

Plan de contrôle des sédiments amiantés du secteur minier de la Haute- Bécancour (Thetford Mines) 2022-2027



Réalisé par



Juin 2022

Équipe de travail

Caractérisation terrain :

Pierre-Alexandre Bergeron D'Aoust, M. Sc. Biologie
Chloé Lacasse, B. Sc. Environnement
Francis Bonin, B. Sc. Biologie
Éloïse Rioux, Tech. bioécologie
Laurence Comtois, Tech. bioécologie

Rédaction :

Sandrine Desaulniers, M. Sc. Géographie
Pierre-Alexandre Bergeron D'Aoust, M. Sc. Biologie

Cartographie :

Pierre-Alexandre Bergeron D'Aoust, M. Sc. Biologie

Révision :

Emmanuel Laplante, M. Environnement et B. Sc. Écologie

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 a été réalisé par le GROBEC et prévue dans le Plan d'action 2018-2023 de la Stratégie québécoise de l'eau, qui déploie des mesures concrètes pour protéger, utiliser et gérer l'eau et les milieux aquatiques de façon responsable, intégrée et durable.



Québec 

Groupe de concertation des bassins versants de la zone Bécancour (GROBEC)
1800 avenue St-Laurent # 1, Plessisville, Québec, G6L 2P8
Téléphone : 819-980-8038, Télécopieur : 819-980-8039
Adresse courriel : direction@grobec.org
Site internet : www.grobec.org



Table des matières

Plan de contrôle des sédiments amiantés du secteur minier de la Haute-Bécancour (Thetford Mines) 2022-2027	i
Équipe de travail	ii
Liste des figures	iv
Introduction	1
Objectifs.....	2
Constats.....	4
Interventions mineures proposées	16
Secteurs d'intervention	16
Mine Normandie.....	16
Mine Lac d'Amiante	19
Mine King Beaver.....	24
Mine British Canadian.....	26
Interventions majeures proposées	32
Scénario A.....	33
Scénario B	35
Scénario C	36
Mise en œuvre 2022-2027	37
Adoption par les partenaires	37
Étapes de mise œuvre	37
Rôle des partenaires.....	39
Conclusion	41
Bibliographie.....	42
ANNEXE 1.....	43
Inventaire et évaluation des techniques de restauration de haldes de résidus amiantés.....	43
ANNEXE 2.....	64
Plans des aménagements prioritaires.....	64

Liste des figures

Figure 1 Les anciens sites miniers d’amiante de Thetford Mines.....	3
Figure 2 Halde de RMA de la mine King Beaver en rive de la rivière Bécancour.....	4
Figure 3 Haldes de RMA de la mine British Canadian en rive de la rivière Bécancour.	4
Figure 4 Halde de RMA en rive du ruisseau Poirier.	5
Figure 5 Décrochement majeur sur la halde de RMA de BC 1	6
Figure 6 Reprofilage, talutage et végétalisation des pentes des haldes par le ministère des Transports du Québec de 2013 à 2014 à la mine lac d’Amiante à Black Lake lors des travaux de relocalisation de la route 112.	7
Figure 7 Plan de la mine Lac d’Amiante et projection de l’ennoiement de la fosse (Plan de restauration de la mine Lac d’Amiante, FNX-Innov, 2021).....	9
Figure 8 Rivière Bécancour (tracé rouge) et ses lacs fluviaux (en haut) et photographie aérienne du lac noir et tracé originel de la rivière Bécancour avant 1955 (en bas). Source : Olivier Jacques	12
Figure 9 Le bassin de sédimentation Vézina, aménagé à la mine Normandie en octobre 2021 par le GROBEC.....	13
Figure 10 La photo de gauche présente le parcours de l’écoulement drainant la halde de MRA avant les travaux. Son épanchement en rive de la rivière Bécancour en bas de la photo avait tué la bande végétale arborescente riveraine. La photo de droite présente le nouveau tracé de l’écoulement redirigé vers le bassin aménagé dans un ancien fossé longeant la digue riveraine de la rivière Bécancour. Son effluent rejoint la rivière par un ponceau aménagé sous la digue.	14
Figure 11 Emplacement de l’émissaire de la fosse de Vimy-Ridge. Source : GROBEC.....	15
Figure 12 Carte de localisation des écoulements préférentiels et des structures de rétention des sédiments pour le secteur de la Mine Normandie dans la municipalité d'Irlande.	17
Figure 13 Écoulement de couleur ocre photographié par le RAPPEL en 2018 (à gauche) et débordement de l'aire de rétention C par-dessus la digue observée en 2021 (à droite) - Secteur de la mine Normandie dans la municipalité d'Irlande.....	17
Figure 14 Écoulements préférentiels et aires de drainage de la halde de RMA de la mine lac d'Amiante.....	19

Figure 15 Dépôts de fibres d'amiante photographiés sur la rive du ruisseau Poirier au pied de la halde de RMA de la mine Lac d'Amiante en 2021.....	20
Figure 16 Secteur visé (encadré rouge) pour les aménagements de rétention des sédiments transportés par le ruisseau Poirier.	21
Figure 17 Bassin de sédimentation proposé à l'aval du ruisseau Poirier en amont de la jonction avec la rivière Bécancour.	22
Figure 18 Plan présentant la connexion du ruisseau Poirier avec le fossé en bordure de la rivière Bécancour réalisé par le service d'ingénierie de la Ville de Thetford Mines.	23
Figure 19 Écoulements préférentiels et aires de drainage de la halde de résidus miniers amiantés de la mine King Beaver à Thetford Mines.....	24
Figure 20 Zone d'érosion directe par la rivière Bécancour de la halde de RMA de la mine King Beaver à Thetford Mines.	25
Figure 21 Écoulements préférentiels et aires de drainage de la mine British Canadian à Thetford Mines dans le secteur de Black Lake.	26
Figure 22 Zone d'érosion directe par le ruisseau British Canadian longeant une halde de la mine British Canadian (à gauche) et zone d'érosion directe par la rivière Bécancour d'une halde de la mine British Canadian (à droite).....	27
Figure 23 Plan du bassin de sédimentation proposé pour capter les sédiments d'un écoulement préférentiel à la mine British Canadian	28
Figure 24 Emplacement du fossé collecteur (trait bleu) proposé à la mine British Canadian pour capter les écoulements provenant de la halde.....	29
Figure 25 Canal (pointillé rouge) proposé pour détourner le ruisseau vers la fosse de la mine British Canadian.	30
Figure 26 Plan du bassin de sédimentation proposé pour capter les sédiments transportés par un ruisseau et un écoulement à la mine British Canadian. Source : Service d'ingénierie, Ville de Thetford Mines.....	31
Figure 27 Plan présentant l'aménagement proposé consistant à détourner la rivière Bécancour vers la fosse de la mine lac d'Amiante. Source : Miroslav Chum, 2021.	34
Figure 28 Canal (pointillé rouge) proposé pour connecter la fosse de British Canadian à la fosse de lac d'Amiante afin d'accélérer l'envoiement de celle-ci.....	36

Introduction

Le secteur minier de Thetford Mines se caractérise par la présence de grandes haldes de résidus miniers amiantés (RMA) couvrant près de 15 km², dont plusieurs se situent en bordure de cours d'eau. Ces haldes de RMA subissent une érosion hydrique qui entraîne le transport de sédiments amiantés vers les cours d'eau. Les travaux de Jacques et Pienitz (2022) confirment que cet apport sédimentaire est important et soutenu depuis plusieurs décennies, ce qui détériore la qualité de l'eau et provoque le comblement des plans d'eau situés en aval, notamment le lac à la Truite d'Irlande.

En juillet 2020, le Bureau d'audience publique en environnement (BAPE) déposait son rapport sur l'État des lieux et la gestion de l'amiante et des résidus miniers amiantés au Québec au ministre de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MELCC). Dans ce rapport, le BAPE constate l'impact significatif de l'érosion et du ruissellement des haldes de résidus miniers amiantés (RMA) sur la qualité de l'eau et recommande au MELCC « de procéder à la caractérisation de ces haldes, en collaboration avec les municipalités et les organismes de bassins versants concernés, pour permettre l'élaboration d'une stratégie visant leur aménagement ainsi que la production d'un plan global d'intervention » (BAPE, 2020, p. 213).

En décembre 2020, le Groupe de concertation des bassins versants de la zone Bécancour (GROBEC) démarrait un projet afin d'élaborer un « Plan de contrôle des sédiments amiantés du secteur minier de la Haute-Bécancour ». Ce plan a été élaboré en collaboration avec la Ville de Thetford Mines et la direction de la restauration minière du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). Un comité de pilotage du projet a été formé; il était composé des représentants des compagnies minières propriétaires des haldes, la MRC des Appalaches, les municipalités de Thetford Mines, d'Irlande et de Saint-Joseph-de-Coleraine, la direction régionale Chaudière-Appalaches du MELCC, l'Association de protection du lac à la Truite d'Irlande, des députés provinciaux et fédéraux, des firmes Viridis Environnement et Englobe ainsi que des chercheurs de l'université Laval. Cette initiative est prévue dans le Plan d'action 2018-2023 de la Stratégie québécoise de l'eau, qui déploie des mesures concrètes pour protéger, utiliser et gérer l'eau et les milieux aquatiques de façon responsable, intégrée et durable. Ce projet est rendu possible grâce à une contribution du Programme de soutien régional aux enjeux de l'eau.

Le plan de contrôle des sédiments miniers amiantés du secteur minier de la Haute-Bécancour comprend une première section présentant les constats relatifs aux haldes de RMA, dont leurs caractéristiques et leurs impacts sur la rivière Bécancour. Il y sera notamment question de l'aménagement d'un bassin de sédimentation à la mine Normandie à titre de projet pilote. Dans une seconde section, une dizaine d'aménagements et de scénarios visant la rétention des résidus miniers amiantés seront présentés. Ces aménagements sont regroupés en quatre secteurs jugés problématiques, soit la mine Normandie, la mine British Canadian, la mine King Beaver et la mine Lac D'Amiante, présentés sur la figure 1.

Objectifs

L'étude de « Caractérisation de l'état des bandes végétales riveraines et de l'érosion du secteur urbain et minier » réalisée par le GROBEC à la demande de la Ville de Thetford Mines en 2015 identifie les 15 apports sédimentaires majeurs de RMA à la rivière Bécancour et au ruisseau Poirier (GROBEC, 2015). Il était prévu initialement de déterminer 15 aménagements distincts de rétention des résidus miniers amiantés pour ces 15 apports. Toutefois, suite à la cartographie des écoulements et des aires de drainage des haldes de résidus miniers amiantés, il est apparu plus cohérent de classer les sites en quatre secteurs plutôt qu'en 15 sites distincts. De fait, la plupart des interventions proposées regroupaient plus d'un apport sédimentaire et la classification par secteur permettait une approche plus globale des problématiques sédimentaires liées à chacun de ces secteurs. De plus, considérant les évaluations budgétaires ainsi que les contraintes réglementaires et techniques liées à l'aménagement de structures de rétention des sédiments, il importait de limiter le nombre d'aménagements et de maximiser leur capacité. Les quatre secteurs retenus sont donc la mine Normandie, la mine British Canadian, la mine King Beaver ainsi que la mine Lac d'Amiante. Il est à noter que ces quatre secteurs recoupent l'ensemble des sites prioritaires d'apport sédimentaire ciblés au début du projet.

Le rapport du BAPE sur l'État des lieux et la gestion de l'amiante et des résidus miniers amiantés constate l'impact significatif de l'érosion et du ruissellement des haldes de résidus miniers amiantés sur la qualité de l'eau. Quoique le BAPE recommande en priorité la restauration et la végétalisation des haldes de résidus miniers amiantés en bordure des cours d'eau, il reconnaît que des mesures, même transitoires, doivent être mises en place pour contrôler l'érosion des haldes de RMA qui contamine les eaux et les sédiments. Il propose l'élaboration d'un plan de caractérisation des haldes les plus susceptibles de contaminer les écosystèmes aquatiques dans le but de prioriser celles qu'il est urgent ou possible d'aménager. Il propose également la mise en place d'aménagements pour endiguer le ruissellement des résidus miniers amiantés provenant des haldes, de façon à empêcher la contamination des écosystèmes aquatiques (BAPE, 2020). Ce Plan de contrôle des sédiments amiantés du secteur minier de la Haute-Bécancour 2022-2027 vise à répondre à ces propositions du BAPE.

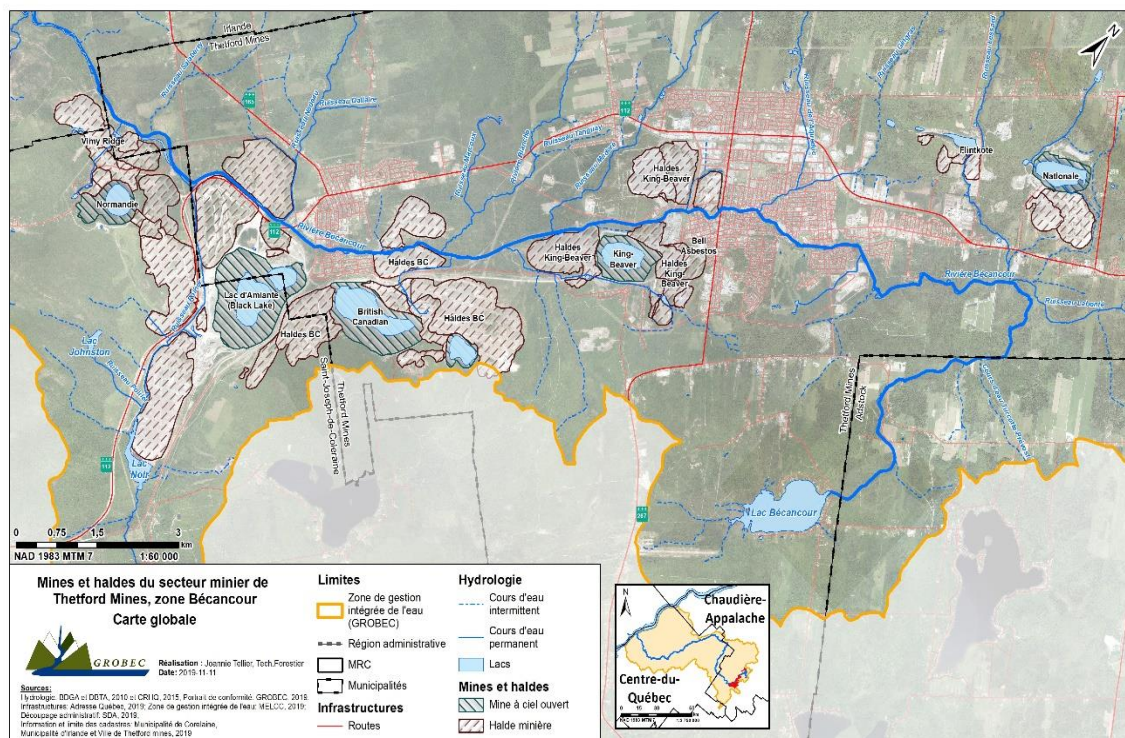


Figure 1 Les anciens sites miniers d'amiante de Thetford Mines.

Constats

1. Haldes de RMA en rive des cours d'eau :

a. Rivière Bécancour :

i. Mines King Beaver et British Canadian :

- a. 5.5 km de haldes de RMA en rive (à l'intérieur du 10 à 15 m réglementaire) ;
- b. Manque d'espace pour aménager des bassins de sédimentation tel que présenté aux figures 2 et 3 ;



Figure 2 Halde de RMA de la mine King Beaver en rive de la rivière Bécancour.



Figure 3 Haldes de RMA de la mine British Canadian en rive de la rivière Bécancour.

- ii. Mine Normandie : 2 km permettant l'implantation d'ouvrages de rétention en retrait de la rive ;

b. Ruisseau Poirier :

- i. 4,5 km de haldes en rive, soit la longueur totale du cours d'eau ;
- ii. 2 km sur lesquels le ruisseau Poirier érode directement la halde de RMA tel qu'illustré sur la figure 4.



Figure 4 Halde de RMA en rive du ruisseau Poirier.

