

Suivi de la qualité de l'eau du bassin Vézina



Mars 2024



Groupe de concertation
des bassins versants de
la zone **Bécancour**

Équipe de travail

Échantillonnage :

Chloé Lacasse, B.Sc.A. Environnement et Tech. Bioécologie (GROBEC)

Clothilde Saint-Marc, M. Sc. Biogéosciences de l'Env. et B. Sc. A. Environnement (GROBEC)

Francis Bonin, B. Sc. Biologie et Technique en bioécologie, GROBEC

Sandrine Desaulniers, M.Sc. Géographie et B.A. Géographie (GROBEC)

Rédaction :

Chloé Lacasse, B.Sc.A. Environnement et Tech. Bioécologie (GROBEC)

Laura Molina Gonzalez, B.Sc.A. Biologie de l'Environnement (GROBEC)

Révision :

Sandrine Desaulniers, M.Sc. Géographie et B.A. Géographie (GROBEC)

Emmanuel Laplante, M. Env. et B. Sc. Biologie (GROBEC)

Le GROBEC est un organisme à but non lucratif ayant pour mandat de mettre en place la gestion intégrée de l'eau sur le territoire des bassins versants de la zone Bécancour.

Ce document est réalisé par :



Groupe de concertation
des bassins versants de
la zone **Bécancour**

Groupe de concertation des bassins versants de la zone Bécancour (GROBEC)

609 rue Principale, bureau 200, Saint-Ferdinand, Québec, G0N 1N0

Téléphone : 819-980-8038, Télécopieur : 819-980-8039

Adresse courriel : grobec@grobec.org

Site internet : www.grobec.org

Groupe de concertation des bassins versants de la zone Bécancour (GROBEC), 2024.
Suivi de la qualité de l'eau du bassin Vézina en 2023. 29 p. + Annexes.

Table des matières

ÉQUIPE DE TRAVAIL	1
TABLE DES MATIÈRES	2
LISTE DES FIGURES	3
LISTE DES TABLEAUX	3
LISTE DES ANNEXES	4
INTRODUCTION	5
OBJECTIFS ET LIMITES	6
OBJECTIFS	6
LIMITES	6
MÉTHODOLOGIE D'ÉCHANTILLONNAGE ET D'ANALYSE	7
PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES	7
<i>pH, turbidité, conductivité et température</i>	7
<i>Métaux majeurs, dissous et extractibles</i>	7
<i>Amiante</i>	7
RÉSULTATS ET DISCUSSION	9
AMIANTE	9
pH, CONDUCTIVITÉ, OXYGÈNE DISSOUS ET TURBIDITÉ	10
<i>pH</i>	10
<i>Conductivité</i>	12
<i>Oxygène dissous</i>	13
<i>Turbidité</i>	14
<i>Matières en suspension (MES)</i>	15
MÉTAUX DISSOUS, EXTRACTIBLES ET MAJEURS	17
4.4 ANALYSE STATISTIQUE	24
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	26
5.1 CONCLUSIONS	26
5.2 RECOMMANDATIONS	27
BIBLIOGRAPHIE	29

Liste des figures

FIGURE 1. NOMBRE TOTAL DE FIBRES D'AMIANTE PAR LITRE (MFL) D'EAU EN AMONT ET EN AVAL DU BASSIN DE SÉDIMENTATION, AU PRINTEMPS, L'ÉTÉ ET L'AUTOMNE 2023.....	12
FIGURE 2. VALEUR DU PH EN AMONT ET AVAL DU BASSIN DE SÉDIMENTATION VÉZINA AU PRINTEMPS, ÉTÉ ET AUTOMNE 2023.....	13
FIGURE 3. CONDUCTIVITÉ (µS/CM) EN AMONT ET AVAL DU BASSIN DE SÉDIMENTATION AU PRINTEMPS, ÉTÉ ET AUTOMNE 2023.....	14
FIGURE 4. OXYGÈNE DISSOUS (%) EN AMONT ET AVAL DU BASSIN DE SÉDIMENTATION VÉZINA AU PRINTEMPS, ÉTÉ ET AUTOMNE 2023.....	15
FIGURE 5. TURBIDITÉ (UTN) DES ÉCHANTILLONS DU BASSIN EN AMONT ET AVAL DU BASSIN DE SÉDIMENTATION VÉZINA PRISE LE PRINTEMPS, L'ÉTÉ ET L'AUTOMNE 2023.....	16
FIGURE 6. MATIÈRES EN SUSPENSION MES (MG/L) DES ÉCHANTILLONS DU BASSIN EN AMONT ET AVAL DU BASSIN DE SÉDIMENTATION VÉZINA PRIS LE PRINTEMPS, L'ÉTÉ ET L'AUTOMNE 2023.	17

Liste des tableaux

TABLEAU 1: VALEURS DES CONCENTRATIONS EN MÉTAUX TRACES DISSOUS (MG/L) DU BASSIN EN AMONT ET AVAL POUR DEUX SAISONS, SOIT L'ÉTÉ, ET L'AUTOMNE 2023. LES VALEURS LES PLUS ÉLEVÉES SONT INDIQUÉES EN GRIS FONCÉ.....	18
TABLEAU 2: COMPARAISON DES CONCENTRATIONS EN MÉTAUX TRACES DISSOUS (MG/L) PRÉLEVÉES AVEC LES CRITÈRES DE QUALITÉ DE L'EAU DE SURFACE POUR LES MÉTAUX DISSOUS DISPONIBLES DANS LE SITE DU MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP).....	19
TABLEAU 3: VALEURS DES CONCENTRATIONS EN MÉTAUX TRACES EXTRACTIBLES (MG/L) POUR LES DEUX ÉCHANTILLONS EN AMONT ET AVAL, L'ÉTÉ ET L'AUTOMNE. LES VALEURS LES PLUS ÉLEVÉES SONT INDIQUÉES EN GRIS FONCÉ.....	21
TABLEAU 4. TABLEAU COMPARATIVE DES CONCENTRATIONS DE MÉTAUX TRACES EXTRACTIBLES EN UG/L AVEC LES CRITÈRES DE QUALITÉ DE L'EAU DE SURFACE DES MÉTAUX ÉMIS PAR LE MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP). LES VALEURS QUI DÉPASSE LES CRITÈRES DE CVAC ET CVAA SONT INDIQUÉS EN GRIS FONCÉ.....	22
TABLEAU 5. VALEURS DES CONCENTRATIONS EN MÉTAUX MAJEURS (MG/L) POUR LES ÉCHANTILLONS DU BASSIN EN AMONT ET AVAL, L'ÉTÉ ET L'AUTOMNE 2023. LES VALEURS LES PLUS ÉLEVÉES SONT INDIQUÉES EN GRIS FONCÉ.....	24
TABLEAU 6. LES RÉSULTATS DES VALEURS P DES TESTS DES RANGS SIGNÉS DE WILCOXON ONT ÉTÉ EXAMINÉS. LES VALEURS DES DIFFÉRENCES SIGNIFICATIVES SONT INDIQUÉES EN GRIS FONCÉ.....	25

Liste des annexes

ANNEXE 1. SOMMAIRE DES DONNÉES CLIMATIQUES DU MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS POUR LES JOURS PRÉCÉDANT LES ÉCHANTILLONNAGES.....	I
ANNEXE 2. CARTE DES ZONES D'ÉCOULEMENT ET DES ZONES DE DRAINAGE DU BASSIN NORMANDIE, BASÉE SUR DES IMAGES SATELLIT.....	II
ANNEXE 3. CARTE DES ZONES D'ÉCOULEMENT ET DES ZONES DE DRAINAGE DU BASSIN DE NORMANDIE, BASÉE SUR DES IMAGES LIDAR.....	III
ANNEXE 4. CARTE DES POSSIBLES ZONES DE DÉTOURNEMENT DU BASSIN H POUR RÉDUIRE LES APPORTS D'EAU ET SÉDIMENTS AU BASSIN VÉZINA.....	IV
ANNEXE 5. DONNÉS DES ÉCHANTILLONS DU PRINTEMPS ET AUTOMNE 2022.....	V

Introduction

L'extraction de l'amiante a profondément altéré le paysage de la Haute-Bécancour. Au fil des années, plusieurs études ont été menées pour évaluer la présence des résidus miniers amiantés (RMA) le long de la rivière Bécancour. Parmi elles, l'Étude paléolimnologique des lacs fluviaux de la rivière Bécancour, conduite par MM. Jacques et Pienitz de l'Université Laval en 2022, ainsi que le suivi de la qualité de l'eau de la rivière Bécancour effectué en 2021 par le GROBEC, se démarquent particulièrement. Elles confirment l'apport de fibres d'amiantes et de sédiments provenant des haldes de RMA dans la rivière Bécancour, et ce jusqu'au lac Joseph.

