/ Présentation et théorie.....	27
6.2.2/Le terrain.....	28
7/ Conclusion.....	30
8/Bibliographies .....	30
9/Annexe .....	32

# Introduction

Ce stage d'une durée de 3 mois, s'est déroulé du 4 juin au 31 août 2018. Il a consisté à assister Mr Simon Nadeau qui effectue une thèse au sein du Groupe de recherche sur l'eau souterraine, à l'université du Québec en Abitibi Témiscamingue(UQAT).

Ce rapport présente le travail que j'ai effectué lors de mon stage au sein du GRES.

J'ai choisi de réaliser ce stage car je voulais réaliser des travaux de terrains, découvrir une nouvelle région et acquérir de nouvelles connaissances et de l'expérience en hydrogéologie.

Le projet réalisé s'est avéré très intéressant et très enrichissant pour mon expérience professionnelle.

Je vous expose dans ce rapport en premier lieu une présentation exhaustive de l'organisme d'accueil, ainsi que le contexte hydrogéologique de la région dans laquelle j'ai travaillé. Dans un second plan, je vous explique les différents aspects de mon travail durant ces quelques mois et enfin en conclusion, je résume les apports de ce stage.

## 1/ Présentation de l'organisme d'accueil

L'organisme pour lequel j'ai travaillé est un Groupe de recherche sur l'eau souterraine qui est situé à Amos au Québec. Ce groupe de recherche est affilié à l'Université du Québec en Abitibi Témiscamingue(UQAT).

## 2/Présentation du stage

### 2.1 Contexte

Le but de ce stage était de réaliser les travaux de terrains et d'acquisitions de données pour la thèse de Mr Simon Nadeau. Le but de sa thèse est de modéliser une partie du bassin versant de la baie James, situé principalement dans l'ouest de la région du nord du Québec. Concrètement, l'objectif est de connaître les apports d'eau respectifs des aquifères, de la pluie et de la fonte des neiges.

## 3/ Présentation hydrogéologique de la région d'étude

### 3.1. Présentation hydrogéologique de la Région

Le Québec est une région qui autrefois était recouverte de plusieurs kilomètres de glace, c'est pourquoi l'on retrouve de nombreux eskers et moraines disséminés dans toute la région est du Canada.

Localisée au nord-ouest du Québec, la région de l'Abitibi Témiscamingue couvre une superficie totale d'environ 64 700 km<sup>2</sup>, soit 4 % de la superficie du Québec.

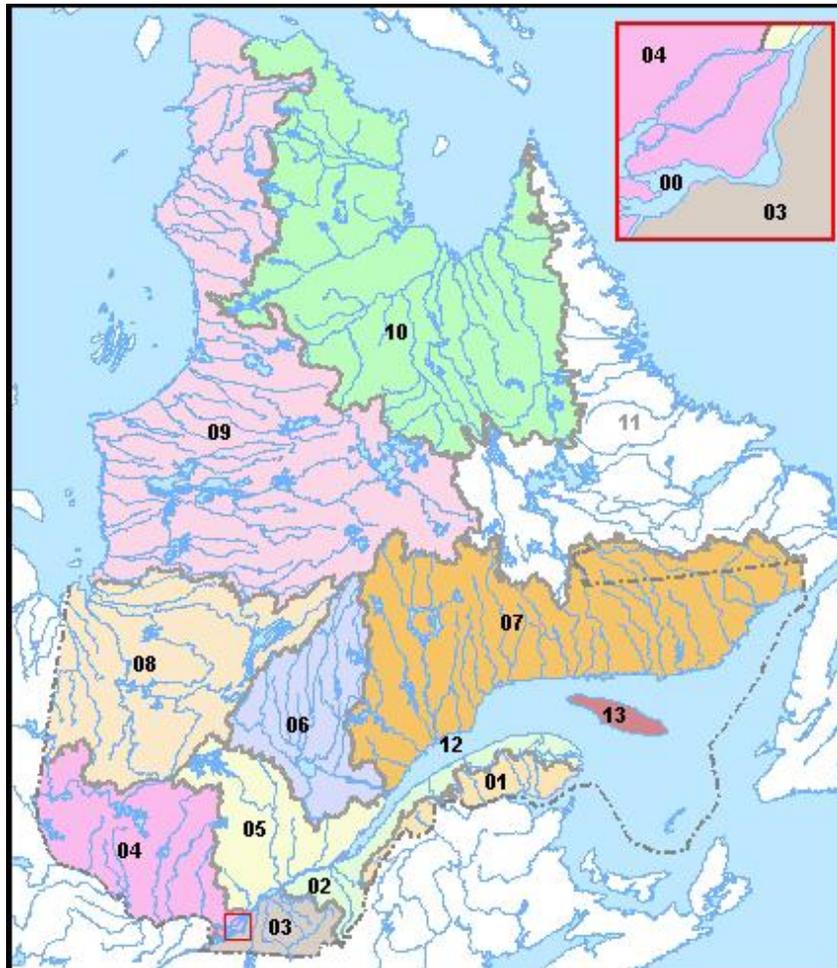


Ci-dessus est représentée la région de l'Abitibi Témiscamingue par rapport au Québec.

### 3.2 Région d'étude

La région d'étude correspond à une partie du Bassin Versant de la baie James, la baie James étant un grand golf se situant au sud de la baie d'Hudson.

Ci-dessous on peut observer les différentes régions hydrographiques du Québec. Le bassin versant sur lequel les recherches sont effectuées est le numéro 8, appelé aussi baie de Hannah et de Rupert.