Au total, ce sont plus de 10 km de rives du ruisseau Poirier et de la rivière Bécancour occupées par des haldes de RMA, à nu, subissant une érosion hydrique et une lixiviation active. Ces secteurs regroupent la majorité (11) des principaux apports sédimentaires visés par ce plan.

2. Stabilité géotechnique des haldes de RMA

Les haldes de RMA du secteur minier de Thetford Mines ont été créées par apport de matériel par le sommet, soit par convoyeur ou par camion. Les haldes de RMA sont constituées de matériau granulaire entre 0 et 10 cm. Par exemple, la halde de RMA de la mine lac d'Amiante est composée de plus de 70 000 millions de m³ de résidus. Elle possède une hauteur moyenne de 130 m et une pente variant de 36 à 38°. En 2000, sa stabilité géotechnique était évaluée à 1.3 (FNX-Innov, 2021). Pour la mine Flintkote, la stabilité géotechnique est évaluée à 0,8 pour un facteur de sécurité inférieur à 1 (Delisle, communication personnelle).

De plus, on observe des décrochements majeurs et des glissements de terrain sur les haldes des sites de BC 1 et 2, les mines de King Beaver et Normandie telles que présentées à la figure 5 ci-bas.



Figure 5 Décrochement majeur sur la haldé de RMA de BC 1

Les risques de décrochements majeurs sont plus élevés lors du dégel et la fonte des neiges ainsi que lors d'événements de pluie intenses ou sismique. Il est prévu que les changements climatiques augmentent la fréquence et l'intensité des événements de pluie dans ce secteur.

En somme, l'instabilité géotechnique des pentes des haldes de RMA représente un risque de sécurité pour les travailleurs lors des travaux et les ouvrages, en pente et en pied de pente.

3. Stabilisation des pentes :

Dans le cadre de ce projet d'élaboration d'un plan de contrôle des sédiments amiantés du secteur minier de la Haute-Bécancour, le GROBEC a réalisé un inventaire et une évaluation des techniques de restauration des anciens sites miniers d'amiante. Cette étude se retrouve à l'annexe 1. Les techniques les plus performantes pour la stabilisation des pentes des haldes de RMA sont le reprofilage, le talutage et la végétalisation des pentes. Ces techniques combinées ont été pratiquées sur les haldes de la mine lac d'Amiante à Black Lake lors des travaux de relocalisation de la route 112 par le ministère des Transports du Québec de 2013 à 2014, tel que présenté à la figure 6 ci-bas. Cette stabilisation permet également de minimiser le ruissellement de l'eau et de le diriger vers des fossés de drainage enrochés. Toutefois, ces aménagements demandent de l'espace et des investissements majeurs.



Figure 6 Reprofilage, talutage et végétalisation des pentes des haldes par le ministère des Transports du Québec de 2013 à 2014 à la mine lac d'Amiante à Black Lake lors des travaux de relocalisation de la route 112.

La stabilisation des pentes des RMA nécessite de l'espace et des investissements majeurs. Par conséquent, il n'est pas envisageable pour l'instant de planifier ni d'effectuer des travaux de rétention des RMA dans les pentes et en pied de pente des haldes de résidus miniers amiantés.

4. Encadrement réglementaire :

a. Loi sur les Mines :

Selon la Loi sur les Mines du Québec, depuis 1995, les compagnies minières doivent déposer un plan de restauration du leur site minier accompagné d'une garantie financière complète pour la réalisation des travaux de restauration. Depuis 2013, les requérants doivent déposer 100% des montants valus comme garantie financière sur un horizon de 2 ans, couvrant 100% des aires d'impacts par le projet. Le plan de restauration doit proposer des aménagements permettant de stabiliser le site, d'éliminer toute contamination à l'environnement et de remettre le site dans un état environnemental « acceptable ». Une révision de ce plan est exigée aux 5 ans. Le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) est chargé d'appliquer cette loi et d'accepter les plans de restauration. La Direction de la restauration des sites miniers du MERN analyse les

concepts de restauration proposés et s'assure que les montants avancés soutenant la garantie financière soient valus correctement. Des corrections sont souvent demandées afin d'en arriver à une approbation (Veillette, 2022). Le MELCC est consulté afin qu'il donne son avis sur les mesures proposées en vertu de la Directive 019 sur les activités minières (MELCC, 2012). Finalement, le plan de restauration doit commencer à être réalisé dans les 3 années après la fin des activités minières du site. Toutefois, aucune date de fin des travaux n'est exigée pour l'instant par la Loi.

Dans le secteur minier de Thetford Mines, plusieurs sites miniers ont été fermés avant 1995 et ne sont donc pas assujettis à cette mesure. Toutefois, 4 des principaux sites miniers le sont, soient les mines Lac d'Amiante, King Beaver, British Canadian et Bell Asbestos. En 1996 et 1997, une première génération de plans a été déposée pour ces sites; ils ont été acceptés par le MERN, toutefois, aucune garantie financière n'a été déposée. Ils ne contiennent que très peu de mesures relatives à la stabilisation et la végétalisation des haldes de résidus miniers amiantés. Des versions révisées ont été déposées au MERN entre 2012 et 2015. Une seconde version révisée a été déposée pour la mine lac d'Amiante en 2021 et mis en ligne sur le site de GESTIM. Aucune de ces nouvelles versions n'a été acceptée à ce jour par le MERN (Veillette, communication personnelle).

La version révisée de 2021 du « Plan de restauration de la Mine Lac d'Amiante » est le seul document rendu public à ce jour pour le secteur minier de Thetford Mines par le MERN. On y estime le volume de la fosse lac d'Amiante de 250 M de m³. Avec un apport de surface et souterrain estimé de 12 M m³/an, la phase active d'ennoiement devrait être complétée d'ici environ 2035. FNX-Innov, 2021). La figure 7 présente l'ennoiement envisagé. Le concept de restauration suivant y est proposé :

la fosse sera ennoyée jusqu'à l'élévation 230 m ou environ (élévation estimée de la surface du lac Noir avant son dragage). Il n'est pas envisagé de détourner l'émissaire du lac Noir, ni même la rivière Bécancour afin d'accélérer l'ennoiement de la fosse. (...) Au terme de l'ennoiement, un canal de trop-plein sera aménagé à l'ouest de la fosse, en amont du tunnel de l'émissaire du lac Noir (ruisseau Poirier). Par la suite, l'émissaire du lac Noir sera détourné. Le tronçon résiduel de l'émissaire sera alors colmaté aux deux extrémités à l'aide de mort-terrain.

(Ressources Environnement, 2015 in FNX-Innov, 2021, p. 18)

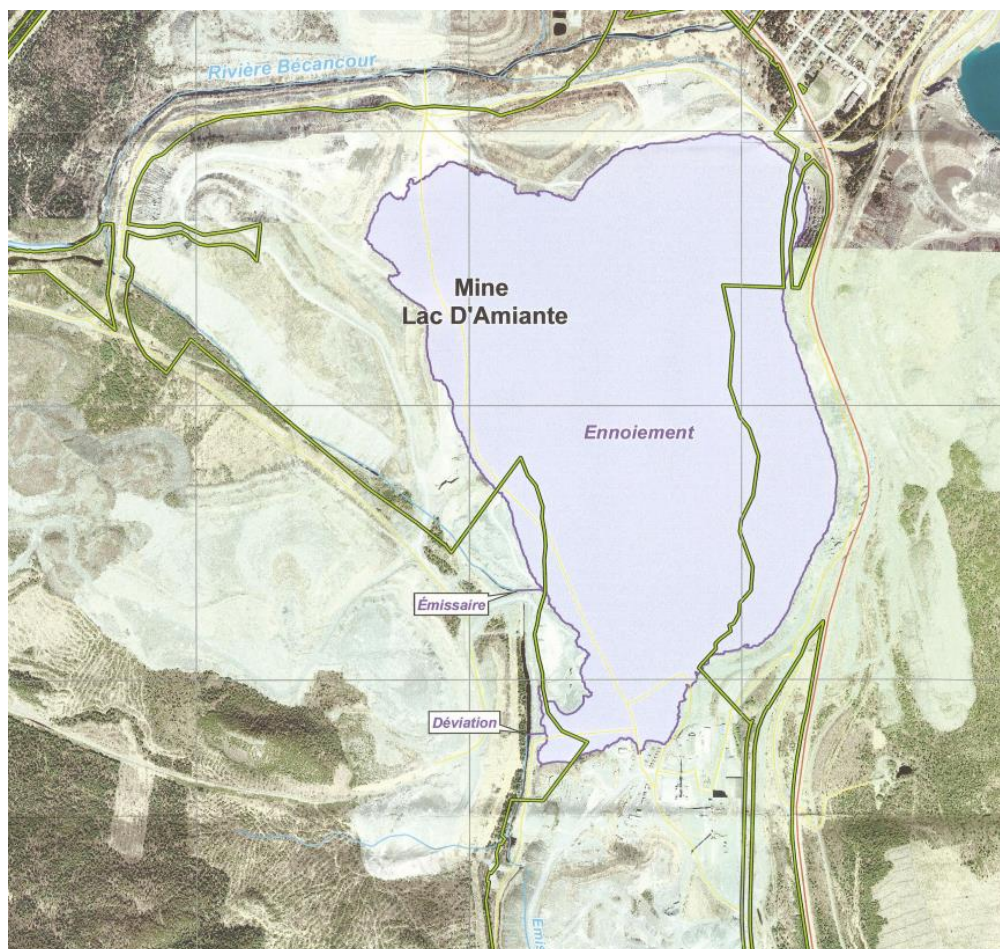


Figure 7 Plan de la mine Lac d'Amiante et projection de l'enneigement de la fosse (Plan de restauration de la mine Lac d'Amiante, FNX-Innov, 2021)

b. Lois environnementales :

La Directive 019 sur l'industrie minière est un outil d'orientation couramment utilisé par le MELCC pour l'analyse des projets miniers exigeant la délivrance d'un certificat d'autorisation en vertu de la Loi sur la Qualité de l'Environnement. Elle précise les attentes du ministère en ce qui concerne les principales activités minières (MDDEP, 2012). Or, les sites miniers de Thetford Mines ne sont pas assujettis à cette directive, tel que le déplorait le BAPE dans son rapport sur l'amiante et les résidus miniers amiantés déposé en 2020 (BAPE, 2020). Donc, aucun suivi environnemental des impacts environnementaux des anciens sites miniers d'amiante n'est exigé des compagnies minières par le MELCC en vertu de la Loi sur la Qualité de l'Environnement (LQE).

Par contre, la LQE s'applique à tout nouveau projet d'aménagement sur ces sites, dont les propositions d'aménagements visant la rétention des résidus miniers amiantés présentés dans ce plan. Les niveaux d'impacts sur l'environnement des différents aménagements présentés seront évalués par les analystes régionaux du MELCC en fonction des différents règlements en vigueur dont principalement, le REAFIE, le règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur

impact sur l'environnement entré en vigueur le 31 décembre 2021. Quelques propositions d'aménagements sont visées par une étude d'impact environnemental.

Là où les aménagements porteront atteinte aux milieux humides ou hydriques, des compensations monétaires seront exigées en vertu du Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques (RCAMHH) de la Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques (2107, chapitre 14).

Des études, dont une évaluation environnementale pour la restauration du lac Noir et la rivière Bécancour, seront exigées par le MELCC et donc nécessaires afin d'obtenir des autorisations environnementales en vertu de la LQE pour la réalisation des aménagements proposés dans ce plan. Ces études et demandes d'autorisation exigeront des fonds.

Paradoxalement, ces projets de rétention des résidus miniers amiantés doivent comporter des études faisant la preuve que les impacts environnementaux seront minimisés alors qu'ils tentent de minimiser les impacts environnementaux des sites miniers qui ne sont pas assujettis à la LQE. Afin d'équilibrer la situation, le GROBEC propose que la LQE s'applique autant aux sites miniers qu'aux projets de rétention des RMA. De plus, il y a lieu de se questionner sur le niveau d'impact du statu quo.

c. Bureau d'audience publique en environnement

En 2019, le gouvernement du Québec commandait au Bureau d'audience publique en environnement (BAPE) de mener une enquête publique sur l'état de lieux et la gestion de l'amiante et des résidus miniers amiantés au Québec.

Les constats, avis et recommandations de ce rapport sont présentés à la section 2 (objectifs). Les aménagements et scénarios de restauration proposés dans ce plan tentent de répondre à la recommandation du BAPE visant l'élaboration d'une stratégie d'aménagement des haldes de RMA ainsi que la production d'un plan global d'intervention pour le secteur minier de Thetford Mines (BAPE, 2020). À ce jour, le gouvernement n'a toujours pas réagi publiquement au rapport 351 du BAPE « L'état de lieux et la gestion de l'amiante et des résidus miniers amiantés » qui lui a été déposé en juillet 2020. Une annonce gouvernementale serait prévue au printemps 2022 (Lecours, communication personnelle).

5. Valorisation des résidus miniers amiantés :

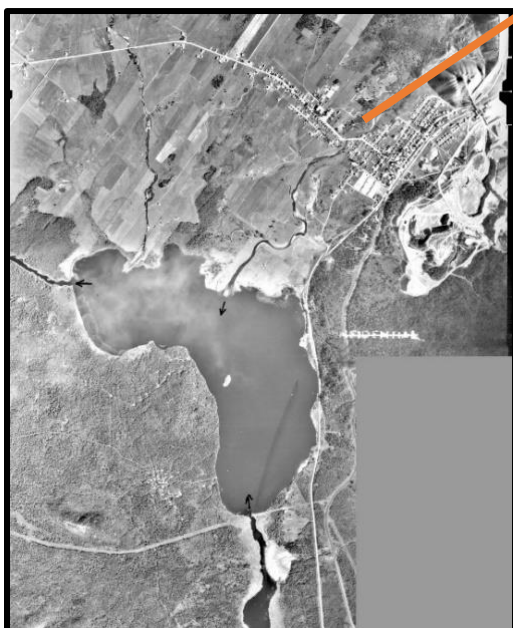
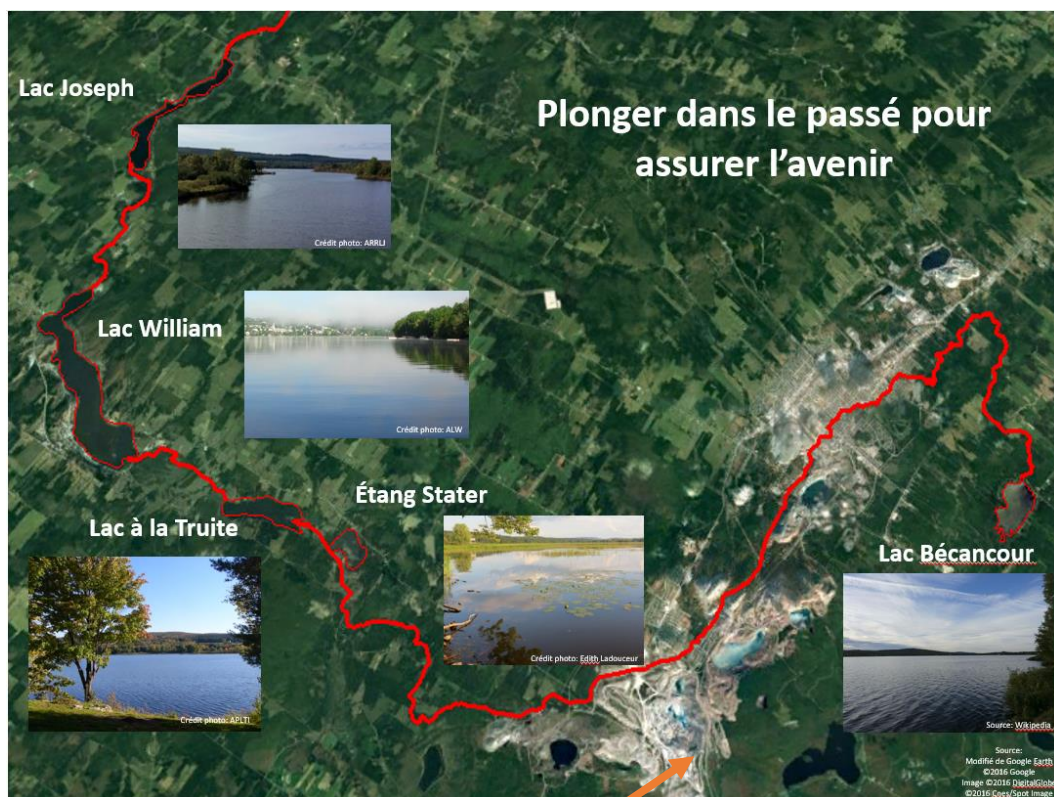
Les propriétaires des haldes de résidus miniers amiantés visées par ce plan sont la Société Asbestos Ltée, une filiale de Mazarin, et Granilake (2858-0702 Québec Inc), anciennement Lab Chrysotile. La Société Asbestos souhaite ardemment valoriser les centaines de millions de tonnes de RMA qu'elles possèdent réparties sur les sites des mines Normandie, British Canadian et King Beaver. À court ou moyen termes, Granilake n'envisage aucune valorisation de RMA dont elle dispose à la mine Lac d'Amiante.