L'exploitation minière intensive dans la région a laissé des séquelles durables sur le réseau hydrographique. Aujourd'hui encore, les apports en sédiments provenant des haldes minières demeurent significatifs, en particulier ceux situés à proximité des cours d'eau et non équipés de bassins de sédimentation.

Pour mettre en œuvre une intervention efficace et rapide, un site d'intervention spécifique a été sélectionné, localisé aux coordonnées géographiques suivantes : N 46° 01' 55" et O 71°25' 34". Dans cette zone, la formation d'un ravin entre les deux haldes a concentré l'écoulement, augmentant sa capacité érosive et entraînant une importante quantité de matériaux vers l'aval. Cela a conduit à l'abaissement du fond du ravin, provoquant la déstabilisation des pentes latérales qui se dégradent et se transportent à leur tour vers la rivière Bécancour. Étant donné l'absence de bassin de décantation sur le parcours de la coulée de sédiments jusqu'à la rivière, tous les sédiments se retrouvaient dans celle-ci. Ainsi, un bassin de sédimentation a été construit en 2021 pour remédier à cette situation.

Dans le but de mieux comprendre les effets de ce bassin, le GROBEC effectue un suivi depuis sa construction jusqu'à présent, documentant les événements de l'année 2023 dans ce présent document.

Objectifs et limites

Objectifs

Pour étudier les effets du bassin, l'objectif principal du présent document est de réaliser un suivi de la qualité de l'eau de l'effluent du bassin Vézina. Cela implique de comparer la qualité de l'eau en amont et en aval du bassin afin de déterminer les changements causés par son fonctionnement. De plus, ce document vise à proposer des améliorations visant à optimiser l'efficacité du bassin Vézina dans le traitement des eaux et la réduction de leur impact sur l'environnement.

Limites

En raison des contraintes imposées par le financement obtenu, le suivi était limité aux tests jugés les plus pertinents pour le suivi du bassin Vézina. Les paramètres étudiés dans le bassin se limitent à la concentration en fibres d'amiante, les paramètres physico-chimiques et la concentration des métaux (métaux majeurs et métaux traces extractibles et dissous). En plus de ces contraintes, les difficultés logistiques, dues à des conflits d'horaires, ont empêché l'échantillonnage des métaux au printemps 2023.

Compte tenu des coûts élevés associés à l'analyse de chaque échantillon d'amiante, et dans l'absence de critère de qualité de l'eau en lien avec l'amiante au Québec, il a été déterminé d'analyser les fibres d'amiante sans discriminer les différentes longueurs détectables.

Méthodologie d'échantillonnage et d'analyse

Dans le but d'assurer une continuité à la campagne d'échantillonnage de l'année précédente, les méthodologies sont restées les mêmes. L'équipe a déterminé les paramètres à étudier ainsi que le nombre d'échantillons étudiés en fonction des contraintes financières et techniques. Afin d'étudier les impacts du bassin dans la qualité de l'eau, des échantillons ont été pris en amont et en aval du bassin de sédimentation trois fois pendant l'année, soit le printemps, l'été et l'automne.

Paramètres physico-chimiques

pH, turbidité, conductivité et température

Le pH, la turbidité, la conductivité et la température ont été mesurés à l'aide d'une sonde multiparamètres YSI. La calibration des appareils a été effectuée avant chaque sortie sur le terrain. Les échantillonnages ont été effectués directement dans les écoulements selon le protocole suggéré par Hébert et Légaré (2000).

Métaux majeurs, dissous et extractibles

Un total de 4 échantillons a été analysé pour les métaux, soit deux à l'été et deux à l'automne. À chaque saison, il y a eu un échantillon en amont du bassin et l'autre en aval. L'échantillonnage a été effectué en suivant les procédures du protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces (MDDELCC, 2014). Cependant, les étapes subséquentes au prélèvement de l'échantillon pour les métaux traces (minéralisation et filtration) ainsi que les analyses ont été effectués par le CEAEQ. Les métaux majeurs analysés sont la dureté (CaCO_3), le calcium, le potassium, le magnésium et le sodium. De plus, les métaux dissous et extractibles analysés sont l'argent, l'aluminium, l'arsenic, le bore, le baryum, le béryllium, le cadmium, le cobalt, le chrome, le cuivre, le fer, le manganèse, le molybdène, le nickel, le plomb, l'antimoine, le sélénium, le strontium, le thallium, le titane, l'uranium, le vanadium et le zinc.

Amiante

Un total de 6 échantillons a été analysé pour les fibres d'amiante, soit 2 échantillons (amont et aval) le printemps, l'été et l'automne. Les fibres d'amiante ont été analysées par

le laboratoire ALS à Cincinnati aux États-Unis d'Amérique selon les méthodes EPA 100.1 et EPA 100.2 avec une limite de détection de <0.2MFL (Million Fibers per Liter). Les types de fibres d'amiante potentiellement détectables étaient les suivantes : Chrysotile, Amosite, Crocidolite, Actinolite, Tremolite et Anthophyllite. En l'absence de critères québécois ou canadiens par rapport à la présence d'amiante dans l'eau et des contraintes financières, le GROBEC a obtenu des résultats de la concentration totale des fibres d'amiante sans discriminer la taille des résidus amiantés.

Résultats et discussion

Dans cette section sont présentés les résultats sur la quantité de fibres d'amiante, les paramètres physico-chimiques et la concentration en métaux dans les écoulements situés en amont et en aval du bassin Vézina.

Amiante

Parmi tous les échantillons analysés, seules des fibres de chrysotile et de trémolite ont été détectées. Les résultats présentés ici ne s'attarderont donc qu'à ces 2 types de fibres d'amiante. Ce dernier a juste été observé l'été en amont du bassin avec une concentration de 0,53 MFL (millions des fibres par litre).

Le nombre de fibres d'amiante en millions de fibres par litre (MFL) d'eau est présenté à la figure 1. Le plus grand nombre des fibres est observé l'automne en amont du bassin de sédimentation avec un total de 3082,72 MFL, chiffre qui dépasse considérablement tous les autres échantillons. Les laboratoires ont détecté une quantité élevée des particules en suspension pour les échantillons pris l'automne tant à l'amont qu'à l'aval du bassin. Le minimum observé est de 20,55 MFL l'été en aval du bassin.

Tant le printemps que l'automne, il est possible constater que la concentration des fibres d'amiante est plus élevée en amont qu'en aval. Le printemps les concentrations sont de 71,456 MFL en amont et de 23,924 MFL en aval. Pareillement l'automne on a observé des concentrations de 3082,72 MFL en amont et 395,22MFL en aval. Tandis que l'été on observe l'inverse avec des valeurs plus élevées en aval du bassin, soit des valeurs de 20,55 MFL en amont et de 42,16 MFL en aval. Ces données sont surprenantes et il reste difficile de les expliquer. De nouveaux échantillons supplémentaires dans le futur pourraient éclaircir ces résultats.

Le seul critère existant concernant les fibres d'amiante dans l'eau provient des États-Unis et concerne l'eau potable. Ce dernier, de 7 MFL, est utilisé dans le cadre de ce rapport à titre indicatif seulement puisqu'il concerne l'eau potable, ce qui n'est pas le cas de ce rapport. À l'aide de ce seuil, il est toutefois possible de conclure que les concentrations en fibres d'amiante sont élevées tout au long de l'année, notamment l'automne.