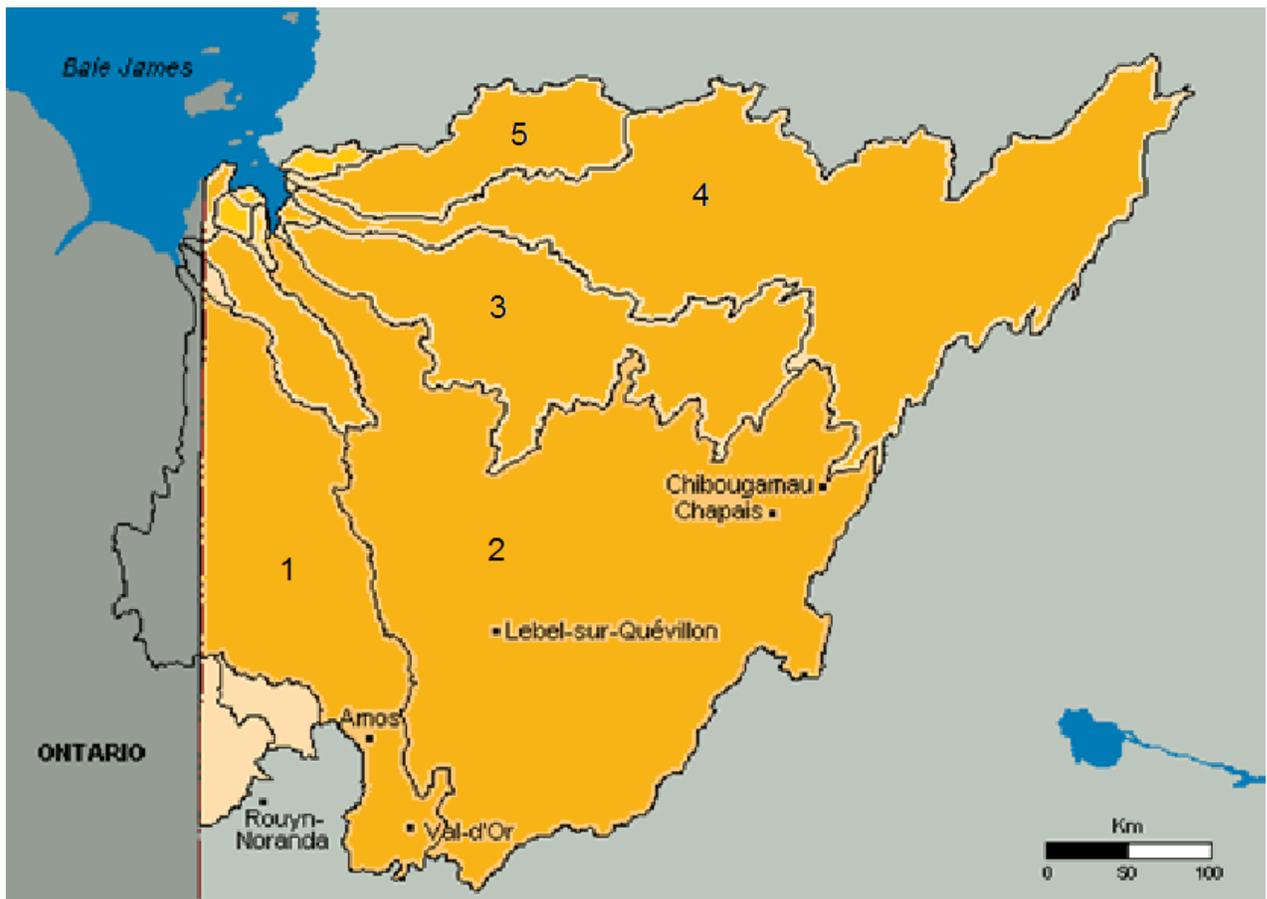


Source : Centre d'expertise hydrique du Québec.

Ci-dessous on retrouve la région d'étude sous un plan plus détaillé.

Les bassins versants étudiés sont les suivants :

- 1 : bassin versant de la rivière Harricana
- 2 : bassin versant de la rivière Nottaway
- 3 : bassin versant de la rivière Broadback
- 4 : bassin versant de la rivière Rupert
- 5 : bassin versant de la rivière Pontax



## 4/ La mission principale

### 4.1 La théorie

Un des objectifs de la thèse de Mr Nadeau est de modéliser les bassins versants ainsi que les aquifères du nord-ouest québécois. Cela revient à déterminer, le pourcentage de l'eau issue de la fonte des neiges, de la pluie et des aquifères.

Pour cela, on doit prélever plusieurs catégories de données :

- La pluviométrie associée à chaque bassin versant, pour cela, on a disposé des pluviomètres dans chaque bassins versants étudiés. Chaque mois, on vient prélever la pluviométrie. Et grâce à la connaissance de la surface du bassin versant, on peut connaitre le débit de la rivière qui est associé aux précipitations.
- L'évolution du débit au cours de la rivière, pour cela on vient mesurer le débit de la rivière à plusieurs niveaux, par exemple pour la rivière Harricana nous avons mesuré 4 débits au cours de cette rivière. Tous les échantillonnages sont effectués dans un laps de temps très court afin que les données relevées ne soient pas biaisées. En effet, il est difficile de réaliser des conclusions, si la pluviométrie a changé entre les mesures.
- La composition isotopique de l'eau est relevée à chaque mesure de débit. Afin d'identifier avec précision la provenance de l'eau.
- Les paramètres, de températures, de PH, de conductivité, d'oxygène dissout, et de potentiel d'oxydoréduction sont prélevé également à chaque mesure de débit.

L'hiver, on vient prélever des carottes de glace sur les rivières afin de mesurer l'évolution de la composition isotopique.

## 4.2 La composition Isotopique

La composition isotopique de l'eau permet de connaître la provenance de l'eau, dans le sens où la composition isotopique de la neige est différente de celle de la pluie.

Les deux isotopes qui sont étudiés sont le  $H_2^{18}O$  et le  $H_2^{16}O$ .

Pour cela on mesure le rapport  $^{18}O/^{16}O$  appelé également  $\delta^{18}O$ , ce rapport est défini comme suit :

$$\delta^{18}O = 1000 \times \left( \frac{\left( \frac{^{18}O}{^{16}O} \right)_{\text{échantillon}}}{\left( \frac{^{18}O}{^{16}O} \right)_{\text{référence}}} - 1 \right)$$

Ce rapport est mesuré par spectrométrie de masse. Et grâce à cette technologie, il a pu être démontré des variations entre les différents états de l'eau dans le cycle de l'eau.

Le tableau ci-dessous donne un ordre de grandeur des valeurs de la composition isotopique de l'eau dans ces différents états.

État de l'eau	$\delta^{18}O$
Eau de mer	0‰
Condensation initiale	-12‰
Précipitation pluvieuse initiale	-3‰
Condensation après une première pluie	-15‰
Précipitation pluvieuse tardive	-11‰
Neige	-50‰
Glace des calottes polaires	-30‰ à -40‰

Lors de l'évaporation de l'eau de mer il y a un appauvrissement en isotopes lourds ( $H_2^{18}O$ ) par rapport aux isotopes légers ( $H_2^{16}O$ ). Et au fur et à mesure des précipitations la vapeur d'eau sera de plus en plus pauvre en isotopes lourds.

En annexe A, vous pouvez retrouver comment se comporte l'évolution de la composition isotopique dans le cycle de l'eau.

## 5/ Les Missions réalisées

### 5.1/ Période d'échantillonnage sur la thèse de Simon.

#### 5.1.1/ Échantillonnage et mesures de débit des rivières(estival).

Afin de déterminer les différentes proportions d'apports d'eau, nous avons mesuré le débit à l'aide d'un ADCP (Accoustic Doppler current profiler). C'est un appareil qui permet de connaître le débit d'une rivière, de manière relativement précise. Ce dispositif permet une mesure de débit avec une erreur inférieure à 10%. Il permet également de tracer le profil bathymétrique de la rivière.

Pour réaliser ces relevés, nous avons utilisé un petit bateau à moteur de type zodiac.

Pour chaque site d'échantillonnage. On effectue au minimum 3 allers, toutefois l'écart-type associé aux mesures est pris en compte. S'il est trop important, on augmente le nombre de profils réalisés.