6. Impact de l'érosion hydrique et lixiviation des RMA :

Dans le cadre de ce projet, le GROBEC a mené une campagne de suivi de la qualité de l'eau de la rivière Bécancour et du ruisseau Poirier de mai à novembre 2021. L'apport des haldes de résidus miniers amiantés en fibres d'amiante dans la rivière Bécancour ressort comme le principal constat de ce rapport (GROBEC, 2022). En effet, le ruissellement et la lixiviation des RMA entraînent des concentrations très élevées de fibres de chrysotile dans l'eau de la rivière. L'étude paléolimnologique menée par Jacques et Pienitz (2021) a mesuré des fibres d'amiante dans les sédiments des lacs à la Truite d'Irlande, William et Joseph depuis la vidange du lac Noir.

Une augmentation du pH et de la conductivité est également observée dans la rivière en aval du secteur minier. La hausse observée du pH confirme que nous sommes en présence de drainage minier basique.

L'étude paléolimnologique menée par Jacques et Pienitz (2021) a également constaté une sédimentation accélérée des lacs fluviaux de la Bécancour depuis la vidange du lac Noir amorcée en 1955. Au lac à la Truite d'Irlande, le taux de sédimentation est dix fois rapide qu'avant la vidange du lac Noir. À ce rythme de comblement, il pourrait disparaître d'ici la fin du siècle. Les chercheurs lient les apports massifs en sédiments amiantés directement à l'érosion hydrique des haldes de RMA des sites miniers situés en amont (Jacques et Pienitz, 2022). De plus, cette sédimentation accrue serait responsable de l'accélération de l'eutrophisation de ces lacs. Avant la vidange du lac Noir, le lac à la Truite d'Irlande était considéré mésotrophe, il est dorénavant hypereutrophe.



De plus, l'étude de M. Jacques affirme qu'avant sa vidange, le lac Noir décantait les sédiments amiantés en provenance des sites miniers situés en amont, soit ceux de British Canadian et King Beaver notamment. L'ancien lac fluvial de la rivière Bécancour, présenté sur la figure 8 ci-bas, avait une profondeur moyenne de 15 m. On peut y voir que la rivière Bécancour en était le principal affluent ainsi que l'émissaire. Afin de permettre sa vidange, la rivière Bécancour a été détournée sur plus de 2 km, au nord de son tracé originel. Depuis la vidange de ce lac, son effet tampon sur la rivière Bécancour, autant pour les crues que la sédimentation, a été perdu.

Figure 8 Rivière Bécancour (tracé rouge) et ses lacs fluviaux (en haut) et photographie aérienne du lac noir et tracé originel de la rivière Bécancour avant 1955 (en bas). Source : Olivier Jacques

Afin de capter et décanter les eaux chargées en sédiments en provenance du chantier de dragage du lac Noir, l'étang Stater a été aménagé à même le lit de la rivière Bécancour, juste en amont du lac à la Truite d'Irlande. Toutefois, sa digue et son barrage n'ont jamais permis de freiner complètement le transport de sédiments vers l'aval (Jacques et Pienitz, 2022). Depuis 1955, les lacs à la Truite d'Irlande, William et Joseph servent de bassins de sédimentation pour les eaux chargées en résidus miniers amiantés en provenance des haldes des sites miniers situés en amont. Au final, l'apport en sédiments et en fibres d'amiante est l'impact environnemental sur le réseau hydrologique de la rivière Bécancour le plus important lié aux sites miniers et leurs haldes de RMA.

7. Bassin de sédimentation pilote – Bassin Vézina

Dans le cadre de ce projet, le GROBEC a procédé à l'aménagement d'un bassin de sédimentation dans un écoulement préférentiel de la mine Normandie. Tel que présenté à la figure 9. Aménagé en octobre 2021, le bassin Vézina, a une capacité d'environ 350 m³ et draine un bassin versant de 82 470 m². Le suivi de son comblement a débuté en novembre 2021. Avant le gel, un volume de 0,00045 m³ avait été relevé dans le bassin. Le GROBEC suivra son comblement dès la fonte des neiges en 2022 jusqu'au gel suivant. Les mesures de comblement ainsi obtenues permettront d'établir un calendrier d'entretien pour ce bassin. La Société Asbestos Ltée, propriétaire du bassin, s'est engagée à l'entretenir au besoin. En avril 2022, le bassin était rempli à 90 %. Sa première vidange a eu lieu en mai 2022.



Figure 9 Le bassin de sédimentation Vézina, aménagé à la mine Normandie en octobre 2021 par le GROBEC.

Dans le certificat d'autorisation, le MELCC a exigé que son effluent soit suivi deux fois par année pour les trois paramètres suivants : l'amiante, le pH et les matières en suspension. Étant donné que la Société Asbestos n'a pas accepté de prendre en charge ce suivi, le GROBEC l'assurera. Il devrait toutefois être intégré dans un éventuel projet de recherche chapeauté par l'éventuel Observatoire de l'Amiante proposé par le BAPE.

Ces mesures sédimentaires et de qualité de l'eau permettront d'évaluer la performance de ce genre d'aménagement pour retenir les résidus miniers amiantés et particulièrement pour les fibres d'amiante. Elles serviront à mieux dimensionner et concevoir d'autres bassins de décantation dans le secteur minier de Thetford Mines.



Figure 10 La photo de gauche présente le parcours de l'écoulement drainant la halde de MRA avant les travaux. Son épanchement en rive de la rivière Bécancour en bas de la photo avait tué la bande végétale arborescente riveraine. La photo de droite présente le nouveau tracé de l'écoulement redirigé vers le bassin aménagé dans un ancien fossé longeant la digue riveraine de la rivière Bécancour. Son effluent rejoint la rivière par un ponceau aménagé sous la digue.

8. L'ennoiement des fosses de mines

Les fosses de mines s'ennoient depuis la fin des activités minières, laquelle a eu lieu au plus tard en 2012. Certaines se déversent déjà depuis plusieurs années dans la rivière Bécancour telle que la fosse British Canadian et la fosse de Vimy-Ridge, telle que présentée à la figure 11 ci-bas. Il est à noter qu'aucune étude ni autorisation environnementale n'ont été nécessaires pour que l'émissaire de la fosse de British Canadian soit déversée dans la rivière Bécancour (Marcoux, 2022). Les fosses de King Beaver et Lac d'Amiante sont en cours d'ennoiement. Cette dernière devrait atteindre le niveau qu'avait le lac Noir, soit 230 m d'altitude par rapport au niveau de la

mer, vers 2035 selon une estimation effectuée en 2015 par Ressources Environnement (FNX-Innov, 2021).

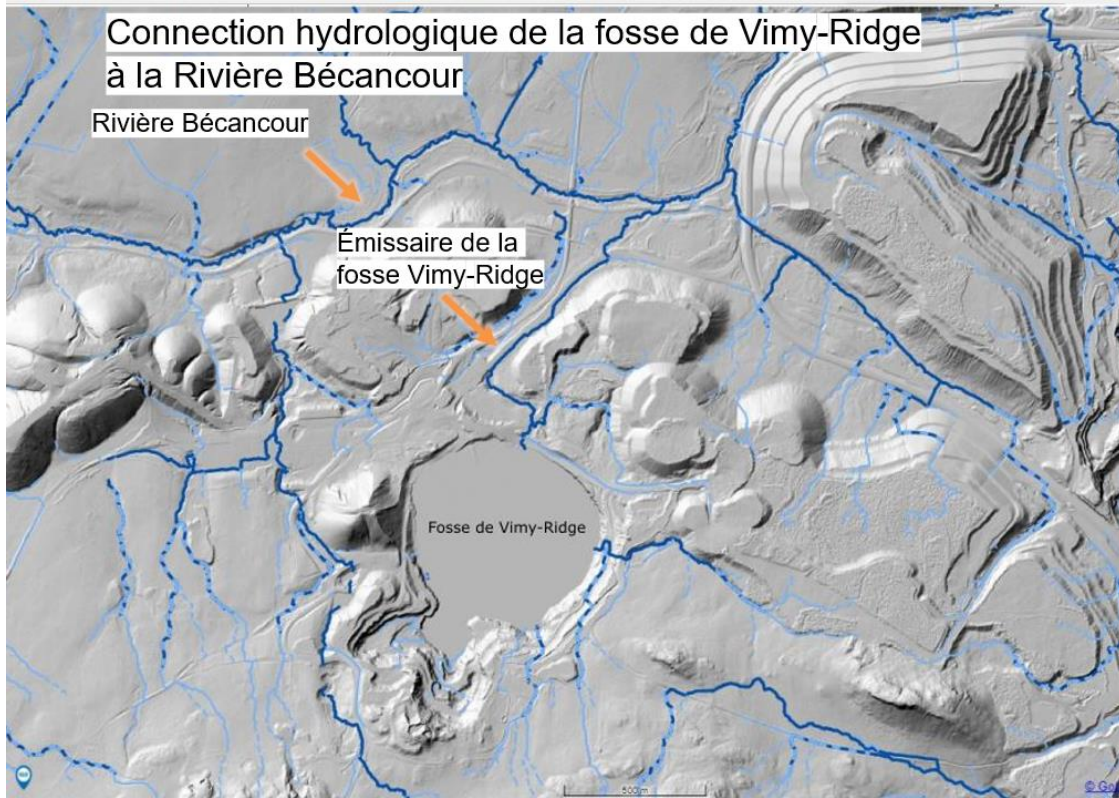


Figure 11 Emplacement de l'émissaire de la fosse de Vimy-Ridge. Source : GROBEC.

La qualité des eaux de ces fosses et leurs émissaires demeurent inconnue. Aucune analyse de la qualité de l'eau de ces plans d'eau n'est exigée par le MELCC. L'impact de la connexion hydrologique des fosses de mines au réseau hydrographique de surface sur son régime hydrologique et la qualité de l'eau serait à documenter.

Compte tenu de l'ensemble de ces constats, le GROBEC, en collaboration avec la Direction de la restauration minière du MERN et le Service de génie et environnement de la Ville de Thetford Mines, a développé différentes propositions d'aménagements plus ou moins ambitieuses présentées dans la section suivante.

Interventions mineures proposées

Les aménagements présentés dans cette section ciblent des problématiques locales d'apport en sédiments miniers amiantés. Ces aménagements sont de faible envergure et peuvent ainsi, pour la plupart, être mis en place rapidement, à faibles coûts. Il faut souligner que ces aménagements auront une incidence limitée sur la charge sédimentaire de la rivière Bécancour et certains aménagements présentent tout de même des contraintes techniques et/ou réglementaires importantes. Une analyse rigoureuse des coûts et des bénéfices serait de mise avant de sélectionner les aménagements à mettre en place et d'entamer les travaux.

Secteurs d'intervention

Mine Normandie

Description du site

La mine Normandie est le site minier le plus en aval du secteur minier. Les haldes de ce site couvrent environ 1,2 km² et longent la rivière Bécancour en aval du pont Vimy-Ridge. Contrairement aux autres sites, les haldes sont en retrait de 20 à 100 m par rapport à la rivière et une digue servant également de chemin de VTT est située entre la rivière et les haldes. L'eau qui s'écoule des haldes s'accumule au niveau de la digue, ce qui crée des bassins d'eau permanents, et l'eau rejoint la rivière à travers quatre ponceaux. L'apport de sédiments le plus important est situé à l'extrême Ouest du site où le GROBEC a aménagé un bassin de sédimentation en octobre 2021. Ce bassin, baptisé le bassin Vézina, permettra de capter les sédiments provenant de cet écoulement qui avait créé une grande zone de ravinement sur le talus de la halde. Les autres écoulements traversent tous des aires de rétention plus ou moins grandes, et s'épanchent dans les différentes aires de rétention existantes, ce qui diminue sûrement leur charge sédimentaire.



Figure 12 Carte de localisation des écoulements préférentiels et des structures de rétention des sédiments pour le secteur de la Mine Normandie dans la municipalité d'Irlande.

Problématique

Les nombreuses aires de rétention dues aux digues et au bassin de sédimentation construits en octobre 2021 sur le site permettent de capter une grande partie des sédiments. Toutefois, le niveau de l'eau tend à augmenter au niveau de l'aire de rétention C, ce qui endommage la digue et risque de provoquer un écoulement vers la rivière Bécancour (figure 13). La digue étant visiblement constituée de résidus miniers amiantés, un tel écoulement entraînerait un apport sédimentaire important vers la rivière. De plus, un des écoulements présentait une couleur ocre telle que rapportée en 2018 par le RAPPEL (figure 13). La cause de cette coloration n'est toutefois pas connue et n'a pas été observée lors des relevés terrain de 2021.



Figure 13 Écoulement de couleur ocre photographié par le RAPPEL en 2018 (à gauche) et débordement de l'aire de rétention C par-dessus la digue observée en 2021 (à droite) - Secteur de la mine Normandie dans la municipalité d'Irlande.

Interventions proposées

Un entretien des structures de rétention déjà en place sur le site permettrait de limiter les apports sédimentaires. Cependant les aires de rétention *C, E et F* sont actuellement considérés comme des marais (Canards Illimités, 2021) et un entretien nécessitera une autorisation environnementale du MELCC. Un calendrier d'entretien du bassin de sédimentation *Vézina* devra être fixé en fonction des mesures de comblement prises par le GROBEC en 2022.

Mine Lac d'Amiante

Description du site

La mine lac d'Amiante se situe à l'endroit de l'ancien lac Noir, plan d'eau ayant été drainé et dragué de 1955 à 1959. Le site couvre un peu plus de 6 km² et comprend une grande fosse d'environ 1 km², ainsi qu'une grande halde de RMA d'un peu plus de 1 km² dont la face ouest est riveraine au ruisseau Poirier. La halde s'élève à près de 100 m de hauteur et ses côtés présentent de nombreux écoulements, dont la plupart ont des aires de drainage plutôt restreintes en raison de la forte déclivité de la pente (figure 14).