Considérant que les eaux du bassin rejoignent ou rejoindront le réseau hydrographique naturel, il est important de prendre en compte les impacts potentiels de ces concentrations sur l'écosystème aquatique. Des concentrations de fibres d'amiante allant de 0,01 MFL à 100 MFL peuvent avoir des effets néfastes sur la reproduction et la croissance de certaines espèces de bivalves, de poissons et même de certaines plantes aquatiques d'eau douce (USEPA, 2020). Les données de l'ensemble des échantillons étudiés ont des concentrations supérieures à 0,01 MFL

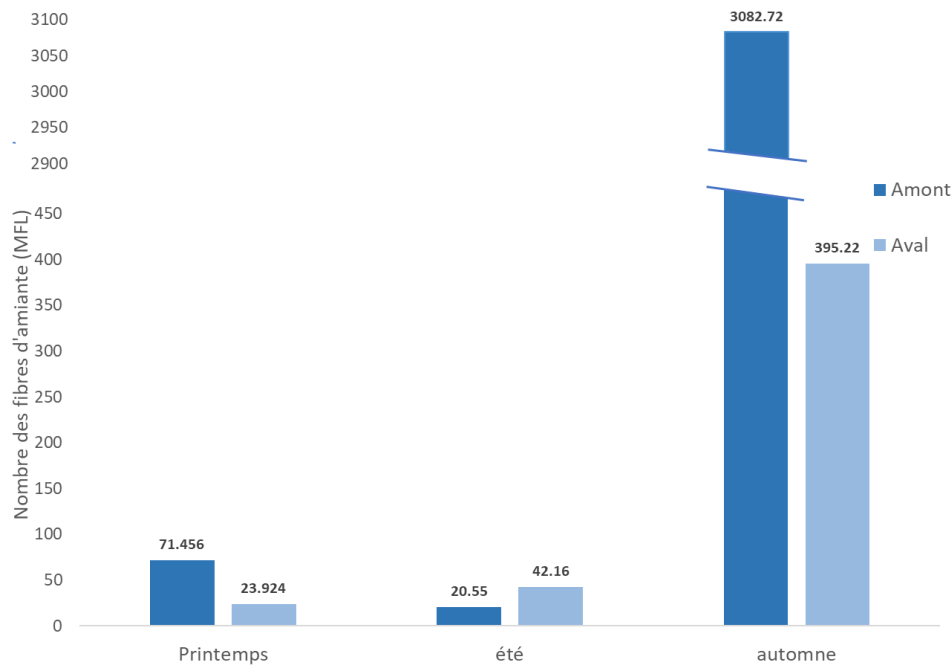


Figure 1: Nombre total de fibres d'amiante par litre (MFL) d'eau en amont et en aval du bassin de sédimentation, au printemps, l'été et l'automne 2023.

pH, conductivité, oxygène dissous et turbidité

Les données physico-chimiques des stations sont comparées ci-bas.

pH

Les valeurs du pH du bassin en amont et aval pendant trois saisons de l'année 2023 sont illustrées à la figure 2 ci-bas. Le pH le plus près de la neutralité a été trouvé en aval à l'été et le plus alcalin en amont à l'automne, soit respectivement de 8,22 et de 9,61. Les plans

d'eau naturels ont un pH autour de 7, plus souvent variant entre 6 et 8 (MELCC, 2023). Cet intervalle est dépassé avec des eaux plus basiques dans l'ensemble des échantillons.

Les RMA sont riches en magnésium, ce qui explique les valeurs de pH alcalins (Moore et Zimmermann, 1977). En effet, le lessivage des RMA donne lieu à un drainage minier basique (FNZ-Innov, 2021). Une grande quantité de magnésium présente en milieu aqueux provoque l'alcalinisation du pH de ce dernier à cause de ses propriétés chimiques (Moore et Zimmermann, 1977).

Selon le ministère de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques, l'eau de surface utilisée de façon récréative ou à des fins de consommation ne doit pas dépasser un seuil de pH 9,0 (MELCC, 2022c). En ce qui concerne la protection de la vie aquatique, le seuil maximal recommandé est de 9,5 (MELCC, 2022c). Ce même seuil est une exigence de la directive 019 sur l'industrie minière. Le printemps et l'automne en amont du bassin tant le seuil d'utilisation récréative de l'eau comme le seuil de protection de la vie aquatique ont été dépassés. De plus, aucune donnée en aval du bassin ne dépasse le seuil de protection de la vie aquatique ni d'utilisation récréative.

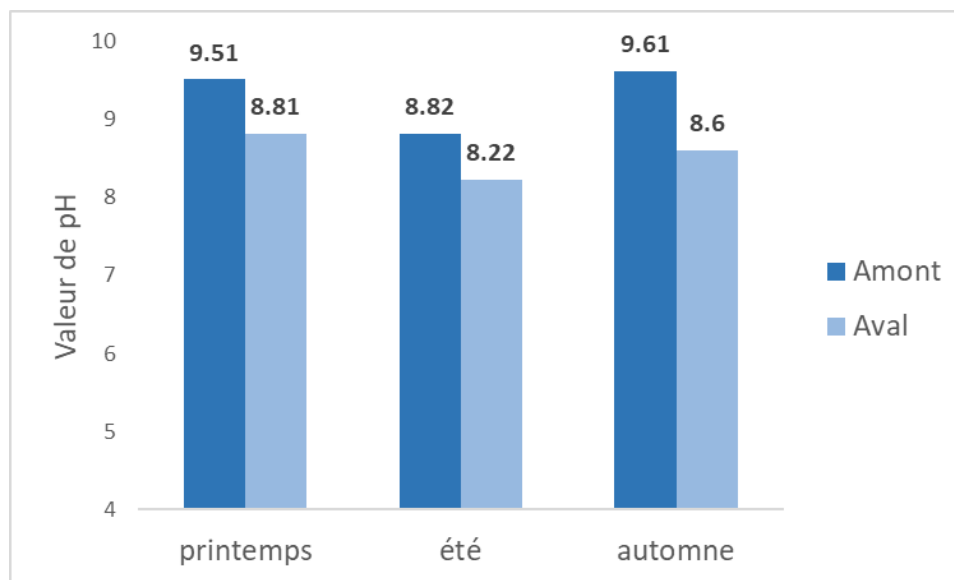


Figure 2: Valeur du pH en amont et aval du bassin de sédimentation Vézina au printemps, été et automne 2023.

Conductivité

La conductivité est illustrée à la figure 3 ci-bas. La conductivité est plus basse l'automne en aval du bassin avec une valeur de 491,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductivité l'été en amont est de 874 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui correspond à la valeur la plus élevée. Les données de conductivité de tous les échantillons dépassent l'intervalle des valeurs de conductivité dite naturelle, soit variant entre 0 et 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (DataStream, 2023).

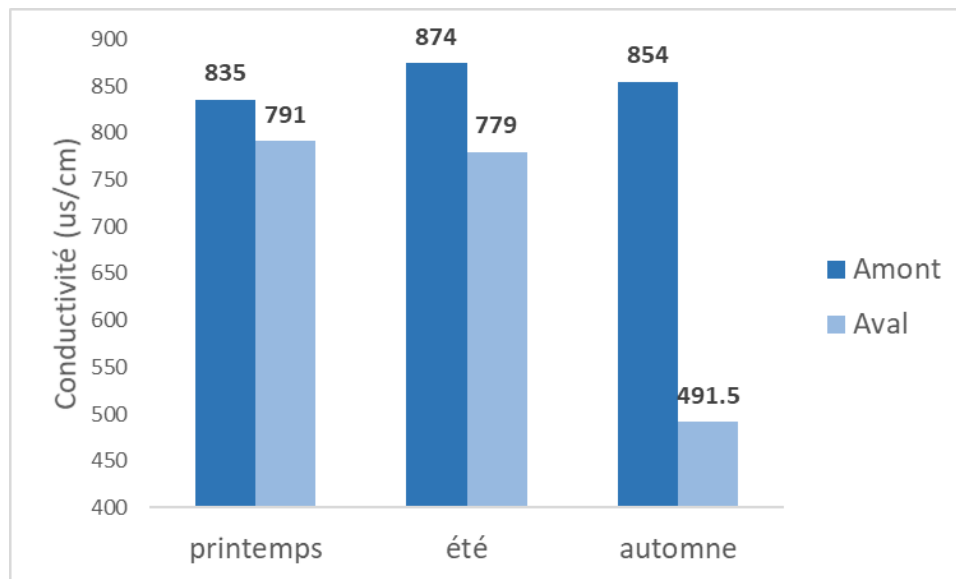


Figure 3: Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en amont et aval du bassin de sédimentation au printemps, été et automne 2023

La conductivité élevée peut s'expliquer par la présence de métaux alcalins, tels que le magnésium. Les données de magnésium échantillonnées en été et en automne (tableau 5) coïncident avec une conductivité plus élevée lorsque les concentrations de magnésium sont élevées (77 mg/l : 874 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et 75 mg/l : 854 $\mu\text{S}/\text{cm}$), et la conductivité est plus basse, soit de 32 mg/l, lorsque les concentrations de magnésium sont plus faibles (491 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Jacques et Pienitz, 2022).

