

VALEURS ÉCOLOGIQUE ET ÉCONOMIQUE D'UN ANCIEN SITE MINIER RESTAURÉ

Par

Christelle Vittet

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de
l'obtention du grade de Maître en environnement (M.Env.)

Sous la direction de Mme Carmen Pelletier

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Montréal, Québec, Canada, 21 mai 2011

SOMMAIRE

Mots-clés : valeur écologique, valeur économique, parc à résidus miniers, site minier, site restauré, Solbec-Cupra, Lac de la Héronnière, biens et services écologiques.

L'industrie minière québécoise a des racines profondément ancrées dans l'histoire nord-américaine. Source de développement, les mines ont toutefois laissé leurs traces dans le paysage de la province et la restauration des anciens sites miniers constitue aujourd'hui un enjeu important. Mais, une fois restauré, quel est l'avenir de ces sites?

Dans la municipalité de Stratford, le parc à résidus minier Solbec-Cupra a longtemps été une source de contamination pour l'environnement et les écoulements acides qui s'en dégageaient ont constitué un risque pour la santé humaine jusqu'à la restauration du site dans les années 90. Depuis, l'ancien parc à résidus a laissé sa place à un lac d'une soixantaine d'hectares abritant à nouveau une faune et une flore riches. Deux domaines de villégiature sont en cours de développement sur les berges du lac et force est de constater que les caractéristiques passées du site sont loin.

Il existe au Québec bien des sites miniers en restauration ou à restaurer. Face à la reconversion réussie du site de la Héronnière, le potentiel post-restauration de tels milieux pourrait être intéressant à prendre en compte lors de la planification des travaux de réhabilitation. Ainsi, quelle est la valeur attribuable à la restauration des sites miniers? N'est-ce qu'un coût pour la société, un prix à payer pour remédier aux impacts négatifs de l'industrie minière? C'est dans le but de répondre à ce questionnement que cet essai a été développé. Son objectif général concerne l'évaluation des valeurs écologique et économique d'anciens sites miniers restaurés afin de faire ressortir la plus-value pouvant être accordée à la restauration des sites miniers, et ce par l'intermédiaire de l'étude du cas du lac de la Héronnière. Pour y parvenir, cinq sous-objectifs ont été dégagés :

- 1) Introduire le contexte et définir la problématique des anciens sites miniers au Québec;
- 2) Définir les notions de valeurs écologique et économique applicables à la réhabilitation des anciens sites miniers;

- 3) Établir les critères à considérer pour l'évaluation des valeurs écologique et économique d'un ancien site minier restauré;
- 4) Procéder à l'évaluation de la valeur écologique et de la valeur économique d'un ancien parc à résidus miniers restauré;
- 5) Apporter une réflexion quant au potentiel écologique et économique des sites miniers restaurés.

En premier lieu, la définition du contexte et de la problématique permet de mieux structurer la démarche et de cerner les enjeux à prendre en considération dans l'analyse. Elle appuie également le choix de l'approche et des vingt-deux critères d'évaluation retenus pour l'étude de cas. Ces critères, au nombre de douze pour l'évaluation de la valeur écologique et dix pour l'évaluation de la valeur économique, ont été retenus à la suite d'une revue bibliographique rigoureuse dont chaque source a fait l'objet d'une vérification quant à sa qualité, sa pertinence et son sérieux.

Dans un second temps, l'étude du cas du lac de la Héronnière permet de dégager les valeurs écologique et économique attribuées à cet ancien site minier restauré dans les années 90 au coût d'environ 5 millions de dollars. Les caractéristiques du site ont été analysées sur la base de vingt-et-un des critères sélectionnés. En effet, le critère « Maturité du peuplement », n'a pu être évalué par manque de connaissances et de données précises et validées. Au final et en termes de valeur qualitative, il ressort de cette analyse la qualité du milieu restauré qui présente une valeur écologique « très bonne » et une valeur économique « bonne ». De plus, une évaluation monétaire a été menée à partir de données scientifiques relatives à la valeur des biens et services écologiques fournis par des écosystèmes similaires. Ainsi, une valeur comprise entre 1 313 714,17 \$CAD par an et 874 970,76 \$CAD par an est calculée pour l'année de référence 1994, tandis qu'une valeur comprise entre 1 090 232,76 \$CAD par an et 726 125,58 \$CAD par an est calculée pour l'année de référence 2009.

Ces résultats démontrent la valeur intéressante qui peut être accordée au site du lac à la Héronnière et ce, grâce à sa restauration. Par delà ce constat, ces résultats permettent également d'établir le potentiel et la plus-value pouvant être accordée à la restauration des sites miniers au Québec. Ils démontrent que les coûts requis pour satisfaire aux exigences environnementales de la restauration d'un milieu dégradé par des activités minières ne sont pas uniquement une dépense, mais peuvent également être vus comme un investissement à plus ou moins long terme puisque la valeur du site est augmentée par sa

restauration et son réaménagement. Enfin, les constats effectués au site du lac de la Héronnière et les résultats de l'évaluation de la valeur écologique et économique de ce milieu ouvrent le questionnement sur la possibilité d'inclure le concept d'aménagement faunique à la restauration minière.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice Mme Carmen Pelletier pour son support et ses commentaires. Tout au long de cet essai, et ce malgré un emploi du temps chargé, elle a su coordonner mon travail et est restée disponible et à l'écoute de mes interrogations.

Je tiens également à remercier M. Eric Olivier du Groupe S. M. International inc. ainsi que M. Bruno Couture du Domaine des Hauts-Cantons, M. Alain Riel de la municipalité de Gatineau et M. Michel Pelchat pour leur aide précieuse dans mes recherches.

Enfin, j'aimerais remercier ma famille et mes amis, en particulier, Lise et Fernando Michel pour leurs conseils éclairés et leur soutien inflexible au cours de ces derniers mois ainsi que Christiane et Serge, sans qui tout cela n'aurait jamais vu le jour.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1. DOMAINE D'APPLICATION.....	3
2. LA RESTAURATION DES ANCIENS SITES MINIERES AU QUÉBEC	5
2.1 Cadres législatifs	5
2.1.1 Législation fédérale.....	6
2.1.2 Législation provinciale	6
2.2 État de la situation québécoise	9
2.3 Problématique des sites miniers à restaurer	11
2.3.1 Problématiques générales	11
2.3.2 Drainage minier acide.....	12
3. ÉVALUATION DE LA VALEUR ÉCOLOGIQUE	14
3.1 Concept de valeur écologique	14
3.1.1 Définitions.....	14
3.1.2 Caractère culturel de l'évaluation de la valeur écologique.....	15
3.2 Critères d'évaluation de la valeur écologique.....	15
3.2.1 Composantes fauniques et floristiques	16
3.2.2 Composantes abiotiques	21
3.3 Méthode d'évaluation de la valeur écologique	27
4. ÉVALUATION DE LA VALEUR ÉCONOMIQUE	30
4.1 Concept de valeur économique	30
4.1.1 Conception économique de « valeur ».....	30
4.1.2 Biens et services écologiques.....	31
4.1.3 Valeur économique totale	32
4.2 Critères d'évaluation de la valeur économique.....	34
4.3 Méthode d'évaluation de la valeur économique	43
4.3.1 Valeur qualitative	43

4.3.2	Valeur monétaire	45
5.	ÉTUDE DE CAS : LAC DE LA HÉRONNIÈRE	49
5.1	Du parc à résidus minier au site restauré.....	49
5.1.1	Historique du parc	49
5.1.2	Travaux de restauration.....	51
5.1.3	Coûts et implications.....	52
5.2	Le lac de la Héronnière : un lac écologique	52
5.2.1	Inventaire, Lac de la Héronnière	52
5.2.2	Qualité de l'eau.....	54
5.3	Aménagement du site.....	55
5.3.1	Aménagement d'un site d'interprétation.....	55
5.3.2	Domaines privés : Domaine des Hauts-Cantons et Les Berges du Lac de la Héronnière	56
5.4	Évaluation de la valeur écologique et économique du lac de la Héronnière	57
5.4.1	Zone à l'étude : délimitations géographiques	57
5.4.2	Évaluation de la valeur écologique du lac de la Héronnière	58
5.4.3	Évaluation de la valeur économique du lac de la Héronnière.....	62
5.5	Bilan	69
6.	RÉFLEXION.....	70
6.1	Valeur des sites miniers restaurés	70
6.2	Restauration ou aménagement faunique	73
	CONCLUSION.....	74
	RÉFÉRENCES	75
	BIBLIOGRAPHIE	81

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1 Répartition des installations minières au Canada en 2007	4
Figure 3.1 Démarche méthodologique d'évaluation de la valeur écologique	27
Figure 4.1 Concept de biens et services écologiques	31
Figure 4.2 Composantes de la valeur économique totale.....	33
Figure 4.3 Démarche méthodologique d'évaluation de la valeur économique qualitative ...	44
Figure 4.4 Site A, exemple de calcul de la valeur monétaire.....	46
Figure 5.1 Emplacement géographique	49
Figure 5.2 Bassin versant	50
Figure 5.3 Échantillonnage de l'eau souterraine	54
Figure 5.4 Page d'accueil Domaine des Hauts-Cantons, Lac de la Héronnière.....	56
Figure 5.5 Zone évaluée	57
Tableau 3.1 Cotes attribuées en fonction du nombre d'espèces à statut particulier	17
Tableau 3.2 Cotes attribuées en fonction de la maturité du peuplement forestier dominant.....	17
Tableau 3.3 Cotes attribuées en fonction de l'abondance et de la diversité relative	18
Tableau 3.4 Cotes attribuées en fonction de l'hétérogénéité du milieu.....	18
Tableau 3.5 Cotes attribuées en fonction de la connectivité au milieu adjacent	19
Tableau 3.6 Cotes attribuées en fonction de l'hétérogénéité des habitats.....	20
Tableau 3.7 Cotes attribuées en fonction de l'hétérogénéité des micro-habitats.....	21
Tableau 3.8 Cotes attribuées en fonction de la superficie	22
Tableau 3.9 Cotes attribuées en fonction de l'hydroconnectivité et de la bande riveraine ..	22
Tableau 3.10 Cotes attribuées en fonction de la qualité des eaux de surface	24
Tableau 3.11 Cotes attribuées en fonction de la stabilité des sols	24
Tableau 3.12 Cotes attribuées en fonction du degré de perturbation anthropique.....	25
Tableau 3.13 Cotes attribuées en fonction de l'utilisation du milieu adjacent	26
Tableau 3.14 Grille d'évaluation de la valeur écologique	28
Tableau 3.15 Interprétation des résultats	29
Tableau 4.1 Exemples de biens et services écologiques	32
Tableau 4.2 Cotes attribuées pour les B&SE de régulation de l'atmosphère et du climat...	35
Tableau 4.3 Cotes attribuées pour les B&SE de régulation hydrologique.....	36
Tableau 4.4 Cotes attribuées pour les B&SE de régulation pédologique.....	37

Tableau 4.5 Cotes attribuées pour les B&SE relatifs à l'habitat et à la biodiversité	38
Tableau 4.6 Cotes attribuées pour le potentiel récréatif	39
Tableau 4.7 Cotes attribuées pour les B&SE à valeur culturelle et éducative	40
Tableau 4.8 Cotes attribuées en fonction de l'attrait du paysage et de l'esthétisme	41
Tableau 4.9 Cotes attribuées en fonction du potentiel de ressource	42
Tableau 4.10 Cotes attribuées en fonction de l'effort de conservation et de préservation ..	42
Tableau 4.11 Cotes attribuées en fonction de la situation géographique et de l'accès	43
Tableau 4.12 Grille d'évaluation de la valeur économique	45
Tableau 4.13 Valeur globale annuelle moyenne des services des écosystèmes.....	46
Tableau 4.14 Évaluation monétaire des B&SE par classe d'occupation du sol	48
Tableau 5.1 Répartition de la superficie en fonction des différents types de milieux	58
Tableau 5.2 Grille d'évaluation de la valeur écologique	62
Tableau 5.3 Grille d'évaluation de la valeur économique	65
Tableau 5.4 Valeur monétaire en fonction des B&SE.....	67
Tableau 5.5 Évaluation monétaire des B&SE par classe d'occupation du sol	68

LISTE DES ACRONYMES

ANQ	Assemblée Nationale Québec
B&SE	Biens et services écologiques
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
CIC	Canards Illimités Canada
COGESAF	Conseil de gouvernance de l'eau des bassins versants de la rivière St-François
DMA	Drainage minier acide
EEB	Économie des écosystèmes et de la biodiversité
FCA	Fondation canadienne de l'arbre
GERLED	Groupe d'étude et de restauration des lieux d'élimination de déchets
IQE	Indice de la qualité de l'eau
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2)
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MPO	Pêche et Océans Canada
MRC	Municipalité régionale de comté
MRNF	Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune
PIB	Produit intérieur brut
RAPPEL	Regroupement des Associations de protection de l'environnement des lacs et des cours d'eau de l'Estrie et du Haut bassin de la St-François
REMM	<i>Règlement sur les effluents des mines de métaux (DORS/2002-22)</i>
TEEB	<i>The Economics of Ecosystems and Biodiversity</i>
TRNEE	Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie
VET	Valeur économique totale

VNU Valeur de non-usage

VU Valeur d'usage

LEXIQUE

Aire d'accumulation	<p>Terrain où l'on a accumulé, l'on accumule ou l'on projette d'accumuler des substances minérales, du sol végétal, des concentrés ou des résidus miniers. Les bassins d'eau de mine, de sédimentation et de polissage sont aussi considérés comme étant des aires d'accumulation.</p> <p>Tiré de : MRNF, 1997, p..61</p>
Biodiversité (Syn. Diversité biologique)	<p>Variété des organismes vivants de toute origine, y compris, entre autres, les écosystèmes marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie. Inclut également la diversité au sein des espèces et entre celles-ci ainsi que celle des écosystèmes.</p> <p>Tiré de : MRNF, 2011</p>
Climax	<p>En écologie, le climax est un état théorique dans lequel un sol ou une communauté végétale a atteint un état d'équilibre stable et durable avec les facteurs édaphiques, c'est-à-dire tout ce qui a trait à un facteur écologique lié au sol (pH, humidité, etc.), et climatique du milieu.</p> <p>Tiré de : Futura-Sciences, 2011</p>
Contaminant	<p>Toute substance chimique dont la concentration dépasse la concentration de fond qui n'existe pas à l'état naturel dans l'environnement.</p> <p>Tiré de : MRNF, 1997, p.62</p>
Contamination	<p>Présence indésirable d'une ou plusieurs substances susceptibles de porter atteinte de quelque manière que ce soit à la qualité de l'environnement.</p> <p>Tiré de : MRNF, 1997, p.62</p>

Domaine bioclimatique	<p>Territoire caractérisé par la nature de la végétation qui, à la fin des successions, couvre les sites où les conditions pédologiques, de drainage et d'exposition sont moyennes (sites mésiques).</p> <p style="text-align: right;">Tiré de : MRNF, 2011</p>
Drainage minier acide	<p>Écoulement d'eau acide et contenant de métaux dissous résultant de l'oxydation naturelle des minéraux sulfurés contenus dans les stériles, le minerai et les résidus miniers exposés à l'air et à l'eau.</p> <p style="text-align: right;">Tiré de : MRNF, 1997, p.62</p>
Eaux d'exhaure (eaux de mine)	<p>Eaux pompées d'une excavation minière afin de maintenir à sec les ouvrages d'exploitation.</p> <p style="text-align: right;">Tiré de : MRNF, 1997, p.62</p>
Écoulement naturel	<p>Écoulement tel qu'il était avant le début de l'activité minière.</p> <p style="text-align: right;">Tiré de : MRNF, 1997, p.62</p>
Habitat	<p>Cadre écologique dans lequel vivent un organisme, une population, une espèce ou un groupe d'espèces.</p> <p style="text-align: right;">Tiré de : MRNF, 1997</p>
Haldes de stériles	<p>Accumulation de matières résiduelles et de stériles qui proviennent de l'extraction du minerai.</p>
Lixiviat	<p>Liquide ou filtrat qui percole à travers un milieu donné.</p> <p style="text-align: right;">Tiré de : MRNF, 1997, p.64</p>
Minerai	<p>Masse rocheuse contenant des minéraux de valeur en teneur et en quantité suffisante pour en justifier l'exploitation.</p> <p style="text-align: right;">Tiré de : MRNF, 1997, p.64</p>

Parc à résidus miniers	<p>Endroit où l'on entrepose les substances minérales rejetées et les eaux provenant notamment des opérations de traitement du minerai. Font aussi partie intégrante du parc à résidus miniers les différents bassins adjacents à ce dernier.</p> <p>Tiré de : MRNF, 1997, p.64</p>
Résidus miniers	<p>Les substances minérales rejetées, les boues et les eaux, sauf l'effluent final, provenant des opérations d'extraction ou du traitement du minerai et les scories provenant des opérations de pyrométallurgie (L.R.Q., c. M-13.1, art.1). .</p> <p>Tiré de : MRNF, 1997, p.65</p>
Restauration	<p>Opération consistant à remettre dans un état satisfaisant, un site minier. Désigne également le réaménagement d'un site, c'est-à-dire la réorganisation globale de l'espace permettant l'utilisation d'un ancien site d'activité minière à une nouvelle fonction ou vocation (par exemple : récréative, industrielle, etc.).</p> <p>Tiré de : MRNF, 1997, p.65</p>
Site minier	<p>Tout terrain ayant fait, faisant ou pouvant faire l'objet d'une activité d'exploration ou d'exploitation minière.</p> <p>Tiré de : MRNF, 1997, p.66</p>
Stérile	<p>Roche en place ou extraite ne contenant pas de minéraux en quantité suffisante pour en permettre une exploitation économiquement rentable.</p> <p>Tiré de : MRNF, 1997, p.66</p>

INTRODUCTION

Le territoire québécois est jalonné de sites miniers. Nombreux sont abandonnés au gré des intempéries et des vents et sont sources de pollution pour l'environnement. Malheureusement, leur restauration n'est que trop souvent envisagée qu'en termes de dépenses. L'ancien parc à résidus miniers des mines Solbec et Cupra dans la municipalité de Stratford, a longtemps été l'un d'entre eux. Exploitée de 1962 à 1970 par le Groupe Sullivan, la mine Solbec a produit plus de 1,9 M tonnes de minerais sulfurés de cuivre, de zinc et de plomb. En 1983, dans le cadre du programme GERLED (Groupe d'étude et de restauration des lieux d'élimination de déchets), son parc, d'une superficie de 66 hectares, était classifié 1, soit Haut niveau de risque pour la santé humaine, en raison des écoulements acides qui s'en dégageaient. Sa restauration, prise en charge par la société minière Cambior Inc., a conduit à la formation d'un lac désormais connu sous l'appellation de lac de la Héronnière. Aujourd'hui, ce lieu est reconnu en tant que site d'interprétation et deux domaines de villégiature privés s'y sont même développés. De nombreuses espèces ont recolonisé le lac, ses berges et ses environs immédiats, dont le héron, nouvel emblème de cet ancien parc à résidus miniers. Ce lieu unique semble être devenu un bel exemple de reconversion pour un site autrefois source de contamination et de risque pour la santé et il soulève la question de la valeur attribuable à de tels lieux. La plus-value d'un site restauré ne pourrait-elle pas devenir un atout pour inciter à considérer les coûts de restauration comme un investissement rentable pour l'environnement et l'économie?

L'objectif général de cet essai concerne donc l'évaluation des valeurs écologique et économique d'anciens sites miniers restaurés à travers l'étude du cas révélateur du lac de la Héronnière, et ce afin de faire ressortir la plus-value pouvant être accordée à la restauration des sites miniers.

Afin de répondre aux objectifs fixés, l'estimation de ces valeurs repose sur une démarche méthodologique en quatre (4) étapes basées sur la considération des aspects environnementaux et économiques associés aux sites miniers restaurés, telles que :

- 1- Collecte d'informations et revue bibliographique;
- 2- Choix, justification et pondération des critères d'évaluation;
- 3- Étude de cas : le lac de la Héronnière;

4- Réflexion sur le potentiel écologique et économique de la réhabilitation des anciens sites miniers.

L'ensemble de la démarche s'appuie sur une revue bibliographique sérieuse et structurée. Chaque source utilisée a fait l'objet d'une vérification afin de s'assurer de sa qualité et de sa validité.

Dans un premier temps, il importe de cerner le domaine d'application et d'introduire le contexte général ainsi que le contexte législatif entourant la restauration des sites miniers au Québec. Puis, les critères d'évaluation sélectionnés à la suite de la revue bibliographique seront exposés, accompagnés de la description de la méthodologie d'évaluation et du système de cotation et de pondération proposés.