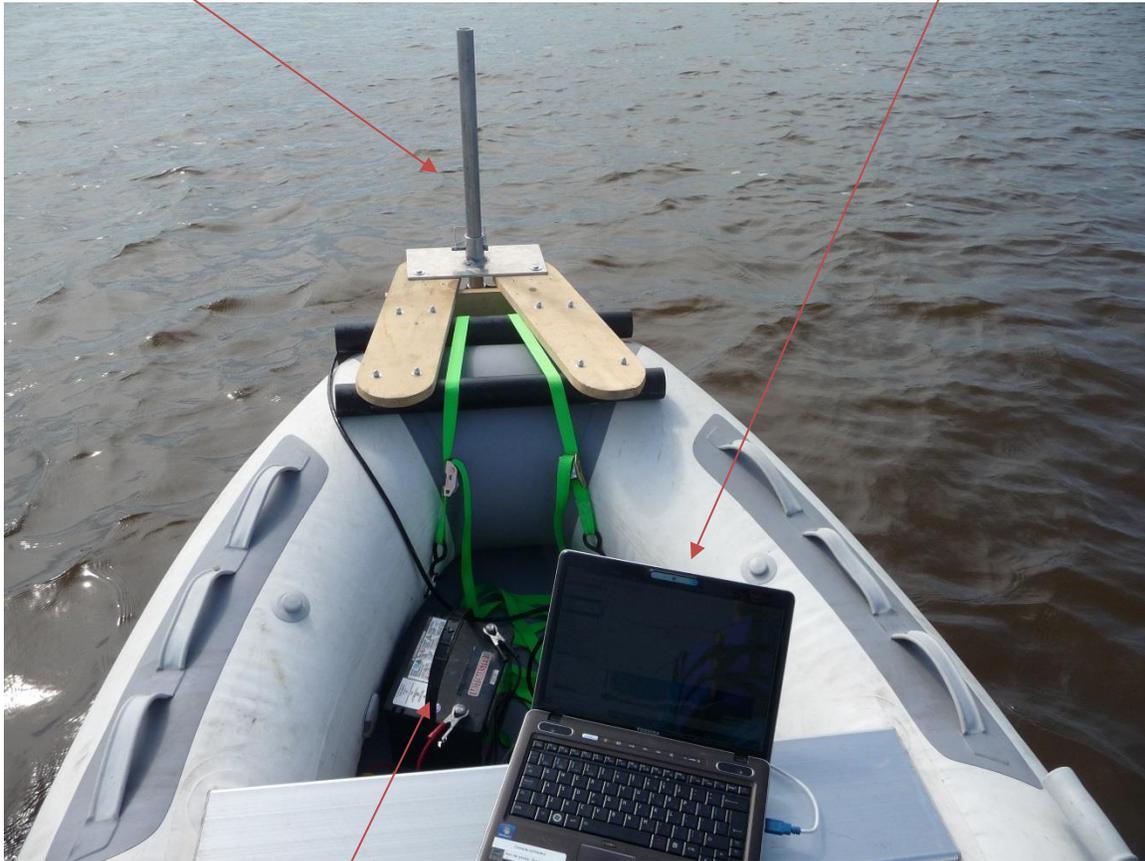
On relève les paramètres de température, de conductivité, d'oxygène dissous, de PH, d'ORP, à l'aide d'une sonde multi paramètre. Ces paramètres sont relativement importants pour retracer la provenance de l'eau mais aussi s'assurer que l'échantillon prélevé correspond à un échantillon d'eau non stagnante. Une fois avoir fini de mesurer le débit on se positionne à l'emplacement de la rivière où le débit est le plus élevé. On attend que les paramètres de la sonde multi paramètre soit stable. Et on vient prélever un échantillon d'eau de la rivière, celui-ci va être analysé pour déterminer la composition isotopique de l'eau.

Chaque lieu d'échantillonnage est répertorié à l'aide d'un GPS (c'est important notamment pour calculer la surface du bassin versant associé).

Voici le dispositif installé :

Acoustic doppler current profiler(ADCP)

Ordinateur, pour recueillir les données issues de l'ADCP



Batterie d'alimentation de L'ADCP



Accoustic doppler current profiler(ADCP)

Ci-dessous pour mesurer le débit de la rivière nous avons fait passer le zodiac d'un bord à l'autre avec une corde.



Mais pour la plupart des débits mesurés nous avons utilisé un moteur thermique, car les rivières sont souvent trop larges pour faire passer une corde. L'avantage du dispositif installé ci-dessus, est qu'il est facile de faire passer l'ADCP d'un bord à l'autre en suivant une trajectoire rectiligne et perpendiculaire par rapport aux bords.

Ci-dessous on peut observer une mesure de débit de la rivière Bell.



## 5.1.2/ Pluviométrie

Nous avons placé des pluviomètres dans plusieurs lieux, afin de connaître la pluviométrie associée à chaque bassin versant. Les pluviomètres sont relevés chaque mois.

Voici ci-dessous les pluviomètres installés à l'UQAT.



## 5.1.3/Échantillonnage hivernales

Durant la saison hivernale, on ne peut pas mesurer le débit car les rivières sont recouvertes d'une épaisse couche de glace. Mais nous prélevons des carottes de glace sur la rivière, afin de mesurer la composition isotopique de l'eau. Les paramètres de température, de PH, de conductivité, d'oxygène dissous, et de potentiel d'oxydoréduction sont relevés.

Durant ce stage je n'ai pas pu prélever ce type d'échantillon comme je l'ai effectué durant la période estivale. Cependant j'ai aidé à échantillonner les carottes de glace. En

effet, en les conservant à une température de  $-20^{\circ}\text{C}$ , il est possible d'échantillonner les carottes plusieurs mois après les avoir prélevées.

Nous avons découpé les carottes par tranche d'environ 5 cm, en les coupant en deux à chaque fois, une moitié est conservée et remise dans le congélateur et l'autre moitié est découpée en petit morceau pour les insérer dans des flacons de 120ml, ensuite ces flacons sont placés dans des chambres froides où la température est située entre  $0^{\circ}\text{C}$  et  $5^{\circ}\text{C}$ , la glace va fondre. Et une fois la glace complètement fondue, on transvase l'eau (issue de la fonte) dans des flacons de 30ml, l'eau est stockée dans un environnement ne contenant pas d'air car l'air peut modifier la composition isotopique de ces échantillons. Tous les flacons sont ensuite envoyés en laboratoire afin de mesurer la composition isotopique de chaque échantillon.

L'objectif est d'observer une évolution de la composition isotopique le long de la carotte de glace.

Ci-dessous, on peut observer une photo de la découpe des carottes de glace :



Carotte de glace échantillonnée :

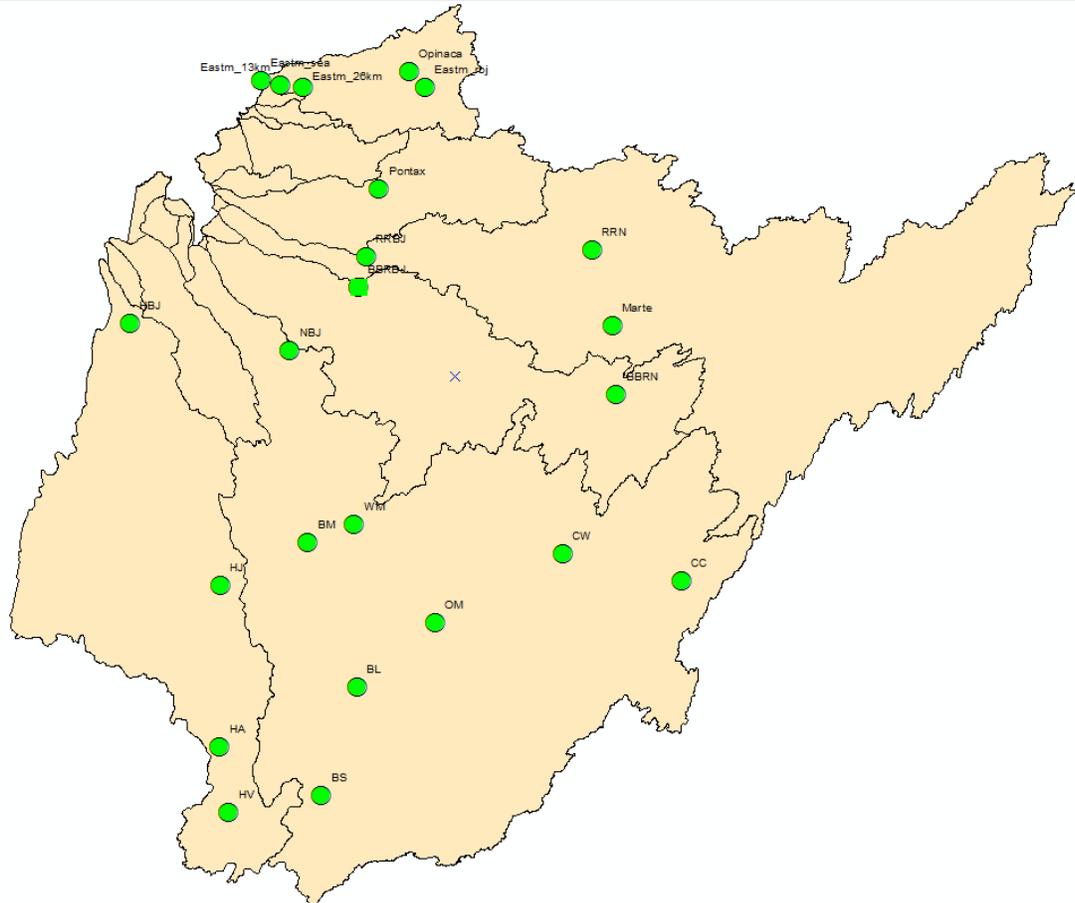


## 5.2/ Traitement des données

### 5.2.1/ Calcul de la surface des bassins versants

Par la suite, j'ai calculé la surface de chaque bassin versant étudiés à l'aide du logiciel Arcmap. Pour cela je me suis basé sur les cartes hydrographiques de la région ainsi que des lignes de niveau d'élévation. Et grâce à cela j'ai pu tracer relativement précisément les bassins versants associés à chaque site où l'on a effectué une mesure de débit et effectué une mesure de la composition isotopique.