Oxygène dissous

La figure 4 permet de constater que le taux d'oxygène dissous est satisfaisant pour l'ensemble des espèces aquatiques. Le critère de qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique (CVAC) considère la température de l'eau. C'est-à-dire qu'un milieu ayant une température d'environ 20°C ne devrait pas avoir une concentration en oxygène dissous de moins de 57% (MELCCFP, 2023). Pour l'ensemble de données, la concentration en oxygène dissous n'est jamais sous la concentration recommandée.

L'été en amont du bassin présente le taux d'oxygène dissous le plus élevé avec 101.8% et le minimum est de 92.5% l'automne en aval du bassin.

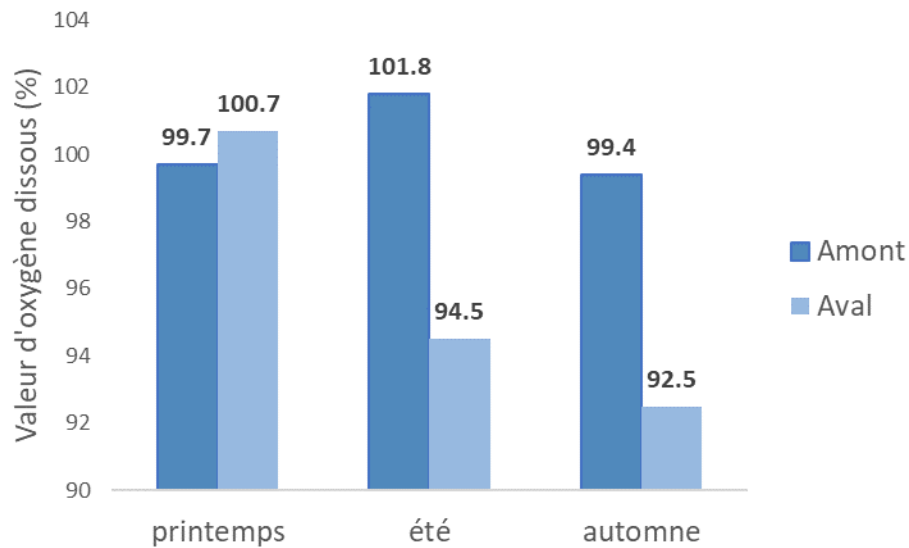
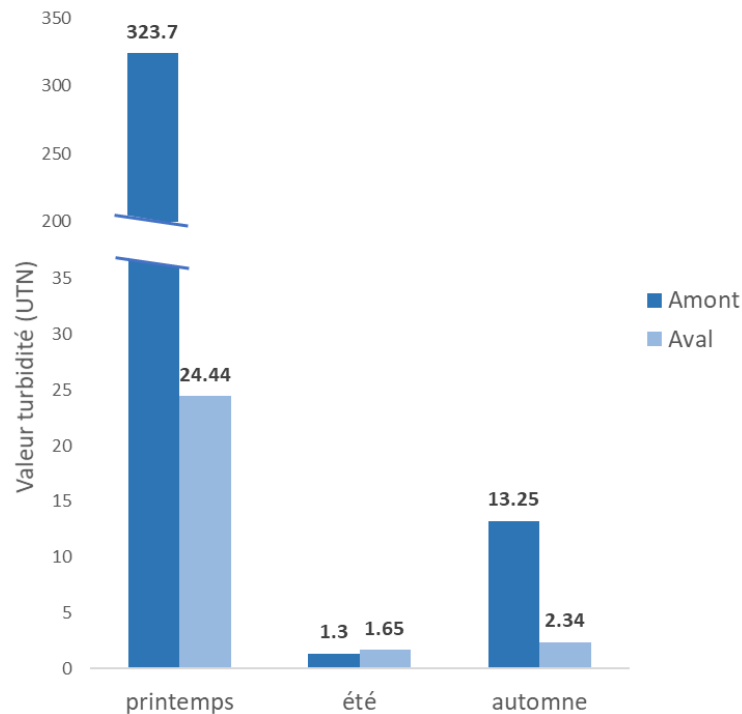


Figure 4: Oxygène dissous (%) en amont et aval du bassin de sédimentation Vézina au printemps, été et automne 2023.

Turbidité

La turbidité figurait parmi les paramètres physico-chimiques analysés. La turbidité du bassin est très élevée l'été en amont avec une valeur de 323,7 UTN. Les échantillons du printemps et de l'automne tant en amont comme en aval dépassent 2,3 UTN, chiffre considéré comme étant une turbidité faible (AGIRO, 2022). De plus, les résultats présentés ci-dessous indiquent qu'on retrouve de matières en suspension.

La veille des échantillons du printemps, il y a eu des précipitations dans le secteur de Thetford Mines de 12,4 mm (voir annexe 1). Pareillement, il y a eu des précipitations aussi la veille des échantillons en automne, mais celle-ci ont été beaucoup moins importantes que celle du printemps avec 1,8 mm de pluie et Il n'y a pas eu de précipitations la veille des échantillons de l'été, ce qui pourrait expliquer la présence de valeurs élevées de turbidité pour les données du printemps.



Turbidité (UTN) des échantillons du bassin en amont et aval du bassin de sédimentation Vézina prisent le printemps, l'été et l'automne 2023.

Matières en suspension (MES)

Les concentrations en matières en suspension (MES) en mg/l sont présentées dans la figure 6. En général, les concentrations de MES sont plus élevées en amont qu'en aval. La concentration maximale a été observée en amont au printemps 2023, atteignant une valeur de 1400 mg/l, tandis que la valeur minimale a été échantillonnée en aval du bassin pendant l'automne. On peut observer une diminution importante de la concentration de matières en suspension en aval du bassin pour tous les échantillons prélevés.

Les concentrations plus élevées des matières en suspension au printemps sont observées lors des mêmes prélèvements avec des données de turbidité plus élevées. Ces données ont été précédées par des précipitation survenues la veille des échantillonnages, ce qui peut expliquer les valeurs élevées pour ces prélèvements. D'autre part, il n'y a pas eu de précipitations les jours précédant les échantillons de l'été, mais lors de l'automne, il y a eu des précipitations importantes trois et quatre jours avant les échantillons, ainsi qu'une précipitation très faible la veille (Annexe 1). Cela pourrait expliquer les valeurs un peu plus élevées de turbidité et de concentration de MES observées à l'automne par rapport à l'été.

En outre, les valeurs en aval du bassin pour tous les prélèvements ne dépassent pas la concentration maximale acceptable soit de 30mg/l indiqués dans les exigences des concentrations des contaminants de la directive 019 sur l'industrie minière.