Dans un second temps, est présentée l'évaluation des valeurs écologique et économique du site du lac de la Héronnière. Cette étude de cas débutera par la présentation des caractéristiques du site, puis par l'évaluation en tant que telle et la justification des cotations attribuées.

Enfin, de l'interprétation des résultats découlera une réflexion quant au potentiel écologique et économique des sites miniers restaurés.

1. DOMAINE D'APPLICATION

L'objectif général de ce projet concerne l'évaluation des valeurs écologique et économique d'anciens sites miniers restaurés. Par ce fait, cet essai vise également l'évaluation de la plus-value assimilable à la réhabilitation de ces sites. Compte tenu du caractère unique de chaque emplacement à restaurer et des multiples méthodes qui s'offrent aux entrepreneurs, cet outil d'évaluation se présente sous la forme d'un instrument qualitatif simple et flexible.

Cependant, devant le large éventail de cas pouvant être compris sous l'appellation de « site minier », quelques précisions se doivent d'abord et avant tout d'être faites. Premièrement, par « site minier » il sera entendu les zones d'entreposage de résidus miniers et de stériles aussi nommées les parcs à résidus miniers ou les aires d'accumulation [de résidus miniers]. Les haldes de stériles pourront également entrer dans l'appellation. Par ailleurs, il appert nécessaire de préciser ici quelques définitions. Ainsi, par « résidus miniers » il sera entendu la définition tirée de l'article 1 de la *Loi sur les mines* (L.R.Q., c. M-13.1), soit :

« les substances minérales rejetées, les boues et les eaux, sauf l'effluent final, provenant des opérations d'extraction ou de traitement du minerai et les scories provenant des opérations de pyroméallurgie » (L.R.Q., c. M-13.1, art. 1).

De même, par « aire d'accumulation », il est entendu la définition donnée à l'art. 107 du *Règlement sur les substances minérales autres que le pétrole, le gaz et la saumure* (R.R.Q., c. M-13.1, r.2), soit :

« un terrain destiné à accumuler des substances minérales, du sol végétal, des concentrés ou des résidus miniers » (R.R.Q., c. M-13.1, r.2, art. 107).

Pour d'autres définitions, il est possible de se référer au lexique inclus à la suite de la table des matières.

Deuxièmement, les données, les exemples et les critères qui seront présentés dans le présent travail seront limités aux mines de métaux telles que traitées par le *Code de pratiques écologiques pour les mines de métaux* d'Environnement Canada. Ceci équivaut aux mines de production des métaux suivants (Environnement Canada, 2010a) :

- les métaux communs, essentiellement le cuivre, le zinc, le plomb et le nickel;

- les métaux précieux, essentiellement l'or, les métaux du groupe platine, et l'argent;
- l'uranium;
- le minerai de fer;
- les autres métaux, dont le titane, le tantale, le tungstène, le niobium et le magnésium.

Toutefois, cette restriction d'ordre pratique ne limite pas pour autant la portée des informations fournies relativement à l'évaluation de la valeur des sites miniers restaurés, dans un sens plus large. Cependant, il est important de comprendre que les problématiques prises en compte dans cet essai sont caractéristiques des zones d'entreposage de résidus miniers et de stériles issus de ce type de mines

À titre indicatif, la figure suivante illustre la répartition des mines en exploitation de métaux définis précédemment, au Canada (Environnement Canada, 2010a).

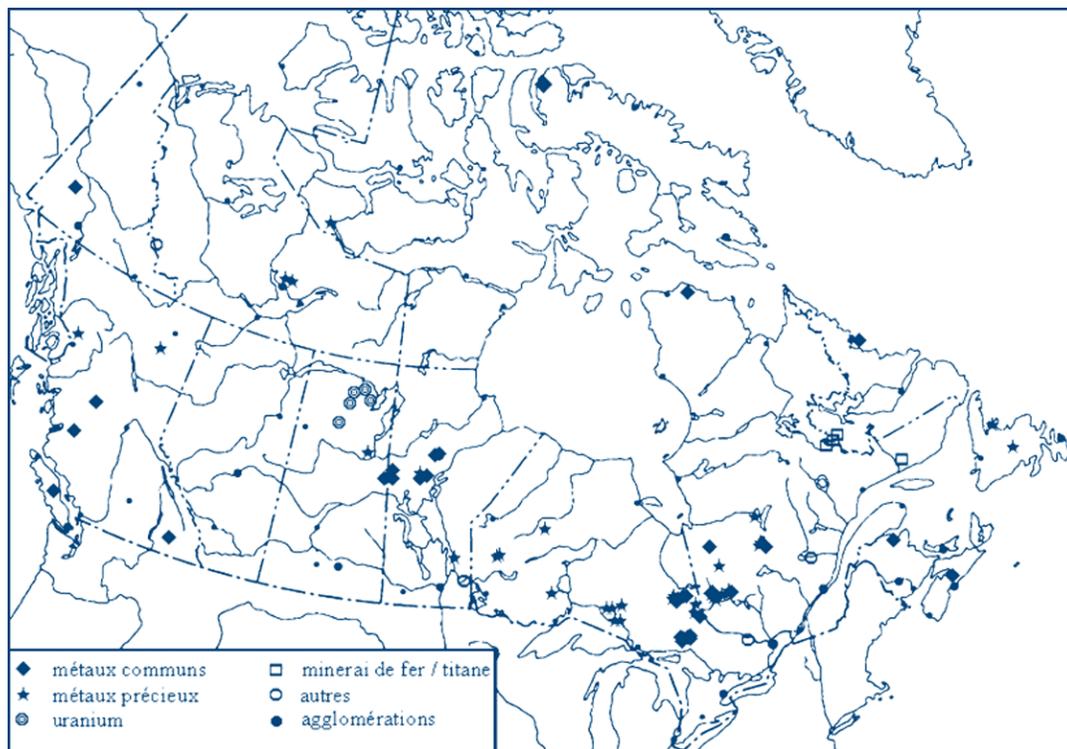


Figure 1.1 Répartition des installations minières assujetties au *Règlement sur les effluents des mines de métaux* (DORS/2002-22) au Canada en 2007 (tiré d'Environnement Canada, 2010a).

Enfin, compte tenu que l'exemple sélectionné afin d'illustrer la démarche d'évaluation est situé au Québec, l'emphase sera mise sur la province.

2. LA RESTAURATION DES ANCIENS SITES MINIERES AU QUÉBEC

L'industrie minière québécoise a des racines profondément ancrées dans l'histoire nord-américaine. Néanmoins, beaucoup de chemin a été parcouru depuis les vagues successives de ruée vers les minerais d'or et d'argent qui ont participé au développement des Amériques. Les besoins ont évolué, les types de gisements recherchés et leur potentiel d'exploitation ont changé. Cette puissante industrie a toutefois su garder une place importante au sein de l'économie et du développement de la province, et a jusqu'à présent toujours su se relever des fluctuations économiques mondiales. La preuve en est : en 2005, il y avait 165 395 titres miniers actifs au Québec et 4 252 étaient en demande (Gauthier, 2008).

Au cours des dernières décennies, des mouvements de protestation sont nés face au mode de fonctionnement de cette industrie, témoignant des inquiétudes relatives aux impacts environnementaux qu'elle engendre. Ces pressions sociales ont imposé le remaniement du cadre normatif québécois, notamment en ce qui a trait à la restauration des sites miniers.

Dans ce contexte, il importe d'abord de cerner convenablement les enjeux de la restauration minière. La compréhension de ces enjeux passe par une revue concise des cadres législatifs et des processus entourant la restauration des sites miniers au Québec. Puis, le point sera fait sur la situation des sites miniers de la province ayant fait l'objet de travaux de restauration. Enfin, la problématique des sites miniers à restaurer sera analysée à travers la présentation succincte des principaux risques et des interrogations que soulève l'existence de tels sites, démontrant par là même la nécessité de les réhabiliter.

2.1 Cadres législatifs

Plusieurs textes législatifs régissent les exploitations minières, tant au niveau fédéral que provincial. Ainsi, les gouvernements canadiens et québécois se sont dotés de documents normatifs instaurant un cadre pour l'industrie minière, des premières phases de l'exploration à l'exploitation et à la fermeture des sites. Les sections 2.1.1 et 2.1.2 décrivent les principales lois, ainsi que les règlements, les directives et les codes pouvant s'appliquer aux aires d'accumulation de résidus miniers.

2.1.1 Législation fédérale

La pollution issue des activités minières, telles que prises en considération dans le présent essai, est principalement contrôlée par la *Loi sur les pêches* (L.R.C. (1985), c. F-14) et le *Règlement sur les effluents des mines de métaux* (REMM) (DORS/2002-22). Le but premier de ces documents législatifs est d'assurer la conservation de l'habitat du poisson. Au sens plus large, le contrôle des effluents miniers assure la minimisation de leurs impacts potentiels sur les écosystèmes aquatiques, la ressource halieutique et par là même, la santé humaine. L'article 36 de la *Loi sur les pêches* édicte ainsi l'interdiction de déposer des substances nocives ou susceptibles de l'être dans des eaux où vivent des poissons ou en tout autre lieu si le risque existe que la substance, ou toute autre substance nocive provenant de son immersion ou de son rejet, pénètre dans ces eaux.

Environnement Canada dispose également d'un *Code de pratiques écologiques pour les mines de métaux*. Élaboré à la suite de l'évaluation des effets de l'exploitation minière sur le milieu aquatique au Canada qui a pris fin en 1996, ce code consiste en une mise à jour de l'ancien *Code d'éthique* et complète le *Règlement sur les effluents des mines de métaux* (Environnement Canada, 2010a). Toutes les phases du cycle de vie des mines, de l'exploration à la fermeture ainsi qu'un ensemble d'aspects environnementaux attribuables aux installations minières (gestions des déchets, eaux, biodiversité, etc.) y sont considérés. À travers ce code, le gouvernement fédéral souhaite :

« définir et promouvoir les meilleures pratiques recommandées pour faciliter et encourager l'amélioration continue de la performance environnementale des installations minières tout au long de leur cycle de vie, au Canada comme à l'étranger » (Environnement Canada, 2010a).

À cet effet, le code intègre des concepts de gestion environnementale et s'appuie sur des normes environnementales tant fédérales que provinciales, territoriales et internationales (Environnement Canada, 2010a).

2.1.2 Législation provinciale

Plusieurs principes législatifs provinciaux régissent aussi l'industrie minière. La *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) (L.R.Q., c. Q-2) et la *Loi sur les mines* (L.R.Q., c. M-13.1) en représentent les principales balises.

La loi québécoise sur la qualité de l'environnement (LQE) accorde à toute personne le droit à la qualité de l'environnement (art.19.1). L'article 20 de la LQE stipule également que nul ne doit émettre, déposer, dégager ou rejeter de contaminant au-delà de la quantité ou de la concentration réglementaire. Dans le cas où un contaminant aurait été émis, déposé, dégagé ou rejeté, le Ministre du développement durable, de l'environnement et des parcs, peut alors, en vertu de l'article 31.42 de la LQE, ordonner la remise d'une étude de caractérisation et la mise en place d'un programme de décontamination ou de restauration. La réalisation préalable d'une étude de caractérisation a pour but de sélectionner les techniques de restauration à la fois les plus efficaces et les plus économiques. Ces études peuvent inclure l'évaluation du volume et des épaisseurs de résidus si ces paramètres sont inconnus, la caractérisation des résidus miniers, l'étude hydrologique du site et l'évaluation des impacts de l'aire d'accumulation sur le milieu récepteur.

En 1880, le Québec s'est doté de sa première *Loi générale des mines* (Ecojustice, 2009). Héritière du principe de *free mining*, qui désigne le libre accès aux ressources minières d'un territoire, elle faisait fi de la protection de l'environnement et donnait beaucoup de pouvoirs au *lobby* minier (*Id.*). Si aujourd'hui l'objectif de la *Loi sur les mines* (publiée en 1987), en vertu de l'article 17, reste de favoriser la prospection, la recherche, l'exploration et l'exploitation des mines, il tient néanmoins en considération les autres utilisations du territoire et impose des mesures de protection (art. 230) et de réaménagement et restauration (art. 232.1). Ainsi, depuis 1995, la *Loi sur les mines* inclut l'obligation pour les compagnies minières de déposer et de soumettre à l'approbation du ministre un plan de réhabilitation ainsi que de prévoir une garantie financière. Ces exigences sont valables pour les aires d'accumulation, telles que définies dans le *Règlement sur les substances minérales autres que le pétrole, le gaz et la saumure* (R.R.Q., c. M-13.1, r.2.), lequel est entré en vigueur en 1995. En vertu de l'article 111 de ce règlement, le montant de cette garantie est fixé à 70 % du coût prévu des travaux de restauration. Toutefois, pour les activités minières ayant pris fin avant 1997, le même article limite cette garantie à 15 % de l'évaluation.

Par ailleurs, la *Directive 019 sur l'industrie minière* précise les exigences du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) notamment en ce qui a trait au suivi environnemental post-exploitation et post-restauration des sites miniers. Cette directive fixe aussi les concentrations maximales acceptables à l'effluent final non

dilué pour plusieurs contaminants, dont l'arsenic, le cuivre, le plomb, les matières en suspension, etc.

De plus, afin d'informer et d'aider les responsables de l'industrie minière dans la réalisation de plan de restauration, le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, en collaboration avec le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, a rédigé en 1997 un guide en matière de restauration des sites miniers au Québec (MRNF, 2009a). Cet outil de travail traite notamment des dispositions de la *Loi sur les mines* ayant trait à la restauration de sites et présente les exigences en matière de contenu du plan. Il expose aussi les processus d'acheminement et d'évaluation et décrit les formes de garantie financière autorisées. Les principes de droit de la LQE y transparaissent. Ainsi, parmi les exigences générales en matière de réhabilitation, il est important de noter que la restauration des parcs miniers est définie comme visant à :

« [...] remettre le site dans un état satisfaisant, c'est-à-dire :

- 1) éliminer les risques inacceptables pour la santé et assurer la sécurité des personnes;
- 2) limiter la production et la propagation de substances susceptibles de porter atteinte au milieu récepteur et, à long terme, viser à éliminer toute forme d'entretien et de suivi;
- 3) remettre le site dans un état visuellement acceptable pour la collectivité;
- 4) remettre le site des infrastructures (en excluant les aires d'accumulation) dans un état compatible avec l'usage futur. » (Id. p.13)

En ce sens, il est demandé que les haldes à stériles et les parcs à résidus miniers, incluant les structures de confinement du parc et les digues des bassins de sédimentation, répondent impérativement aux critères de stabilité physique et chimique édictés par le gouvernement. La restauration des sites miniers doit garantir le contrôle de :

« la production de tous les types de contaminant (incluant les réactions chimiques qui génèrent les eaux acides), d'en empêcher l'écoulement ou d'en assurer le captage et le traitement. » (Id. p.18)

Il est à noter que ce guide de restauration est actuellement en révision afin de tenir compte des nouvelles dispositions réglementaires de la *Loi sur la qualité de l'environnement* et des modifications apportées à la *Loi sur les mines*. Cette dernière est d'ailleurs elle-même présentement en cours de réforme afin de l'harmoniser à la stratégie minière du gouvernement du Québec, rendue publique le 29 juin 2009, et à la *Loi sur le développement durable* (L.R.Q. 2006, c.3) adoptée en 2006. Cette réforme vise également

à pallier aux lacunes majeures relevées par le Vérificateur général dans son rapport d'avril 2009 où il soulignait entre autres que :

« les différentes mesures législatives et administratives caractérisant l'encadrement actuel des activités minières ne minimisaient pas le risque que l'État et les québécois aient à supporter les futurs coûts de restauration environnementale additionnels » (Ecojustice, 2009).

Ainsi, le projet de loi n°79 : *Loi modifiant la Loi sur les mines* a pour objectif de stimuler les travaux d'exploration tout en remédiant à certaines omissions législatives, notamment en ce qui a trait à la garantie financière accompagnant les plans de réaménagement, à la consultation publique, au droit des propriétaires fonciers et aux sanctions prévues (Assemblée Nationale Québec (ANQ), 2010).

2.2 État de la situation québécoise

L'activité minière passée a engendré de nombreuses aires d'accumulation de résidus miniers sur le territoire québécois. Or, ces sites représentent des sources de pollution et de contamination non négligeables pour les sols et les eaux souterraines et de surface. Afin de remédier à cette problématique environnementale, le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) du Québec a donc lancé en 1987 un programme de restauration des sites miniers de l'État (MRNF, 2009b).

Selon le MRNF, 365 aires d'accumulation sont présentement actives, c'est-à-dire qu'elles sont soit utilisées ou démontrent un potentiel d'utilisation à court terme (*Ib.*). Assujettis aux articles 232.1 à 232.10 de la *Loi sur les mines*, leurs exploitants ont l'obligation de déposer un plan de restauration et de prévoir une garantie financière, versée graduellement selon un échéancier annuel. Depuis 2003, des modifications apportées à l'article 232.7 de la *Loi sur les mines*, permettent au ministère d'exiger le versement de la totalité de la garantie lorsque la situation financière d'un exploitant se détériore ou s'il y a réduction de la durée anticipée de ses activités minières (MRNF, 2009b)

Le MRNF a également dénombré 167 aires d'accumulation inactives au Québec (MRNF, 2009b). Les dispositions sur la restauration minière n'étant entrées en vigueur qu'en 1995, les sites inactifs depuis une période antérieure à cette date ne sont pas soumis aux articles 232.1 à 232.10. En revanche, ils sont visés par l'article 232.11 qui permet au ministre d'enjoindre à celui qui a produit les résidus miniers de déposer un plan de restauration et d'y répondre.

En effet, en vertu de l'art. 7 de la *Loi sur les mines*, le titulaire du bail minier ou de la concession minière est désigné comme propriétaire des résidus miniers. De plus, l'alinéa 2 du même article stipule que le droit aux résidus miniers revient au propriétaire du sol sur lequel les résidus ont été déposés avec son consentement, si le bail ou le titre de concession venait à expirer, à être abandonné ou à être révoqué. Cependant, ceci ne peut être appliqué aux sites orphelins dont le responsable n'a plus d'existence légale ou est insolvable. Les lois actuellement en vigueur ne permettraient pas au gouvernement québécois d'agir rétroactivement en contraignant les anciens propriétaires (Brassard, 2009). La charge de restaurer les anciens sites miniers abandonnés revient donc à l'État et au ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) dont la mission est de favoriser la mise en valeur, la conservation et la connaissance des ressources naturelles et du territoire québécois dans une perspective de développement durable (MRNF, 2009b).

Depuis 1991, et dans le cadre du programme de restauration lancé en 1987, l'État québécois a ainsi financé les travaux de restauration de 20 sites pour un coût total de 20 millions de dollars (MRNF, 2009b). En 2008, 140 aires d'accumulation étaient répertoriées comme abandonnées, représentant une superficie de plus de 1900 hectares dont au moins 900 seraient générateurs d'acide (MRNF, 2009b; Provost, 2008); l'Abitibi-Témiscamingue, la Mauricie et les Bois-Francs et l'Estrie étant les régions les plus touchées. Le coût des travaux de réhabilitation pour 74 de ces aires, considérées problématiques, était alors estimé à plus ou moins 100 millions de dollars (MRNF, 2009b). Dans sa stratégie minérale *Préparer l'avenir du secteur minéral québécois* présentée en 2009, le gouvernement québécois s'engageait à restaurer d'ici 2017 les sites miniers abandonnés. Ainsi, le budget présenté la même année prévoyait 264 millions de dollars pour assurer l'atteinte de cet objectif (Brasard, 2009). La restauration de ces nombreux sites a permis de développer une expertise québécoise performante et innovatrice, en trouvant des solutions efficaces et économiques pour le contrôle des impacts négatifs associés aux aires d'accumulation de résidus miniers. Parmi ces réussites, la restauration du site d'Eustis en Estrie a valu à ces concepteurs le grand prix du génie-conseil 2010 dans la catégorie Environnement (MRNF, 2010). Abandonné depuis 1939, le site était générateur de drainage minier acide et sa zone d'épanchement s'étendait jusqu'à la rivière Massawipi. Les travaux entrepris à la fin des années 90 comprenaient l'installation d'une cellule de confinement sous une couverture composée de résidus de désencrage issus de l'industrie de pâtes et papiers de la région et de géomembranes. Afin de redonner au site

son aspect naturel, un habitat faunique a été aménagé dans la plaine inondable de la rivière Massawipi et la cellule de confinement a été remise en végétation (MRNF, 2009c).