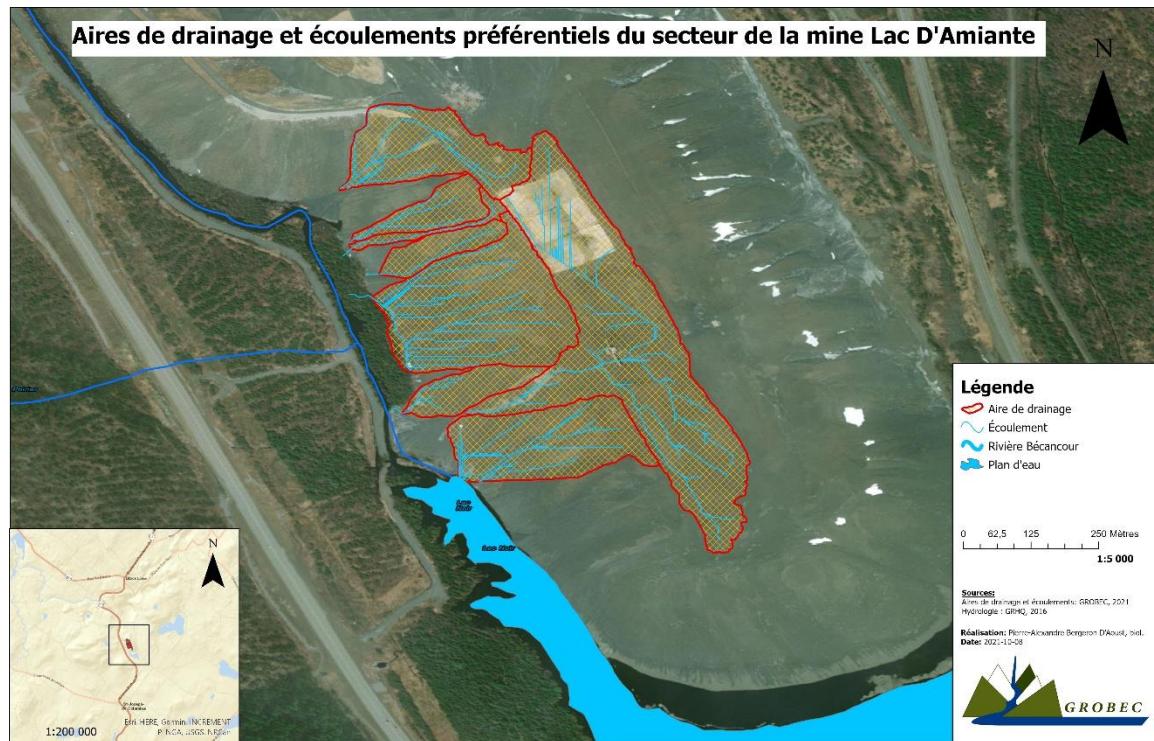


Figure 14 Écoulements préférentiels et aires de drainage de la halde de RMA de la mine lac d'Amiante.

Problématique

Le transport sédimentaire dans ce secteur se fait via le ruisseau Poirier, cours d'eau qui longe la grande halde de RMA sur environ 4,5 km. Le ruisseau Poirier entre en contact direct avec la halde de RMA à plusieurs endroits, ce qui cause indubitablement de l'érosion et un transport sédimentaire. De plus, plusieurs zones de ravinement indiquent une érosion hydrique importante due aux précipitations, ce qui cause également un transport des RMA vers le cours d'eau. Le ruisseau Poirier rejoint ensuite la rivière Bécancour environ 250 m en aval de la halde. Plusieurs dépôts de fibres d'amiante sont visibles sur les végétaux bordant le ruisseau Poirier (figure 15).



Figure 15 Dépôts de fibres d'amiante photographiés sur la rive du ruisseau Poirier au pied de la halde de RMA de la mine Lac d'Amiante en 2021.

Interventions proposées

Considérant l'érosion directe occasionnée par le ruisseau Poirier sur plusieurs kilomètres, il est attendu qu'un aménagement en aval de la halde permettrait de maximiser la captation des sédiments amiantés transportés par le ruisseau Poirier (figure 16). De plus, l'accès pour la machinerie serait facilité par la proximité de l'actuelle route 112. À cet endroit, deux aménagements sont considérés.



Figure 16 Secteur visé (encadré rouge) pour les aménagements de rétention des sédiments transportés par le ruisseau Poirier.

Bassin de sédimentation

Une première solution consisterait à l'installation d'un bassin de rétention excavé à même le lit du cours d'eau entre la halde et la rivière Bécancour, en aval du pont de la route 112. Un tel aménagement permettrait la décantation des sédiments amiantés avant que ceux-ci n'atteignent la rivière Bécancour. Son entretien serait facilité du fait de la proximité de la route 112.



Figure 17 Bassin de sédimentation proposé à l'aval du ruisseau Poirier en amont de la jonction avec la rivière Bécancour.

Excavation d'un canal

Un fossé adjacent au ruisseau Poirier pourrait également être utilisé comme bassin de sédimentation ; il s'agit d'un milieu humide classé « eau peu profonde » par Canards Illimités. Celui-ci a été créé par l'aménagement d'une digue séparant la rivière Bécancour de sa plaine alluviale entre 1955 et 1959. Les travaux consisteraient à creuser un canal reliant le ruisseau Poirier au fossé au niveau de l'exutoire du ponceau traversant la route 112 et à creuser un canal dans la digue entre le fossé et la rivière Bécancour (figure 18). Un tel aménagement permettrait la décantation des sédiments avant que ceux-ci n'atteignent la rivière Bécancour. Un entretien consistant à excaver les sédiments accumulés devrait être effectué au besoin pour éviter le comblement du fossé par les sédiments.

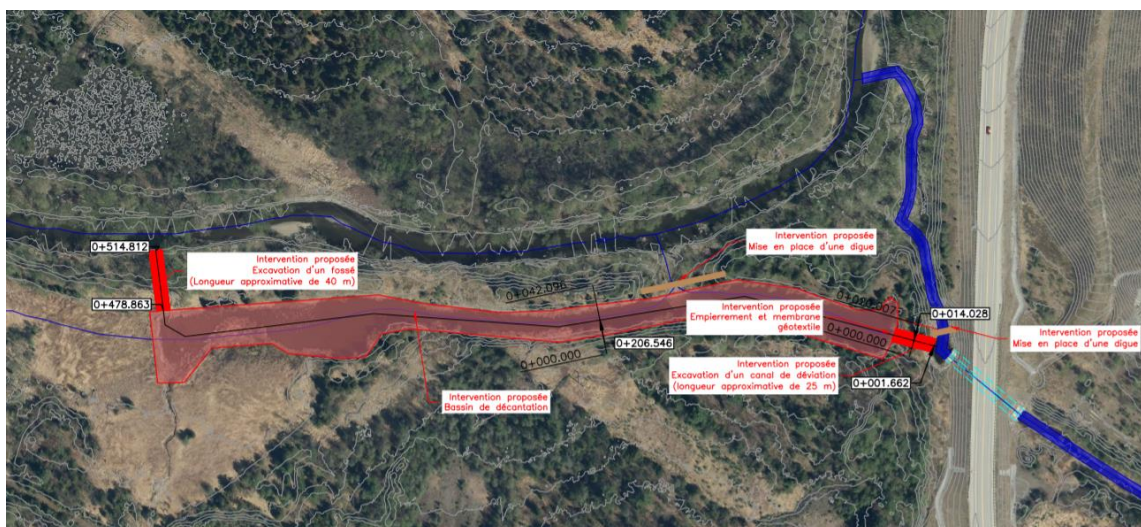


Figure 18 Plan présentant la connexion du ruisseau Poirier avec le fossé en bordure de la rivière Bécancour réalisé par le service d'ingénierie de la Ville de Thetford Mines.

Mine King Beaver

Description du site

Le site de la mine King Beaver est situé entre le centre-ville de Thetford Mines et le secteur de Black Lake. Le site comprend une halde de RMA de 0,8 km², ainsi qu'une fosse de 0,5 km². La face nord-ouest de la halde est riveraine à la rivière Bécancour et les aires de drainage des écoulements préférentiels le long de la pente sont généralement de faible taille en raison de la forte déclivité de la pente (figure 19).



Figure 19 Écoulements préférentiels et aires de drainage de la halde de résidus miniers amiantés de la mine King Beaver à Thetford Mines.

Problématique

La halde de la mine King Beaver se situe très près de la rivière Bécancour, ce qui fait que la rivière érode directement la halde par sapement ce qui entraîne le transport des RMA par la rivière Bécancour (figure 20). Cet endroit constitue l'une des zones d'érosion directe sur les haldes de RMA les plus sévères. Pour contrer l'érosion de la halde provoquée par la rivière, l'aménagement sélectionné devrait empêcher ou limiter le contact entre la rivière et la halde de RMA.



Figure 20 Zone d'érosion directe par la rivière Bécancour de la halde de RMA de la mine King Beaver à Thetford Mines.

Interventions proposées

Mur de soutènement

Pour contrer l'érosion de la halde provoquée par la rivière, l'aménagement devrait empêcher le contact entre la rivière et la halde de RMA. Ainsi, un mur de soutènement, ou autre forme de barrière telle que des palplanches pourrait être installé à la base de la halde pour éviter le contact entre l'eau et les RMA. Ce type d'aménagement présente de nombreuses complications techniques et nécessiterait une étude géotechnique sur la stabilité de la halde. De plus, les travaux devraient être effectués dans le cours d'eau, ce qui comporte plusieurs contraintes réglementaires puisque ce genre de travaux nécessite une autorisation en vertu de la *Loi sur la Qualité de l'Environnement*.

Mine British Canadian

Description du site

La mine British Canadian est située entre le centre-ville de Thetford Mines et le secteur de Black Lake environ 2 km en aval de la mine King Beaver. Elle comprend deux grandes haldes (BC1 #1 à l'ouest et BC1 #2 à l'est) couvrant environ 975 000 m² disposées de part et d'autre de la rivière Bécancour. Plusieurs écoulements préférentiels drainent de grandes surfaces.



Figure 21 Écoulements préférentiels et aires de drainage de la mine British Canadian à Thetford Mines dans le secteur de Black Lake.

Problématique

Ces haldes présentent plusieurs zones de ravinement causées par l'érosion hydrique entraînant l'écoulement des RMA vers la rivière et une dizaine d'écoulements permanents ont été observés sur les flancs riverains à la rivière Bécancour. De plus, la rivière Bécancour, ainsi que *le ruisseau British Canadian* entrent directement en contact avec la halde, ce qui provoque de l'érosion.



Figure 22 Zone d'érosion directe par le ruisseau British Canadian longeant une halde de la mine British Canadian (à gauche) et zone d'érosion directe par la rivière Bécancour d'une halde de la mine British Canadian (à droite).

Interventions proposées

Contrairement aux autres sites ciblés, certains écoulements préférentiels de la mine British Canadian drainent de grandes surfaces, ce qui augmente considérablement l'impact potentiel d'un aménagement à l'exutoire de ces écoulements. Cette situation justifie la réalisation d'aménagements ne visant qu'un seul écoulement.

Bassin de sédimentation

Pour capter les RMA avant que ceux-ci n'atteignent la rivière, un bassin de sédimentation pourrait être aménagé à l'exutoire de l'écoulement préférentiel situé au sud de la mine British Canadian. Cet écoulement draine une surface d'environ 64 350 m² exclusivement constituée de RMA. À cet endroit, un grand ravinement témoigne d'une forte érosion hydrique. L'impact potentiel d'un tel aménagement en termes de captation des sédiments est donc considéré élevé. De plus, l'accès au site par la machinerie serait facile puisqu'un accès est déjà existant.



Figure 23 Plan du bassin de sédimentation proposé pour capter les sédiments d'un écoulement préférentiel à la mine British Canadian. Source : Service d'ingénierie, Ville de Thetford Mines.

Fossé collecteur

Afin d'intercepter les écoulements provenant de la halde BC1 #1, un fossé collecteur pourrait être aménagé le long de la rivière Bécancour. Celui-ci permettrait de concentrer les écoulements et les rediriger vers une structure permettant la captation des sédiments. Le fossé pourrait être muni de trappes à sédiment ou rediriger les écoulements vers un bassin de sédimentation. L'accès pour la machinerie serait facilité par la présence d'un chemin permettant d'accéder au site, mais l'excavation du fossé nécessiterait beaucoup de déboisement et, possiblement, un reprofilage de la pente.



Figure 24 Emplacement du fossé collecteur (trait bleu) proposé à la mine British Canadian pour capter les écoulements provenant de la halde.

Ruisseau BC : 2 propositions d'aménagement

Réaménagement du ruisseau BC

Afin d'éviter l'érosion de la halde BC1 #2, le cours d'eau BC la longeant sur le flanc est pourrait être redirigé de manière à ne plus entrer en contact avec celle-ci. Ce cours d'eau pourrait ainsi être redirigé vers la fosse de la mine British Canadian, ou encore être relocalisé seulement au niveau du tronçon problématique pour ensuite rejoindre son lit original en aval de la halde. Il est à noter que la source de ce cours d'eau permanent demeure inconnue. Il est canalisé sur plusieurs centaines de mètres. Son bassin versant doit être assez grand puisque son débit (dans sa portion longeant la halde de RMA) peut atteindre 1 ou 2 mètres cubes par seconde au maximum. Toutefois, à l'endroit de la bifurcation proposée, son débit est inconnu.



Figure 25 Canal (pointillé rouge) proposé pour détourner le ruisseau vers la fosse de la mine British Canadian.

Bassin de sédimentation dans le ruisseau BC

Plutôt que de réaménager le cours d'eau BC, un bassin de sédimentation pourrait être installé à même son lit, en aval de la halde de RMA. Cette option serait plus simple et moins coûteuse qu'un réaménagement du lit du cours d'eau tel que proposé ci-haut, mais n'empêcherait pas l'érosion de la halde par le ruisseau. La construction d'un tel bassin nécessiterait des travaux de déboisement, mais l'accès par la machinerie serait facilité par la proximité de la Rue du Lac Noir. La figure 26 suivante présente le plan développé par le Service de Génie et environnement de la Ville de Thetford Mines. Le ruisseau BC et un écoulement préférentiel drainant la halde BC1 #2 de RMA seraient déviés. Ceci aurait pour effet de rediriger les écoulements vers un bassin de sédimentation de 500 m³ lequel serait aménagé entre les deux. Les eaux décantées de ce bassin seraient redirigées vers le ruisseau BC avant son embouchure avec la rivière Bécancour.



Figure 26 Plan du bassin de sédimentation proposé pour capter les sédiments transportés par le ruisseau British Canadian et un écoulement à la mine British Canadian. Source : Service d'ingénierie, Ville de Thetford Mines.

Interventions majeures proposées

Considérant la multitude d'apports sédimentaires potentiels existants, une intervention englobant l'ensemble du secteur minier de la Haute-Bécancour serait optimale tant au niveau environnemental que technique et financier. Les haldes de résidus miniers amiantés se retrouvent sur les rives de la Bécancour et du ruisseau Poirier sur plus de 10 km et le déplacement ou la végétalisation de ces haldes n'est pas envisageable à court ou moyen termes en raison des coûts élevés et des difficultés techniques liés à de telles interventions. Ainsi, une intervention à même la rivière Bécancour en aval du secteur minier apparaît comme une solution plus durable à la charge sédimentaire très élevée de la rivière. En ce sens, la présence d'une immense fosse d'une profondeur de plus de 400 m sur le site de la mine Lac d'Amiante présente une opportunité intéressante pour restaurer le réseau hydrographique d'origine. Il est proposé que cette fosse soit reconnectée à la rivière Bécancour et permette de restaurer le lac Noir. Pour ce faire, la rivière Bécancour devrait réapproprier son tracé d'origine afin de se connecter à la fosse et en ressortir. Un tel aménagement permettrait au lac Noir restauré de rétablir ses fonctions écologiques permettent la décantation de ces eaux naturelles contaminées. Étant en aval de la plupart des apports en sédiments miniers recensés, cette aire de rétention aurait le potentiel d'améliorer la situation pour trois des quatre secteurs problématiques ciblés et sur près de 90% de la superficie des haldes problématique.

Il faut souligner que le nouvel émissaire serait semblable à l'ancien lit de la rivière Bécancour avant que celle-ci ne soit détournée dans les années 50 et la fosse de la mine de lac d'Amiante se trouve à l'endroit de l'ancien lac Noir qui était autrefois un lac fluvial de la rivière Bécancour. Le ruisseau Poirier pourrait également être détourné vers la fosse de la mine puisque celui-ci est susceptible de transporter des sédiments amiantés et se déversait auparavant dans le lac Noir. Ce nouvel agencement serait donc comparable au réseau hydrographique d'origine. De plus, les travaux nécessaires présentent peu de défis techniques et seraient peu coûteux. L'impact d'une telle intervention sur le réseau hydrographique de la rivière Bécancour demeure toutefois peu connu et plusieurs études seraient nécessaires afin d'assurer que cet aménagement n'entraîne pas davantage de problèmes environnementaux. Un obstacle important à l'utilisation de la fosse comme aire de sédimentation est le niveau de l'eau. En effet, la fosse n'est pas actuellement remplie à pleine capacité et son comblement est prévu pour l'année 2035. Conséquemment, la rivière ne peut être détournée immédiatement sans en affecter le débit en aval. Ainsi, trois scénarios sont présentés ci-dessous pour combler la fosse de la mine lac d'Amiante et l'utiliser comme aire de sédimentation.