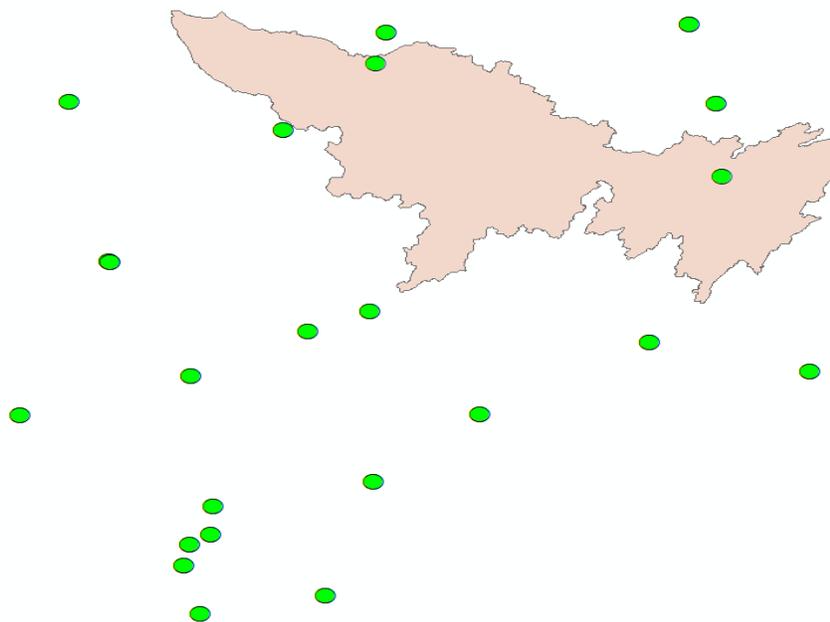
Ci-dessous est représentée la carte des bassins versants étudiés ainsi que les sites où l'on effectue un suivi.



Nous avons téléchargé une carte précise des bassins versants associés aux rivières étudiées, qui permet d'être relativement plus précis.

Techniquement, je sélectionne premièrement le bassin versant associé à la rivière d'un des sites où l'on prélève cet échantillon.

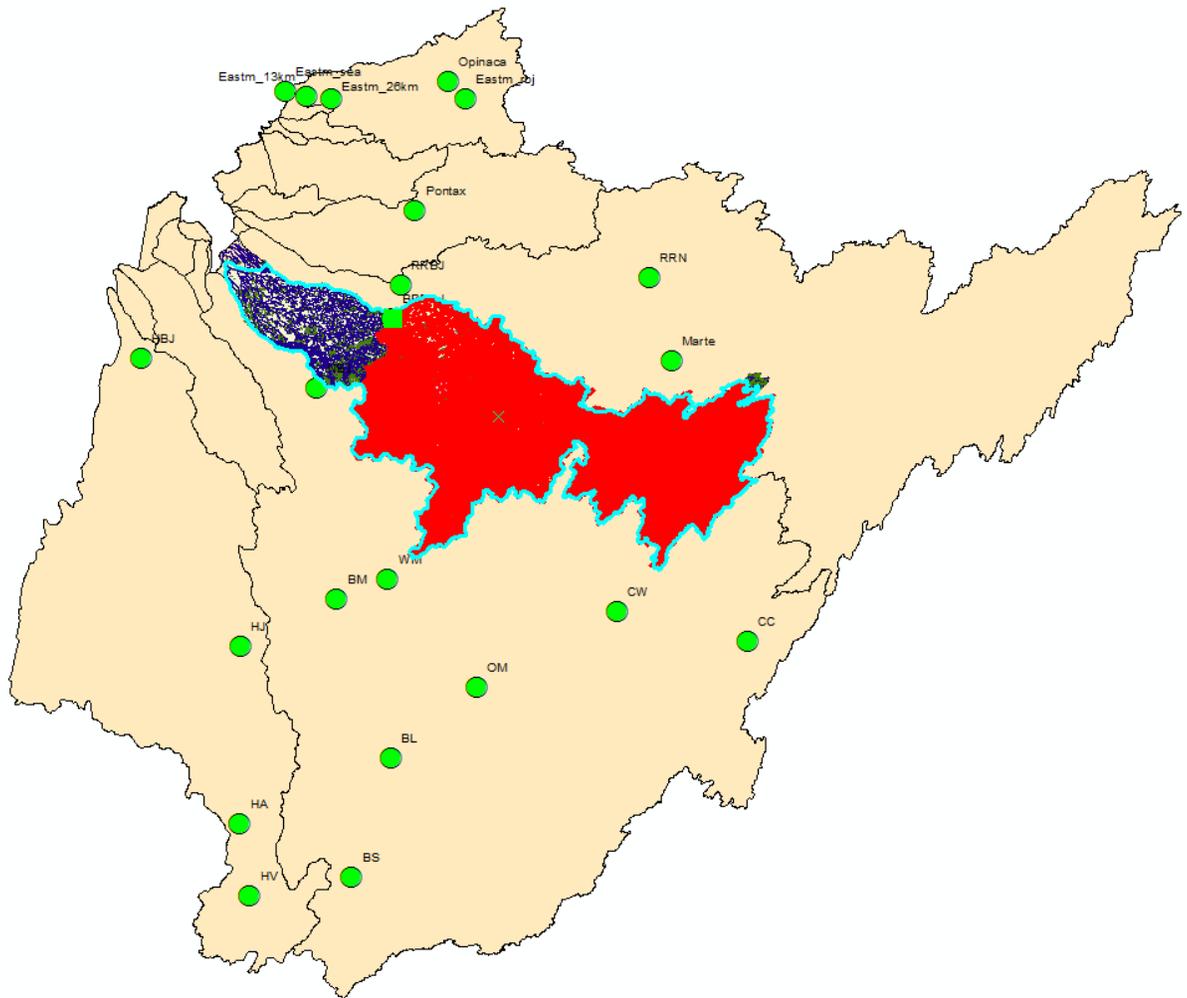
Ci-dessous, j'ai sélectionné le bassin versant de la rivière Broadback.



Ensuite je superpose la carte hydrographique de la région associée et je viens découper le bassin versant du site étudié, ici c'est celui de la baie James.



Et voici ci –dessous le résultat obtenu pour la rivière BroadBack associée au site de la Baie James. La zone rouge correspond au bassin versant de ce lieu.



Le but de déterminer la surface des bassins versants est de connaître le volume d'eau apporté par les aquifères, en effet en connaissant la pluviométrie, ainsi que la surface du bassin versant ainsi que le débit associé à ce bassin versant, on peut connaître les échanges entre la rivière et l'aquifère.