Plus récemment, le site Aldermac en Abitibi a fait l'objet de travaux de restauration. En septembre 2008 les coûts du projet étaient estimés à plus de 16,5 millions de dollars financés par le fonds de restauration des sites contaminés (Provost, 2008; MRNF, 2009b). Initialement prévus sur une durée de deux ans, les travaux comprenaient :

- l'aménagement d'un recouvrement étanche composé d'une géomembrane, d'un géotextile et d'une couche de matériaux granulaires surmontée d'un horizon de terre végétale;
- l'excavation de résidus;
- la construction de digues;
- et l'ennoiement d'une portion du parc à résidus par la méthode de surélévation de la nappe phréatique.

Le principe de cette méthode consiste à maintenir à un certain niveau la position de la nappe dans la portion du parc à résidus visé. Par capillarité, les déchets situés dans la frange capillaire demeurent près de la saturation. Le fait de maintenir un degré de saturation élevé dans les résidus au-dessus de la nappe phréatique réduit le coefficient de diffusion effectif dans cette zone et, par le fait même, la disponibilité de l'oxygène vers les résidus réactifs (Cyr, 2008). Enfin, des aménagements paysagers compléteront les travaux et rendront au secteur son aspect naturel.

2.3 Problématique des sites miniers à restaurer

La restauration d'un site minier sollicite le respect de nombreuses exigences légales. Elle est contrôlée par un cadre strict et peut représenter des budgets de plusieurs dizaines de millions de dollars. Toutefois, les sites miniers, souvent abandonnés depuis de nombreuses années, présentent des impacts négatifs tels qu'ils justifient des efforts considérables mis en œuvre pour leur réhabilitation.

2.3.1 Problématiques générales

Pendant longtemps, l'exploitation minière a négligé les impacts que pourraient avoir les déchets qu'elles produisaient et qu'elles entassaient sans précaution. Ainsi, d'énormes tas de stériles et de résidus ont été abandonnés au gré des éléments engendrant des risques

non négligeables pour la santé publique et l'environnement puisque les eaux de drainage des parcs à résidus abandonnés finissent fatalement par atteindre le réseau hydrographique et menacent la qualité des eaux de surface et souterraines ainsi que l'intégrité des écosystèmes qui s'y développent. Malgré son coût, la restauration des nombreux sites abandonnés au Québec reste donc une priorité gouvernementale.

Aujourd'hui, plusieurs problématiques environnementales, économiques et sociales associées aux aires d'accumulation peuvent être constatées. Parmi la longue liste, les principales sont reliées à la superficie de ces sites, aux coûts rattachés aux travaux de restauration, à l'absence d'ouvrages de confinement, et aux effluents potentiellement dangereux qui s'écoulent dans la nature et qui sont source de risques pour l'environnement, les écosystèmes et la santé publique (Bussière, 2008). Ces problématiques sont d'autant plus complexes que de nombreuses inconnues peuvent entourer la nature des résidus entreposés et les impacts probables. D'où d'ailleurs l'importance de la réalisation préalable d'une étude de caractérisation géotechnique et géochimique et l'évaluation des impacts des aires d'accumulation sur leur milieu environnant, afin d'élaborer un plan de restauration efficace et efficient. Le contrôle des écoulements des effluents souvent acides et chargés en métaux lourds, lesquels affectent la qualité des eaux de surface et souterraine ainsi que l'équilibre des écosystèmes, constitue la plus grande problématique des sites miniers à restaurer.

2.3.2 Drainage minier acide

Les minerais exploités dans les mines de métaux canadiennes, comme les mines de cuivre, de zinc, de plomb, d'or ou d'argent, contiennent communément des minéraux sulfurés, tels que l'arsénopyrite ou la chalcopyrite (minéraux communs dans les exploitations d'or et de cuivre, à noter que l'arsénopyrite contient aussi de l'arsenic), la galène (riche en plomb), etc. Ces derniers se retrouvent après l'extraction et le traitement des minerais, dans les résidus et les stériles, c'est-à-dire les parties du gisement ou de la roche non minéralisées. Les résidus abandonnés peuvent également être riches en métaux dangereux pour la santé et l'environnement, tel que l'arsenic ou le plomb, etc. Le drainage acide minier (DMA), phénomène chimique résultant de l'oxydation du soufre contenu dans les résidus miniers sulfureux exposés à l'air et aux intempéries, est un héritage bien connu. Le terme DMA désigne à la fois le mécanisme d'acidification et les eaux d'écoulement acide qui en dérivent. Il peut se résumer à la formule simplifiée suivante (Olivier, 2009) :



Le DMA conduit, par la formation d'acide sulfurique qui se mêle aux eaux d'écoulement, à l'acidification du milieu récepteur et a des conséquences désastreuses sur l'environnement (Olivier, 2009). Le pH peut diminuer jusqu'à atteindre des valeurs avoisinant 1,5. De plus, les pH bas de ces milieux acides où peu d'organismes peuvent survivre, favorisent la dissolution et la mobilisation d'autres éléments métalliques souvent toxiques comme le plomb et l'arsenic, qui sont contenus dans les résidus miniers (*lb.*). Ainsi, le pH des écoulements acides est non seulement dommageable à l'environnement, à la faune et à la flore, mais le DMA est également source de pollution aux métaux et présente un risque potentiel d'atteinte à la santé des populations. Le problème a pris une ampleur d'autant plus considérable qu'au fil des ans, l'acidification des eaux de drainage des sites a, au fur et à mesure, contaminé les sols et les réseaux hydrographiques alentour. Le contrôle des réactions du DMA est donc généralement au cœur des travaux de réhabilitation. Or, les principaux facteurs qui régissent le phénomène de DMA sont ceux intervenant dans les mécanismes chimiques de sa formation ou qui l'influencent, tels que l'oxygène, l'eau, la minéralisation, mais aussi la température, le pH et l'activité biologique qui catalyse la réaction d'oxydation des minéraux sulfureux à l'origine du DMA (*lb.*). C'est pourquoi confiner les résidus ou les envoyer constitue des solutions efficaces.

L'histoire québécoise est intimement liée à l'industrie minière qui a laissé ces marques dans le paysage de la province. Au cours des ans, le Québec a acquis une solide expérience dans le domaine de la réhabilitation de sites miniers. Le suivi post-restauration de site à l'image de l'ancien parc Solbec-Cupra, dont il sera question au chapitre 5, démontre l'efficacité des méthodes de restauration. Mais qu'impliquent les notions de valeur écologique et de valeur économique? Sont-elles associables aux sites miniers restaurés et sur la base de quels critères?

3. ÉVALUATION DE LA VALEUR ÉCOLOGIQUE

Cette section a pour but de définir les critères nécessaires et de fournir un cadre à l'évaluation de la valeur écologique globale d'un site. Le concept de valeur écologique et environnementale ainsi que quelques notions utiles à sa compréhension seront définis. Puis, les critères d'évaluation et de cotation seront présentés suivis d'un système de pondération. Enfin, la méthodologie d'évaluation sera établie.

3.1 Concept de valeur écologique

Le concept de valeur écologique ou environnementale est vaste. D'une manière générale, il peut être rapporté à la notion d'intégrité du milieu (Parcs Canada, 2010). De prime abord, ce choix pourrait paraître questionnable compte tenu du sujet de cet essai. L'implantation de sites miniers implique la dégradation du milieu et donc la perte de son intégrité. Cependant, il n'est pas ici question d'évaluer le site par rapport à son passé minier et à sa restauration, mais d'évaluer la valeur d'un milieu dans un contexte d'aménagement du territoire.

3.1.1 Définitions

En vertu de l'article 3 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (L.C. 1999, c.33) (LCPE), un écosystème est :

« [une] unité fonctionnelle constituée par le complexe dynamique résultant de l'interaction des communautés de plantes, d'animaux et de micro-organismes qui y vivent (biocénose) et de leur environnement non vivant (biotopie). » (L.C. 1999, c.33, art. 3)

Ce concept est multi-scalaire, c'est-à-dire qu'il peut être appliqué à différentes échelles. L'évaluation d'un site peut donc être assimilée à l'évaluation des écosystèmes qui le peuplent. Or, la valeur écologique ou environnementale d'un écosystème se définit par l'évaluation de ses composantes et de leurs interactions entre elles ainsi qu'avec leur environnement. Cette valeur se traduit notamment par les notions de vulnérabilité des écosystèmes et d'intégrité écologique qui, selon l'article 2 de la *Loi sur les parcs nationaux du Canada* (L.C. 2000, c.32), réfère à :

« l'état d'un écosystème jugé caractéristique de la région naturelle dont il fait partie, plus précisément par la composition et l'abondance des espèces indigènes et des communautés biologiques ainsi que par le rythme des

changements et le maintien des processus écologiques. » (L.C. 2000, c.32, art. 2).

La valeur environnementale d'un écosystème est donc dépendante du maintien à long terme de processus écologiques clés reposant sur la conservation des éléments physiques et biologiques constituant l'écosystème. Qualifier la valeur écologique d'un site revient à évaluer ces composants. Pour ce faire, il est nécessaire de sélectionner des critères d'évaluation représentatifs des paramètres influençant la valeur écologique à l'échelle d'un site, en l'occurrence ici un site minier restauré.

3.1.2 Caractère culturel de l'évaluation de la valeur écologique

Depuis la démocratisation du principe de développement durable, nombre d'évaluations sont basées sur ce concept. Il est alors généralement question des trois sphères : environnementale, économique et sociale. Cependant, les valeurs sociales et culturelles peuvent aisément se confondre dans les valeurs environnementale et économique.

Pour Warnaffe et Devillez (2002), la valeur écologique est sous-divisée en valeur naturelle et conservatoire. Si la première se rapporte à l'intégrité écologique, la seconde sous-entend l'évaluation du potentiel de conservation que les auteurs identifient comme relatif à l'intérêt patrimonial et esthétique des milieux. Ainsi, la valeur de conservation repose sur des critères d'appréciation humaine vis-à-vis de la diversité, de la rareté ou bien encore de la vulnérabilité des espèces et des habitats. Il importe de distinguer ces critères de ceux relatifs à l'évaluation de la valeur naturelle intrinsèque de l'écosystème, indicateur du degré de perturbation anthropique du système. Toutefois, ces deux facettes se doivent d'être intégrées à l'évaluation, car le résultat d'une analyse basée uniquement sur la naturalité d'un milieu ne concorderait pas à celui basé sur le seul intérêt de conservation (Warnaffe et Devillez, 2002). Ainsi, l'évaluation de la valeur écologique inclut des critères à connotation culturelle et sociale.

3.2 Critères d'évaluation de la valeur écologique

Douze critères d'évaluation ont été développés pour l'estimation de la valeur écologique d'un milieu. Ils ont été sélectionnés pour leur pertinence dans le cadre du présent essai, parmi la large gamme de critères relevés au cours de la revue littéraire préalable. Ils sont divisés en deux groupes selon qu'ils concernent la biocénose (composantes fauniques et floristiques) (6 critères) ou le biotope (composante abiotique) (6 critères).

L'évaluation de la valeur écologique de ces composantes repose idéalement sur une caractérisation du secteur et un inventaire biologique détaillé incluant la liste exhaustive des espèces fauniques et floristiques présentes, réalisé par une personne habilitée. Ces informations permettent l'évaluation des paramètres de biodiversité et d'utilisation de l'habitat qui influencent la valeur environnementale d'un écosystème. Toutefois, il importe de préciser, qu'en l'absence de données d'inventaire spécifiques concernant les espèces présentes, des critères descriptifs du potentiel d'habitat peuvent être retenus comme alternative.

À noter, qu'il n'est pas nécessaire de satisfaire à tous les paramètres associés à une cote, pour qu'elle soit attribuée. Le bon sens de l'évaluateur est requis afin d'estimer le choix le plus pertinent.

3.2.1 Composantes fauniques et floristiques

L'intégrité écologique des écosystèmes repose sur le maintien de la biodiversité qui réunit la variété spécifique (au sein d'un écosystème) et génétique (au sein d'une même espèce) et les fonctions écologiques que les espèces présentes remplissent. Cette diversité est garante du bon fonctionnement des écosystèmes ainsi que de leur capacité d'adaptation à l'évolution et aux changements continus des conditions environnementales de leur milieu et donc de leur pérennité.

Sur les douze critères d'évaluation de la valeur écologique, six concernent les composantes fauniques et floristiques et sont ici présentés. Certains ne s'appliquent qu'à la composante floristique ou qu'à la composante faunique. Ces cas particuliers sont indiqués.

- Présence d'espèce à statut particulier

La présence d'espèces fauniques ou floristiques à statut particulier (rare, menacée ou vulnérable) est un facteur d'accroissement de la valeur de conservation d'un milieu et donc de sa valeur écologique (Warnaffe et Devillez, 2002). Le tableau suivant illustre les cotes attribuées pour ce critère en fonction du nombre d'espèces à statut particulier inventoriées. À noter, que certaines cotes font une distinction dans la nature du statut des espèces.

Tableau 3.1 Cotes attribuées en fonction du nombre d'espèces à statut particulier

Cote	Nombre d'espèces à statut particulier
3,00	5 ou plus espèces à statut particulier ou présence d'une espèce ou plus qualifiée de très rare.
2,25	3 à 5 espèces à statut particulier ou présence d'une espèce rare ou en forte régression.
1,50	1 à 3 espèces à statut particulier.
0,75	Au moins une espèce vulnérable ou en régression.
0	Aucune espèce à statut particulier.

- Maturité du peuplement forestier dominant

Ce critère s'applique uniquement à la composante floristique de l'écosystème. Il évalue l'évolution des groupements en fonction des variations de la composition en espèces du peuplement forestier et des différentes strates végétales observées. Il implique donc une bonne connaissance des groupements forestiers. Les cotes sont attribuées en fonction du stade évolutif, de l'état de friche caractérisant un secteur mis à nu et laissé à l'abandon à celui de climax qui représente le stade ultime et stable du peuplement établi principalement en fonction de la latitude, de l'altitude et de l'ensoleillement (Bernhardt, s.d.a). Plus le peuplement végétal inventorié sur le site s'approche du climax, plus sa valeur augmente (*Id.*). Le tableau ci-après attribue les cotes en fonction des stades évolutifs du peuplement dominant en termes de superficie d'occupation.

Tableau 3.2 Cotes attribuées en fonction de la maturité du peuplement forestier dominant

Cote	Maturité du peuplement dominant
3,00	Stable (climax).
2,00	Mature.
1,00	Intermédiaire.
0	Friche.

- Diversité spécifique

Ce critère vise à estimer la diversité en espèces animales et végétales inventoriées. La diversité est mesurée en fonction du nombre de groupes ou classes fauniques

(ichtyofaune, avifaune, herpétofaune, micro-mammifères et mammifères) et de groupements forestiers.

Tableau 3.3 Cotes attribuées en fonction de l'abondance et de la diversité relative

Cote	Groupement forestier	Diversité animale
3,00	6 groupements forestiers ou plus.	4 classes fauniques ou plus sont représentées.
2,00	3 à 5 groupements forestiers.	3 classes fauniques représentées.
1,00	2 groupements forestiers.	2 classes fauniques représentées.
0	1 groupement forestier.	1 seule classe faunique représentée.

- Hétérogénéité du milieu

Ce critère permet d'estimer le potentiel d'accueil du milieu. Il se mesure par la diversité des types de secteurs constituant le site (ex. friche herbacée ou prairie, terrain arboré, marécage, plan d'eau, etc.). Plus le milieu est diversifié, plus il y a d'habitats potentiels disponibles et de niches écologiques distinctes. Le milieu est donc amène de supporter une plus large biodiversité et sa valeur écologique s'en voit accrue (Joly *et al.*, 2008; Bernhardt, s.d.b).

Tableau 3.4 Cotes attribuées en fonction de l'hétérogénéité du milieu

Cote	Hétérogénéité du milieu
3,00	4 types de milieu et plus.
2,00	3 types de milieu.
1,00	2 types de milieu.
0	1 seul type de milieu.

- Connectivité

Ce critère mesure qualitativement les groupements naturels, ou liens écologiques, adjacents au site étudié qui sont susceptibles d'être empruntés par la faune ou la flore afin de transiter d'un milieu à un autre. La migration entre les différentes communautés vivantes assure la diversité génétique et spécifique. La présence de corridors larges et continus apporte une plus grande valeur au site.

Le tableau suivant attribue les cotes associées à ce critère en fonction des caractéristiques des corridors fauniques présents ou de leur absence.

Tableau 3.5 Cotes attribuées en fonction de la connectivité au milieu adjacent

Cote	Présence de corridor
3,00	Présence d'au moins un corridor vert, large (arbres ou arbustes), reliant sans interruption le site à l'étude à un milieu naturel.
2,25	Présence d'au moins un corridor vert, large (arbres ou arbustes), reliant de façon discontinue le site à l'étude à un milieu naturel.
1,50	Présence d'au moins un corridor vert, étroit (arbres ou arbustes), reliant sans interruption le site à l'étude à un milieu naturel.
0,75	Présence d'au moins un corridor vert, étroit (arbres ou arbustes), reliant de façon discontinue le site à l'étude à un milieu naturel.
0	Absence de corridor.

- Hétérogénéité des habitats

Au Québec, l'habitat faunique est défini comme « un lieu où une espèce animale trouve nourriture, abri et tout autre élément nécessaire à l'ensemble de ses besoins vitaux ». En vertu de la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (L.R.Q., c. C-61.1), cette notion est reconnue sous le terme « refuge faunique » et ne s'applique que sur les terres du domaine public. Néanmoins, dans ce travail, le terme d'habitat est utilisé sans distinction.

Selon le glossaire de Pêche et Océans Canada (MPO) (2010), la notion d'habitat réfère :

« a) S'agissant d'une espèce aquatique, les frayères, aires d'alevinage, de croissance et d'alimentation et routes migratoires dont sa survie dépend, directement ou indirectement, ou aires où elle s'est déjà trouvée et où il est possible de la réintroduire;

b) S'agissant de toute autre espèce sauvage, l'aire ou le type d'endroit où un individu ou l'espèce se trouvent ou dont leur survie dépend directement ou indirectement ou se sont déjà trouvés, et où il est possible de les réintroduire. »
(MPO, 2010)

L'hétérogénéité des habitats et leur abondance ont un rapport direct avec la biodiversité. À superficie égale, il est donc pertinent de considérer qu'un milieu abritant un plus grand nombre d'habitats puisse supporter une plus grande diversité biologique (Joly *et al.*, 2008).

L'hétérogénéité d'un habitat est ici mesurée en fonction de sa multifonctionnalité en tant que lieu de reproduction, d'alimentation, de protection et de repos. Si disponible, la diversité des groupements forestiers peut également être prise en compte comme paramètre d'évaluation. Le tableau suivant attribue les cotes en fonction du nombre de groupements forestiers ou de la diversité des fonctions des habitats.

Tableau 3.6 Cotes attribuées en fonction de l'hétérogénéité des habitats

Cote	Hétérogénéité des habitats	
	Groupement forestier	Fonctions
3,00	6 groupements forestiers ou plus.	Diversité de lieu d'alimentation, de reproduction et de protection (3 fonctions) validée pour la majorité des espèces répertoriées.
2,00	3 à 5 groupements forestiers.	3 fonctions, mais peu diversifiées ou 2 fonctions diversifiées validées pour la majorité des espèces répertoriées.
1,00	2 groupements forestiers.	2 fonctions, mais peu diversifiées : ne couvrant pas les besoins de la majorité des espèces répertoriées.
0	1 groupement forestier.	1 unique fonction.

La biodiversité d'un milieu a une grande part dans l'évaluation de sa valeur écologique. Néanmoins, il est parfois difficile ou impossible d'avoir accès à des listes exhaustives des espèces fauniques et floristiques. Dans ce cas, l'évaluation doit tenir compte du potentiel de biodiversité, basé sur l'hypothèse qu'un milieu diversifié présente une probabilité accrue d'abriter un plus large éventail d'espèces (Joly *et al.*, 2008).

Les critères de connectivité et d'hétérogénéité des habitats et du milieu prennent alors tout leur sens, soutenus par la valeur des caractéristiques physiques et morphologiques du milieu représentés par la composante abiotique. Cependant, le potentiel d'hétérogénéité des habitats, tel que présenté au tableau 6, est à modifier pour le potentiel d'hétérogénéité des micro-habitats qui offrent les éléments favorables à la faune et à la flore. Pour la composante faunique, il peut s'agir de sphaigne, d'arbres fruitiers, de débris ligneux et de souches, de blocs au sol, ou de tout élément pouvant favoriser une faune diversifiée et abondante. L'accès à un point d'eau est aussi à prendre en considération. En ce qui a trait à la composante floristique, l'évaluation prend en compte le nombre de strates végétales (muscinale, herbacée, arbustive et arborescente) sans distinction d'espèces.

Le tableau 3.7 suivant précise les cotes associées à ce critère.