Scénario A

La rivière Bécancour pourrait être détournée dès maintenant, mais le débit réservé écologique nécessaire au maintien des écosystèmes aquatiques en aval devrait être évalué. En détournant une partie de la rivière Bécancour dans la fosse, celle-ci contribuerait à augmenter la vitesse de comblement de la fosse de Lac d'Amiante. Bien que le débit pouvant être détourné de manière sécuritaire pour le reste du bassin versant n'ait pas encore été calculé, la fosse pourrait vraisemblablement être comblée beaucoup plus tôt. L'avantage de cette approche est que la captation des sédiments par la fosse débiterait rapidement, ce qui limiterait immédiatement la quantité de sédiments charriés en aval du secteur minier, notamment dans le lac à la Truite d'Irlande qui est actuellement le principal lieu de déposition des sédiments miniers amiantés. Toutefois, la diminution du débit de la rivière pourrait avoir des conséquences en aval, notamment la diminution de la profondeur des lacs fluviaux et une hausse de la concentration des polluants. La rivière Bécancour étant fortement polluée, principalement en coliformes fécaux, une hausse de la concentration pourrait avoir des conséquences significatives sur la qualité de l'eau en aval de Thetford Mines. Toutefois, M. Chum précise dans les plans et devis qu'une digue sera mise en place dans le lit de la rivière Bécancour, forçant les eaux à emprunter un tracé prédéterminé. Cependant, un dispositif installé dans la digue permettrait de transiter en tout temps le débit écologique dans une section d'une longueur approximative de 380 m. Une telle configuration serait favorable à la préservation de l'habitat aquatique de la section impactée (Chum, 2021).

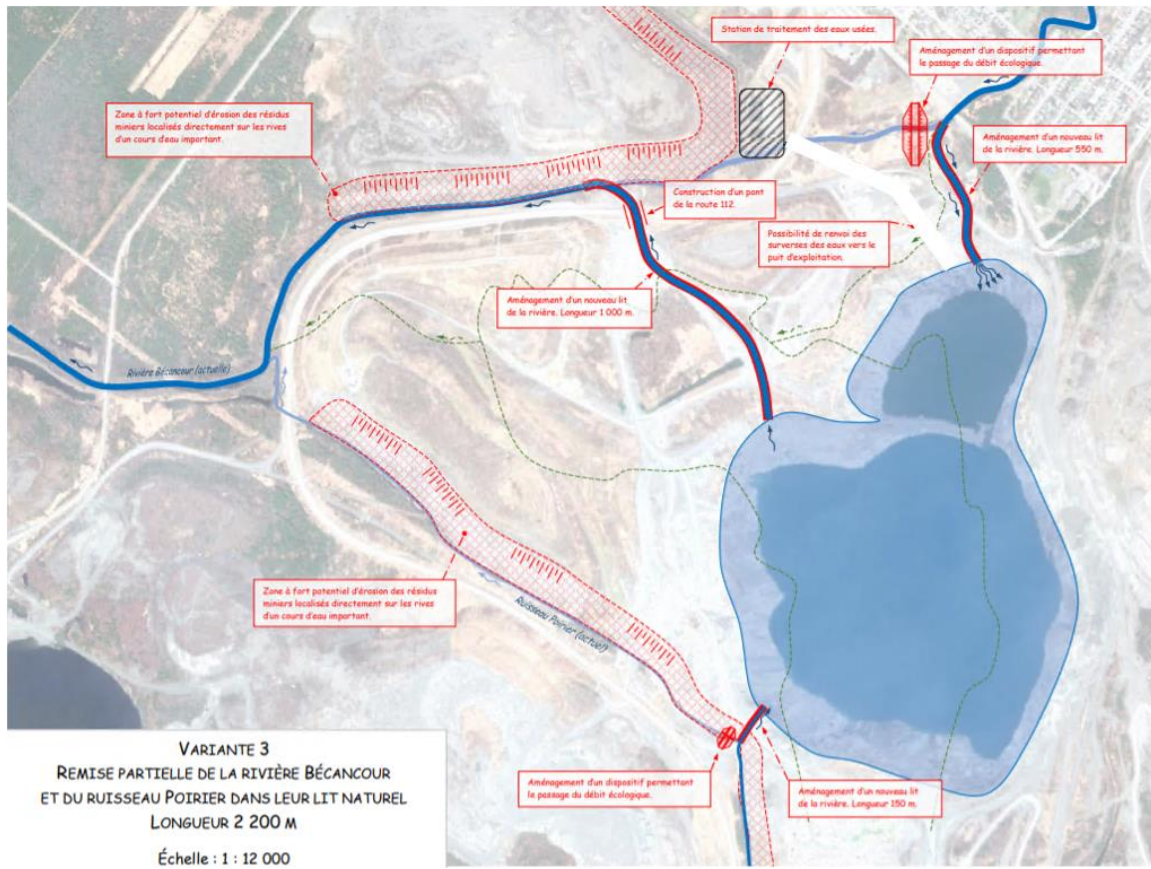


Figure 27 Plan présentant l'aménagement proposé consistant à détourner la rivière Bécancour vers la fosse de la mine lac d'Amiante. Source : Miroslav Chum, 2021.

Scénario B

Au rythme actuel, l'envolement complet de la fosse de la mine lac d'Amiante est prévu pour l'année 2035 (FNU-Innov. 2021) et il pourrait être bénéfique d'attendre que le niveau d'eau atteigne sa hauteur maximale avant de procéder aux travaux tels que décrits dans le scénario A. Le principal avantage de cette approche réside dans le fait que le débit de la rivière Bécancour ne serait pas modifié. Cela éviterait une baisse du niveau de l'eau en aval et une hausse des concentrations de contaminants. Les études portant sur l'impact d'une diminution du débit ne seraient pas nécessaires, ce qui allégerait également les coûts du projet. Cependant, la charge sédimentaire de la rivière serait maintenue durant environ 13 ans et la situation des lacs fluviaux en aval continuerait de se dégrader. Cela pourrait également entraîner une démobilisation de certains acteurs régionaux.

Scénario C

Une seconde fosse se situe sur le site de la mine British Canadian à l'est de la mine lac d'Amiante. Celle-ci est actuellement remplie à pleine capacité et le trop-plein s'écoule dans la rivière Bécancour via un émissaire aménagé par le ministère des Transports du Québec (Vallée, M. Comm. pers.). Comme cet émissaire s'écoule à proximité de la fosse de la mine lac d'Amiante, il serait pertinent d'évaluer la possibilité de détourner l'émissaire vers celle-ci pour en accélérer le comblement. Cette approche aurait l'avantage d'accélérer l'envoiment de la fosse de la mine Lac d'Amiante tout en évitant une baisse du débit de la rivière Bécancour. La rivière Bécancour pourrait être détournée lorsque la fosse de Lac d'Amiante serait comblée.



Figure 28 Canal (pointillé rouge) proposé pour connecter la fosse de British Canadian à la fosse de lac d'Amiante afin d'accélérer l'envoiment de celle-ci.

Peu importe le scénario retenu, un addenda au plan de restauration de la mine Lac d'Amiante devra être soumis au MERN. Tel qu'inscrit dans sa résolution d'appui à ce Plan, le propriétaire actuel de la mine Lac d'Amiante, tout en étant favorable à ce genre de travaux supplémentaires, ne souhaite en assumer les frais ni la responsabilité.

Mise en œuvre 2022-2027

Adoption par les partenaires

Le plan a été présenté au comité de partenaires du projet le 27 janvier 2022 qui l'a commenté. La plupart des partenaires ont précisé que plusieurs études seront nécessaires afin de déterminer le meilleur scénario de rétention des sédiments amiantés et de valider si la restauration du lit de la rivière Bécancour vers le lac d'Amiante est une solution qui apportera les impacts bénéfiques escomptés.

Toutefois, les membres du comité de pilotage du projet ont accueilli favorablement le Plan en précisant toutefois qu'ils ne pouvaient l'adopter au nom de leurs organisations respectives. Cette version révisée intègre les commentaires émis par les partenaires à l'hiver et au printemps 2022.

En date du 13 juin 2022, la plupart des partenaires locaux appuient ce Plan. Granilake (propriétaire de la mine Lac d'Amiante), la MRC des Appalaches, la Ville de Thetford Mines, les municipalités d'Irlande et de Saint-Joseph-de-Coleraine, l'Association de protection du lac à la Truite d'Irlande, le Conseil régional de l'environnement de Chaudière-Appalaches et Englobe ont fourni une résolution d'appui au Plan de contrôle des sédiments amiantés du secteur minier de la Haute-Bécancour 2022-2027.

Étapes de mise œuvre

La mise en œuvre du « Plan de contrôle des sédiments amiantés du secteur minier de la Haute-Bécancour 2022-2027 » est difficile à prévoir dans le contexte actuel. Tous les partenaires sont en attente du dévoilement du plan d'action du gouvernement du Québec donnant suite au rapport 351 du BAPE sur l'État des lieux et la gestion de l'amiante et des résidus miniers amiantés. Il est attendu pour le printemps 2022. Plusieurs questions demeurent donc en suspens. Est-ce qu'un Observatoire de l'amiante sera mis sur pied ? Si oui, quel sera son rôle ? Est-ce que des mesures dérogatoires seront déployées pour assujettir les propriétaires fonciers des anciens sites miniers à la Directive 019 du MELCC sur les activités minières, les obligeant à effectuer des correctifs sur leurs terrains et des suivis environnementaux ? Quelles sommes accompagneront le plan d'action ?

Tel que détaillé précédemment, le « Plan de contrôle des sédiments amiantés du secteur minier de la Haute-Bécancour 2022-2027 » proposé répond à plusieurs recommandations du BAPE. Il est donc envisageable que le gouvernement propose une prise en charge globale des impacts des résidus miniers amiantés et des anciens sites miniers d'amiante sur les écosystèmes aquatiques. En effet, considérant les nombreuses contraintes réglementaires liées aux scénarios de rétention des RMA envisageable et les impacts environnementaux associés au statu quo, il serait souhaitable qu'une approche adaptée soit développée par le gouvernement. Par exemple, celle-ci pourrait prendre la forme de modifications réglementaires, de dérogations, de développement d'un programme de financement spécifique.

Nonobstant ces considérations, voici les étapes de mise en œuvre du Plan et un bref échéancier :

1. Dépôt à la Direction Régionale Chaudière-Appalaches du MELCC pour avis et analyse (Février 2022)
2. Études : 2022-2023 (selon financement obtenu)
 - a. Acquisition de connaissances : (avril à novembre 2022)
 - i. Caractérisation des milieux aquatiques :
 1. Milieux humides et aires de rétention à la Mine Normandie ;
 2. Ruisseau British Canadian : identifier source et aire de drainage ;
 3. Émissaires de fosses de mines Vimy-Ridge et British Canadian ;
 4. Tronçon de la rivière Bécancour à contourner (Black Lake) ;
 - ii. Estimation de débits :
 1. Émissaires des fosses de mines Vimy-Ridge et British Canadian ;
 2. Ruisseau British Canadian
 3. Ennoiement du lac d'Amiante;
 - b. Évaluation des impacts sur les écosystèmes aquatiques des différents scénarios proposés ;
 - c. Estimation des coûts des différents aménagements et scénarios ;
3. Choix d'un scénario pour le lac d'Amiante (2023) ;
4. Demande et obtention des autorisations : (2023)
 - a. Environnementales ;
 - b. Des propriétaires fonciers et responsables du suivi environnemental ;
5. Amorce des travaux (2024) ;
6. Suivi environnemental (à partir de 2027).

Rôle des partenaires

1. Minières :
 - a. Finaliser les plans de restauration de leur site ;
 - b. Autoriser l'accès à leurs sites pour les caractérisations ;
 - c. Contribuer financièrement aux demandes d'autorisation environnementale ;
 - d. Participer à la réalisation des travaux d'aménagements des mesures de rétention des RMA ;
 - e. Participer au suivi environnemental de ces mesures ;
2. Municipalités/MRC :
 - a. Aider à documenter les demandes d'autorisation ;
 - b. Autoriser les travaux ;
3. GROBEC :
 - a. Déposer le plan aux MELCC, MERN et minières ;
 - b. Déposer des demandes d'autorisation au MELCC pour les aménagements proposés ;
 - c. Organiser et animer une rencontre de la Table de concentration de l'eau de la Haute-Bécancour;
 - d. Définir des collaborations pour la réalisation des études (selon les ressources monétaires allouées ou recherches de financement) ;
4. MELCC :
 - a. Analyser les demandes d'autorisation des aménagements proposés ;
 - b. Obtenir des compagnies minières les informations manquantes afin d'être en mesure de donner un appui favorable aux plans de restauration déposés ;
5. MERN :
 - a. Obtenir des compagnies minières les informations manquantes afin d'être en mesure d'approuver les plans de restauration déposés ;
6. Chercheurs : propositions de recherches
 - a. Évaluer l'impact du scénario A sur les écosystèmes fluviaux et lacustres en aval (tamponnement des crues, débit réservé écologique) ;
 - b. Évaluer la qualité de l'eau des émissaires des fosses des mines de Vimy-Ridge et de British Canadian ;
 - c. Évaluer la qualité de l'eau des lacs des fosses des mines lac d'Amiante, King Beaver, Flintkote et Nationale ;
 - d. Évaluer le rythme actuel d'envoiment de ces fosses et la date d'envoiment complet de ces fosses ;
 - e. Évaluer le tracé éventuel du lit des émissaires et les besoins d'aménagement ;

- f. Évaluer l'impact de la reconnexion des émissaires sur le régime hydrologique de la rivière Bécancour ;
- g. Suivre la qualité des eaux souterraines sur les sites miniers.

Conclusion

Le Plan de contrôle des sédiments amiantés du secteur minier de la Haute-Bécancour 2022-2027 fait état des constats effectués par l'équipe du GROBEC tout au long de son élaboration. L'emplacement et les caractéristiques intrinsèques des haldes de résidus miniers amiantés font en sorte que leur stabilisation et la rétention des RMA sont complexes et coûteuses. Mis à part le site de la mine Normandie où des aires de rétention existantes ne demandent qu'un entretien rigoureux. La restauration du lit de la rivière Bécancour et de son lac fluvial manquant (lac Noir/lac d'Amiante) est ambitieuse, mais représentent toutefois une piste de solution à explorer. La restauration de la rivière Bécancour et du lac Noir semble la solution la moins coûteuse pour améliorer la qualité de l'eau de la rivière Bécancour à court, moyen et long termes.

En raison de l'échéancier imposé par le programme finançant ce plan, le Plan de contrôle des sédiments amiantés du secteur minier de la Haute-Bécancour 2022-2027 est publié avant l'annonce publique du gouvernement du Québec donnant suite au rapport du BAPE sur la gestion des résidus miniers amiantés. Certaines des propositions présentées seront éventuellement à reconsidérer à la lumière des mesures annoncées prochainement par le gouvernement du Québec.

Bibliographie

- BAPE, 2020. L'état des lieux et la gestion de l'amiante et des résidus miniers amiantés (Rapport d'enquête et d'audience publique No. 351). Québec, Québec.
- Chum. 2020. Analyse de faisabilité de la remise en eau de l'ancien lit de la rivière Bécancour. 20 pages. 1 annexe
- FNX-Innov. 2021. Mise à niveau #2. Plan de restauration. Mine lac d'Amiante. Municipalités de Thetford Mines et Saint-Joseph-de-Coleraine. 23p + 7 Annexes.
- GROBEC, 2015a. Caractérisation de l'état des bandes végétales riveraines et de l'érosion du secteur urbain et minier, Ville de Thetford Mines. 74 pages. 1 annexe
- GROBEC, 2022. Suivi de la qualité de l'eau du secteur minier de la Haute-Bécancour 2021. 39 p. + Annexes.
- Jacques, O., Pienitz, R., 2021. 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.
- Jacques, O., Pienitz, R., 2022. Asbestos mining waste impacts on the sedimentological evolution of the Bécancour chain of lakes, southern Quebec (Canada). Sci. Total Environ. 807.
- Marcoux, Louis. Direction régionale du MELCC de Chaudière-Appalaches. Communication personnelle, 2022.
- 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.
- Veillete, Gaétan. Direction de la restauration des sites miniers. MERN. Communication personnelle, 2022.
- Villeneuve, M., 2013. Rapport de caractérisation des résidus miniers – Région de Thetford Mines. Ministère du Développement Durable de l'Environnement de la Faune et des Parcs. Gouvernement du Québec. 218 p.