Concrètement, on effectue le calcul suivant :

$$D_{Acquifere} = D_{bassin\ versant} - S_{bassin\ versant} \times P_{vitesse}$$

Avec :

*D<sub>Acquifere</sub> : Apport de l'aquifère dans la rivière*

*D<sub>bassin versant</sub> : débit bassin versant*

*S<sub>bassin versant</sub> : Surface bassin versant*

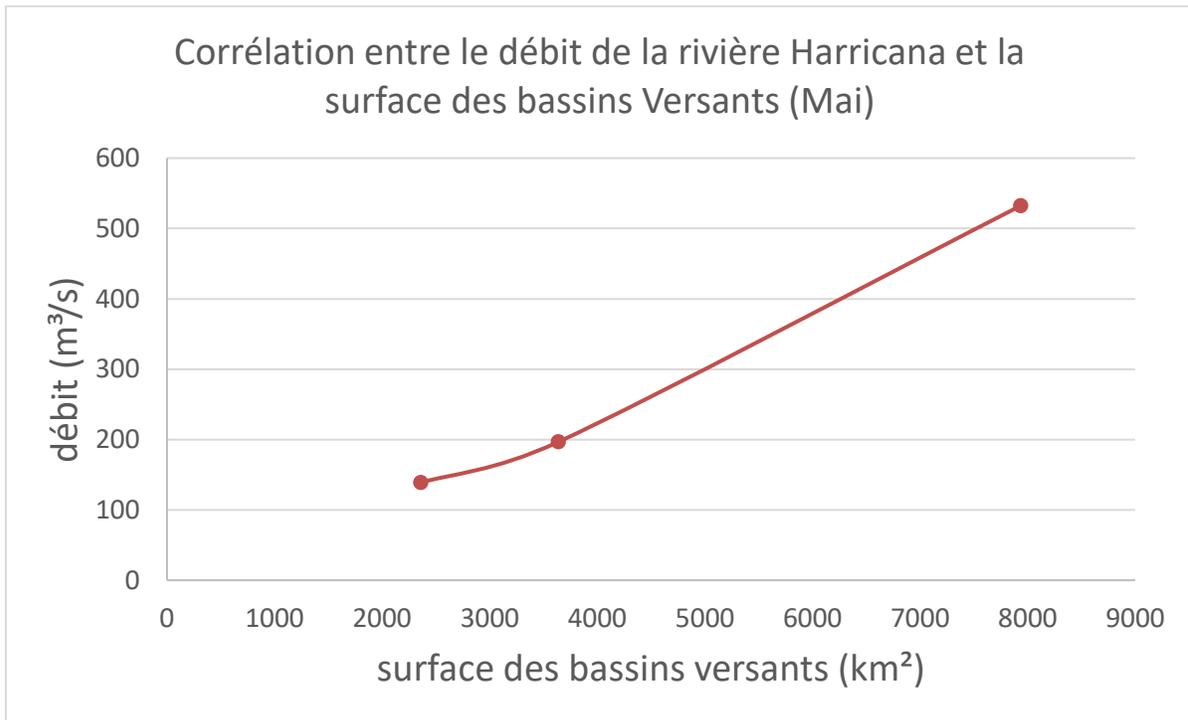
*P<sub>vitesse</sub> : Pluviométrie par unité de temps*

Une incertitude associée à chaque mesure est à prendre en compte.

### 5.3/ Compilation des données sur Excel

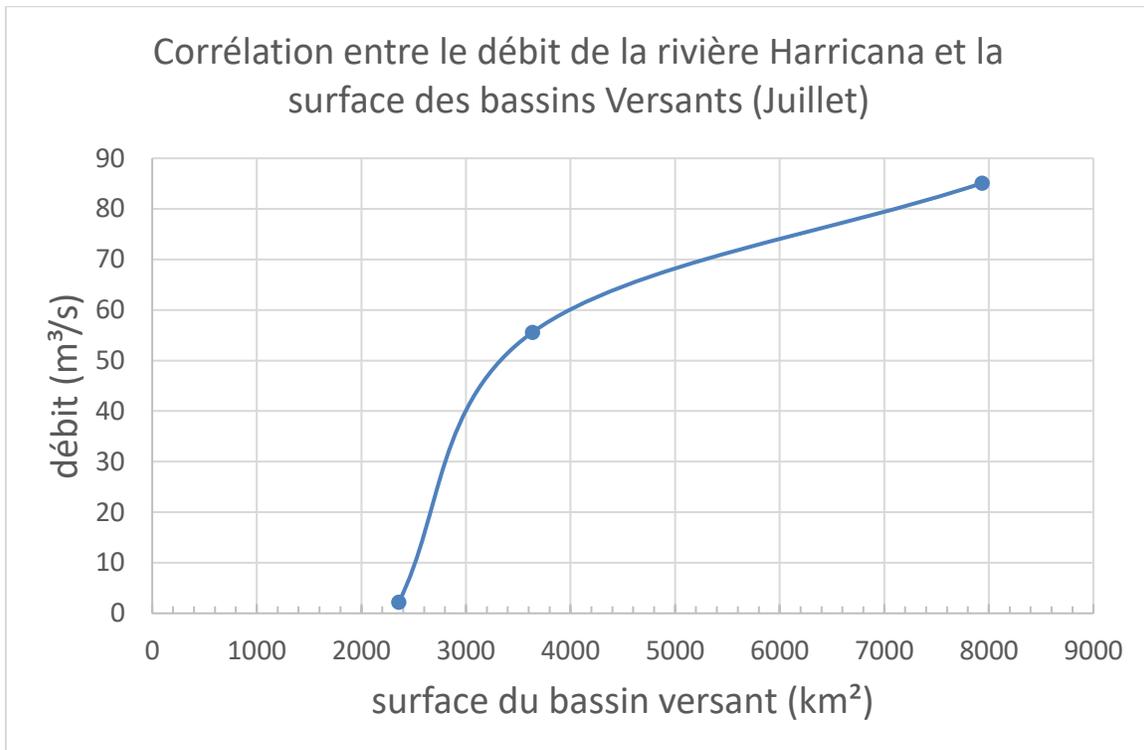
Une fois avoir calculé la taille des bassins versants. J'ai compilé ces données avec les débits mesurés sur le terrain, pour chaque site, nous avons effectué plusieurs mesures de débit et à partir de ces mesures, j'ai calculé le débit moyen de chaque site. Et en corrélant le débit de chaque site avec la surface du bassin versant associé. Il nous est possible de réaliser une première analyse. (La table est à retrouver en annexe B et C).

Ci-dessous, on peut observer les débits obtenus par rapport à la taille des bassins versants associés.