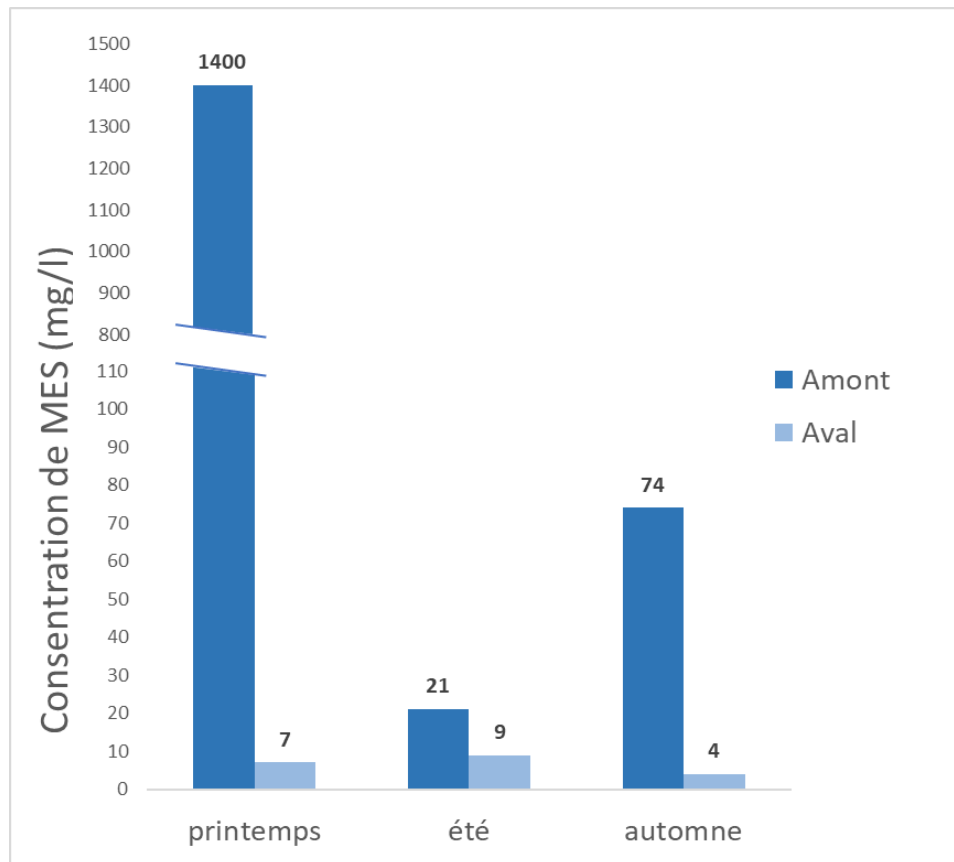


Figure 5: Matières en suspension MES (mg/l) des échantillons du bassin en amont et aval du bassin de sédimentation Vézina pris le printemps, l'été et l'automne 2023.

Métaux dissous, extractibles et majeurs

Tableau 1: Valeurs des concentrations en métaux traces dissous (µg/l) du bassin en amont et aval pour deux saisons, soit l'été, et l'automne 2023. Les valeurs les plus élevées sont indiquées en gris foncé.

Métal	Été		Automne	
	Amont	Aval	Amont	Aval
Argent	<0,002	0,002	<0,002	0,002
Aluminium	1	18	1,4	62
Arsenic	0,29	0,56	0,24	0,4
Bore	99	62	100	32
Baryum	11	7,5	12	32
Béryllium	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cadmium	<0,005	0,005	<0,005	<0,005
Cobalt	0,044	0,3	0,05	0,26
Chrome	0,44	0,96	0,46	2,4
Cuivre	0,2	0,58	0,11	0,81
Fer	1,2	150	5,5	360
Manganèse	1,2	160	0,23	84
Molybdène	2,8	1,6	2,7	0,71
Nickel	1,3	19	1,3	23
Plomb	0,008	0,022	0,005	0,08
Antimoine	0,34	0,18	0,23	0,11
Sélénium	0,3	<0,2	0,3	<0,2
Strontium	6,7	30	5,2	24
Thallium	0,004	0,004	<0,003	0,004
Titane	<0,01	0,2	0,05	1,5
Uranium	0,001	0,018	<0,001	0,015
Vanadium	0,073	0,16	0,075	0,18
Zinc	<0,2	<0,2	0,3	0,5

Tableau 2: Comparaison des concentrations en métaux traces dissous (µg/L) prélevées avec les critères de qualité de l'eau de surface pour les métaux dissous disponibles dans le site du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements Climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP)

Été						
Dureté		320		290		
Métal	Amont	CVAC Dissous	CVAA dissous	Aval	CVAC Dissous	CVAA dissous
Argent	0,002	0.1	12.75	0,002	0.1	10.77
Cadmium	0,005	0.55061567	6.23	0,005	0.516	5.67
Chrome I	0.44*	191.78	1477.11	0.96*	177.16	1362.69
Chrome IV		10.582	15.71		10.582	15.71
Cuivre	0.2	24.192	40.21	0.58	22.272	36.65
Nickel	1.3	139.58	1252.63	19	127.616	1152.53
Plomb	0.008	8.69501459	223.07	0.022	7.8976	202.65
Sélénium	0.3	4.61	62.00	<0,2	4.61	62.00
Zinc	0,2	316.506	313.96	<0,2	290.87	288.83

Automne						
Dureté		430		180		
Métal	Amont	CVAC Dissous	CVAA dissous	Aval	CVAC Dissous	CVAA dissous
Argent	<0,002	0.1	18.72	0,002	0.1	4.74
Cadmium	<0,005	0.67336084	7.74	<0,005	0.38615181	3.56
Chrome III	0.46*	230.48	1773.30	2.4*	119.54	922.07
Chrome IV		10.582	15.71		10.582	15.71
Cuivre	0.11	29.28	49.62	0.81	14.784	23.38
Nickel	1.3	168.493	1512.89	23	85.742	769.88
Plomb	0.005	10.9436519	280.85	0.08	4.73997802	121.70
Sélénium	0.3	4.61	62.00	<0,2	4.61	62.00
Zinc	0.3	382.568	379.30	0.5	194.242	192.82

*Les échantillons n'ont pas fait de distinction entre le chrome I et le chrome IV.

Aucun dépassement du critère de vie aquatique chronique (CVAC) n'a été observé lors des analyses de métaux dissous (MDDEP,2009). La majorité des concentrations des métaux traces dissous présente des valeurs plus élevées en aval qu'en amont du bassin.

Cette différence est surprenante, étant donné que la construction du bassin visait à réduire les concentrations des métaux. Une des explications possibles de ces résultats dans les échantillons est liée à une connaissance plus approfondie des apports d'eau du bassin. À l'été 2023, des observations plus détaillées sur le terrain ont permis d'identifier d'autres

sources d'écoulements dans le bassin Vézina (Annexes 2 et 3). Cet écoulement secondaire contourne à l'ouest de la halde en question, et passe par un milieu humide avant de rejoindre le bassin. Il existe également un autre écoulement qui vient du côté ouest, et celui-ci passe aussi par un milieu humide juste avant de se jeter dans le bassin. Les prélèvements en amont du bassin sont effectués avant ces deux écoulements supplémentaires, tandis que les échantillons en aval sont pris après ces écoulements. Cela signifie que les résultats en aval du bassin prennent en compte les données provenant de deux écoulements ainsi que du bassin. Il est possible que les concentrations de certains métaux soient plus élevées en raison des apports de métaux dissous provenant de ces deux écoulements. Les milieux humides peuvent également avoir des apports importants en fer et en manganèse dissous (Wright et Reddy 2021). Cela dépend des conditions d'acidité liées à des sécheresses dans les milieux humides ; plus d'échantillons devraient être faits pour identifier les effets de ces zones humides sur les concentrations des métaux dissous dans le bassin de sédimentation.

Tableau 3: Valeurs des concentrations en métaux traces extractibles (µg/l) pour les deux échantillons en amont et aval, l'été et l'automne. Les valeurs les plus élevées sont indiquées en gris foncé.

Métal	Été		Automne	
	Amont	Aval	Amont	Aval
Argent	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Aluminium	1,6	23	330	94
Arsenic	0,29	0,62	0,57	0,5
Bore	100	62	100	32
Baryum	11	7,8	13	5,1
Béryllium	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cadmium	<0,005	<0,005	0,005	<0,005
Cobalt	0,088	0,41	6,9	0,64
Chrome	0,76	1,6	61	6
Cuivre	0,26	0,7	2,8	1,2
Fer	11	390	1800	580
Manganèse	1,6	160	58	98
Molybdène	2,7	1,6	2,6	0,78
Nickel	2,4	22	190	34
Plomb	0,006	0,028	0,11	0,11
Antimoine	0,34	0,17	0,24	0,12
Sélénium	0,3	<0,2	0,3	<0,2
Strontium	7,3	32	5,4	26
Thallium	<0,003	0,004	6,9	1,7
Titane	0,05	0,44	0,005	<0,003
Uranium	0,003	0,018	0,005	0,015
Vanadium	0,078	0,018	1,9	0,6
Zinc	<0,2	0,2	1,5	0,29

Tableau 4: Tableau comparative des concentrations de métaux traces extractibles en ug/l avec les critères de qualité de l'eau de surface des métaux émis par le Ministère de l'Environnement, de la Lutte Contre les Changements Climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Les valeurs qui dépasse les critères de CVAC et CVAA sont indiqués en gris foncé.