ANNEXE 1

**Inventaire et évaluation des techniques de
restauration de haldes de résidus amiantés**

Inventaire et évaluation des techniques de restauration de haldes de résidus amiantés



Juin 2021

Table des matières

Mise en contexte	46
Méthodes de restauration	48
Impacts environnementaux des aires d'accumulation de résidus miniers	48
Contrôle de l'érosion hydrique	48
Atténuation des effets de l'érosion hydrique	55
Acceptabilité sociale	58
Constats et recommandations	59
Références	61

Mise en contexte

Le développement de la région de Thetford Mines est grandement lié à l'exploitation minière et particulièrement à celle du chrysotile (amiante). Cette industrie a façonné le paysage de la région, particulièrement sur le territoire de la Ville de Thetford Mines. Les travaux miniers ont également eu des impacts importants sur l'hydrologie, incluant le détournement de la rivière Bécancour sur plus de deux kilomètres et l'assèchement du lac Noir. Les résidus miniers amiantés forment aujourd'hui de grandes haldes, dont certaines sont situées en bordure de la rivière Bécancour. On estime qu'environ 400 Mt de résidus miniers amiantés (RMA) et 500 Mt de résidus stériles se trouvent actuellement dans le secteur de Thetford Mines sous forme de haldes (Beaudoin et al., 2008; GROBEC, 2015a). La plupart des haldes de RMA sont constituées de résidus fins, soit les rejets d'usinage résultant du broyage du minerai (Villeneuve, 2013). Les haldes de résidus stériles sont constituées de matériel rocheux présent autour du minerai, mais peuvent tout de même contenir une quantité non négligeable de fibres d'amiante (Villeneuve, 2013). La plupart des résidus miniers fins ont été déposés par convoyeur ce qui donne aux haldes une forme conique et celles-ci sont particulièrement difficiles à stabiliser en raison de leurs pentes abruptes. Ces dernières n'ont d'ailleurs jamais fait l'objet de projets de restauration contrairement à certaines haldes de résidus stériles du secteur disposés par camion dont les sommets ont été partiellement végétalisés. Les haldes subissent depuis plusieurs années une érosion hydrique importante et les sédiments amiantés sont transportés jusqu'à la rivière, accélérant ainsi l'accumulation de sédiments dans les lacs fluviaux en aval (Jacques et Pienitz, données non-publiées, 2021). Ce rapport présente un survol des méthodes de restauration des sites miniers applicable au contexte régional de la région de Thetford Mines.

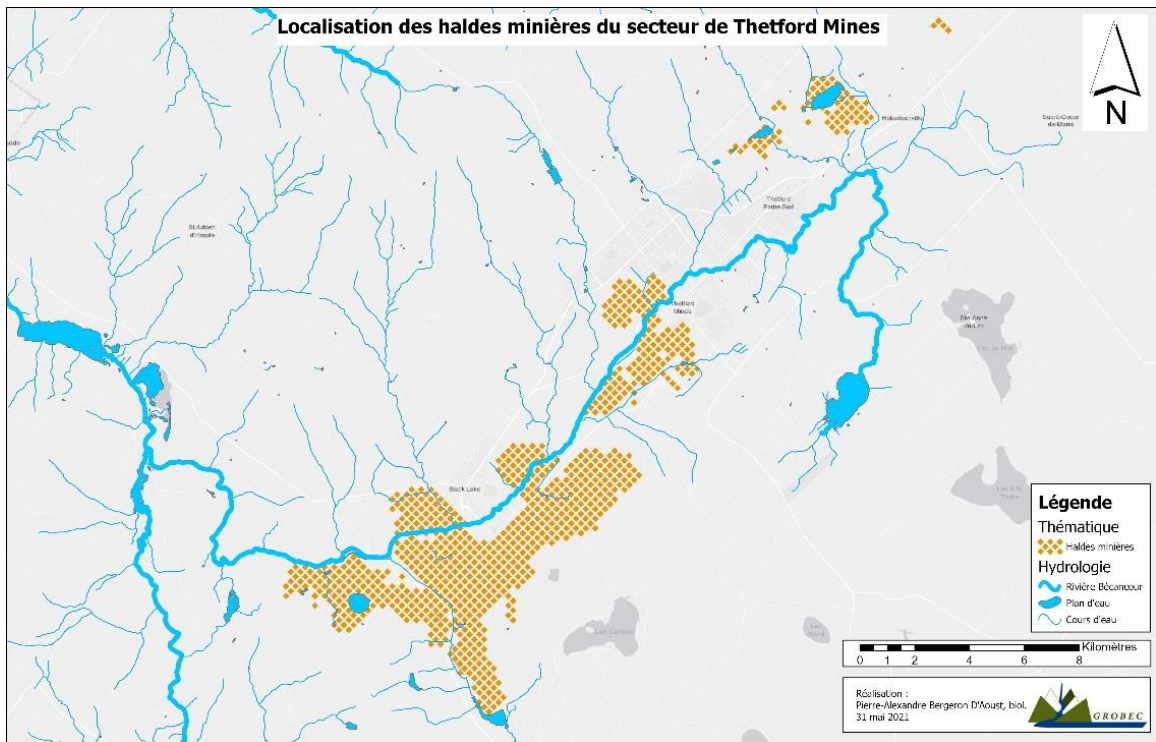


Figure 29 Carte de localisation des haldes minières du secteur de Thetford Mines

Méthodes de restauration

Impacts environnementaux des aires d'accumulation de résidus miniers

L'érosion hydrique des résidus miniers amiantés provoquée par les précipitations occasionne deux problématiques environnementales importantes, soit le transport sédimentaire et la lixiviation. Des analyses de lixiviat provenant de résidus amiantés à la mine Asbestos Hill au Nunavut indiquent que les RMA ne seraient pas générateurs d'acide, mais que le lixiviat présenterait une concentration élevée pour certains métaux tels que le chrome et le nickel (Veillette, comm. pers., 2021). De fait, les RMA auraient plutôt tendance à alcaliniser l'eau issue de la lixiviation. Néanmoins, le risque associé à la lixiviation ne serait pas considéré élevé selon l'annexe II de la directive 019 sur l'industrie minière (Veillette, comm. pers., 2021). Cependant, une étude réalisée par l'Université Laval montre que l'apport sédimentaire résultant de l'érosion hydrique des haldes du secteur de Thetford Mines entraîne une forte augmentation de la sédimentation, notamment dans le lac à la Truite d'Irlande situé en aval. Le taux de sédimentation serait dix fois supérieur aux taux précoloniaux (Jacques et Pienitz, non publié, 2021). La charge sédimentaire provenant des haldes accélère ainsi l'eutrophisation des lacs fluviaux situés en aval en réduisant rapidement leur profondeur.

Les méthodes de contrôle de l'érosion hydrique peuvent être séparées en deux catégories soit :

1. les méthodes de **contrôle à la source** où l'érosion est évitée ou diminuée en minimisant le contact de l'eau avec le matériel à risque d'érosion et
2. les méthodes d'**atténuation** où l'érosion n'est pas captée, mais ces effets, notamment le transport sédimentaire, sont atténués.

Le choix d'une approche dépend fortement des risques environnementaux occasionnés par la lixiviation.

Contrôle de l'érosion hydrique

Les principales méthodes permettant de contrôler l'érosion hydrique à la source sont le reprofilage topographique, le recouvrement du substrat et la végétalisation (Martin-Moreno et al., 2016).

Reprofilage topographique

L'aménagement de terrasse est la méthode de reprofilage la plus fréquemment utilisée pour réduire la sédimentation liée à l'érosion hydrique (Martin-Moreno et al., 2016 ; Nigam et al., 2017). Les terrasses aménagées doivent être pourvues de tranchées permettant de capter et de rediriger les eaux de ruissellement. Les tranchées sont généralement enrochées, mais peuvent également être construites en bois tel que réalisé à la mine d'amiante Balangero en Italie et illustré à la figure 2 (Oboni et al., 2011).

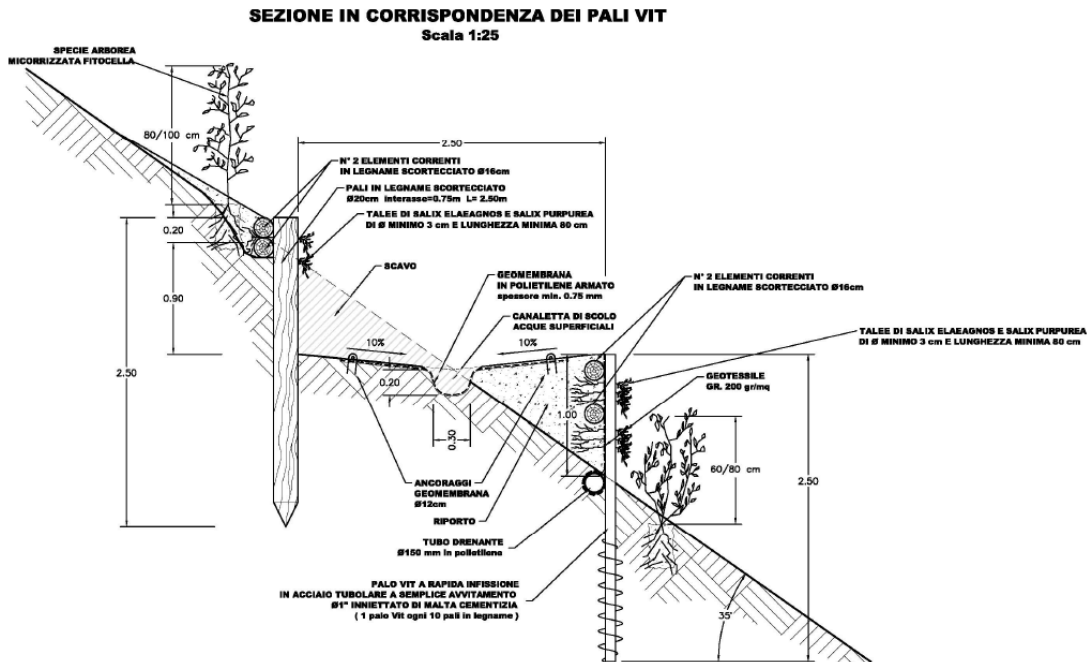


Figure 30 Représentation schématique de canaux de drainage en site minier. Tiré de Oboni et al., 2011

Ces structures nécessitent cependant un entretien régulier sans quoi l'érosion hydrique entraîne leur dégradation et la pente tend à reprendre une forme plus concave, surtout si les pentes aménagées sont linéaires et/ou que les tranchées ne sont pas assez grandes (Martin-Moreno et al., 2016). Un reprofilage topographique est une méthode très efficace, mais complexe et coûteuse. Ce type de travaux requiert de la machinerie lourde et représente un défi technique important, particulièrement lorsque la pente est instable et que l'emploi de machinerie sur roue est impossible. En Italie, des haldes de résidus amiantés ont été reprofilées à l'aide d'un téléphérique construit spécialement à cet effet et équipé de wagons suspendus permettant le transport du matériel amianté du haut de la halde vers un second site. Les wagons étaient pourvus d'arroseur permettant d'humidifier les résidus récoltés pour éviter leur dispersion dans l'air (Figure x).



Figure 31 Photographie d'un téléphérique utilisé pour le reprofilage d'haldes minières à la mine Balangero en Italie, tiré de Oboni et al., 2011

Un reprofilage topographique a également été effectué lors des travaux de l'actuelle route 112 à Thetford Mines. Les pentes ont été adoucies dans un rapport de 1 : 3 et les écoulements ont été redirigés à l'aide de tranchées enrochées (Tommy Falardeau, comm. pers., MTQ, 2019; Figure 4).

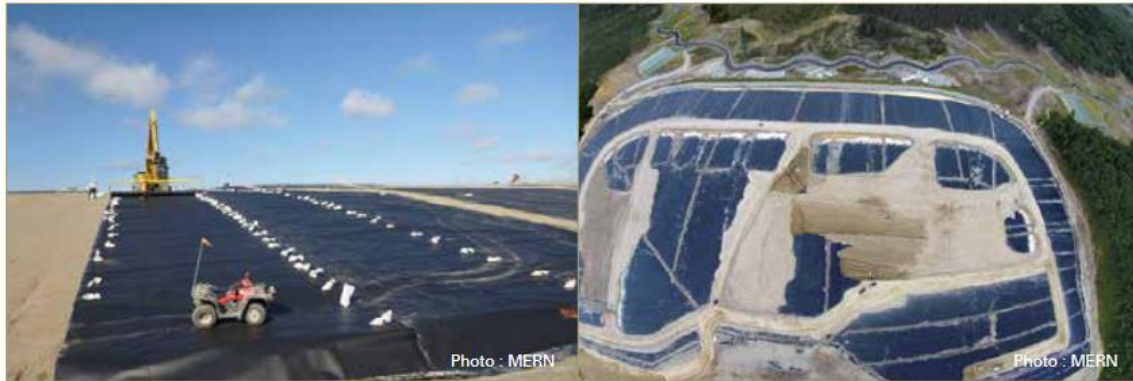


Figure 32 Reprofilage d'une halde dans le cadre des travaux de construction de la route 112. Tiré de Norda Stelo et Snc-Lavalin, 2019.

Dans ce dernier cas, l'accès à la machinerie était simplifié puisque la halde avait été montée par camion, ce qui ne serait pas possible sur d'autres haldes de forme conique ayant été montée par convoyeur. Lorsque le reprofilage de la pente n'est pas envisageable, il est possible de recouvrir le substrat.

Le recouvrement du substrat

Le recouvrement du substrat peut être effectué pour différentes raisons et la méthode employée dépendra de l'objectif visé. Dans un cas où il importe d'éviter tout contact entre les précipitations et le substrat, une **membrane de PEHD** peut être installée de manière à recouvrir l'entièreté du matériel. Ce type de recouvrement est souvent employé lorsque la lixiviation des résidus miniers présente un risque élevé, notamment lorsque ces résidus sont sulfureux (MERN, 2017).



Mise en place de la géomembrane au site Barvue.

Travaux de restauration du site Barvue.

Figure 33 Photographie de la mise en place d'une membrane de PEHD à la mine Barvue en Abitibi-Témiscamingue, Source : MERN, 2014

La membrane étant imperméable, l'eau n'entre pas en contact avec le matériel protégé et les risques d'érosion hydrique et de lixiviation sont grandement amenuisés. Cette méthode est très efficace, mais est très coûteuse et peut s'avérer techniquement impossible si la taille du dépôt est trop grande.

Une seconde méthode de recouvrement consiste à placer un **géotextile** sur la surface du dépôt. Les géotextiles sont des matériaux de recouvrement fait de fibres naturelles ou artificielles. Ils ont de nombreux usages visant généralement à stabiliser le sol, notamment lors de travaux de végétalisation. Les géotextiles peuvent également être utilisés pour contrôler l'érosion hydrique, leur efficacité étant tributaire de certaines propriétés telles que leur pourcentage de recouvrement, leur rugosité et leur poids humide (Rickson, 2006). Le géotextile est perméable, mais permet de réduire l'énergie cinétique des précipitations, ce qui réduit l'érosion occasionnée par celle-ci. Les géotextiles sont généralement peu coûteux, mais ont une efficacité limitée contre l'érosion hydrique, surtout si le substrat est fin et présente peu de cohésion. Leur durabilité est plutôt faible, ce qui peut être avantageux lors de travaux de végétalisation, mais ne permet pas d'offrir une solution à long terme s'ils sont utilisés comme seule méthode pour contrer l'érosion.