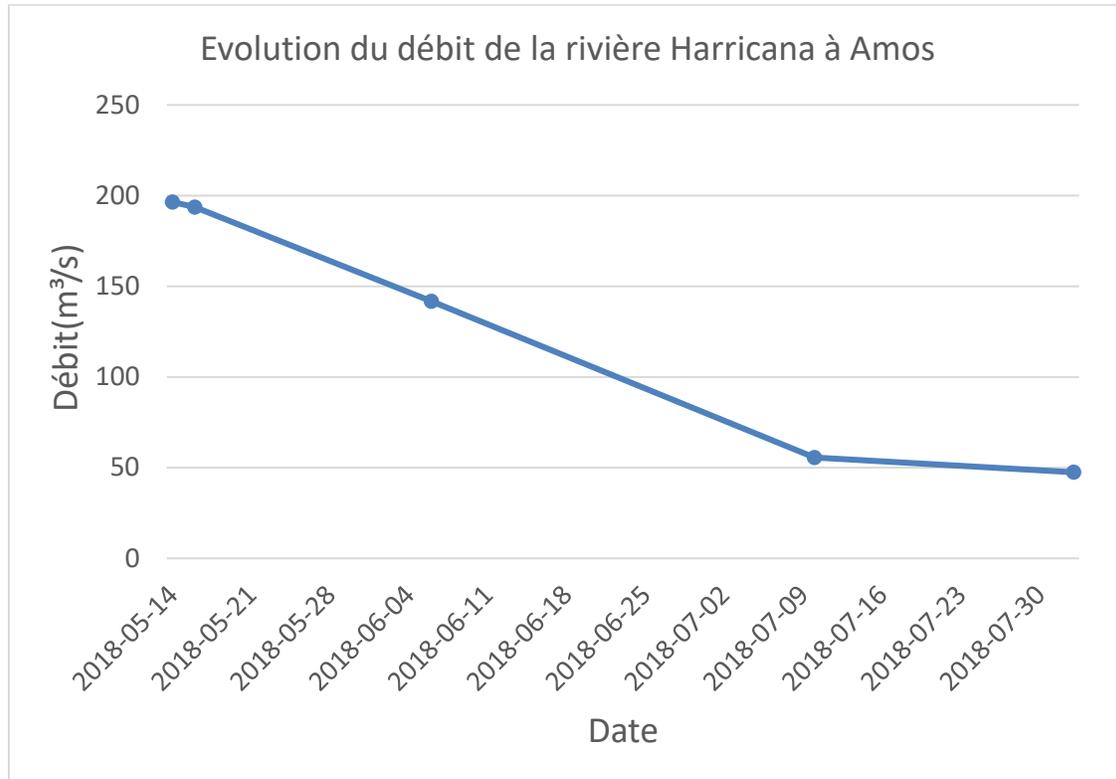
Le graphique ci-dessus correspond à la rivière Harricana, au mois de mai. Cette période est associée à la fonte des neiges. Le débit à cette période semble fortement corrélé à la taille du bassin versant associé.

Ci-dessous, on peut observer le même graphique que précédemment à la différence que celui-ci correspond au mois de Juillet :



Ici, on observe une faible corrélation entre le débit et la surface du bassin versant en comparaison au graphique associé au mois de mai, en effet à cette période de l'année il semble que l'apport d'eau souterraine soit important par rapport aux précipitations.

Ci-dessous, on peut observer l'évolution du débit de la rivière Harricana sur le site d'Amos, durant l'été :



On constate notamment que le débit du mois de mai est relativement élevé dû à la fonte des neiges, et qu'il semble diminuer jusqu'au mois de juin où il se stabilise.

#### 5.4/ Traitement des profils de débit

Une fois avoir fini de relever les données de terrain, je les ai compilés et j'ai pu traiter les profils de débit des rivières échantillonnées.

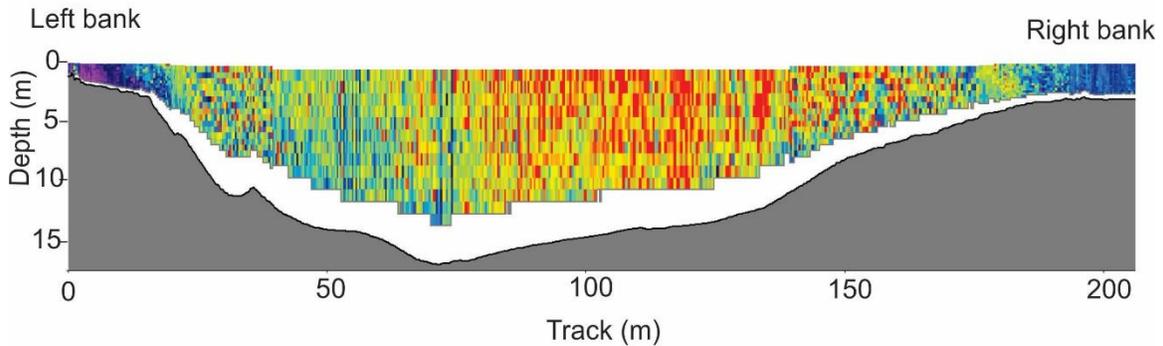
Ci-dessous, vous pouvez observer un des sites d'étude traités durant la période d'échantillonnage, sur chaque graphique l'abscisse correspond à la longueur de la rivière et en ordonnée on retrouve la profondeur de la rivière. Le profil est discrétisé et chaque rectangle est associé à une vitesse. C'est grâce à ces vitesses et à la connaissance de la longueur associée à chacun de ces pixels que l'on connaît le débit, le calcul associé est le suivant :

$$\text{débit} = \sum_{y=0}^{y=n} \sum_{x=0}^{x=m} D_y \times L_x \times V_{x,y}$$

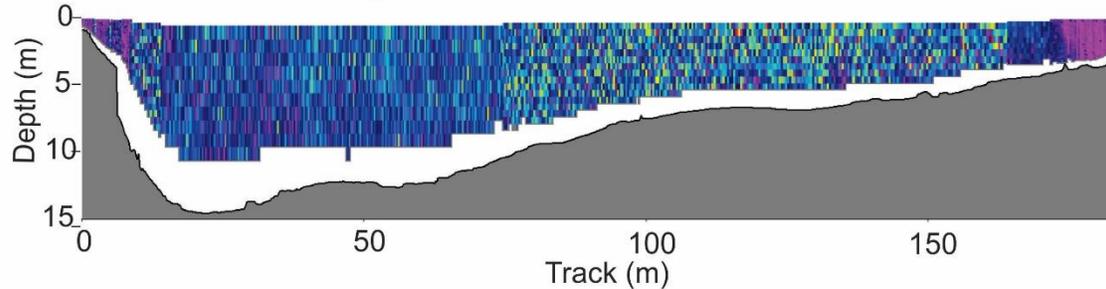
Les 3 profils ci-dessous correspondent à la même rivière mais à des périodes différentes. Le premier correspond à un profil qui a été réalisé le 15 mai 2018, le 2e le 6 juillet 2018 et le 3e le 6 août 2018.

## Bell River , Lebel-sur-Quévillon

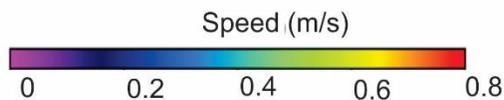
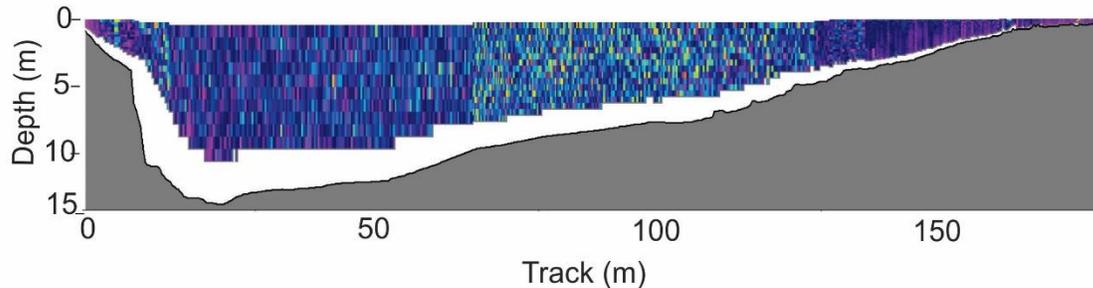
2018-05-15 , Average flow : 836.58 m<sup>3</sup>/s , Standard deviation : 8.79 m<sup>3</sup>/s



2018-07-06 , Average flow : 272.146 m<sup>3</sup>/s , Standard deviation : 8.93 m<sup>3</sup>/s



2018-08-06 , Average flow : 190.916m<sup>3</sup>/s , Standard deviation : 6.796m<sup>3</sup>/s



Sur le premier, le débit moyen obtenu est de 836.58 m<sup>3</sup>/s avec un écart type de 8.79 m<sup>3</sup>/s. Pour le second, on a obtenu un débit moyen de 272.146 m<sup>3</sup>/s avec un écart type de 8.93 m<sup>3</sup>/s. Et pour le 3e, on a obtenu un débit de 190.916 m<sup>3</sup>/s et un écart type de 6.796 m<sup>3</sup>/s. En 4 mois le débit a été divisé par 3. Ce phénomène est dû à la fonte des neiges. En effet l'hiver la neige s'accumule, car les températures restent négatives durant 4-5 mois et la neige ne font pas, c'est pourquoi au moment de la fonte on retrouve des débits aussi importants.