Tableau 3.7 Cotes attribuées en fonction de l'hétérogénéité des micro-habitats

Cote	Nombre de strates végétales	Hétérogénéité des micro-habitats
3,00	Présence de toutes les strates de végétation.	Grande diversité des micro-habitats et accès à un point d'eau de bonne qualité.
2,00	Trois strates : muscinale, herbacée et arbustives.	Diversité moyenne et accès à un point d'eau OU Diversité importante, mais sans accès à un point d'eau.
1,00	Strate herbacée et muscinale.	Diversité moyenne sans accès à un point d'eau OU peu de micro-habitats mais avec un accès à un point d'eau.
0	Une seule strate de végétation muscinale.	Peu voire pas de micro-habitats.

3.2.2 Composantes abiotiques

L'évaluation de la valeur de la composante abiotique réfère à l'intégrité chimique et physique du milieu. Six critères ont été retenus dans le cadre de la présente analyse afin d'évaluer la composante abiotique.

- Superficie

La superficie représente un paramètre déterminant pour la survie, la diversité et le maintien de la capacité de support et des fonctions écologiques d'un milieu naturel (Bernhardt, s.d.c). Elle est donc un critère important dans l'évaluation du potentiel de biodiversité dont dépend la valeur écologique d'un site.

Il existe une corrélation non linéaire entre la superficie d'un territoire et le nombre d'espèces qui le peuplent (Bernhardt, s.d.c, MacArthur et Wilson, 1967). Une des explications tient au fait que plus un territoire est vaste, plus les types d'habitats qu'il héberge sont potentiellement diversifiés, et plus la probabilité que le milieu abrite un vaste éventail d'espèces augmente (*ib.*). La disponibilité de superficies suffisamment grande permet notamment de répondre aux besoins de plusieurs espèces. C'est une variable essentielle pour le maintien des habitats fauniques et floristiques et la richesse de la biocénose.

Le tableau suivant présente les cotes attribuées en fonction de la superficie.

Tableau 3.8 Cotes attribuées en fonction de la superficie

Cote	Superficie (ha)
3,00	100 ha et plus.
2,25	70 à 99,9 ha.
1,50	30 à 69,9 ha.
0,75	5 à 29,9 ha.
0	0 à 4,9 ha.

- Hydroconnectivité et bande riveraine

L'hydroconnectivité réfère à la présence de cours d'eau, ruisseaux, rivières, permanents ou intermittents qui permettent les échanges entre les différents milieux à l'échelle locale ou régionale. Plusieurs paramètres peuvent augmenter ou diminuer la valeur de ce critère. Par exemple, l'absence d'obstacle infranchissable pour les espèces aquatiques profère un potentiel intéressant de migration dans un cours d'eau.

La présence d'une bande riveraine, c'est-à-dire d'un couvert végétal permanent adjacent au cours d'eau, amène une valeur écologique supplémentaire au milieu. Une bande riveraine composée d'une végétation abondante et variée (plantes herbacées, arbustes et arbres) recouvrant plus de 80 % des rives, représente une condition optimale. Au Québec, ce paramètre fait d'ailleurs l'objet d'une réglementation, puisque qu'une bande riveraine d'au moins 10 m de largeur doit être conservée en bordure des lacs et des cours d'eau (c. Q-2, r. 35).

Le tableau suivant fournit les cotes attribuées en fonction de l'hydroconnectivité et de l'état de la bande riveraine.

Tableau 3.9 Cotes attribuées en fonction de l'hydroconnectivité et de la bande riveraine

Cote	Lien hydrologique et état de la bande riveraine
3,00	Présence d'un cours d'eau permanent ou d'un plan d'eau hydroconnecté avec plus de 80 % des berges couvertes par de la végétation.
2,50	Présence d'un cours d'eau permanent ou d'un plan d'eau hydroconnecté avec de 60 à 80 % des berges couvertes par de la végétation.

Cote	Lien hydrologique et état de la bande riveraine
2,00	Présence d'un cours d'eau permanent ou d'un plan d'eau hydroconnecté avec moins de 60 % des berges couvertes par de la végétation.
1,50	Présence d'un cours d'eau intermittent ou d'un plan d'eau hydroconnecté de façon intermittente avec plus de 80 % des berges couvertes par de la végétation.
1,00	Présence d'un cours d'eau intermittent ou d'un plan d'eau hydroconnecté de façon intermittente avec de 60 à 80 % des berges végétalisées.
0,50	Présence d'un cours d'eau intermittent ou d'un plan d'eau hydroconnecté de façon intermittente avec moins de 60% des berges végétalisées.
0	Absence de cours d'eau.

- Qualité de l'eau

L'eau est un élément essentiel à la vie. La bonne qualité de cette précieuse ressource est garante de la capacité des plans d'eau à maintenir la vie aquatique et la santé des écosystèmes.

Il existe de nombreux paramètres tant physiques, chimiques, biotiques ou organoleptiques dont dépendent les usages prévus ou souhaités de l'eau (Olivier, 2009). Afin de répondre à sa mission et d'assurer la protection de l'environnement et des écosystèmes naturels, le MDDEP a élaboré un répertoire de critères de qualité chimiques (pH, taux de phosphore, d'azote ammoniacal, coliformes fécaux, etc.), descriptifs (turbidité, couleur, odeur, goût, phase flottante, etc.) et relatifs à la toxicité (toxicité aiguë, toxicité chronique) selon les principaux usages de l'eau de surface, et ce pour plus de 300 contaminants (MDDEP, 2002). Ces usages sont divers et peuvent concerner la protection de la vie aquatique, l'irrigation des cultures, les activités récréatives, etc.

Depuis 2001, le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) a également mis en place l'indice de qualité de l'eau (IQE) qui est appliqué sur les recommandations de la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (TRNEE).

Basé sur le système de cotation de la valeur de l'IQE, le tableau suivant présente les cotes accordées en fonction de l'IQE. Les équivalences de l'IQE y sont indiquées, telles qu'approuvées par le CCME et fournies par Environnement Canada (2010b)

Tableau 3.10 Cotes attribuées en fonction de la qualité des eaux de surface

Cote	IQE	Interprétation
3,00	Excellente	Les mesures de la qualité de l'eau ne dépassent jamais ou très rarement les recommandations pour la qualité de l'eau.
2,25	Bonne	Les mesures de la qualité de l'eau dépassent rarement et habituellement de très peu les recommandations pour la qualité de l'eau.
1,50	Satisfaisante	Les mesures de la qualité de l'eau dépassent parfois et peut-être même de beaucoup les recommandations pour la qualité de l'eau.
0,75	Douteuse	Les mesures de la qualité de l'eau dépassent souvent les recommandations pour la qualité de l'eau.
0	Mauvaise	Les mesures de la qualité de l'eau dépassent habituellement les recommandations pour la qualité de l'eau.

- Stabilité des sols

La stabilité des sols évalue la sensibilité d'un milieu à l'érosion, facteur de détérioration des milieux, particulièrement en ce qui a trait aux milieux humides, aux cours et à leurs berges ainsi qu'aux plaines inondables. La présence de végétation stabilise les sols et représente donc un élément positif dans l'évaluation écologique d'un milieu.

Tableau 3.11 Cotes attribuées en fonction de la stabilité des sols

Cote	Couverture végétale au sol	Stabilité des berges
3,00	Présence d'une couverture végétale sur au moins 90 % de la superficie.	Les berges sont stables (moins de 5 % de berges instables) et les signes d'érosion sont absents ou négligeables.
2,00	Présence d'une couverture végétale sur 60 à 90 % de la superficie.	Entre 5 et 30 % des berges sont instables. Les zones d'érosion sont limitées et de petite taille.
1,00	Présence d'une couverture végétale sur à peine 60 à 20 % de la superficie.	Entre 30 et 60 % des berges sont instables. Les zones d'érosion sont fréquentes et il y a un haut risque d'érosion en cas de crues.
0	Présence d'une couverture végétale sur moins de 20 % de la superficie ou sol à nu.	Les berges sont instables et plus de 60 % de leur superficie montrent des marques d'érosion (effondrement) évidentes.

- Degré de perturbation

Un milieu à l'état naturel ou sauvage, sans perturbation d'origine anthropique est un élément positif dans l'évaluation de la valeur écologique d'un écosystème. La présence de perturbations est une source de dérangement et nuit à l'intégrité de l'écosystème et à son développement. À titre d'exemple, si le développement de site à vocation récréative peut être un atout au niveau culturel et social, il peut néanmoins représenter, s'il n'est pas aménagé adéquatement, une atteinte à l'intégrité et au bon fonctionnement de l'écosystème : la circulation sur le site peut nuire à la faune et entraîner la dégradation de la flore (piétinement), etc. L'établissement de consignes et leur respect est un moyen d'assurer une cohabitation harmonieuse entre la nature et les hommes. Le tableau ci-dessous présente les cotes attribuées en fonction du degré de perturbation.

Tableau 3.12 Cotes attribuées en fonction du degré de perturbation anthropique

Cote	Degré de perturbation
3,00	Perturbations mineures, peu visibles, voire inexistantes. Aucune installation humaine.
2,25	Perturbations à impacts modérés (ex. sentiers pédestres balisés) confinées sur une partie restreinte du site. Aménagement restreint et respectueux de l'environnement. Présence de zones à vocation de conservation ou de régénération.
1,50	Perturbations évidentes et extensives (ex. piste de VTT, sentiers non confinés ou balisés).
0,75	Perturbations à impacts modérés à majeures, mais restreintes et temporaires (ex. zone de villégiature). Moins de 60 % du site est aménagé.
0	Perturbations majeures (ex. déboisement, construction). Degré de perturbation supérieur à 80 % de sa superficie.

- Utilisation du milieu adjacent

Ce critère vise à évaluer la capacité tampon et le potentiel de risque pour un milieu d'être soit détérioré ou détruit. Un milieu adjacent naturel, peu perturbé est considéré comme présentant davantage de valeur écologique.

L'utilisation du territoire en périphérie du site, soit la zone tampon, est un paramètre influant sur le maintien de la diversité et de l'intégrité du milieu (Environnement Canada, 2010b). Le tableau suivant présente les cotes attribuées en fonction des particularités du milieu adjacent au site. Ces caractéristiques peuvent être observées par l'étude de photographies aériennes récentes.

Tableau 3.13 Cotes attribuées en fonction de l'utilisation du milieu adjacent

Cote	Degré de perturbation	Bande riveraine
3,00	Milieu naturel, peu perturbé, exempt ou presque d'activités humaines et peu voire pas fréquenté.	Largeur de la bande riveraine non perturbée : 15m et plus.
2,25	Milieu semi-naturel. Présence humaine limitée.	Entre 10 et 15 m de bande riveraine non perturbée.
1,50	Zone de récréation ou de villégiature (présence humaine modérée et temporaire).	Largeur de la bande riveraine entre 5 et 10 m.
0,75	Milieu semi-urbanisé ou zone d'activité agricole.	Moins de 5 m de bande riveraine non perturbée. Peu ou pas de végétation riveraine.
0	Milieu urbanisé (résidences, activités d'exploitation). Zone industrielle.	Aucune bande riveraine.

Les valeurs utilisées pour les largeurs des bandes riveraines sont issues de l'article 2.2 de la *Politique québécoise de Protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (c. Q-2, r. 35) qui un exige un minimum de 10 à 15m de rive protéger, soit :

- Un minimum de 10 m :
 - lorsque la pente est inférieure à 30 %, ou;
 - lorsque la pente est supérieure à 30% et présente un talus de moins de 5 m de hauteur.
- Un minimum de 15 m:
 - lorsque la pente est continue et supérieure à 30 %, ou;
 - lorsque la pente est supérieure à 30 % et présente un talus de plus de 5 m de hauteur.

3.3 Méthode d'évaluation de la valeur écologique

L'évaluation de la valeur écologique suit une démarche en cinq (5) points illustrée à la figure suivante :

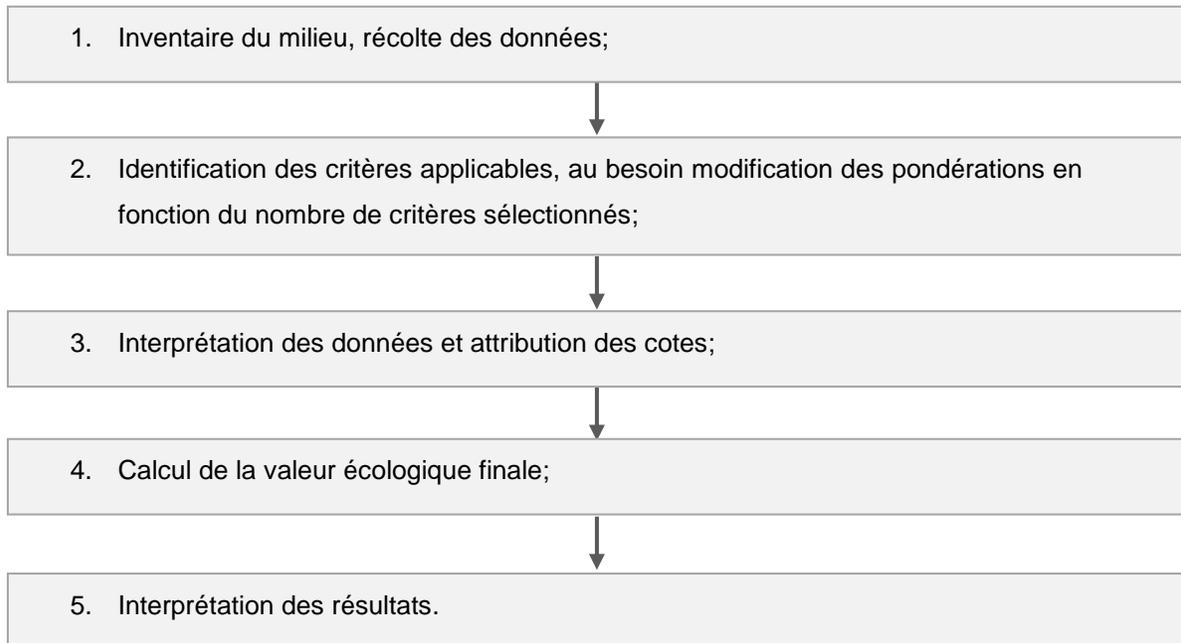


Figure 3. 1 Démarche méthodologique d'évaluation de la valeur écologique

Le résultat de l'évaluation de la valeur écologique d'un milieu dépend des critères choisis, de la cote qui leur est attribuée et de leur pondération, c'est-à-dire l'importance relative de chaque critère retenu par rapport aux autres (Joly *et al.*, 2008). La collecte et l'analyse des données constituent des étapes primordiales.

L'attribution de la cotation se fait sur une échelle de 0 à 3 points. Une description des variables possibles est fournie pour chacune des cotes proposées afin de permettre à l'évaluateur de poser son choix.

En fonction de l'influence du critère et l'importance de son rôle dans la valeur écologique d'un milieu, un poids relatif lui est accordé. La somme des pondérations doit idéalement être égale à 100 si tous les critères sont utilisés. Toutefois la formule développée permet une flexibilité de la pondération. Le tableau 3.14 présente un exemple de la grille d'évaluation contenant les pondérations proposées. Si certains critères s'avéraient non applicables, l'attribution de la pondération pourrait être revue en fonction de l'ordre de priorité ou du poids accordé à chacun des critères pris en compte ou laissée telle quelle.

Dans ce deuxième cas de figure, il est important de prendre en note la somme des cotes pondérées et la somme maximale des cotes pondérées afin de rapporter la valeur écologique en termes de pourcentage.

Tableau 3.14 Grille d'évaluation de la valeur écologique

Critère	Composante			Cote attribuée	Pondération	Résultat
	Faunique	Floristique	Abiotique			
1. Présence d'espèce à statut particulier	✓	✓			8	
2. Maturité du peuplement dominant		✓			8	
3. Diversité spécifique	✓	✓			12	
4. Hétérogénéité du milieu	✓	✓			10	
5. Connectivité	✓	✓			10	
6. Hétérogénéité des habitats	✓				10	
7. Superficie			✓		12	
8. Hydroconnectivité et bande riveraine			✓		8	
9. Qualité de l'eau			✓		8	
10. Stabilité des sols			✓		4	
11. Degré de perturbation			✓		6	
12. Utilisation du milieu adjacent			✓		4	
Somme des cotes pondérées :						
VALEUR ECOLOGIQUE :						%

Une fois la grille d'évaluation complétée, la valeur écologique s'obtient par la formule suivante :

$$\text{Valeur écologique} = (\Sigma \text{ Résultats} / \text{Résultat maximal}) * 100$$

où Résultat d'un critère = cote attribuée * pondération attribuée

et Résultat maximal = cote maximale * Σ Pondérations

Elle est donnée sous la forme d'un pourcentage, dont le tableau 3.15 présente les interprétations, sur une échelle qualitative allant de très faible à exceptionnelle.

Tableau 3.15 Interprétation des résultats

Valeur qualitative	Pourcentage
Exceptionnelle	de 95 à 100 %
Très bonne	de 81 à 94 %
Bonne	de 61 à 80 %
Moyenne	de 41 à 60 %
Pauvre	de 21 à 40 %
Très faible	de 0 à 20 %

En évaluation des impacts, plusieurs méthodes d'évaluation sont basées sur une approche par critères et pondération similaire à celle ici développée. Cette méthode a l'avantage indéniable d'être de compréhension et d'utilisation aisée ainsi que d'être flexible et de bien répondre aux impondérables de l'évaluation. Toutefois, il est à noter qu'il existe d'autres méthodes plus complètes, mais basées sur des calculs également plus complexes (Revéret *et al.*, 2008).

4. ÉVALUATION DE LA VALEUR ÉCONOMIQUE

Cette section a pour objectif de définir un cadre d'évaluation de la valeur économique globale d'un site. Il s'agit d'estimer sa valeur économique, c'est-à-dire sa capacité à contribuer au bien-être des personnes parce qu'il est utile et rare et la valeur qu'un individu ou un groupe est prêt à payer pour en faire l'acquisition. Plusieurs notions nécessaires à la compréhension globale du sujet sont tout d'abord présentées. Puis, les critères et une méthodologie d'évaluation qualitative sont établis, incluant un système de cotation et de pondération. En complément, deux méthodes de calcul de la valeur économique monétaire sont données.

4.1 Concept de valeur économique

S'il est vrai que la disparition d'un milieu entraîne la perte de ressources, elle peut tout autant représenter un gain non négligeable. Dans un contexte global, la décision visant à préserver ou détruire ce milieu, et par là même ses ressources, doit donc se baser sur de nombreux paramètres, dont l'analyse poussée amènera au meilleur choix. Dans tous les cas, l'évaluation économique d'un milieu équivaut à la mesure des avantages environnementaux vis-à-vis de leur aptitude à fournir des biens et services écologiques et à améliorer le bien-être de la société.

Dans le contexte du présent essai, la question est principalement de déterminer si les investissements requis pour satisfaire aux exigences environnementales de la restauration d'un milieu dégradé par des activités minières, sont uniquement une dépense ou peuvent également être vus comme un investissement à plus ou moins long terme puisque la valeur du site est augmentée grâce à la réalisation de sa restauration.

4.1.1 Conception économique de « valeur »

En économie, la notion de valeur se définit par la valeur d'échange généralement assimilée à une valeur marchande ou monétaire. Son montant est fonction de la volonté et des préférences de l'acheteur, de l'importance qu'il accorde au bien ou au service à acquérir et des moyens dont il dispose. Ainsi, les considérations des acquéreurs potentiels ont une influence sur le prix du marché, c'est-à-dire le prix minimal que certains sont disposés à payer (Institut international du développement durable (IIDD), 2007; Environnement Canada, 2005). Dans un contexte immobilier, plusieurs facteurs peuvent

influencer la valeur d'un terrain, tel que l'esthétisme et l'attrait du paysage, l'accès à des services ou à activités récréatives, la situation géographique, etc. (Pelchat, 2011). Néanmoins, le concept de valeur économique de l'environnement implique aussi d'autres notions décrites ci-après.

4.1.2 Biens et services écologiques

Les biens et services écologiques (B&SE) désignent les avantages environnementaux dont bénéficie la société et qui sont issus des écosystèmes (Agriculture et agroalimentaire Canada, 2007; Gabor, 2005). La figure suivante illustre l'ensemble des biens et services écologiques, regroupés en quatre catégories, tel que présenté dans le rapport du *Millenium Ecosystem Assessment* en 2003.