Une méthode semblable consiste à installer une **géogrille** sur le substrat. Une géogrille est un grillage de polymère servant à recouvrir une pente dans le but de la stabiliser. La géogrille ne limite pas le contact des précipitations avec le substrat et offre peu de protection contre l'érosion hydrique. Cette méthode est particulièrement efficace si le substrat est très grossier, mais augmente peu la cohésion si le substrat est fin. Les géogrilles sont durables, peu coûteuses et peuvent être complémentaires à d'autres méthodes pour stabiliser une pente. Elles offrent

cependant une performance très limitée si utilisée seules. Finalement les haldes peuvent également être recouvertes d'un autre substrat. Cette approche est généralement utilisée en prévision d'une revégétalisation, par exemple en recouvrant un dépôt minier de terre végétale. Une étude en Chine a démontré que l'ajout de compost de champignon réduisait significativement l'apport sédimentaire de haldes minières de fer (Chunjuan et al., 2020). Ce type de substrat s'avérerait plus efficace pour contrôler l'érosion qu'un amendement de sol organique ou encore d'un mélange de sol organique et de compost de champignons (Chunjuan et al., 2020). Ce substrat permettrait de diminuer la perméabilité du sol, ce qui augmenterait la vitesse d'écoulement de l'eau, mais diminuerait la teneur en sédiment (Chunjuan et al., 2020). Il faut cependant ajouter que le compost de champignon est généralement alcalin et n'offre qu'un faible apport en azote. Ce type de recouvrement est pratiquement toujours accompagné d'un ensemencement de végétaux.

Cependant, les dépôts peuvent être recouverts par un substrat plus grossier comme un enrochement. L'**enrochement** est une méthode peu dispendieuse et souvent efficace pour stabiliser et recouvrir le substrat (Martin-Moreno et al., 2016). L'enrochement peut servir à offrir une base plus solide pour une végétalisation ou encore pour stabiliser une section, par exemple une zone d'écoulement. Certaines observations réalisées sur le terrain laissent croire que la simple présence d'un substrat plus grossier favorisait l'implantation de certains végétaux, notamment le bouleau à papier (*Betula papyrifera*).

La végétalisation

La végétalisation est la méthode la plus souvent mentionnée pour restaurer les sites miniers qui ne sont plus en activité. Elle représente une avenue intéressante pour le contrôle de l'érosion, mais celle-ci nécessite une à deux saisons de croissance pour être efficace. Cette période est particulièrement sensible et des méthodes de contrôle supplémentaire (e.g. géotextiles) peuvent être nécessaires pour assurer l'établissement des végétaux. La végétation contrôle l'érosion hydrique de deux façons, soit en diminuant l'ablation du substrat et en favorisant la rétention des sédiments. De fait, la végétation bloque en partie l'érosion pluviale en captant les gouttes de pluie et en absorbant l'énergie cinétique de celles-ci (Rey et al., 2004). La végétation augmente également la porosité du sol ce qui favorise l'infiltration de l'eau et diminue le ruissellement de surface (Rey et al., 2004).

Les haldes de résidus amiantés présentent des conditions biophysiques souvent inhospitalières où peu d'espèces arrivent à croître. Wu (2011) souligne que les pentes abruptes et la croûte surfacique d'hydromagnésie sont les principaux obstacles à la revégétalisation des sites de résidus amiantés. Elles se caractérisent également par une alcalinité très élevée et de fortes concentrations en métaux, notamment en chrome, en Nickel et en magnésium (Wu, 2011). Les travaux de Moore et Zimmerman (1977) sur la végétalisation de résidus miniers amiantés ont conclu que certaines plantes pouvaient survivre à ces conditions, notamment *Lolium perenne*, *Hordeum jubatum*, *Poa palustris* et *Melilotus alba*. En condition expérimentale, ils notent que *Bromus intermus*, *Medicago sativa*, *Trifolium hybridum* et *Elymus junceus* peuvent également survivre à ces conditions, cette dernière espèce présentant même des racines de plus de 10 cm (Moore et Zimmermann, 1977). Ils notent toutefois que l'apport de minéraux offert par ce type de sol est fortement inadéquat et que leur végétalisation nécessite une fertilisation jusqu'à dix fois supérieures à celle normalement utilisée dans un contexte agricole (Moore et Zimmermann, 1977). Ils observent que les effets liés à la forte concentration de métaux dans le sol sont moins grands que prévu, mais ils soulignent que le pH très alcalin des RMA pourrait amoindrir la toxicité liée aux métaux. Lors d'essais en laboratoire, Wu (2011) observe que le magnésium tend à se propager dans l'environnement, alors que le nickel demeure fixé en raison de l'alcalinité du substrat. Le pH élevé caractéristique des haldes de RMA pourrait donc en quelque sorte diminuer la toxicité pour les végétaux liée à la présence de métaux. Une végétalisation aurait cependant le potentiel d'acidifier le sol, ce qui pourrait augmenter l'assimilation des métaux par les plantes.

Dans une étude non publiée sur la végétalisation de haldes de résidus stériles à Black Lake, le chercheur Nicolas Bélanger (TELUQ) a comparé la survie et la croissance de différentes espèces d'arbres plantés sur les haldes, incluant des aulnes (*Alnus incana rugosa*), des saules (*Salix sp.*), des épinettes blanches (*Picea glauca*), des mélèzes (*Larix laricina*) et des peupliers hybrides (*Populus x*). Ces espèces étaient plantées sur trois types de sols, soit un mélange de biosolide incluant des boues de désencrage et des boues municipales dans un rapport de 3 : 1, un mélange de biosolide mélangé à un sol limoneux légèrement contaminé et un mélange de biosolide couplé à différents traitements incluant un paillis, de la cendre de bois et des mycorhizes. Somme toute, le type de sol semble avoir peu d'impact sur la survie et la croissance des différentes espèces. Les peupliers hybrides, les épinettes et les mélèzes ont montré une meilleure croissance et une meilleure survie que les autres espèces. La disposition d'andains et l'agencement en monticules étaient les paramètres présentant le plus grand impact sur la survie des arbres. Les plantations

effectuées aux endroits qui n'avaient pas fait l'objet d'un hydro-ensemencement présentaient une meilleure croissance et une meilleure survie. Celles-ci présentaient également une colonisation beaucoup plus grande par les espèces floristiques indigènes, notamment par *Populus balsamifera* et *Populus tremuloides*, ainsi que plusieurs herbacées de la famille des composées.

En 2000, Brofas et Varelides ont réalisé une étude portant sur la revégétalisation de haldes de résidus miniers en Grèce provenant de l'extraction de bauxite, dont les conditions pourraient se comparer aux haldes de RMA (présence d'une croûte surfacique minéralisée, un pH de 7.8 et une concentration de Mg bien au-delà des conditions naturelles ($5.1 \text{ c.mol}_{\text{c}}.\text{kg}^{-1}$)). Ceux-ci ont testé différents types d'hydro-ensemencement dans le but de stabiliser les pentes. Ceux-ci notent qu'un hydro-ensemencement accompagné d'un paillis de paille produit les meilleurs résultats, mais qu'un hydro-ensemencement accompagné de cellulose présentait des résultats très semblables à un coût bien moindre. Les auteurs suggèrent donc de réserver le paillis de paille pour les zones les plus à risques d'érosion. Somme toute, les résultats ont été peu satisfaisants, peu importe la méthode employée. Les communautés végétales survivaient difficilement dans ces conditions.

Atténuation des effets de l'érosion hydrique

Bassins de sédimentation

La méthode généralement préconisée pour réduire la charge sédimentaire d'un écoulement consiste à installer un bassin permettant la sédimentation des particules en suspension. Ces bassins de sédimentation peuvent prendre plusieurs formes et leur conception dépend de la nature des sédiments à capter. La taille du bassin doit tenir compte de la granulométrie des sédiments puisque celle-ci détermine leur vitesse de décantation (Veillette, comm. pers., 2021). Ainsi, une particule fine nécessitera une plus grande superficie pour assurer sa déposition. La toxicité des sédiments est également considérée puisque ces bassins peuvent être munis ou non d'un dispositif de filtration à l'exutoire. Certains bassins sont également accompagnés d'une cellule de prétraitement qui se présente comme un second bassin creusé en amont permettant une filtration plus complète des eaux de ruissellement. Un dispositif de filtration peut également être installé au niveau de l'exutoire dans le cas où l'eau provenant du bassin présente un risque de contamination. Les dépôts sédimentaires doivent être collectés régulièrement et disposés dans un endroit sécuritaire. La fréquence d'entretien dépend principalement de la charge sédimentaire de l'écoulement. Les bassins peuvent être végétalisés, ce qui présente certains avantages, notamment pour la captation des nutriments et de la matière organique. De plus,

lorsque l'eau traitée ne présente pas de forte toxicité, ces bassins peuvent offrir des habitats intéressants pour les espèces floristiques et fauniques de milieux humides. L'installation de bassins de sédimentation n'est possible que si l'espace est suffisant et que l'écoulement peut être dirigé en un endroit précis, ce qui n'est pas toujours possible. Dans un tel cas, l'érosion hydrique doit être contrôlée en amont.

Techniques de génie civil

Le transport sédimentaire peut également être atténué par la stabilisation de la pente. En ce sens, plusieurs techniques de génie civil peuvent permettre de capter les sédiments en bas de pente, ce qui a pour effet d'augmenter la concavité de la pente et, par le fait même, sa stabilité. Ainsi, des gabions, des enrochements, des murs de soutènement, des palplanches ou encore des merlons peuvent être disposés en bas de pente pour permettre l'accumulation du matériel et l'adoucissement de la pente. Les gabions sont des paniers de treillis métalliques généralement remplis de pierres. Du fait de leur hauteur et leur poids, les gabions peuvent être utilisés comme barrière de soutènement perméable. Ils sont également utilisés dans les travaux de stabilisation de berges comme protection contre l'érosion. Lorsque disposés en bas de pente, les gabions peuvent former un système mur-poids pour stopper les éboulements.



Figure 34 Exemple de gabions installés pour stabiliser une pente, Source : Eurico Zimbres

Un enrochement en bas de pente présente plus ou moins les mêmes avantages et inconvénients. Ces structures tendent à se colmater avec le temps ce qui diminuera leur perméabilité et peuvent être ensevelies si la charge sédimentaire est trop élevée. Les murs de soutènement et les palplanches ont l'avantage d'être imperméables, ce qui permet de rediriger l'écoulement à un endroit précis. Ces installations sont toutefois beaucoup plus complexes à installer, elles nécessitent plus d'espace et doivent être ancrées profondément dans le sol, ce qui n'est pas toujours possible selon la nature du sol et l'espace disponible. Finalement les merlons sont des buttes de terre surélevées. Ils sont peu coûteux à installer et sont moins perméables que les enrochements. Ils doivent cependant être suffisamment hauts et larges pour soutenir le matériel transporté, ce qui peut nécessiter un espace important.

Techniques de génie végétal

Plusieurs techniques de génie végétal ont été développées pour stabiliser les pentes et retenir les sédiments. Ces techniques présentent des avantages importants par rapport aux techniques de génie civil, soit qu'elles tendent à se solidifier avec le temps et qu'elles permettent l'absorption de l'eau. Celles-ci s'harmonisent généralement mieux avec le paysage et sont assez peu coûteuses. Ces méthodes sont cependant plus compliquées à mettre en place et nécessitent une expertise particulière. De plus, les ouvrages de génie végétal doivent être réalisés tôt en saison et certaines techniques ne deviennent performantes qu'après une ou deux saisons de croissance. La méthode la plus simple est l'installation de rangs de plançons. Un rang de plançon est un alignement de tiges ramifiées profondément enfouies dans une tranchée et placées perpendiculairement à la pente. Ce type d'aménagement comporte généralement plusieurs rangs placés les uns à la suite de l'autre (de 1 à 3 m de distance). Cette technique est recommandée pour les substrats meubles affectés par le ruissellement de surface et peut être appliquée à de fortes pentes. Ce type d'aménagement n'est cependant pas adapté si la charge sédimentaire est trop importante puisque l'aménagement pourrait être enseveli. Dans quel cas des caissons végétalisés peuvent être installés en bas de pente. Un caisson végétalisé est une structure formée de poutres de cèdres emboîtée et remplie de terre dans laquelle sont insérées des branches de saules. La partie inférieure peut parfois être remplie de pierres pour permettre une meilleure stabilité. Lorsque l'érosion hydrique se concentre dans des zones de ravinements, des fascines drainantes peuvent être installées de manière à stabiliser le sol dans la zone de ravinement et absorber une partie de l'eau qui s'écoule (Figure 7; Tisserant, comm. pers., 2021).

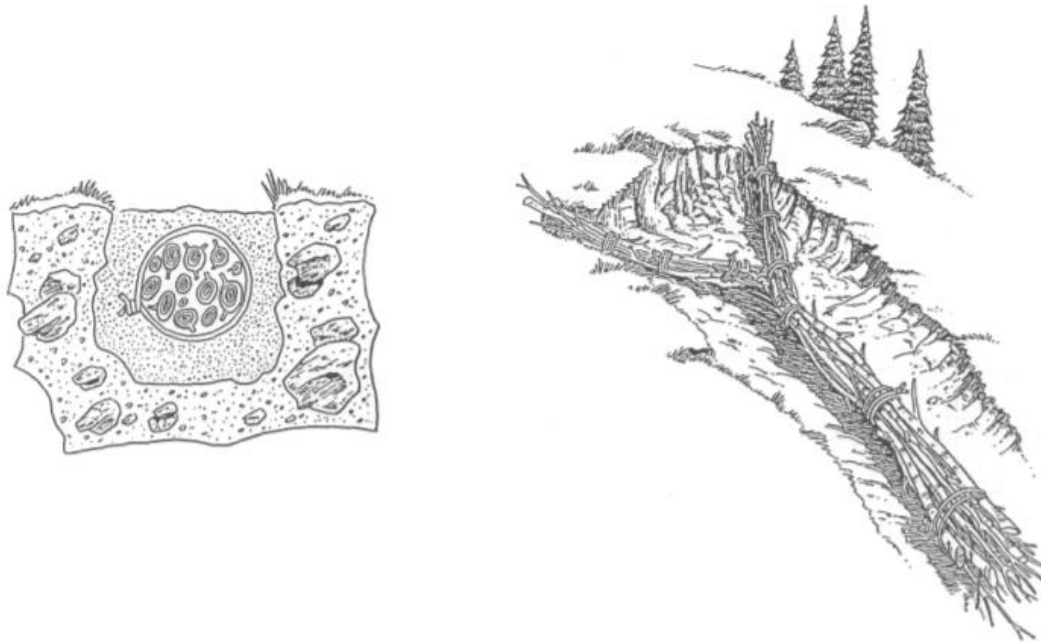


Figure 35 Représentation schématique d'une fascine drainante, Source : David F. Polster

Acceptabilité sociale

Dans le cadre d'une étude sur l'acceptabilité sociale liée à la restauration écologique de sites miniers d'amiante, Lévesque et al. (2020) notent que 81 % des répondants sont favorables à un projet de restauration des sites. Parmi les types de projets proposés, l'aménagement d'un parc et d'un refuge pour la faune sont les propositions les plus populaires et le couvert végétal optimal se situerait entre 60 et 100%.

Constats et recommandations

Considérant le contexte particulier des haldes de résidus amiantés du secteur de Thetford Mines et le fait qu'aucun essai n'ait encore été effectué quant à la stabilisation et/ou la restauration des versants des haldes coniques de résidus amiantés, il serait préférable de tester différentes approches combinant diverses méthodes sur des secteurs localisés afin de statuer sur l'efficacité des techniques de restauration optimales pour ces sites. En ce sens, il serait souhaitable de financer des projets de recherche ayant pour objectifs l'évaluation de différentes méthodes de contrôle de l'érosion hydrique.