## 6/Autres missions réalisées

### 6.1/Échantillonnage des puits de la ville d'Amos

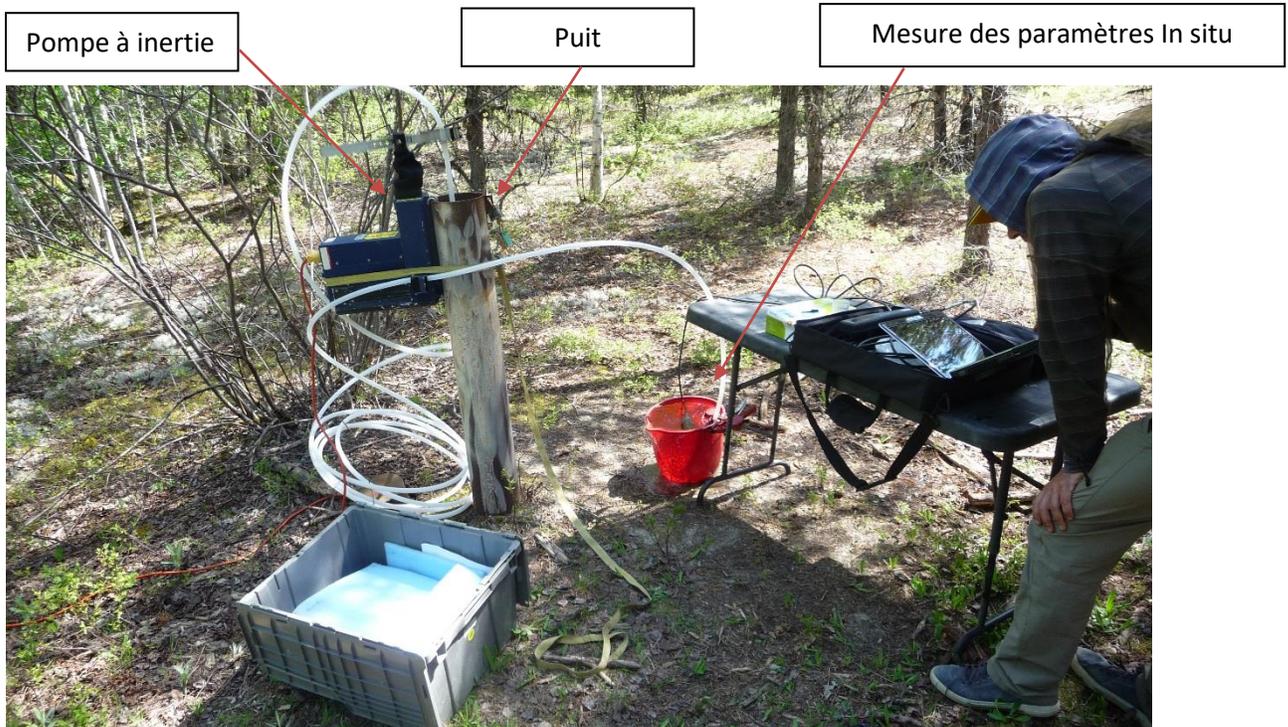
J'ai effectué ce stage dans la ville d'Amos, cette ville est située juste à côté de l'esker Saint-Mathieu-lac-Berry. L'esker recueille les précipitations de neige et d'eau qui ruissellent dans sa formation souterraine et qui fournit une eau excellente (élu meilleure eau au monde en 2001).

Pour la ville d'Amos le groupe de recherche échantillonne les différents puits de la ville qui sont situés sur cet Esker.

Le but de ces échantillonnages est de s'assurer que l'eau reste potable pour la consommation humaine.

Pour chaque piézomètre, on purge premièrement le puit à hauteur de 3 fois son volume, en utilisant une pompe à inertie. Au fur et à mesure de la purge, on relève les paramètres in situ (température, PH, conductivité, ORP, oxygène dissous).

Et une fois avoir fini de purger, on prélève les échantillons pour analyser la composition de l'eau.



## 6.2/ Échantillonnage sur les lacs de Kettles

### 6.2.1/ Présentation et théorie

J'ai également apporté mon aide sur un autre projet qui consiste à réaliser un échantillonnage des lacs de Kettles. Ces lacs ont été formés suite à la fonte des Glaciers.

Ce projet a pour but d'affirmer le sens de l'ancien écoulement glaciaire. L'écoulement à présent est supposé nord-sud mais il y a encore quelques doutes qui subsistent et cet échantillonnage devrait permettre de lever le voile.

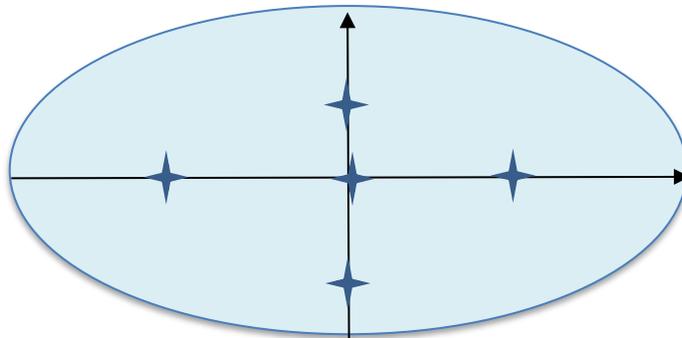
Pour cela on vient analyser l'eau des lacs, en particulier la concentration de strontium contenu dans l'eau, en effet le strontium contenu dans l'eau indique la présence de calcaire. On sait que le strontium pénètre principalement dans l'eau par lessivage à partir du calcaire.

Or on sait qu'en Abitibi, il n'y a pas de calcaire, mais que du côté de la baie d'Hudson (Au nord), il y a un grand banc calcaire, si on décèle du calcaire dans l'eau de ces lacs cela pourrait affirmer que l'écoulement s'effectuait bien dans le sens nord-sud.

## 6.2.2/Le terrain

Pour cela, on cherche premièrement à tracer le profil bathymétrique du lac, afin de connaître sa profondeur et de déterminer le volume d'eau contenu dans le lac.

Ci-dessous, j'ai réalisé le plan d'un lac pour expliquer le protocole de mesure :



Les flèches noires correspondent aux trajets de l'embarcation, afin de tracer le profil bathymétrique du lac. Avec une sonde YSI, on vient mesurer les paramètres de température, de PH, de conductivité, de taux d'oxygène dissous, et de potentiel d'oxydoréduction. On vient mesurer ces paramètres à 5 points différents sur chaque section, et à chaque point suivant la profondeur mesurée à l'aide du sonar, on vient mesurer ces paramètres tous les 50 cm de la surface jusqu'au fond. On vient ensuite prélever des échantillons au milieu du lac à la fois pour déterminer la concentration de strontium mais aussi pour d'autres échantillons pour savoir si elle est polluée. Une eau polluée pourrait biaiser la concentration de strontium. En effet les déchets émis par l'homme peuvent augmenter la concentration de strontium dans l'eau.

Voici un des lacs échantillonnés avec l'embarcation utilisée :



## 7/ Conclusion

Dans ce projet de recherche, où l'objectif principal était d'acquérir des données de terrain pour modéliser les bassins versants du nord-ouest québécois, j'ai eu l'opportunité d'aborder de nombreux aspects. Le travail réalisé s'est avéré très enrichissant pour mon expérience professionnelle aussi bien en ce qui concerne le domaine technique que l'aspect humain.