Dureté	été					
	320	290				
Métal	Amont	CVAC	CVAA	Aval	CVAC	CVAA
Argent	<0,002	0.1	15.00	<0,002	0.1	12.67
Aluminium *	1.6			23		
Arsenic	0.29	150	340.00	0.62	150	340.00
Bore	100	5000	28000.00	62	5000	28000.00
Baryum	11	1507	4300.77	7.8	1358	3873.51
Béryllium	<0,005	47.265		<0,005	40.045	360.40
Cadmium	<0,005	0.64	6.96	<0,005	0.6	6.30
Cobalt	0.088	100	370.00	0.41	100	370.00
Chrome III**	0.76	223	4674.39	1.6	206	4312.32
Chrome IV**		11	16.00		11	16.00
Cuivre	0.26	25.2	41.88	0.7	23.2	38.17
Fer	11	1300	3400.00	390	1300	3400.00
Manganèse	1.6	5360	11565.63	160	4920	10607.57
Molybdène	2.7	3200	29000.00	1.6	3200	29000.00
Nickel	2.4	140	1255.14	22	128	1154.84
Plomb	0.006	13.99	358.91	0.028	12.34	316.64
Antimoine	0.34	240	1100.00	0.17	240	1100.00
Sélénium	0.3	5	62.00	<0,2	5	62.00
Strontium	7.3	21000	40000.00	32	21000	40000.00
Thallium	<0,003	7.2	47.00	0.004	7.2	47.00
Titane ***	0.05			0.44		
Uranium	0.003	100	2300.00	0.018	100	2300.00
Vanadium	0.078	12	110.00	0.018	12	110.00
Zinc	<0,2	321	321.02	0.2	295	295.33

Automne						
Dureté	430****			180		
Métal	Amont	CVAC	CVAA	Aval	CVAC	CVAA
Argent	<0,002	0.1	22.02	<0,002	0.1	5.58
Aluminium *	330			94		
Arsenic	0.57	150	340.00	0.5	150	340.00
Bore	100	5000	28000.00	32	5000	28000.00
Baryum	13	1911	5451.94	5.1	818	2333.19
Béryllium	<0,005	68.822	619.39	<0,005	17.938	161.44
Cadmium	0.005	0.76	8.73	<0,005	0.42	3.88
Cobalt	6.9	100	370.00	0.64	100	370.00
Chrome III**	61	268	5611.70	6	139	2917.94
Chrome IV**		11	16.00		11	16.00
Cuivre	2.8	30.5	51.68	1.2	15.4	24.36
Fer	1800	1300	3400.00	580	1300	3400.00
Manganèse	58	6520	14070.03	98	3230	6977.13
Molybdène	2.6	3200	29000.00	0.78	3200	29000.00
Nickel	190	169	1515.92	34	86	771.43
Plomb	0.11	18.58	476.82	0.11	6.72	172.54
Antimoine	0.24	240	1100.00	0.12	240	1100.00
Sélénium	0.3	5	62.00	<0,2	5	62.00
Strontium	5.4	21000	40000.00	26	21000	40000.00
Thallium	6.9	7.2	47.00	1.7	7.2	47.00
Titane ***	0.005			<0,003		
Uranium	0.005	100	2300.00	0.015	100	2300.00
Vanadium	1.9	12	110.00	0.6	12	110.00
Zinc	1.5	388	387.83	0.29	197	197.16

* L'évaluation du CVAC et du CVAA est calculée en fonction des concentrations de carbone organique dissous. Ces concentrations n'ont pas été échantillonnées, donc une comparaison de ce critère ne peut pas être effectuée.

** Les échantillons n'ont pas fait de distinction entre le chrome I et le chrome IV.

*** Les valeurs du CVAC et du CVAA pour le titane ne sont pas fournies par le ministère de l'Environnement, de la lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs.

**** La dureté maximale pour le calcul des objectifs environnementaux de rejet (OER) a une valeur limite de 400 mg/l CaCO₃. Lorsque la dureté est à l'extérieur de la plage des valeurs, on doit utiliser la valeur limite la plus près. Dans ce cas, vu que la valeur est de 430 mg/l, on utilise une dureté de 400 mg/l.

La comparaison des concentrations des métaux traces dissous avec les critères de qualité pour la protection de la vie aquatique, tels que le CVAC (Critère pour la Vie Aquatique

Effet Chronique) et le CVAA (Critère pour la Vie Aquatique Effet Aigu), émis par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements Climatiques, de la Faune et des Parcs, montre que, en général, les concentrations sont beaucoup plus basses que les critères pour la vie aquatique. Cependant, on observe deux dépassements du CVAC en automne en amont du bassin. Un dépassement des concentrations de fer a été observé avec une valeur de 1800 µg/L, alors que le critère de CVAC est de 1300 µg/L, ainsi qu'un dépassement du nickel avec une valeur de 190 µg/L comparé au CVAC qui est de 169 µg/L (MDDELCC, 2009). Les concentrations pour ces deux métaux diminuent et ne sont plus en dépassement des critères en aval du bassin. En général, la majorité des données plus élevées ont été échantillonnées en amont du bassin.

Tableau 5. Valeurs des concentrations en métaux majeurs (mg/l) pour les échantillons du bassin en amont et aval, l'été et l'automne 2023. Les valeurs les plus élevées sont indiquées en gris foncé.

Métal	Été		Automne	
	Amont	Aval	Amont	Aval
Dureté CaCO ₃	320	290	430	180
Calcium	2,2	6	46	17
Potassium	35	27	37	13
Magnésium	77	68	75	32
Sodium	50	46	52	24

Le sodium, le calcium, le potassium et le carbonate de calcium présentent des valeurs plus élevées en aval du bassin pendant l'automne. Les valeurs de magnésium les plus élevées sont observées en aval du bassin, particulièrement pendant l'été. À l'exception des échantillons de calcium prélevés en été, on semble observer une diminution de la concentration des métaux majeurs de l'amont vers l'aval du bassin. Les concentrations de calcium peuvent être influencées par les zones humides, mais une étude plus approfondie est nécessaire pour déterminer si les concentrations de calcium provenant des deux écoulements supplémentaires des milieux humides présentent des concentrations plus élevées (Schot and Wassen, 1993).

4.4 Analyse statistique

Afin d'évaluer l'impact du bassin, les différences significatives entre les valeurs en amont et en aval du bassin ont été étudiées à l'aide du test statistique non-paramétrique des rangs signés de Wilcoxon, en utilisant le logiciel R. Une valeur de p de 0,05 a été utilisée pour évaluer avec une précision de 95% la certitude des différences significatives. Le tableau 6 présente les valeurs de p pour les comparaisons des données.

Les comparaisons de chaque paramètre physico-chimique et des concentrations des métaux extractibles n'ont pas eu des valeurs p significatives, celle-ci peut être due à la petite taille de l'échantillon. À fin de voir s'il existe une diminution importante dans les valeurs en amont et en aval du bassin, une plus grande prise de données devrait être fait dans le futur pour être capable de déterminer s'il y a des différences significatives.

On observe également des différences significatives dans les données des métaux dissous, avec une valeur p de 0,004. En examinant les échantillons de métaux dissous, on peut constater qu'il existe une différence significative entre l'amont et l'aval du bassin. Dans ce cas, les concentrations des métaux dissous sont plus élevées en aval qu'en amont du bassin. Ces résultats inattendus posent des questions concernant les autres apports en eau dans le bassin, comme mentionné précédemment et qui peuvent être observés dans l'annexe 2. Pour mieux comprendre cette situation, il est important de recueillir davantage de données sur ces écoulements.

Finalement, les concentrations des métaux majeurs ont montré des différences significatives, avec une valeur p de 0,003906. Donc, le bassin a un effet dans la diminution importante des concentrations des métaux majeurs en aval.

Tableau 6. Les résultats des valeurs p des tests des rangs signés de Wilcoxon ont été examinés. Les valeurs des différences significatives sont indiquées en gris foncé.