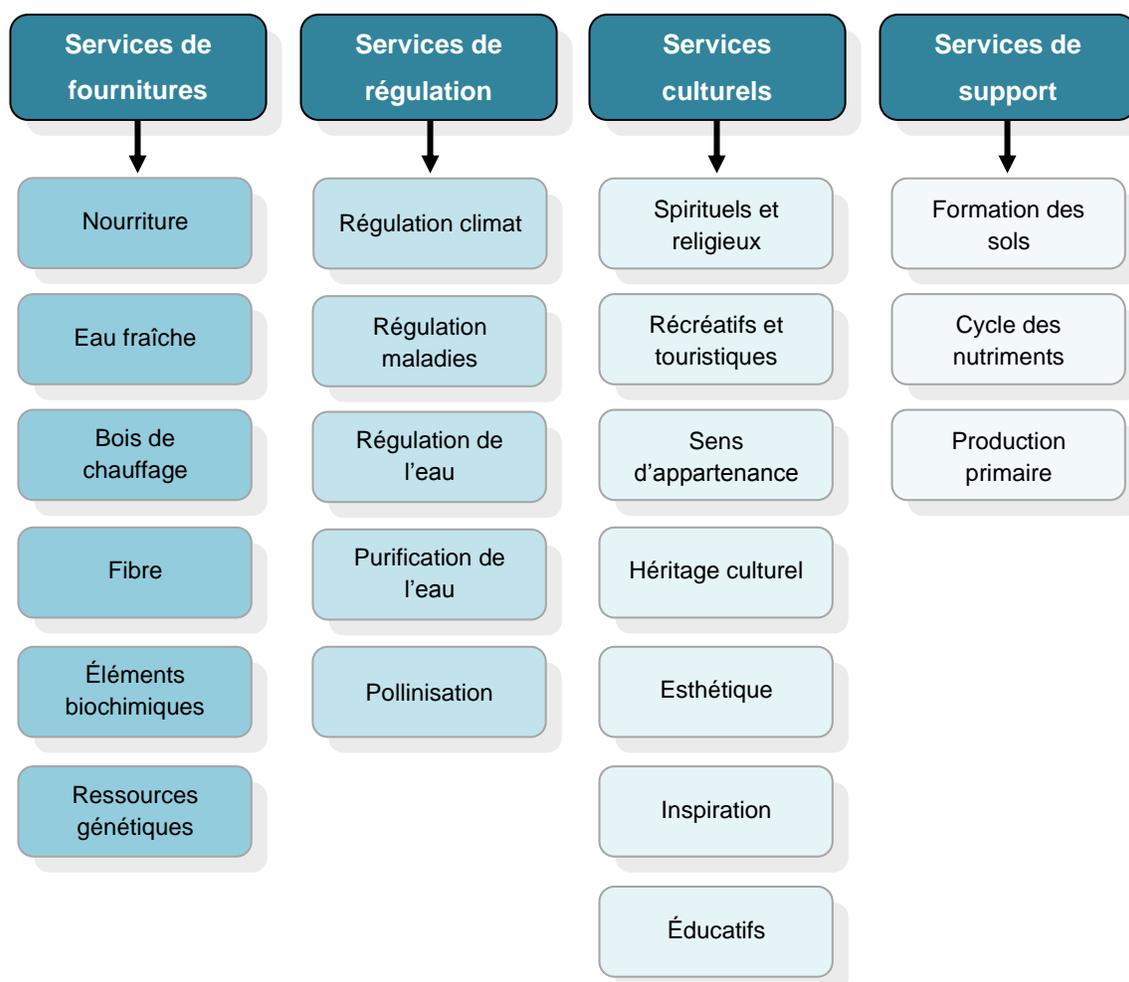


Figure 4.1 Concept de biens et services écologiques selon le Millenium Ecosystem Assessment MEA (2003), (tiré de Revéret *et al.*, 2008, p. 4)

Le concept des B&SE englobe des produits de consommation tels que la nourriture et l'eau, le carburant, les ressources génériques, etc., ainsi que les avantages résultant des processus écosystémiques, par exemple le piégeage de carbone, la régulation du climat, la pollinisation, la purification des eaux, etc. (Id.) Des avantages « non matériels » comme les valeurs esthétiques, culturelles ou récréotouristiques y sont également inclus. Chaque milieu, chaque écosystème produit des B&SE. Ces ressources représentent un capital naturel inestimable pour la société. Le tableau ci-dessus illustre quelques exemples de biens et de services écologiques fournis par les écosystèmes en fonction de leur type (forêt, prairies, plan d'eau, etc.).

Tableau 4.1 Exemples de biens et services écologiques (modifié de Canards Illimités Canada (CIC), 2011, fiche n°1)

Capital naturel	Biens et services écologiques produits
Forêts	Qualité de l'air, stockage et piégeage du carbone, formation du sol, traitement des déchets, lutte biologique, pratiques culturelles, contrôle des eaux de ruissellement, loisirs, matières premières (bois d'œuvre) et ressources génétiques.
Prairies, pâturages	Régulation des eaux, lutte contre l'érosion, formation des sols, traitement des déchets, pollinisation, stockage et piégeage du carbone, lutte biologique et production alimentaire.
Milieus humides	Approvisionnement en eau et traitement des eaux, régulation des perturbations, production alimentaire, loisirs, pratiques culturelles et habitats refuges.
Lacs, cours d'eau, zones riveraines	Approvisionnement en eau et traitement des eaux, production alimentaire et loisirs
Terres cultivées	Production alimentaire, habitats refuges et panoramas.
Terrains non aménagés	Panoramas, stockage et piégeage du carbone et tourisme.

4.1.3 Valeur économique totale

Selon Revéret *et al.* (2008), la valeur économique de l'environnement correspond à la somme ou valeur économique totale (VET) de tous les biens et services écologiques (B&SE) générés par l'environnement. Il existe plusieurs méthodes qui peuvent être

utilisées pour déterminer la valeur économique des B&SE, certaines basées sur les marchés réels (ex. méthode des prix hédonistes), d'autres sur les coûts (de remplacement, de substitution, etc.), sur les marchés fictifs ou sur les résultats d'études antérieures (méthode de transfert des bénéfices) (Revéret *et al.*, 2008). Toutes ne prennent pas en considération les différentes composantes sources de la valeur économique totale, qu'il importe pourtant de distinguer (Revéret *et al.*, 2008).

La valeur économique totale est divisée, comme l'illustre la figure 4.2 en deux grandes catégories : les valeurs d'usage (VU) et les valeurs de non-usage (VNU).

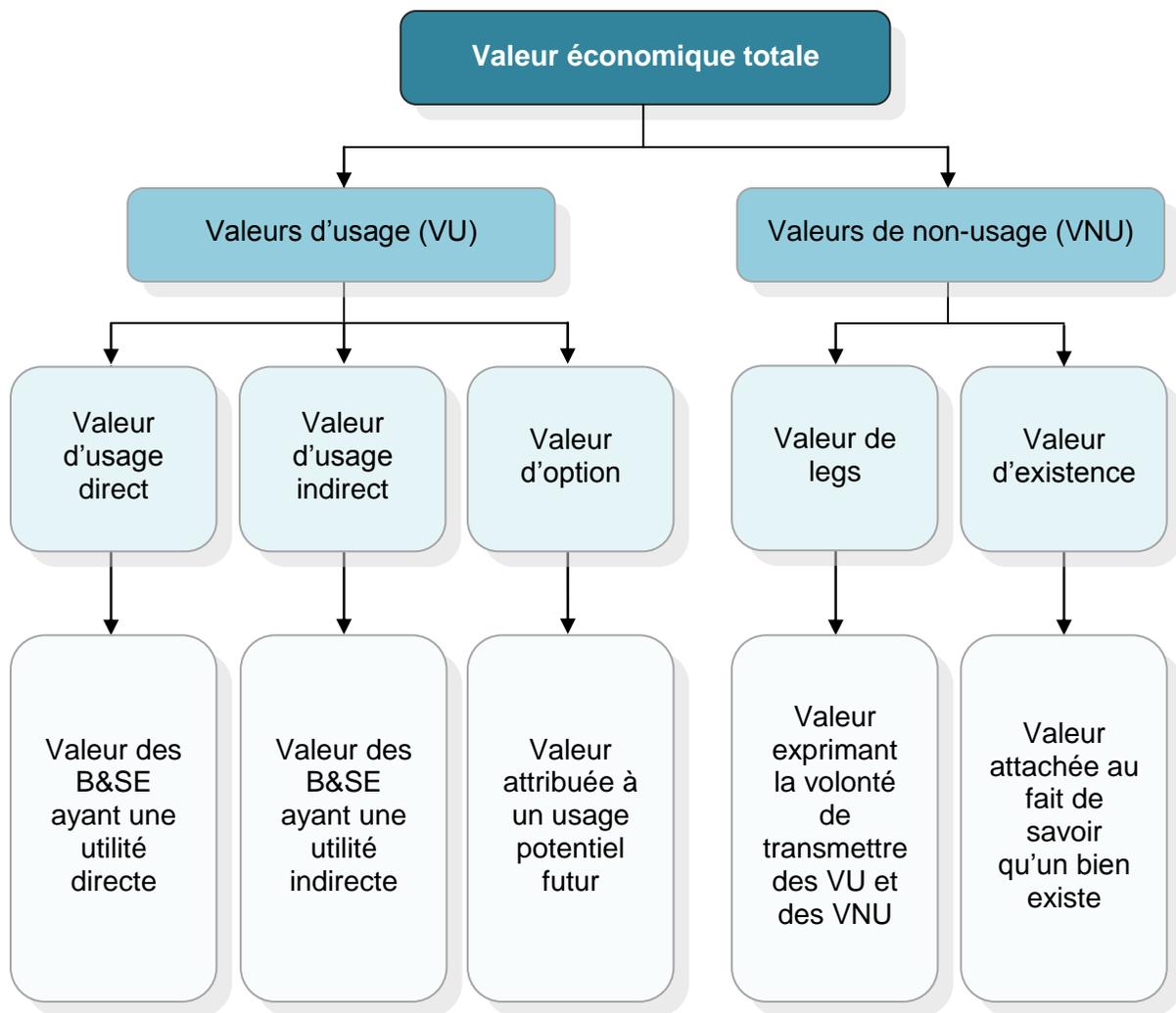


Figure 4. 2 Composantes de la valeur économique totale (tiré de Revéret *et al.*, 2008, p.5)

Les valeurs d'usage réfèrent à l'utilisation des ressources de l'environnement par l'homme. Elles sont divisées en trois sous-catégories. Les valeurs d'usage dites directes concernent la valeur de biens et services écologiques ayant une utilité directe, c'est-à-dire étant directement consommés par la société (Revéret *et al.*, 2008; Barbier *et al.*, 1997). Elles peuvent désigner des produits de l'exploitation forestière ou agricole ou bien des activités récréotouristiques comme la randonnée, la pêche, la baignade.

Les valeurs indirectes désignent quant à elles les avantages liés au maintien d'écosystèmes qui fournissent des services sans interaction directe (Revéret *et al.*, 2008). Elles regroupent par exemple les B&SE associés aux fonctions de régulation du climat ou des eaux. Ces valeurs ne sont généralement qu'indirectement liées aux activités économiques et elles sont par conséquent souvent difficiles à quantifier (Barbier *et al.*, 1997). Toutefois, elles sont bénéfiques aux écosystèmes et à l'homme qui en profite indirectement. À titre d'exemple, la perte des biens et services reliés à la valeur d'usage indirect peut entraîner l'augmentation des coûts d'assurance suite à des inondations, l'augmentation des prix des produits de consommation suite à des récoltes déficitaires, ou bien encore l'augmentation des coûts de traitement des eaux, etc. (CIC, 2011; Revéret *et al.*, 2008). Enfin, la valeur d'option désigne un usage potentiel attribué à une ressource ou à sa disponibilité future (Barbier *et al.*, 1997).

Les valeurs de non-usage se divisent en deux types, soit les valeurs de legs et les valeurs d'existence. La première valeur de non-usage fait référence à la nécessité de conservation des ressources pour les générations futures, tandis que la seconde réfère à la « conscience de la pérennité de l'environnement » soit la valeur intrinsèque du milieu indépendamment de l'usage qui en est fait. Les valeurs de non-usage définissent l'importance que les individus accordent à la seule existence du milieu (Revéret *et al.*, 2008; Barbier *et al.*, 1997).

4.2 Critères d'évaluation de la valeur économique

Au total, dix critères sont présentés. Dans la mesure du possible, l'évaluation tente de couvrir toutes les composantes sources de la valeur économique totale. À noter, qu'il n'est pas nécessaire de satisfaire à tous les paramètres associés à une cote, pour qu'elle soit attribuée. Le bon sens de l'évaluateur est sollicité afin d'estimer le choix le plus pertinent.

- Régulation de l’atmosphère et du climat

Les forêts sont vues comme des puits de carbone et des garanties de la qualité de l’air, comme en témoignent les nombreux projets de plantation d’arbres à des fins de compensation des émissions de gaz à effets de serre. La valeur économique de ce service tient principalement dans le maintien de l’équilibre CO₂/O₂. Toutefois, le taux d’absorption des arbres n’est ni fixe dans le temps, ni dans l’espace, rendant la valeur de ce service difficile à estimer. Au Canada, il est admis qu’un arbre moyen, sur une période de 80 ans, séquestre 1,6 kg/an de carbone en milieu boisé et 2,5 kg/an en milieu urbain (Fondation canadienne de l’arbre (FCA), 2008). La présence d’un couvert végétal joue également un rôle dans la régulation thermique : il maintient la fraîcheur, protège des vents, etc. Dans les centres urbains sensibles au problème des îlots de chaleur, ce paramètre révèle toute son importance. Les plans d’eau, grâce à leur capacité de stockage thermique de l’eau, influencent aussi la régulation thermique. Par exemple, durant l’été l’eau se réchauffant plus lentement que l’air, les plans d’eau apportent de la fraîcheur.

Le tableau suivant présente les cotes possibles selon les attributs du milieu, leur envergure, et leur situation géographique.

Tableau 4.2 Cotes attribuées pour les B&SE de régulation de l’atmosphère et du climat

Cote	Régulation de l’atmosphère et du climat
3,00	Présence d’un plan d’eau de grande envergure, entouré d’une bande riveraine. Terrain boisé, à plus de 80 % de sa superficie OU terrain boisé à partiellement boisé (+ de 60 % de sa superficie), mais de très grande envergure.
2,25	Présence d’un plan d’eau d’envergure moyenne, entouré d’une bande riveraine. Terrain partiellement boisé (60 à 80 % de sa superficie) OU terrain de grande envergure. Terrain en périphérie ou au cœur d’un milieu urbain.
1,50	Présence d’un plan d’eau de petite envergure, entouré d’une bande riveraine. Terrain partiellement boisé (40 à 60 % de sa superficie) OU terrain de d’envergure moyenne. Terrain en périphérie d’un milieu urbain.
0,75	Terrain boisé à partiellement boisé, de petite envergure.
0	Terrain à nu ou faible végétation et peu d’arbres, aucun plan d’eau.

- Régulation hydrologique

Ce critère inclut les B&SE suivants :

- Régulation des perturbations
- Régulation des eaux
- Purification de l'eau
- Alimentation en eau
- Contrôle de l'érosion

Les milieux naturels ont un rôle essentiel dans la régulation du niveau des eaux et le maintien de leur qualité. À titre d'exemple, la végétation stabilise les sols et diminue leur sensibilité à l'érosion, elle capte également des matières en suspension et des éléments chimiques contenus dans les eaux de ruissellement; les milieux humides filtrent les eaux et participent au contrôle des crues et des inondations, à la recharge des aquifères, etc. À noter que le service de purification des eaux permet par exemple d'amoinrir les coûts de traitement des eaux. Ce critère vise à évaluer la présence de milieux humides et de plans d'eau ainsi que la couverture végétale au sol. La superficie de ces milieux accroît l'importance et la valeur de ces zones de rétention naturelles.

Tableau 4.3 Cotes attribuées pour les B&SE de régulation hydrologique

Cote	Régulation hydrologique
3,00	Présence d'un plan d'eau d'envergure entouré d'une bande riveraine de 8 m ou plus. Terrain boisé (strate arborescente, arbustive et herbacée) sur plus de 80 % de la superficie disponible.
2,25	Présence d'un plan d'eau de taille moyenne entouré d'une bande riveraine de 6 m ou plus. Terrain partiellement boisé (strate arborescente, arbustive et herbacée), sur plus de 60 % de la superficie disponible.
1,50	Présence d'un plan d'eau de taille moyenne entouré d'une bande riveraine de 6 m ou plus. Terrain boisé (strate arborescence ou arbustif et herbacée) sur 40 à 60 % de sa superficie.
0,75	Présence d'un plan d'eau de petite envergure. Bande riveraine de 6 m ou moins. Peu de végétation (de 20 à 40 % de la superficie) et absence ou quasi-absence de la strate arborescente, strate herbacée majoritaire.
0	Terrain à nu ou presque : taux de végétation < 20 %. Absence d'arbres.

- Régulation pédologique

Ce critère englobe les B&SE suivants :

- Formation des sols
- Cycle des nutriments
- Traitement des déchets

Le sol, couche meuble de l'écorce terrestre, est un support pour la vie et constitue une interface importante entre l'air et le sous-sol. Il remplit de nombreuses fonctions essentielles, dont le cycle des nutriments et il participe au stockage d'éléments nutritifs comme l'azote et le phosphore, dont il permet d'ailleurs le contrôle (Institut de recherche pour le développement (IRD), 2011). Il est la base de croissance du couvert végétal dont le réseau racinaire représente une protection à l'érosion et au lessivage des sols.

Compte tenu que la régulation pédologique est dépendante du couvert végétal, le tableau suivant présente les cotes attribuées à ce critère en fonction du pourcentage de couvert végétal.

Tableau 4.4 Cotes attribuées pour les B&SE de régulation pédologique

Cote	Régulation pédologique
3,00	Couvert végétal supérieur à 80 % de la superficie.
2,25	Couvert végétal sur 60 à 80 % de la superficie.
1,50	Couvert végétal sur 40 à 60 % de la superficie.
0,75	Couvert végétal sur 20 à 40 % de la superficie, socle rocheux à nu visible sur moins de 40 % de la superficie.
0	Couvert végétal inférieur à 20 % de la superficie, socle rocheux à nu visible sur plus de 60 %.

- Habitat et biodiversité

Ce critère regroupe les B&SE suivants :

- Ressources génétiques
- Pollinisation
- Contrôle biologique
- Refuge

La perte de biodiversité est synonyme de diminution de la disponibilité de certains avantages environnementaux reliés aux cycles des écosystèmes (B&SE de régulation, cycle des nutriments, etc.) et se traduit par des répercussions économiques. Afin de mieux cerner les enjeux de ce critère, il est recommandé de se reporter aux critères d'évaluation de la valeur écologique, en particulier les critères ayant trait aux composantes fauniques et floristiques et le critère de superficie. Car, plus un territoire est vaste et plus ces composantes sont diversifiées, plus la capacité de soutien de ce milieu envers la biodiversité est grande. De même, la connectivité des milieux assurent le brassage génétique, la pérennité de la biodiversité et le bon fonctionnement des écosystèmes. Enfin, le degré de perturbation anthropique entre également en jeu puisqu'il constitue un indice de l'intégrité des écosystèmes.

Le tableau suivant précise les cotes en fonction de la biodiversité et de l'habitat, mais prend également en compte la superficie du milieu, sa connectivité et son degré de perturbation. À noter que les classes fauniques prises en considération sont : l'ichtyofaune, l'avifaune, l'herpétofaune, les micro-mammifères et les mammifères.

Tableau 4.5 Cotes attribuées pour les B&SE relatifs à l'habitat et à la biodiversité

Cote	Habitat et biodiversité
3,00	Superficie grande. Connectivité des milieux, présence de large corridor faunique continu. Potentiel de biodiversité très élevé : 4 classes fauniques inventoriées, 6 groupements forestiers ou plus. Perturbation anthropique limitée.
2,00	Superficie moyenne. Connectivité des milieux, présence d'un étroit corridor faunique continu. Potentiel de biodiversité bon : 3 classes fauniques ou plus inventoriées, 4 groupements forestiers ou plus.
1,00	Superficie petite. Connectivité des milieux, présence de corridor faunique discontinu. Potentiel de biodiversité moyen : 2 classes fauniques ou plus inventoriées, 3 groupements forestiers ou plus.
0	Superficie moyenne à petite. Aucune connectivité des milieux. Faible potentiel de biodiversité.

- Potentiel récréatif

L'implantation d'activités de loisirs engendre des retombées économiques. Les milieux naturels sont propices aux activités récréotouristiques telles que la randonnée, l'observation des oiseaux, la pêche et la chasse sportive, la navigation de plaisance, la baignade, etc. Plusieurs facteurs favorisent leur développement. En ce qui concerne les activités nautiques, il faut notamment citer (Ioica, 2007) :

- la qualité des eaux;
- la taille des plans d'eau;
- l'accessibilité;
- les coûts d'aménagement.