Dans les travaux réalisés, j'ai pu apporter mon aide et acquérir de nombreuses nouvelles connaissances. J'ai pu découvrir un ensemble d'outil employé pour le terrain, comme l'ADCP.

Le fait de travailler en équipe m'a permis de m'intégrer au sein du groupe de recherche et de voir en quoi consistait le travail d'Hydrogéologue.

## 8/Bibliographies

Site Internet :

[1] Site du gouvernement québécois pour le développement durable, l'environnement et la lutte contre les changements climatiques.

<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/>

[2] Document technique : Le strontium dans l'eau potable :

<https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/programs/consultation-strontium-drinking-water/document-fra.pdf>

Documentation :

Atlas hydrogéologique de l'Abitibi-Témiscamingue réalisé par Vincent Cloutier, Éric Rosa, Magalie Roy, Simon Nadeau, Daniel Blanchette, Pierre-Luc Dallaire, Gaëlle Derrien et Jean Veillette

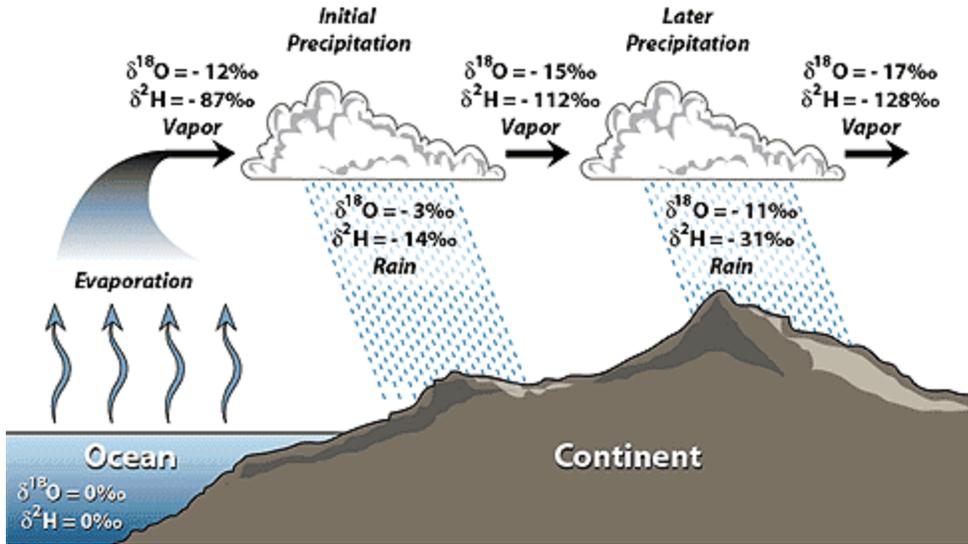
Environmental isotopes in hydrogeology écrit par Ian Clark et Peter Fritz

Groundwater écrit par R. Allan Freeze et John A. Cherry

Estimation de la ressource granulaire et du potentiel aquifère des eskers de l'Abitibi  
Témiscamingue et du sud de la baie James écrit par Simon Nadeau

9/Annexe

Annexe A : Évolution de la composition isotopique de l'eau.



Annexe B : Calcul de la moyenne et de l'écart type des débits mesurés pour chaque site.

	A	B	C	D	E
1	échantillon	numéro prélèvement	date	débit(m³/s)	art type(m³/s)
2					
3	A/Harricana river				
4					
5	HV-MAI18	20180514120300r	2018-05-14	140.66	
6	HV-MAI18	20180514112240r	2018-05-14	135.7	
7	HV-MAI18	20180514112858r	2018-05-14	140.5	
8	HV-MAI18	20180514114338r	2018-05-14	140.954	
9	HV-MAI18	20180514114756r	2018-05-14	136.1	
10	HV-MAI18 Moyenne		2018-05-14	138.7828	2.64044678
11					
12	HV-E18-1007	20180710132545r	2018-07-10	2.075	
13	HV-E18-1007	20180710133154r	2018-07-10	1.982	
14	HV-E18-1007	20180710134141r	2018-07-10	2.657	
15	HV-E18-1007	20180710135135r	2018-07-10	2.037	
16	HV-E18-1007 Moyenne		2018-07-10	2.18775	0.31515433
17					
18	HSM-E18-0208	20180802132251r	2018-08-02	47.308	
19	HSM-E18-0208	20180802133259r	2018-08-02	43.113	
20	HSM-E18-0208	20180802134105r	2018-08-02	50.277	
21	HSM-E18-0208 Moyenne		2018-08-02	46.8993333	3.59944167
22					
23	HA-MAI18	20180514152040r	2018-05-14	193.09	
24	HA-MAI18	20180514154437r	2018-05-14	197.31	
25	HA-MAI18	20180514150232r	2018-05-14	199.148	
26	HA-MAI18 Moyenne		2018-05-14	196.516	3.10606954
27					
28	HA-MAI18	20180516164224r	2018-05-16	193.7	
29					
30	HA-JUIN18	20180606144436r	2018-06-06	145.714	
31	HA-JUIN18	20180606150459r	2018-06-06	137.741	
32	HA-JUIN18 Moyenne		2018-06-06	141.7275	5.63776237
33					
34	HA-E18-1007	20180710152118r	2018-07-10	51.792	
35	HA-E18-1007	20180710152701r	2018-07-10	58.632	
36	HA-E18-1007	20180710153406r	2018-07-10	57.439	
37	HA-E18-1007	20180710153927r	2018-07-10	54.483	
38	HA-E18-1007 Moyenne		2018-07-10	55.5865	3.0726085

Annexe C : Compilation Excel débit et surface des bassins versants, pour la rivière Harricana.

Place	Sample name	Date	Average flow (m <sup>3</sup> /s)	Standard deviation(m <sup>3</sup> /s)	Area drainage basin(Km <sup>2</sup> )
<u>A/Harricana River</u>					
<b>Vassan</b>					
	HV-MAI18 Average	2018-05-14	138.7828	2.64044678	2358.153979
	HV-E18-1007 Average	2018-07-10	2.18775	0.315154327	2358.153979
	HV-E18-0908 Average	2018-08-09	8.4	0.977460997	2358.153979
<b>Saint-Mathieu</b>					
	HSM-E18-0208 Moyenne	2018-08-02	46.89933333	3.59944167	3187.139964
<b>Amos</b>					
	HA-MAI18 Average	2018-05-14	196.516	3.106069542	3636.378709
	HA-MAI18	2018-05-16	193.7		3636.378709
	HA-JUIN18 Average	2018-06-06	141.7275	5.637762366	3636.378709
	HA-E18-1007 Average	2018-07-10	55.5865	3.072608501	3636.378709
	HA-E18-0208 Average	2018-08-02	47.4765	2.551680427	3636.378709
<b>Saint-Felix</b>					
	HSF-E18-0308 Moyenne	2018-08-03	50.7796	1.576876279	3701.421231
<b>Saint-dominique</b>					
	HSD-E18-0308 Moyenne	2018-08-03	55.236	0.235204167	4132.775749
<b>Joutel</b>					
	HJ-MAI18 Average	2018-05-17	532.4266	4.814705058	7936.814738
	HJ-E18-0907 Average	2018-07-09	85.09975	1.957545125	7936.814738
	HJ-aout-0708 Moyenne	2018-08-07	63.71375	0.828338649	7936.814738
<b>Turgeon</b>					
	HT-E18-3107- Average	2018-07-31	89.2315	2.143190845	10281.62826
<b>Baie James</b>					
	HBJ-JUIN18 Average	2018-06-08	756.663	4.638620485	26 378.23