	Valeur P
Fibres d'amiante	0,5
pH	0,25
Conductivité	0,25
Oxygène dissous	0,5
Turbidité	0,5
Matières en suspension	0,25
Métaux dissous été	0,10701
Métaux dissous automne	0,01776
Métaux dissous	0,004179
Métaux extractibles été	0,1313
Métaux extractibles automne	0,08392
Métaux extractibles	0,2832
Métaux majeurs été	0,125
Métaux majeurs automne	0,0625
Métaux majeurs	0.003906

Conclusion et recommandations

5.1 Conclusions

Afin de conclure, les résultats et interprétations de ce rapport révèlent des tendances significatives, cependant, il convient de noter que ces conclusions reposent sur un nombre limité de données. Dans l'ensemble, le bassin semble avoir un impact positif sur la qualité de l'eau provenant des haldes.

La concentration d'amiante diminue du printemps à l'automne de l'amont vers l'aval, mais reste élevée en aval du bassin, bien qu'elle diminue considérablement par rapport aux données les plus élevées. Cependant, les données de l'été, où les concentrations augmentent en aval du bassin, restent difficiles à expliquer. Un suivi plus fréquent et plus complet est nécessaire pour mieux comprendre les dynamiques des apports et des concentrations d'amiante dans le bassin.

De même, le pH semble diminuer progressivement de l'amont vers l'aval du bassin, sans dépasser le seuil de 9,5 en aval, conforme à la directive 019. La conductivité montre également une tendance similaire, avec des valeurs plus élevées en amont qu'en aval, bien que les données en aval restent supérieures aux valeurs de conductivité naturelle, probablement en raison des concentrations de magnésium.

Par ailleurs, la turbidité et la concentration de matières en suspension diminuent aussi de l'amont vers l'aval du bassin, avec des réductions allant de 50% jusqu'à 95%. De plus, les valeurs plus élevées de turbidité et de matières en suspension ont été observées après des précipitations, soulignant l'impact des événements pluvieux sur les apports dans le bassin.

En ce qui concerne les métaux dissous, extractibles et majeurs, les concentrations en aval du bassin ne dépassent pas les seuils de protection de la vie aquatique (effet chronique et effet aigu) CVAC et CVAA. Bien que des dépassements aient été observés en amont pour le fer et le nickel, ces concentrations diminuent en aval du bassin, restant ainsi conformes aux seuils de protection de la vie aquatique. Les métaux ne sont donc pas considérés comme toxiques pour la vie aquatique après le bassin Vézina.

Toutefois, il reste à expliquer pourquoi les concentrations de métaux dissous sont plus élevées en aval qu'en amont du bassin. Une étude plus exhaustive sur les deux écoulements supplémentaires du bassin provenant des zones humides pourrait aider à élucider les causes des concentrations plus élevées en aval du bassin.

5.2 Recommandations

Cette étude met en évidence certains impacts du bassin sur les apports sédimentaires des haldes, mais les analyses n'ont pas donné de résultats significatifs. Afin de mieux comprendre les impacts du bassin et d'envisager d'éventuelles améliorations, il est nécessaire d'effectuer un suivi plus complet et approfondi à la fois en amont et en aval du bassin.

Le GROBEC suggère donc une deuxième phase d'étude avec des échantillons prélevés de manière plus fréquente, soit une fois par mois d'avril à octobre. De plus, pour mieux comprendre les apports en eau du bassin, il serait utile de collecter des données sur deux écoulements supplémentaires, en amont et en aval du bassin, afin d'éclaircir le rôle du bassin dans l'ensemble de la zone de drainage concernée.

Il est également suggéré de recueillir des données sur le carbone dissous organique afin de pouvoir évaluer les concentrations d'aluminium, puisque les seuils d'aluminium sont calculés en fonction du carbone dissous organique et du pH.

Par ailleurs, des observations approfondies réalisées en 2023 dans le secteur minier Normandie ont permis d'obtenir une compréhension plus détaillée des écoulements et des zones de drainage. De nouvelles cartes plus complètes, mises à jour avec les écoulements et les zones de drainage, sont disponibles en annexes 2 et 3. Lors des observations sur le terrain, l'équipe de GROBEC a remarqué que la zone de drainage du bassin Vézina est plus étendue que ce qui avait été estimé en 2021.

Un écoulement secondaire, situé à l'ouest et contournant la halde, a été identifié. Celui-ci traverse une zone humide située plus en amont du bassin et rejoint l'écoulement provenant de la halde juste avant le ponceau menant au bassin Vézina. Les données des échantillons en amont ont été collectées en amont de cet écoulement secondaire. De plus, une autre zone humide à l'ouest du bassin, s'écoulant vers celui-ci, a été identifiée. Ce

troisième écoulement se dirige directement vers le bassin de sédimentation. Les données en aval ont été collectées après le bassin et tiennent compte des apports en eau et en sédiments de l'écoulement secondaire, ainsi que des écoulements provenant de la zone humide adjacente au bassin. Étant donné que les zones humides sont riches en tanins et en matières organiques, elles jouent un rôle important dans les valeurs de turbidité des eaux, ce qui peut expliquer leurs valeurs élevées en aval du bassin.

De plus, au cours des observations, il a été noté que l'eau s'infiltre à travers la halde, du point H identifié sur la carte annexe 3 jusqu'au bassin Vézina. Il existe une pente naturelle, du point H vers le bassin Vézina, favorisant l'infiltration de l'eau à travers les particules fines de la halde pour alimenter le bassin en eau. La carte montre en ligne rose pointillée les écoulements souterrains potentiels. Les points bleus représentent les points observés de résurgences d'eau dans la halde, contribuant ainsi aux écoulements d'eau du bassin.

Notamment, il est essentiel de réduire les apports en eau et en sédiments vers le bassin et la rivière. Une solution potentielle consiste à intervenir au niveau du bassin H, en amont du bassin Vézina. Étant donné que l'eau s'infiltre à travers la halde, il est envisageable de détourner l'eau pour diminuer les apports au bassin H. Ce détournement peut être réalisé soit au niveau du C-dam, soit à la fosse de la mine Normandie, comme indiqué sur la carte en annexe 4. Cela permettrait de diminuer les apports d'eau, en les détournant vers des bassins qui ne finissent pas dans le fleuve. La faisabilité du parcours le plus approprié doit être évaluée plus en détail.

Toutefois, avant de considérer des détournements éventuels, il est important de vérifier les écoulements souterrains potentiels et de confirmer s'ils proviennent bien du bassin H. Pour cette vérification, une étude utilisant un colorant traceur comme la fluorescéine pourrait aider à déterminer si l'eau du bassin H traverse la halde et ressort dans les écoulements identifiés

Bibliographie

Data Stream, 2023. La conductivité - Water Qualité Guide. Repéré à : <https://datastream.org/fr-ca/guide/la-conductivite>

Environnement Canada, 2023. Données historiques. Gouvernement du Canada - Environnement et ressources naturelles. Repéré à https://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_f.html

Hébert, S., Légaré, S., 2000. Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau (No. n°QE-123). Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, 24 p. + annexes.

Jacques, O., Pienitz, R., 2022. Impacts des activités minières d'amiante sur l'évolution du lac à la Truite d'Irlande, région de Thetford Mines (Québec, Canada) Impacts of asbestos mining activities on the evolution of Lac à la Truite d'Irlande, Thetford Mines region (Quebec, Canada). Can. Water. Res. J. 1–21.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), 2023. Critères de qualité de l'eau de surface. Repéré à https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/details.asp?code=S0381

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2009. Critères de la qualité de l'Eau de surface. Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN-978-2-550-64798-0, 510p. et 16 annexes.

Ministère du Développement Durable de l'Environnement de la Faune et des Parcs (MDDEP), 2012. Directive 019 sur l'industrie minière. Gouvernement du Québec, 66 p. + annexes.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 2014. Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces.

Schot, P.P., Wassen, M.J., 1993. Calcium concentrations in wetland groundwater in relation to water sources and soil conditions in the recharge area. *Journal of Hydrology*, Introduction to the 28th International Geological Congress Symposium on the Hydrogeology of Wetlands 141, 197–217. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(93\)90050-J](https://doi.org/10.1016/0022-1694(93)90050-J)

USEPA, 2020. Risk Evaluation for Asbestos Part 1: Chrysotile Asbestos (No. EPA-740-R1-8012). United States Environmental Protection Agency, 262 p. + annexes.