L'apport sédimentaire étant une problématique environnementale importante liée à la présence des résidus miniers, la diminution de la charge sédimentaire provenant des haldes minières devrait être traitée en priorité. Ainsi, des bassins de sédimentation devraient être installés là où l'espace le permet de manière à capter les sédiments avant que ceux-ci n'atteignent la rivière. De plus, le transport sédimentaire devrait idéalement être contrôlé en amont des bassins de sédimentation. Pour ce faire, plusieurs approches pourraient être testées. Dans les endroits où un ravinement concentre l'écoulement, une membrane de PEHD pourrait être installée de manière localisée directement dans la zone de ravinement et maintenue en place à l'aide d'un enrochement. Ce type d'aménagement pourrait possiblement être végétalisé par la suite par-dessus la membrane. La membrane éviterait le creusement du ravinement et l'enrochement donnerait une assise solide pour un recouvrement de terre végétale.

Les pentes ne présentant pas de ravinements sévères pourraient être stabilisées à leur base à l'aide d'une assise composée d'un enrochement, un caisson végétalisé ou tout autre structure tel que des gabions ou des merlons. Cette assise pourrait permettre la retenue d'un substrat permettant la végétalisation du bas de la pente, ce qui la stabiliserait et pourrait capter une partie de l'eau et des sédiments qui s'écoulent. Le haut de l'ouvrage pourrait être recouvert d'une géogrille ou d'une autre forme de recouvrement limitant l'érosion directement au-dessus de l'ouvrage.

Lorsque possible, le sommet des haldes devrait être végétalisé afin de capter les précipitations. L'utilisation de peupliers devrait être privilégiée considérant leur capacité avérée à croître dans ces environnements et l'aménagement d'andains permettrait de maximiser leur survie. Un mélange de boues de désencrage et de sols faiblement contaminés (sols A-B) pourrait être

considéré comme substrat pour les arbres puisque la revalorisation de ces matières s'inscrit dans une approche d'économie circulaire, son coût est faible, voire nul, et que l'efficacité de ce mélange a déjà été démontrée sur les haldes de stériles. De plus, les boues de désencrage ont une teneur plus faible en nutriments par rapport aux matières résiduelles fertilisantes, ce qui représente un avantage si un cours d'eau est situé au pied de la halde. Les boues de désencrage présentent également une forte teneur en calcium, ce qui peut rééquilibrer le sol des haldes qui est très riche en magnésium (Bélanger, comm. pers., 2021). L'hydro-ensemencement pourrait être partiel afin de favoriser la colonisation du milieu par les espèces indigènes. Une attention particulière devrait être portée à la composition des ensemencements afin de favoriser les espèces pouvant survivre aux conditions qui prévalent sur les haldes. En ce sens, des espèces telles que *Lolium perenne*, *Poa palustris* et *Trifolium hybridum* constituerait de bons choix. De plus, l'ajout d'un paillis de paille ou de cellulose devrait être considéré.

Dans le cas où l'objectif serait la végétalisation complète des haldes de résidus miniers, un reprofilage des pentes serait probablement nécessaire afin d'assurer un drainage contrôlé des écoulements préférentiels ainsi qu'une stabilité permettant l'accès et la végétalisation des talus. Le reprofilage des haldes coniques nécessiterait l'emploi de technique créative tel que réalisé à la mine Balangero en Italie. L'installation de structures temporaires telles que des grues ou des téléphériques pourraient être envisagés. Les techniques de génie végétal devraient être priorisées lorsque possible en raison de leur durabilité, notamment l'emploi de caissons végétalisés en bas de pente et de fascines drainantes dans les zones de ravinement.

Références

- Beaudoin, G., Hébert, R., Constantin, M., Duchesne, J., Cecchi, E., Huot, F., Vigneau, S., & Fiola, R. (2008). Spontaneous Carbonation of Serpentine in Milling and Mining Waste, Southern Québec and Italy. *Proceedings of Accelerated Carbonation for Environmental and Materials Engineering (ACEME2008)* (p. 82).
- Brofas G. et Varelides, C. (2000). Hydro-seeding and Mulching for Establishing Vegetation on Mining Spoils in Greece.
- Chunjuan, L., Rutian, B., Xingxing, G., Dan C., Tansong, G. et Zhanjun, X. (2020). Erosion Characteristics of Different Tailings Slopes under Simulated Rainfall. *Nature research – Scientific Reports*.
- Entretien avec M. Francis Donati-Daoust, Enseignant au département de technologie minérale du Cégep de Thetford Mines, réalisé le 24 mars 2021.
- Entretien avec M. Miroslav Chum, Ingénieur, réalisé le 30 avril 2021.
- Entretien avec M. Maxime Tisserant, Biologiste et spécialiste en génie végétal, réalisé le 3 mai 2021.
- Entretien avec Nicolas Bélanger, Professeur au département Science et Technologie de l'Université TÉLUQ, réalisé le 17 mai 2021.
- Entretien avec Gaétan Veillette, Ingénieur et chargé de projets à la direction de la restauration des sites miniers du Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), réalisé le 18 mai 2021.
- GROBEC. (2015a). *Caractérisation de l'état des bandes végétales riveraines et de l'érosion du secteur urbain et minier, Ville de Thetford Mines*. Groupe de concertation des bassins versants de la zone Bécancour. https://www.villethetford.ca/wp-content/uploads/2018/08/plan_municipal_vert_carac_secteur_minier.pdf
- Jacques, O., et R. Pienitz, (2021). *En préparation. Rapport d'études paléolimnologiques des lacs du bassin de la rivière Bécancour*. Laboratoire de paléoécologie aquatique (LPA) et Département de géographie, Université Laval.

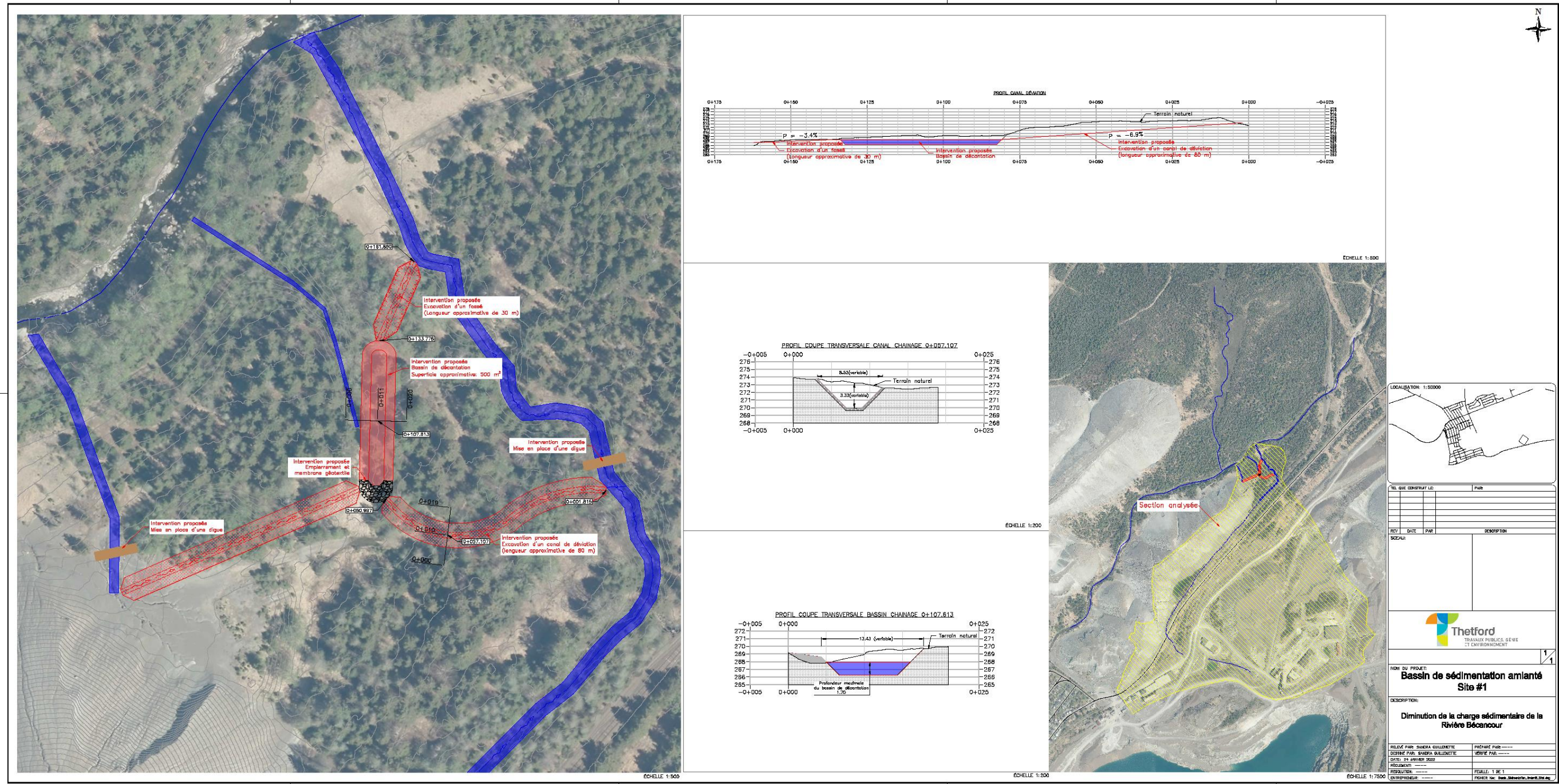
- Lévesque, A., Bélanger, N., Thomas, G.P., Filotas, É. et Dupras, J. (2020). From White to Green Gold : Digging into Public Expectations and Preferences for Ecological Restoration of Asbestos Mines in Southeastern Quebec, Canada. *The Extractive Industries and Society*.
- Martin-Moreno, C., Martin Duque, J.F., Nicolau Ibarra, J.M., Hernando Rodriguez, N., Sanz Santos, M.A. et Sanchez Castillo, L. (2013). Effects of Topography and Surface Soil Cover on Erosion for Mining Reclamation: The Experimental Spoil Heap at El Machorro Mine (Central Spain). *Land Degradation & Development*.
- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). Direction de la restauration des sites miniers. (2017). Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec. Gouvernement du Québec. https://mern.gouv.qc.ca/mines/restauration/documents/Guide-restauration-sites-miniers_VF.pdf
- Moore, T.R., et Zimmermann, C. (1977). Establishment of Vegetation on Serpentine Asbestos Mine Waste, Southeastern Quebec, Canada. *British Ecological Society*.
- Nigam, G.K., Sahu, R.K., Sinha, M.K., Deng, X., Singh, R.B. and Kumar, P. (2017). Field Assessment of Surface Runoff, Sediment Yields and Soil Erosion in the Opencast Mines in Chirimiri Area, Chhattisgarh, India. *Physic and Chemistry of the Earth*.
- Oboni, F., Oboni, C., Angelino, C. and Visconti, B. (2011). Integrated Hydrogeological and Environmental Restoration of Landslides Affecting a Large Asbestos Mine Dry Tailings Dump. *Proceedings Tailings and Mine Waste*.
- Rey, F., Ballais, J.L., Marre, A. et Rovéra, G. (2004) Rôle de la végétation contre l'érosion hydrique de surface. *Geosciences*.
- Rickson, R.J. (2006). Controlling Sediment at Source: an Evaluation of Erosion Control Geotextiles. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- Villeneuve, M. (2013). *Rapport de caractérisation des résidus miniers Région de Thetford Mines*. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. <https://www.bape.gouv.qc.ca/fr/dossiers/etat-des-lieux-et-gestion-de-l-amiante-et-residus-miniers-amiantes/documentation/>

Wu, Y. (2011). *Evaluation of Ecological Risks and Benefits of Revegetation of the Thetford Mines-Phase 1*. Natural Resources Canada; Natural Resources Canada.
<https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/minerals-mining/mining-resources/evaluation-ecological-risks-and-benefits-revegetation-thetford-mines-phase-1/14431>

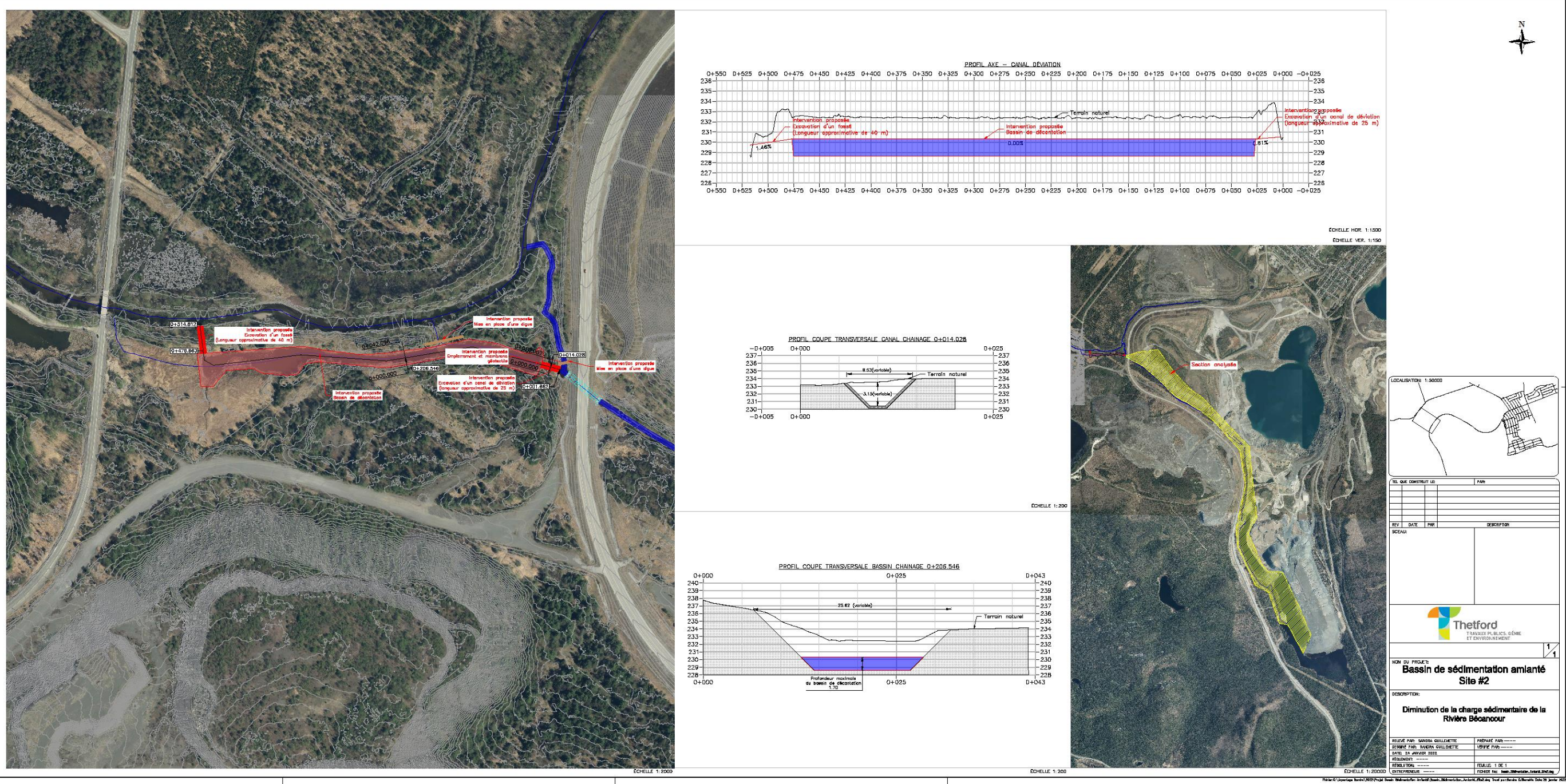
ANNEXE 2

Plans des aménagements prioritaires

Annexe 2a Plan du bassin de sédimentation proposé pour capter les sédiments transportés par le ruisseau British Canadian et un écoulement à la mine British Canadian. Source : Service d'ingénierie, Ville de Thetford Mines.



Annexe 2b Plan présentant la connexion du ruisseau Poirier avec le fossé en bordure de la rivière Bécancour réalisé par le service d'ingénierie de la Ville de Thetford Mines.



Annexe 2c Plan du bassin de sédimentation proposé pour capter les sédiments d'un écoulement préférentiel à la mine British Canadian. Source : Service d'ingénierie, Ville de Thetford Mines.