Pour les activités en forêt, la superficie, la biodiversité, l'accès et les coûts d'aménagement entrent aussi en jeu. Le tableau suivant présente les cotes attribuées en fonction du potentiel récréatif.

Tableau 4.6 Cotes attribuées pour le potentiel récréatif

Cote	Potentiel récréatif	
	Forêt	Plans d'eau
3,00	Aménagement de sentiers d'interprétation bien entretenus (avec panneaux d'interprétation). Observation d'espèces fauniques et floristiques. Facile d'accès. Proche d'un noyau urbanisé (moins d'une heure).	Baignade et activité nautique autorisées. Excellente qualité des eaux. Plan d'eau de grande envergure. Facile d'accès et aménagement de loisirs. Proche d'un noyau urbanisé (moins d'une heure).
2,25	Aménagement de sentiers d'interprétation bien entretenus (avec panneaux d'interprétation). Observation d'espèces. Facile d'accès. Situé à plus d'une heure d'un centre urbanisé.	Baignade et activité nautique autorisées. Très bonne qualité des eaux. Plan d'eau de d'envergure moyenne. Facile d'accès et aménagement de loisirs. Situé à plus d'une heure d'un centre urbanisé.
1,50	Aménagement de sentiers d'interprétation. Observation d'espèces difficiles. En région relativement isolée : situé à plus de 1 h d'un centre urbain.	Baignade et activités nautiques autorisées. Très bonne qualité des eaux. Plan d'eau de d'envergure moyenne. Difficile d'accès. Peu d'aménagement.

Cote	Potentiel récréatif	
	Forêt	Plans d'eau
0,75	Sentiers libres, sans aménagement. Difficile d'accès.	Bonne qualité des eaux. Aucun aménagement. Région isolée, difficile d'accès.
0	Aucun aménagement. Aucun accès ou accès très difficile. Région isolée.	Qualité de l'eau mauvaise ou douteuse : baignade interdite, activités nautiques non recommandées. Aucun aménagement.

- Héritage culturel et éducatif

Ce critère regroupe les B&SE suivants :

- Spirituels et religieux
- Sens d'appartenance
- Héritage culturel
- Éducatifs

Il réfère aux valeurs de legs et d'existence, mais est distinct de la volonté de conserver le milieu pour le transmettre aux générations futures. Ce critère ne vise pas à évaluer les efforts de conservation, mais plutôt les raisons pouvant amener à ces efforts. Il analyse également la valeur éducative et scientifique du milieu.

Tableau 4.7 Cotes attribuées pour les B&SE à valeur culturelle et éducative

Cote	Héritage culturel et éducatif
3,00	Site classé au patrimoine. Présence d'éléments à caractère particulier et/ou milieu à caractère particulier. Intérêt scientifique (étude en cours) et éducatif (circuit d'interprétation, classes).
2,00	Présence d'éléments à caractère particulier. Intérêt scientifique (étude en cours) et éducatif (circuit d'interprétation, classes).
1,00	Intérêt scientifique (étude en cours) ou éducatif (circuit d'interprétation, classes).
0	Aucun des paramètres cités précédemment.

- Attrait du paysage, esthétique

La composante naturelle d'un paysage peut offrir une forte valeur ajoutée à un site. Elle peut apporter une valeur supplémentaire artistique, mais aussi patrimoniale et constituer un attrait pour la population.

Le tableau ci-dessous présente les cotes attribuées à ce critère.

Tableau 4.8 Cotes attribuées en fonction de l'attrait du paysage et de l'esthétisme

Cote	Attrait du paysage et esthétique
3,00	Bord de l'eau. Végétation non excessive, aménagement non visible (apparence naturelle).
2,25	Proximité d'un plan d'eau ou d'une rivière. Végétation non excessive, aménagement non visible (apparence naturelle).
1,50	Aucun plan d'eau, mais site d'apparence naturelle ou sauvage.
0,75	Aménagement visible.
0	Proximité visuelle d'un centre industriel ou de traitement de déchets.

- Source de matières premières

Les milieux naturels sont source de matières premières qui ont une valeur d'échange en termes monétaires. Parmi, les matières premières ayant un bon potentiel, il faut citer :

- le bois (activités forestières)
- les matériaux d'emprunt (attention, compte tenu de leur nature, les anciens sites miniers restaurés ne sont amène à fournir ce service qu'à la seule condition qu'ils ne produisent pas de DMA)
- les petits fruits
- les plantes médicinales
- les gibiers et les poissons (chasse et pêche subsidiaire)

Le tableau suivant vise à estimer le potentiel de ressources en fonction de la disponibilité en matières premières.

Tableau 4.9 Cotes attribuées en fonction du potentiel de ressource

Cote	Potentiel de ressources
3,00	5 ressources ou plus potentiellement exploitables.
2,25	4 ressources ou plus potentiellement exploitables.
1,50	3 ressources ou plus potentiellement exploitables.
0,75	2 ressources ou plus potentiellement exploitables.
0	1 ressource ou moins potentiellement exploitable.

- Efforts de conservation et de protection

Le Programme des Nations unies pour l'environnement et Pavan Sukhdev, un économiste indien de renom, ont lancé en 2007 une étude internationale intitulée *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB) ou L'économie des écosystèmes et de la biodiversité (EEB). Cette initiative avait entre autres pour but de souligner le coût croissant de la perte de la biodiversité et de la dégradation des écosystèmes. Selon le rapport de l'EEB publié en mai 2008, la disparition de près d'un dixième de la biodiversité terrestre d'ici 2050 pourrait engendrer un coût économique annuel équivalent à 5 % du produit intérieur brut (PIB) mondial (Commission Européenne, 2010). Ainsi, il apparaît important de souligner tout effort de conservation et de protection. Ce critère reflète la volonté de conserver le milieu pour le transmettre aux générations futures. Le tableau suivant présente les cotes attribuées en fonction du degré d'efforts de conservation et de préservation déployés.

Tableau 4.10 Cotes attribuées en fonction de l'effort de conservation et de préservation

Cote	Degré d'effort de conservation et de protection
3,00	Site déclaré au patrimoine ou zone de conservation dans sa totalité.
2,25	Présence d'un comité de protection. Zone de conservation ou à vocation pédagogique sur 60 % ou plus de sa superficie.
1,50	Présence d'un comité de protection. Zone en voie d'être protégé sur 60 % ou plus de sa superficie. Zone à vocation pédagogique.
0,75	Présence d'un comité de protection.
0	Aucune volonté de conservation ou de protection du site.

- Situation géographique et accès

La rareté des secteurs boisés ou naturels en zone urbaine accorde une valeur accrue à ces milieux. Leur accessibilité permet leur développement économique que ce soit à des fins d'exploitation industrielle ou récréative. Le tableau suivant illustre les cotes accordées selon la situation géographique du site et son accessibilité.

Tableau 4.11 Cotes attribuées en fonction de la situation géographique et de l'accès

Cote	Situation géographique et accès
3,00	Site accessible, en zone urbaine.
2,25	Site accessible, en zone périurbaine ou de villégiature.
1,50	Site moyennement accessible, en région ou zone de villégiature.
0,75	Site difficilement accessible, en région ou zone de villégiature.
0	Site inaccessible situé en région isolée.

4.3 Méthode d'évaluation de la valeur économique

Selon la revue de littérature réalisée, deux méthodes sont utilisées pour évaluer la valeur économique. L'une, similaire à la méthode d'évaluation de la valeur écologique, permet d'attribuer une valeur qualitative à partir de l'analyse des critères précédemment cités. L'autre approche en est une quantitative et il existe de nombreuses méthodes permettant le calcul d'une valeur monétaire de l'environnement. Afin de compléter l'évaluation de la valeur économique d'un site, une méthode simple tirée de la méthode de transfert est utilisée.

4.3.1 Valeur qualitative

À l'image de l'évaluation de la valeur écologique, l'évaluation de la valeur économique qualitative suit une démarche en cinq (5) points illustrée par la figure 4.3 à la page suivante :

De la même manière que lors de l'évaluation de la valeur écologique, le résultat de l'évaluation de la valeur économique d'un milieu dépend des critères choisis, de la cote qui leur est attribuée et de leur pondération. La collecte et l'analyse des données constituent des étapes importantes. Elles incluent l'identification des milieux adjacents et des secteurs composants le territoire à l'étude, ainsi que les différentes activités y prenant place ou

ayant le potentiel de s'y développer. La part des préoccupations sociales est importante dans cette évaluation. Préalablement à la sélection des critères, il est primordial d'identifier l'ensemble des biens et services écologiques fournis par le milieu. Ils seront à la base du choix des critères en fonction de leur pertinence.

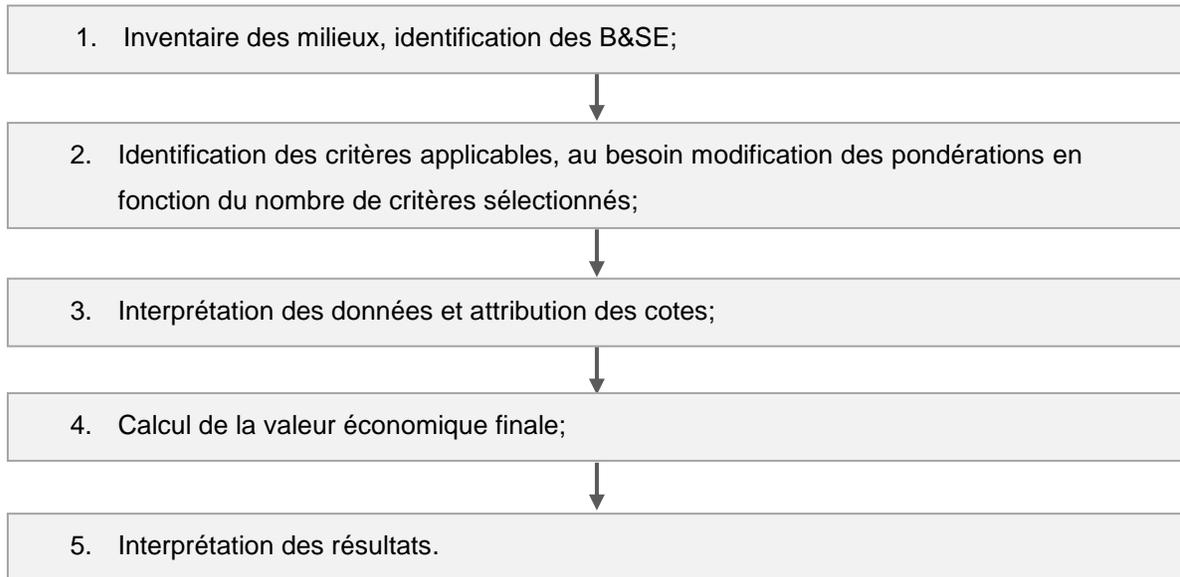


Figure 4.3 Démarche méthodologique d'évaluation de la valeur économique qualitative

L'attribution de la cotation se fait sur une échelle de 0 à 3 points. Une description des variables possibles est fournie pour chacune des cotes proposées afin de permettre à l'évaluateur de poser son choix. En fonction de l'influence du critère, un poids relatif lui est accordé.

Le tableau suivant propose un système de pondération pour le cas où tous les critères présentés sont utilisés. Si certains critères s'avéraient non applicables, l'attribution de la pondération devrait être revue en fonction de l'ordre de priorité ou du poids accordé à chacun ou laissée telle quelle. Dans ce cas, il serait primordial de prendre en note la somme maximale des cotes pondérées (résultats maximal), afin de rapporter la valeur économique en termes de pourcentage.

Tableau 4.12 Grille d'évaluation de la valeur économique

Critère	Cote attribuée	Pondération	Résultat
1. Régulation de l'atmosphère et du climat		10	
2. Régulation hydrologique		10	
3. Régulation pédologique		8	
4. Habitat et biodiversité		16	
5. Potentiel récréatif		16	
6. Héritage culturel et éducatif		10	
7. Attrait du paysage, esthétique		4	
8. Source de matières premières		4	
9. Efforts de conservation et de protection		12	
10. Situation géographique et accès		10	
Somme des cotes pondérées :			
VALEUR ECONOMIQUE :			%

Une fois la grille d'évaluation complétée, la valeur économique s'obtient par la même formule qu'utilisée pour la valeur écologique, soit :

$$\text{Valeur économique} = (\sum \text{Résultats} / \text{Résultat maximal}) * 100$$

où Résultat d'un critère = cote attribuée * pondération attribuée
 et Résultat maximal = cote maximale * \sum Pondérations

Le résultat correspondant à la valeur qualitative est donné sous la forme d'un pourcentage, dont l'interprétation est donnée au tableau 3.15.

4.3.2 Valeur monétaire

De nombreuses études scientifiques ont permis d'attribuer des valeurs monétaires à des biomes en fonction des biens et services qu'ils procurent. Le tableau 4.14 est utilisé par Canards Illimités Canada (2011b) pour présenter la valeur totale par hectare en fonction

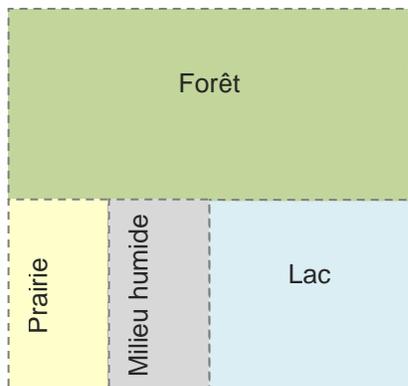
du type de milieu (forêt, prairies, terres agricoles, etc.). Ainsi, à partir du calcul des superficies des différents types de milieux composant un site, il est possible d'en estimer une valeur globale annuelle des services fournis par les écosystèmes qu'il abrite.

Tableau 4.13 Valeur globale annuelle moyenne des services des écosystèmes (tiré de CIC, 2011, fiche n°1)

Biome	Valeur totale/hectare (\$US ₁₉₉₄ /ha/an)
Domaine marin	577
Forêts	969
Prairies/parcours	232
Milieux humides	14 785
Lacs/rivières	8 498
Terres cultivées	92

Les valeurs indiquées sont approximatives et ont été établies d'après une synthèse d'études antérieures, effectuées à l'aide d'un certain nombre de méthodes d'évaluation.

Par exemple, soit le site A suivant :



Où la forêt couvre 500 m², le lac 250 m² et la prairie et le milieu humide couvrent chacun 125 m².

Sachant que 1 ha = 10 000 m²

Alors, la valeur totale annuelle du site est égale à (1994 \$US) :

$$969 \text{ \$/20} + 8498 \text{ \$/40} + 14785 \text{ \$/80} + 232 \text{ \$/80}$$

$$48,45 \text{ \$US} + 212,45 \text{ \$US} + 2,9 \text{ \$US} + 184,8125 \text{ \$US}$$

Figure 4. 4 Site A, exemple de calcul de la valeur monétaire

La valeur totale est donc de 448,6125 \$US/ha/an.

Cette méthode, appelée transfert des bénéfiques, est présentée par Troy, A et Bagstad, K. (2009) dans le rapport *Estimating Ecosystem Services in Southern Ontario*. Elle s'appuie sur le principe de transfert des valeurs non marchandes évaluées sur un premier site d'étude à un second site aux caractéristiques similaire afin d'évaluer la valeur économique des biens et services écologiques. (Troy et Bagsta, 2009; Revéret *et al.*, 2008). Cette

méthode demande peu de ressources monétaires et est relativement facile et rapide à appliquer. Néanmoins, pour des soucis d'exactitude, elle nécessite que les caractéristiques de l'étude transférée soient similaires à celle en cours, ce qui est considéré comme étant le cas dans le présent travail (Revéret *et al.*, 2008).

Le tableau 4.14 est tiré de la page 14 de l'étude ontarienne. Les valeurs monétaires qui y sont données représentent les montants moyens déterminés par Troy et Bagstad pour l'ensemble des B&SE attribuable aux écosystèmes sud-ontariens. Leur utilisation pour le calcul de la valeur monétaire annuelle totale par hectare est privilégiée, compte tenu que les données qui y sont présentées sont plus récentes et en dollars canadiens. De plus, cette méthode distingue les B&SE, permettant une meilleure visibilité et une précision accrue des résultats.

Tableau 4.14 Évaluation monétaire des B&SE par classe d'occupation du sol (modifié de Troy et Bagstad, 2009, p.14)

Classe d'occupation du sol	En 2009 \$CAD/ha/an										Superficie (ha)	TOTAL (\$CAD ₂₀₀₉ /année)
	Récréation	Esthétique	Culturel	Pollinisation	Habitat et biodiversité	Régulation atmosphérique	Régulation pédologique	Régulation hydrologique	Sous-total	VALEUR ECONOMIQUE TOTALE		
Forêt non- urbaine	270 \$	—	240 \$	—	2 428 \$	992 \$	—	513 \$	4 443 \$			
Lac	3 820 \$	593 \$	25 \$	—	—	—	—	612 \$	5 050 \$			
Friche herbacée	53 \$	—	134 \$	19 \$	95 \$	19 \$	4 \$	25 \$	353 \$			

5. ÉTUDE DE CAS : LAC DE LA HÉRONNIÈRE

Cette section a pour objectif d'illustrer l'évaluation de la valeur écologique et économique d'un ancien parc à résidus minier restauré à travers un exemple concret : l'ancien parc à résidus de la mine Solbec-Cupra, qui abrite aujourd'hui le lac de la Héronnière.

5.1 Du parc à résidus minier au site restauré

L'ancien parc à résidus de la mine Solbec-Cupra, est situé à environ deux cents kilomètres à l'est de Montréal entre les lacs St-François et Aylmer, près du village de Stratford.



Figure 5.1 Emplacement géographique (modifié de Google, 2010)

La figure 5.2 situe le lac de la Héronnière dans son bassin versant.

5.1.1 Historique du parc

D'une superficie de 66 hectares, le parc à résidus minier Solbec, attaché à la mine du même nom, est resté actif de 1962 à 1977. Plus de 2,5 millions de mètres cubes de résidus sulfurés de cuivre, de zinc et de plomb des mines estriennes Solbec, Cupra, Weedon et Clinton ont ainsi été traités et accumulés dans cette cuvette marécageuse (Vézina et Amyot, 1999; Boussicault, 2007). Suite à la fermeture du site en 1977, une vingtaine d'hectares ont été naturellement submergés dans la partie nord. Des échantillonnages effectués entre 1972 et 1980, révélaient des pH variant de 3,0 à 3,5 et de fortes concentrations en zinc (3 mg/l), cuivre (1 mg/l), et fer (10 mg/l) (Vézina et Amyot, 1999; Couture 2003).