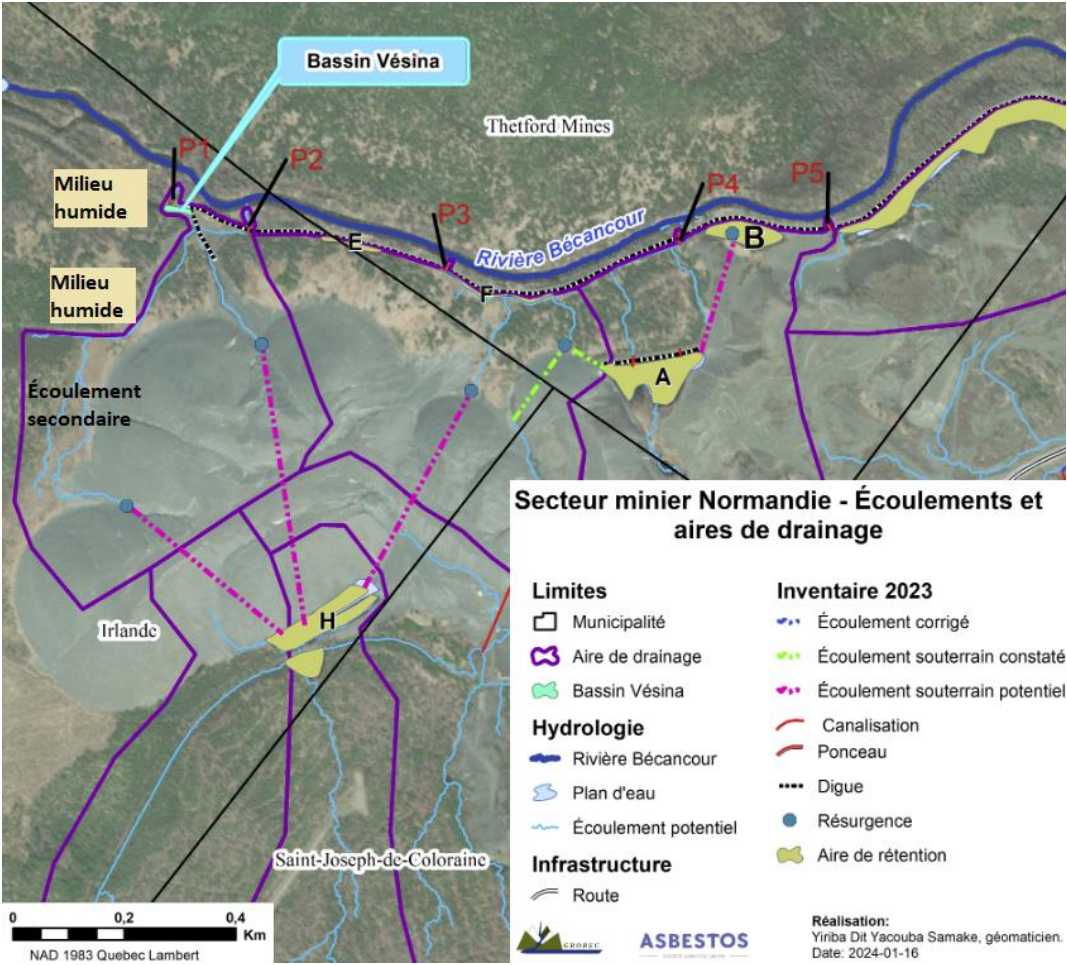
Wright, A., Reddy, R. 2021. Reactivity and Mobility of Metals in Wetlands [WWW Document], IFAS - Powered by EDIS. URL <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/SS510> (accessed 3.7.24).

Annexe

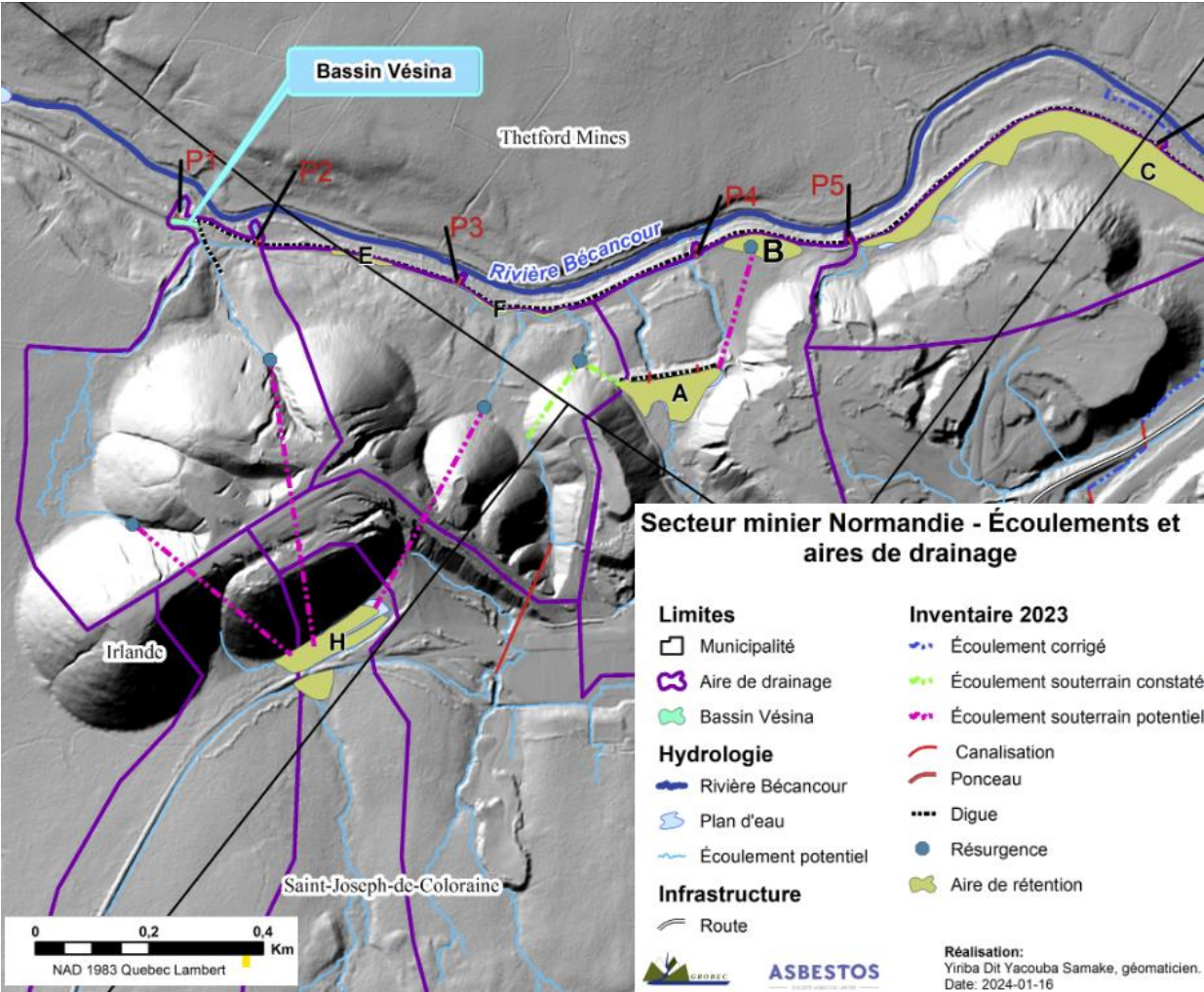
Annexe 1. Sommaire des données climatiques du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements Climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) pour les jours précédant les échantillonnages

	Printemps	Été	Automne
Thetford mines	14 juin	23 août	25 octobre
0h	1,6	0,4	3,4
24h	12,4	0,0	1,8
48h	0,0	0,0	0,2
72h	0,0	0,8	10,2
96h	2,8	10,2	40,4

Annexe 2. Carte des zones d'écoulement et des zones de drainage du bassin Normandie, basée sur des images satellites



Annexe 1 :Annexe 3: Carte des zones d'écoulement et des zones de drainage du bassin de Normandie, basée sur des images LIDAR.



Annexe 4: Carte des possibles zones de détournement du bassin H pour réduire les apports d'eau et sédiments au bassin Vézina.



Annexe 5: Données des échantillons du printemps et automne 2022.

Date	Paramètres	Concentration maximale
------	------------	------------------------

19 Juin 2022	Amiante (MFL)	1897,06
-	MES (mg/L)	ND
2 juin 2022	pH	8,55
17 octobre 2022	Amiante (MFL)	50,06
	MES (mg/L)	1,0
	pH	8,67