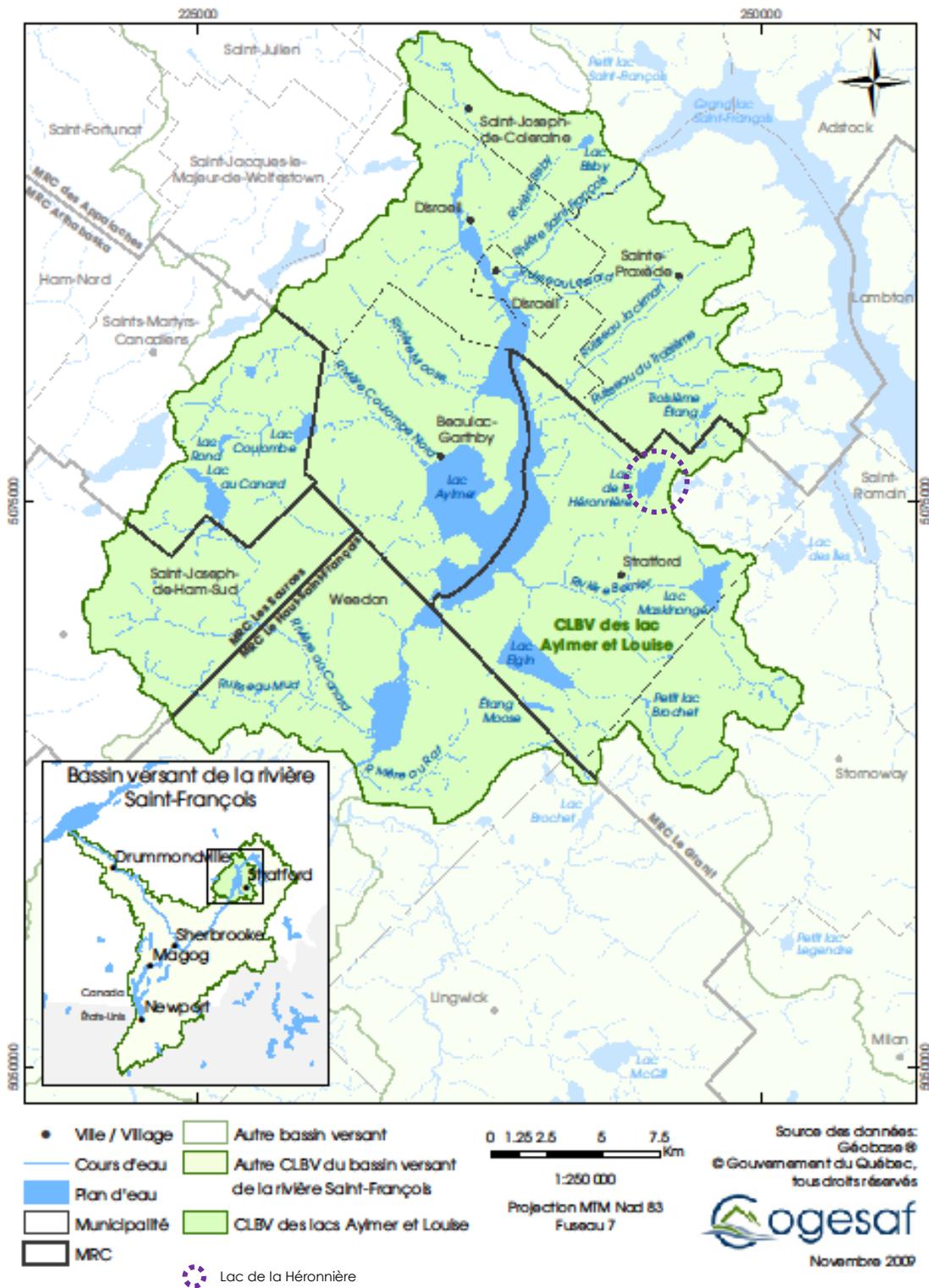


Figure 5.2 Bassin versant (modifié du Conseil de gouvernance de l'eau des bassins versants de la rivière St-François (Cogesaf), 2009-2010)

En 1983, sous l'égide du ministère de l'Environnement du Québec, était effectué un inventaire de tous les lieux ayant potentiellement reçu des déchets dangereux. Cette étude a confirmé le potentiel de drainage minier acide (DMA) du site qui s'est alors vu classé dans la catégorie de risque élevé pour l'environnement, rendant ainsi sa restauration prioritaire. Le processus était déclenché et en 1986, une première étude de caractérisation, menée par le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec avait pour but de déterminer les scénarios possibles quant à la restauration du site et la rémédiation du problème de DMA (Vézina et Amyot, 1999). Le rapport découlant de cette étude recommandait alors l'inondation, mais sous réserve d'expérimentations qui se dérouleront de 1989 à 1993 après l'acquisition du Groupe Sullivan, exploitant de la mine Solbec et propriétaire du parc à résidus, par la société minière Cambior Inc., (Boussicault, 2007; Couture, 2003; Vézina et Amyot, 1999). Cette série d'études confirmera l'efficacité et la pérennité de l'inondation du site comme solution permettant de débiter les travaux de restauration du parc en août 1994 (Vézina et Amyot, 1999).

5.1.2 Travaux de restauration

Après le déboisement de 27 hectares et le nivellement d'une partie du terrain, deux digues ont été érigées (Vézina et Amyot, 1999). La digue principale, de 396 m de longueur et 9 m de hauteur, ainsi que la digue secondaire, de 192 m de longueur et de 2,5 m de hauteur, sont toutes deux constituées d'un noyau de till imperméable et sont recouvertes d'une membrane géotextile (Boussicault, 2007; Vézina et Amyot, 1999). Un lit filtrant est également installé du côté aval (extérieur). Des couches de graviers et de pierres consolident l'ensemble et stabilisent la berge (*ib.*). Un déversoir en béton assure l'évacuation d'éventuelles crues à récurrence centenaire.

Préalablement à l'enneigement et afin de neutraliser les résidus, 230 tonnes d'agents neutralisants ont été appliquées sur l'ensemble de la surface des résidus, soit par épandage de chaux hydratée $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dans la zone naturellement inondée, soit par incorporation par hersage d'un composé de poussières et de granules de calcite CaCO_3 dans la zone exondée (Vézina et Amyot, 1999).

La mise en eau a été complétée en septembre 1995 (cote 329 m) (Vézina et Amyot, 1999). Depuis, un programme de suivi, incluant des campagnes d'échantillonnage, visant à évaluer la qualité de l'eau de recouvrement, de l'eau souterraine et de l'eau d'effluent est mené. L'effet des vagues et des glaces sur le remaniement des sédiments de fond et sur

l'érosion des berges ainsi que l'évolution des populations microbiologiques sont également étudiés (*Ib.*). Tous les résultats sont compilés sous forme de banque de données. Ils concluent à un risque non-significatif de la remise à jour des résidus ou de leur remise en suspension. Ils démontrent également que depuis 1995, le pH des eaux de recouvrement se maintient à des valeurs proches de la neutralité. Il en est de même depuis le printemps 1996 pour la couche de résidus oxydés. Les concentrations en métaux problématiques dans les eaux de surface avant le recouvrement des résidus se sont résorbées et atteignent dès 1995 les exigences de la Directive 019 ainsi que celles du règlement sur l'eau potable.

5.1.3 Coûts et implications

Le coût total de ce projet a été approximativement de 5 millions de dollars canadiens (Couture, 2003), majoritairement assumé par la société Cambior Inc. En gage de son souci de l'environnement, cette dernière a par ailleurs investi des millions de dollars dans des projets environnementaux, dont la restauration d'anciens sites miniers (Association minière du Québec, 1999).

La restauration du site Solbec-Cupra est également le fruit d'un partenariat entre Cambior Inc. et Canards Illimités qui a installé des boîtes de nidification sur les lieux et participé à des études sur la biodiversité aux environs du lac. (Couture, 2003).

5.2 Le lac de la Héronnière : un lac écologique

Avec le temps, la restauration de l'ancien parc à résidus minier ne cesse de démontrer son efficacité et son succès. Forte d'une excellente qualité des eaux et d'efforts de réaménagement faunique, le site est désormais connu sous le nom du Lac de la Héronnière. Vendue en 1997 à un propriétaire privé, la soixantaine d'hectares abrite désormais deux domaines de villégiature.

5.2.1 Inventaire, Lac de la Héronnière

L'ennoisement du site Cambior a permis la création d'un lac, d'environ 2 kilomètres de long par 1 kilomètre de large et 7 m de profondeur maximum, nommé le lac de la Héronnière (Domaine des Hauts-Cantons, 2010). Le dénominatif de « marais Cambior » est parfois aussi employé.

En 1999, Jean-François Desroches, biologiste et technicien de la faune, a réalisé un inventaire biologique sur 70 milieux humides de l'Estrie. Le lac de la Héronnière en fait partie. L'étude a démontré la colonisation du site par 35 espèces d'oiseaux, dont une colonie de hérons et des espèces rares en Estrie ou susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. Voici une synthèse de l'étude le concernant (Regroupement des Associations de protection de l'environnement des lacs et des cours d'eau de l'Estrie et du Haut bassin de la St-François (RAPPEL), 2001):

LOCALISATION ET ACCESSIBILITE : Le lac se trouve à l'extrémité du chemin Solbec (de la Mine). Des stationnements sont disponibles et les terrains, bien que privés, sont accessibles aux visiteurs.

TYPE DE MILIEU : Lac avec secteurs marécageux (65 hectares).

RECOMMANDATIONS : Valeur récréotouristique. Ce site possède une valeur écologique et récréative intéressante. On y retrouve plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques dont, certains sont nicheurs. L'inventaire a permis de confirmer la présence de 35 espèces d'oiseaux dont le canard noir, le canard colvert ainsi qu'une femelle harle couronné avec ses petits. Cette espèce est un nicheur rare en Estrie. On y retrouve même le pygargue à tête blanche de la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. L'oiseau vedette de ce site est sans aucun doute le héron, qui y niche. On retrouve une héronnière dont 16 nids sur 20 étaient occupés lors de l'inventaire. De plus, ce site est désigné "habitat du rat musqué" et abrite une grosse colonie de cyripèdes acaule, une jolie plante de la famille des orchidacées. Il serait intéressant d'ouvrir l'accès aux visiteurs en aménageant des sentiers, des observatoires et des panneaux d'interprétation. La visite en canot devrait être limitée puisqu'elle pourrait nuire à la héronnière, ainsi qu'aux autres espèces d'oiseaux, à la flore et à la faune. Ce site est présentement étudié par Canards Illimités inc. (Desroches, J.-F. 2000. Vol 7. pp. 29-40).

Bien que l'ensemble de ces observations soit encore valable aujourd'hui, il faut souligner la destruction de la héronnière par de fortes tempêtes de neige. Cependant, des hérons sont encore observés sur le site et le lac est reconnu comme aire d'alimentation pour cette espèce (Couture, 2011).

De plus, plusieurs espèces de poissons ont également étéensemencées avec succès pour la pratique de la pêche de loisir, dont la barbotte et la truite mouchetée. Le succès a été tel qu'il est prochainement prévu d'ensemencer de l'achigan afin de mieux contrôler les populations présentes, surtout la barbotte qui semble s'être particulièrement bien implantée (Couture, 2011).

5.2.2 Qualité de l'eau

Le projet de réhabilitation de l'ancien site minier a permis la création d'un milieu humide riche en biodiversité et doté d'une eau d'excellente qualité compte tenu de la superficie du bassin versant du réservoir (500 hectares) et des précipitations moyennes mesurées dans la région soit de 1,1 à 1,2 mètre par année pour un pH moyen qui oscille autour de 4,4.

Débuté en 1994, le programme de suivi environnemental visait à évaluer la qualité de l'eau de recouvrement, de l'eau souterraine, de l'eau d'effluent, le bilan hydrologique, l'effet des vagues et des glaces sur le remaniement des sédiments de fond et sur l'érosion des berges ainsi que le devenir des populations microbiologiques (Vézina et Amyot, 1999). La figure 5.3 ci-dessous représente l'emplacement des 18 échantillons prélevés lors des campagnes de 1998 et analysés pour les paramètres suivants : pH, conductivité électrique, Fe^{+2} , les métaux (Fe, As, Cu, Ni, Pb, Zn), les sulfates, les matières en suspension, l'alcalinité et l'acidité lorsqu'il y a lieu (Vézina et Amyot, 1999).

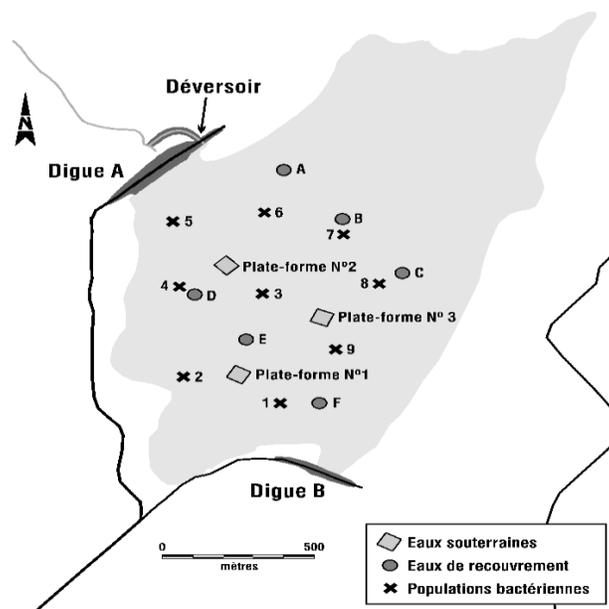


Figure 5.3 Échantillonnage de l'eau souterraine (tiré de Vézina et Amyot, 1999).

Les résultats des douze campagnes d'échantillonnage qui ont suivi l'inondation démontrent que l'eau de recouvrement rencontre dorénavant toutes les exigences de la Directive 019 du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, de même que celles du règlement sur l'eau potable (Vézina et Amyot, 1999). Au final, les conclusions positives encouragent ce type d'initiative.

Il est à noter que, dans son plan d'action 2010-2011 pour le bassin versant de la rivière St-François, Secteur du bassin versant du Lac Aylmer/Louise, le COGESAF encourage les associations du bassin versant du lac Aylmer, dont le lac de la Héronnière fait parti, à adhérer au Réseau de suivi volontaire des lacs du MDDEP (action A 4.1.2.3) (Cogesaf, 2009-2010). Il a ainsi pour objectif d'améliorer ses connaissances sur la quantité et la qualité des eaux du bassin versant du lac Aylmer.

5.3 Aménagement du site

La vente du terrain en 1997 a initié le développement du site, d'abord par l'aménagement de sentiers d'interprétation puis par l'implantation de deux domaines de villégiature : le Domaine des Hauts-Cantons et Les Berges du Lac de la Héronnière.

5.3.1 Aménagement d'un site d'interprétation

Le 7 septembre 2000, le site Cambior accueillait un tout nouveau circuit d'interprétation, relié au réseau écotouristique de Stratford (Ducks Unlimited Canada, 2000). Fruit d'une collaboration entre Cambior inc., Canards Illimités, et le conseil de l'environnement et de la culture de Stratford, le programme de trois ans qui a permis la réalisation du site d'interprétation a été financé à hauteur de 120 000 \$ de donations par Cambior inc. Plusieurs kilomètres de sentiers multifonctionnels sillonnaient le site, à la joie des amateurs de randonnée pédestre, de vélo, de raquette et de ski de fond. Les amateurs d'ornithologie étaient également conviés à venir observer l'abondance et la variété des espèces qui habitent le territoire et la pratique du canot, du kayak et du pédalo était encouragée (Ducks Unlimited Canada, 2000). Le circuit d'interprétation présentait non seulement les anciennes activités minières du site et leur importance vis-à-vis l'économie locale, mais également les procédés qui ont été utilisés pour la restauration du site. Ces panneaux informatifs avaient notamment pour but de sensibiliser les visiteurs aux problèmes environnementaux qu'engendrent les parcs à résidus miniers et à la responsabilité que tout un chacun a face à ses problématiques. Mais ils vantaient

également le travail accompli et les résultats obtenus à Stratford (Ducks Unlimited Canada, 2000). Malheureusement, le développement de domaines privés sur les berges du lac a entraîné la fermeture de ces sentiers. Toutefois, une soixantaine d'acres situées sur un des domaines de villégiature, devraient être aménagés à partir de 2011, en sentiers pour la pratique de la randonnée pédestre, de la raquette et du ski de fond (Dupropio.com, 2011).

De plus, l'intérêt du site est tel qu'il figure parmi la liste d'actions et projets de préservation et/ou de valorisation en matière de paysages du Comité du patrimoine paysager estrien, pour le territoire de la municipalité régionale de comté (MRC) du Granit sous les rubriques « Réussites de préservation » et « Projet en cours » du site internet Paysages estriens du Comité du patrimoine paysager estrien, pour la MRC du Granit (Comité du patrimoine paysager estrien, 2010).

5.3.2 Domaines privés : Domaine des Hauts-Cantons et Les Berges du Lac de la Héronnière

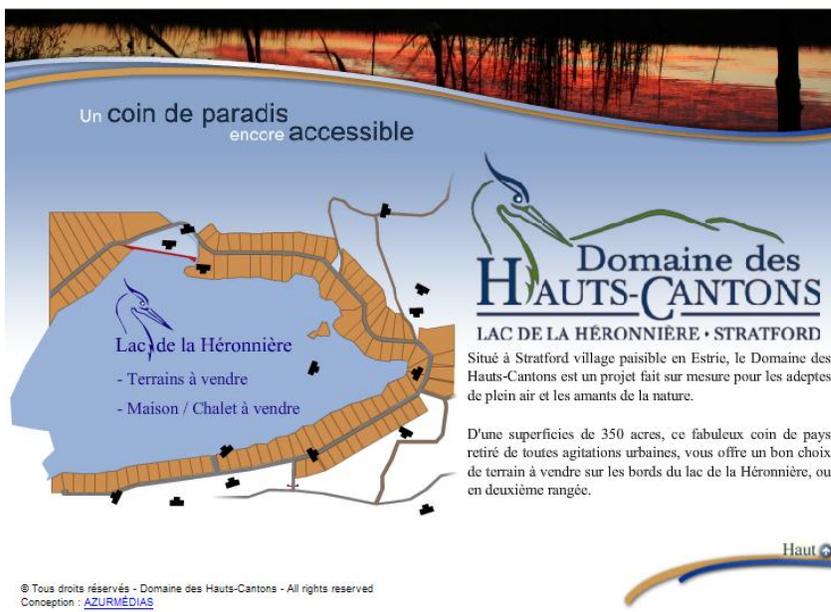


Figure 5.4 Page d'accueil Domaine des Hauts-Cantons (tiré de Domaine des Hauts-Canton, 2010).

Aujourd'hui qualifié de lieu naturel unique et reconnu comme site d'interprétation, le passé du lac de la Héronnière est loin. La présence de l'ancien site minier s'est au fil du temps effacée, pour laisser place à l'image de domaines privés et prisés de villégiature, de coins de paradis bucoliques.

Sur leur site internet, les promoteurs des domaines vantent respectivement les mérites de leur domaine qui « s'adresse aux amants de la nature » à la recherche « d'un environnement naturel d'une très grande beauté à un prix très accessible » (Domaine des Hauts-Canton, 2010; Duproprio.com, 2011). Le Lac de la Héronnière est ainsi devenu un lac écologique prisé pour son environnement.

5.4 Évaluation de la valeur écologique et économique du lac de la Héronnière

L'évaluation de la valeur écologique et de la valeur économique du site du lac de la Héronnière a été réalisée à partir de l'outil et de l'ensemble des critères développés aux chapitres 3 et 4. Les résultats sont présentés subséquemment. Pour chaque critère une cote a été attribuée après l'étude des caractéristiques du site telles que présentées dans les sections 5.1 à 5.3 ou observées sur place en novembre 2010. Une brève argumentation appuie le choix des cotes attribuées.

Il est important de noter que la visite effectuée en novembre 2010 n'a pas porté sur un inventaire biologique détaillé. Toutefois, cette visite a pu apporter de précieuses informations pour l'évaluation présentée dans les sections qui suivent.

5.4.1 Zone à l'étude : délimitations géographiques



Figure 5.5 Zone évaluée (modifié de Google, 2011).

Désignée sous le nom de lac de la Héronnière, la zone évaluée englobe le lac et ses berges ou environs immédiats sur approximativement 250 m, tel qu'illustré par le périmètre vert à la figure 5.5. Le périmètre indiqué en rouge correspond à la zone élargie qui est également prise en considération dans l'évaluation. Elle s'étend sur une distance d'environ 1 km des berges du lac et représente les secteurs dits adjacents au lac.

La superficie totale du périmètre de la zone évaluée (en vert sur la figure) est comprise entre 247,37 et 164,75 hectares (scénario 1 et 2). Cet écart s'explique par le mode de calcul de l'aire utilisé, basé pour le scénario 1 sur l'échelle de la figure 5.5. Cette méthode permet d'attribuer au lac de la Héronnière une superficie de 97,59 hectares. Or, selon les données recueillies lors de la revue bibliographique, la superficie du plan d'eau était évaluée à 65 hectares en 2001, ce qui donne donc une différence ou marge d'erreur d'un peu plus de 30% entre les scénarios 1 et 2. Ainsi, le scénario 2 prend en considération cette marge d'erreur et attribue une superficie révisée de 164,75 hectares à la zone d'étude. Le tableau suivant illustre la répartition de superficie entre les différents milieux observés, déterminés à partir des proportions observées sur le site et sur la figure 5.5.

Tableau 5.1 Répartition de la superficie en fonction des différents types de milieux

Type de milieux	Scénario 1	Scénario 2
Lac	97,59 ha	65 ha
Boisé	133,13 ha	88,67 ha
Friche herbacée	16,64 ha	11,08 ha
TOTAL	247,37 ha	164,75 ha

5.4.2 Évaluation de la valeur écologique du lac de la Héronnière

La valeur écologique a été évaluée sur la base de onze des douze critères définis au chapitre 3. Le critère « Maturité du peuplement forestier dominant » a été jugé non-applicable par manque de données et de connaissances nécessaires à son évaluation. Les cotes sont attribuées en fonction des données disponibles pour la zone à l'étude, et pour la période du 1^{er} novembre 2010 au 21 mai 2011.

Les résultats sont par la suite compilés dans la grille d'évaluation de la valeur écologique du lac de la Héronnière.

Évaluation des critères

Présence d'espèce à statut particulier	cote attribuée : 1,5
--	----------------------

Selon l'inventaire publié par RAPPEL en 2001, le site du lac de la Héronnière abritait 35 espèces d'espèces dont un nicheur rare en Estrie, le harle couronné, et une espèce susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables, le pygargue à tête blanche. Le site est également reconnu comme aire d'alimentation d'une colonie de hérons. Pour la composante floristique, il est à noter la présence d'une grosse colonie de cyripèdes acaule. Pour ces raisons, la cote 1,5 a été attribuée.

Maturité du peuplement forestier dominant	cote attribuée : n.a.
---	-----------------------

Compte tenu du manque de données et de connaissance en ce domaine, ce critère n'est pas évalué et est annoté n.a., soit « non-applicable ». Cependant, il est à noter que, d'après les descriptions des terrains contenues dans les annonces de vente, le site serait boisé d'arbres matures composés d'un mélange de feuillus et de conifères (Duproprio.com, 2011).

Diversité spécifique	cote attribuée : 2
----------------------	--------------------

Compte tenu du manque de connaissance en écologie forestière, seule la diversité animale est évaluée pour ce critère. Ce manque d'information est pris en compte dans l'attribution de la cote. Plusieurs classes fauniques sont observables : ichtyofaune (truite, barbotte, etc.), avifaune (35 espèces d'oiseaux recensées en 2001), micro-mammifères et mammifères, etc. Toutefois, l'absence de données sur les groupements forestiers impose une réserve quant à la cotation, qui est donc évaluée à 2.

Hétérogénéité du milieu	cote attribuée : 3
-------------------------	--------------------

La zone évaluée concerne le lac et son pourtour immédiat telle que définie par le périmètre illustré en vert à la figure 5.5.

Lors de la visite en novembre 2010, plusieurs milieux étaient aisément observables : friche herbacée, terrain arboré et plan d'eau. De plus, l'inventaire de 2001 souligne la présence de secteurs marécageux. Cette variété de milieux observés laisse supposer une très

bonne diversité de niches écologiques et un fort potentiel d'habitats disponibles. La cote maximale de 3 est donc accordée.

Connectivité	cote attribuée : 3
--------------	--------------------

La région adjacente au site tel qu'il peut être observé à la figure 5.5, est essentiellement boisée. Ceci induit la présence de larges corridors continus qui favorisent la migration entre les différentes communautés vivantes et le brassage génétique et spécifique. La cote maximale de 3 est donc attribuée à ce critère.

Hétérogénéité des habitats	cote attribuée : 3
----------------------------	--------------------

Encore une fois le paramètre « groupement forestier » ne peut être utilisé. Cependant, cela n'est pas jugé fortement discriminant pour le présent critère compte tenu de l'hétérogénéité des milieux observés qui permet de supposer une excellente diversité de lieu d'alimentation, de reproduction et de protection. La grande diversité de micro-habitats, la présence de toutes les strates de végétation (muscinale, herbacée, arbustive et arborescente) ainsi que l'accès à un point d'eau de bonne qualité, soutiennent l'attribution de la cote maximale 3.

Superficie	cote attribuée : 3
------------	--------------------

Si le lac représente la superficie moyenne, mais tout à fait raisonnable de 65 hectares, la zone à l'étude est quant à elle évaluée à plus de 100 hectares, ce qui inclut le lac, et ses environs immédiats tel que défini par le périmètre vert de la figure 5.5. La cote maximale de 3 est donc accordée.

Hydroconnectivité et bande riveraine	cote attribuée : 2
--------------------------------------	--------------------

Le lac est alimenté par des ruisseaux permanents (figure 5.2) et ses berges sont couvertes à plus de 80 % par une végétation variée. Toutefois, la digue représente un obstacle pour la migration des espèces aquatiques. La cote est donc ramenée à 2.

Qualité de l'eau	cote attribuée : 3
------------------	--------------------

Depuis l'inondation au cours des années 90, les résultats de douze campagnes d'échantillonnages ont démontré l'excellente qualité des eaux du lac de la Héronnière qui

rencontrent toutes les exigences de la Directive 019 du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, de même que celles du règlement sur l'eau potable. Ainsi, la cote maximale de 3 est attribuée à ce critère.

Stabilité des sols	cote attribuée : 3
--------------------	--------------------

Les berges du lac sont stables et ne présentaient pas en novembre 2010 de signes évidents d'érosion. De plus, la présence d'une couverture végétale sur plus ou moins 90 % de la superficie excluant le plan d'eau, permette d'attribuer la cote maximale de 3.

Degré de perturbation	cote attribuée : 2,25
-----------------------	-----------------------

Ce critère a demandé une réflexion plus poussée pour son évaluation. Bien qu'encore peu développé, le site à l'étude a une vocation de villégiature, ce qui lui mériterait une cote de 0,75. Toutefois, au moment de l'étude les aménagements étaient restreints et les perturbations étaient jugées d'impacts modérés. De plus, une interdiction d'utiliser des bateaux à moteur était en vigueur pour le lac, réduisant les impacts négatifs pour ce dernier. Il est important de rappeler que la présente évaluation est valable pour la période du 1^{er} novembre 2010 au 21 mai 2011, période durant laquelle le degré de perturbation est évalué à modéré. La cote de 2,25 est donc attribuée.

Utilisation du milieu adjacent	cote attribuée : 2,25
--------------------------------	-----------------------

Pour les mêmes raisons qu'au critère précédent, l'évaluation de l'utilisation du milieu adjacent est basée pour la période du 1^{er} novembre 2010 au 21 mai 2011, en date de laquelle le milieu est jugé semi-naturel avec une présence humaine limitée. De plus, la bande riveraine non perturbée pour le plan d'eau s'étend en moyenne de 10 à 15 m voire au-delà des 15 m. Cela tient notamment du fait que de nombreux terrains étaient encore non aménagés pour ladite période. La cote accordée est donc de 2,25.

Compilation des résultats

Les cotes attribuées à chacun des critères ont été regroupées dans la grille d'évaluation de la valeur écologique présentée au tableau 5.2. Ces cotes ont ensuite été multipliées par des facteurs de pondération en fonction de leur poids c'est-à-dire leur importance estimée dans le calcul de la valeur écologique d'un milieu.

Il importe de noter que la somme des pondérations atteint 92 puisqu'un des critères (maturité du peuplement forestier dominant) n'est pas applicable. Aussi, la somme des cotes pondérées est évaluée sur un total maximal de 276 points.

Tableau 5.2 Grille d'évaluation de la valeur écologique

Critère	Composante			Cote attribuée	Pondération	Résultat
	Faunique	Floristique	Abiotique			
1. Présence d'espèce à statut particulier	✓	✓		1,5	8	12
2. Maturité du peuplement dominant		✓		na	/	na
3. Diversité spécifique	✓	✓		2	12	24
4. Hétérogénéité du milieu	✓	✓		3	10	30
5. Connectivité	✓	✓		3	10	30
6. Hétérogénéité des habitats	✓			3	10	30
7. Superficie			✓	3	12	36
8. Hydroconnectivité et bande riveraine			✓	2	8	16
9. Qualité de l'eau			✓	3	8	24
10. Stabilité des sols			✓	3	4	12
11. Degré de perturbation			✓	2,25	6	13,5
12. Occupation du milieu adjacent			✓	2,25	4	9
Somme des cotes pondérées :						244,5 / 276
VALEUR ECOLOGIQUE :						88,6 %

La somme des cotes pondérées est de 244,5/276 ce qui équivaut à une valeur écologique quantifiable à 88,6 %, soit une valeur écologique qualitative de « très bonne », selon le tableau 3.15.

5.4.3 Évaluation de la valeur économique du lac de la Héronnière

La valeur économique a été évaluée sur la base des dix critères définis au chapitre 4. Elle est fondée sur la définition de Revéret *et al.* (2008), selon laquelle la valeur économique de l'environnement correspond à la somme ou valeur économique totale (VET) de tous les biens et services écologiques (B&SE) générés par l'environnement.

Les cotes sont attribuées en fonction des données disponibles pour la zone à l'étude, et pour la période du 1^{er} novembre 2010 au 21 mai 2011. Les résultats sont par la suite compilés dans la grille d'évaluation de la valeur écologique du lac de la Héronnière.

Évaluation des critères

Régulation de l'atmosphère et du climat	cote attribuée : 2,5
---	----------------------

La superficie du lac de la Héronnière est évaluée à 65 hectares. Il est jugé comme un plan d'eau d'envergure moyenne. Toutefois, le site, outre la superficie occupée par le lac, est boisé à plus de 80 %. Une cote de 2,5 est donc accordée, soit une cote légèrement majorée par rapport à la cote de 2,25 attribuable selon le tableau 4.2.

Régulation hydrologique	cote attribuée : 3
-------------------------	--------------------

Le lac de la Héronnière est majoritairement entouré d'une bande riveraine de 8 m ou plus et la zone à l'étude est composée de terrain boisés présentant les strates arborescentes, arbustives et herbacées sur près de 80 % de la superficie disponible. La cote 3 est attribuée.

Régulation pédologique	cote attribuée : 3
------------------------	--------------------

Le couvert végétal sur la superficie disponible est supérieur à 80 % (terrains boisés et quelques friches herbacées). La cote maximale est attribuée.

Habitat et biodiversité	cote attribuée : 2,5
-------------------------	----------------------

La zone à l'étude présente une excellente connectivité aux milieux adjacents. Plus de trois classes fauniques sont inventoriées et les perturbations anthropiques sont relativement limitées. Toutefois le manque de données relatives au groupement forestier ne permet pas d'attribuer la cote maximale. Ce critère est coté à 2,5.

Potentiel récréatif	cote attribuée : 2,25
---------------------	-----------------------

Le site est reconnu pour l'observation des oiseaux, et particulièrement des hérons. Il est situé à moins de 5 km de la petite municipalité de Stratford (distance routière) et environ 75 km de la ville de Sherbrooke soit à un peu plus d'une heure. La très bonne qualité des

eaux autorise les activités nautiques et la pêche. Bien que des sentiers aient été autrefois aménagés, aucun d'entre eux n'est plus exploité en raison du non-renouvellement des droits (Couture, 2011). Mais, il semble qu'une soixantaine d'acres, situées sur le domaine Les berges du lac de la Héronnière soit destinées à être aménagées en sentiers pour la randonnée pédestre, la raquette et le ski de fond (Duproprio.com, 2011). La cote donnée est donc de 2,25.

Héritage culturel et éducatif	cote attribuée : 2
-------------------------------	--------------------

Les présences d'un nicheur rare en Estrie et d'une espèce susceptible d'être désignées menacées ou vulnérables, le pygargue à tête blanche ont été signalées. De plus, le lac de la Héronnière est reconnu pour l'observation des hérons. Le passé du site n'est pas oublié et un parcours à but pédagogique avait été aménagé. Toutefois ces sentiers d'interprétation ne sont aujourd'hui plus accessibles. Aussi la cote attribuée à ce critère est de 2.

Attrait du paysage, esthétisme	cote attribuée : 3
--------------------------------	--------------------

Le lac de la Héronnière figure parmi la liste d'actions et projets de préservation et/ou de valorisation en matière de paysages du Comité du patrimoine paysager estrien, pour le territoire de la MRC du Granit. Les terrains de ces domaines de villégiature sont situés en bordure du lac ou en deuxième rangée et ont gardé une apparence naturelle. Nombre d'entre eux ne sont pas encore aménagés. La cote maximale est accordée.

Source de matières premières	cote attribuée : 0
------------------------------	--------------------

Le domaine est majoritairement boisé et la pêche sportive est pratiquée sur le lac. Cependant, cela ne permet pas d'accorder une cote supérieure à 0 pour ce critère.

Efforts de conservation et de protection	cote attribuée : 0.75
--	-----------------------

Bien qu'une volonté de protection de la qualité du site transparaisse, notamment au travers l'interdiction d'utiliser des bateaux à moteur, la cote attribuée est de 0,75. En effet, aucune zone de conservation n'est connue. À souligner tout de même, que les propriétaires représentés par L'Association du Lac de la Héronnière se sont dotés d'un code d'éthique dont la mission est de :

« Permettre aux propriétaires du Domaine des Hauts-Cantons de bénéficier d'un milieu de vie de qualité exceptionnelle; en assurant la tranquillité des lieux, en maintenant un développement harmonieux avec l'environnement et en favorisant la communication entre les propriétaires. » (Domaine des Hauts-Cantons, 2011).

Situation géographique et accès	cote attribuée : 1,5
---------------------------------	----------------------

Le lac de la Héronnière est situé à près d'une heure de Sherbrooke et 2 h de Québec. Il est désormais partie intégrante de deux nouveaux domaines de villégiature, en développement. Ceci permet d'attribuer une cote de 1,5 au critère.

Compilation des résultats

Les cotes attribuées à chacun des critères ont été regroupées dans la grille d'évaluation de la valeur économique présentée à la figure 5.2. Ces cotes ont ensuite été multipliées par des facteurs de pondération en fonction de leur poids c'est-à-dire leur importance estimée dans le calcul de la valeur écologique d'un milieu.

Tableau 5.3 Grille d'évaluation de la valeur économique

Critère	Cote attribuée	Pondération	Résultat
1. Régulation de l'atmosphère et du climat	2,5	10	25
2. Régulation hydrologique	3	10	30
3. Régulation pédologique	3	8	24
4. Habitat et biodiversité	2,5	16	40
5. Potentiel récréatif	2,25	16	36
6. Héritage culturel et éducatif	2	10	20
7. Attrait du paysage, esthétique	3	4	12
8. Source de matières premières	0	4	0
9. Efforts de conservation et de protection	0,75	12	9
10. Situation géographique et accès	1,5	10	15
Somme des cotes pondérées :			211 / 300
VALEUR ECONOMIQUE :			70,3 %

La somme des cotes pondérées est de 211/300 ce qui équivaut à une valeur économique quantifiable à 70,3 %, soit une valeur économique qualifiée de « bonne », selon le tableau 3.15.

Valeur monétaire, méthode de transfert des bénéfiques

Tel que présenté à la section 5.4.1, trois types de biomes composent le site à l'étude :

- Forêt, associées à la classe « boisé »;
- Friche herbacée, associées à la classe « Prairies/parcours »;
- Lac.

La valeur monétaire associée aux différents biomes qui constituent le site du lac de la Héronnière en fonction des biens et services qu'il procure, est basé sur les valeurs présentées au tableau 4.13 tiré de Canards Illimités Canada (CIC, 2011b) et du tableau 4.14 tiré de Troy et Bagstad (2009). Les deux familles de données sont utilisées afin de s'assurer de la probabilité des résultats.

- Valeur de Canards Illimités Canada (2011b)

À partir des valeurs du tableau 4.14 et de l'estimation des superficies du tableau 5.1, il est possible de calculer une fourchette de la valeur monétaire en fonction des biens et services fournis par les biomes constituant le site du lac de la Héronnière.

Cette valeur monétaire, basée sur l'année de référence 1994, est présentée au tableau 5.4. Elle prend en considération les deux scénarios développés à la section 5.4.1 afin de calculer la superficie des différents types de milieux ou biomes qui constituent le terrain à l'étude.

Les valeurs de chaque biome par hectare et par an de Canards Illimités Canada sont fournies en dollars américains de 1994. Les résultats sont donc présentés en équivalence dollars américains 1994 et dollars canadiens 1994. Afin de réaliser cette conversion, le taux de change moyen en vigueur pour l'année de référence 1994 a été utilisé, soit :

$$1 \text{ \$US} = 1,3653 \text{ \$CAD (Antweiller, 2009).}$$

Tableau 5.4 Valeur monétaire en fonction des B&SE

SCENARIO 1					
Biome	Superficie (ha)	Valeur / hectare / an (\$US/ha/an) (1994)	Valeur totale / an		
			\$US/an (1994)	\$CAD/an (1994)	
Lac	97,59	8498	829 349,48	1 132 310,85	
Forêt			133,13	969	129 006,14
Prairie			16,64	232	3 860,86
TOTAL			247,37		962 216,49
					1 313 714,17
SCENARIO 2					
Biome	Superficie (ha)	Valeur / hectare / an (\$US/ha/an) (1994)	Valeur totale / an		
			\$US/an (1994)	\$CAD/an (1994)	
Lac	65	8498	552 370,00	754 150,76	
Forêt	88,67	969	85 921,71	117 308,90	
Prairie	11,08	232	2 571,44	3 510,79	
TOTAL	164,75		640 863,15	874 970,46	

Le taux de change utilisé est tel que 1\$US = 1,3653 \$CAD (Antweiller, 2009), valeur de 1994.

- Valeurs de Troy et Bagstad (2009)

Les valeurs monétaires tirées de Troy et Bagstad représentent des montants moyens déterminés pour l'ensemble des biens et services écologiques attribuables aux écosystèmes sud-ontariens. Ces valeurs sont fournies en fonction des B&SE pour un large éventail de milieux, ce qui permet une meilleure visualisation et précision des résultats. De plus, ces valeurs sont fournies en dollars canadiens pour l'année de référence 2009.

La fourchette de valeur, basé sur les données de Troy et Bagstad pour l'année de référence 2009, est présentée au tableau 5.5.

Tableau 5. 5 Évaluation monétaire des B&SE par classe d'occupation du sol

Classe d'occupation du sol	En 2009 \$CAD/ha/an									Superficie (ha)	TOTAL (\$CAD ₂₀₀₉ /année)
	Récréation	Esthétique	Culturel	Pollinisation	Habitat et biodiversité	Régulation atmosphérique	Régulation pédologique	Régulation hydrologique	Sous-total		
SCENARIO 1											
Forêt non- urbaine	270 \$	—	240 \$	—	2 428 \$	992 \$	—	513 \$	4 443 \$	133,13	519 511,13 \$
Lac	3 820 \$	593 \$	25 \$	—	—	—	—	612 \$	5 050 \$	97,59	492 847,13 \$
Friche herbacée	53 \$	—	134 \$	19 \$	95 \$	19 \$	4 \$	25 \$	353 \$	16,64	5 874,51 \$
VALEUR ECONOMIQUE TOTALE										1 090 232,76 \$	
SCENARIO 2											
Forêt non- urbaine	270 \$	—	240 \$	—	2 428 \$	992 \$	—	513 \$	4 443 \$	88,67	393 962,99 \$
Lac	3 820 \$	593 \$	25 \$	—	—	—	—	612 \$	5 050 \$	65	328 250,00 \$
Friche herbacée	53 \$	—	134 \$	19 \$	95 \$	19 \$	4 \$	25 \$	353 \$	11,08	3 912,59 \$
VALEUR ECONOMIQUE TOTALE										726 125,58 \$	

5.5 Bilan

La valeur écologique de l'ancien parc à résidus minier Solbec, aujourd'hui restauré et connu comme étant le lac de la Héronnière, ainsi que la valeur économique des biens et services écologiques (B&SE) qui sont associés à ce site ont été évaluées. Cet ancien site minier a été restauré puis réaménagé dans les années 90 au coût de 5 millions de dollars.

La valeur écologique atteint un score de 88,6 % soit la mention « très bonne » tandis que la valeur économique atteint un pointage de 70,3 % soit la mention « bonne ».

La valeur totale des B&SE par année a également été calculée. Sur la base des données utilisées par Canards Illimités Canada et datant de 1994, le scénario 1, le plus optimiste donne une valeur monétaire plafonnée à 1 313 714,17 \$CAD par an contre 874 970,76 \$CAD par an pour le scénario 2. Par ailleurs, à partir des données de Troy et Bagstad (2009), le scénario 1 attribue une valeur, basée sur l'année de référence 2009, de 1 090 232,76 \$CAD par an alors que le scénario 2 attribue une valeur monétaire de 726 125,58 \$CAD par an.

Compte tenu du caractère plus récent des données de Troy et Bagstad, les résultats obtenus par cette méthode seront privilégiés. De plus, cette méthode distingue les B&SE, permettant une meilleure visibilité quant aux résultats.

6. RÉFLEXION

L'interprétation des résultats obtenus laisse place à une réflexion quant au potentiel de valeur accordable aux sites miniers restaurés.

Face à l'émergence de politiques, d'accords et de déclaration d'intention à l'égard de la sauvegarde des fonctions et attributs environnementaux et face à la multiplication des lois et règlements en matière d'environnement, la place grandissante de la dimension environnementale dans la société n'est plus à prouver. Il apparaît également que la prise en considération des enjeux environnementaux, et par là même de la valeur écologique et économique des milieux dont jouit la société québécoise, est devenue primordiale dans la planification du territoire. D'où la motivation derrière cet essai. Si la valeur écologique et économique des sites restaurés peut être démontrée, pourquoi ne pas l'inclure dans l'élaboration des plans de restauration et de réaménagement? Et pourquoi ne pourrait-elle pas devenir une motivation supplémentaire à la restauration et au réaménagement de ces sites?

6.1 Valeur des sites miniers restaurés

Considérant les impacts négatifs pour l'environnement et les risques encourus pour la santé humaine, il appert essentiel de restaurer les sites miniers non exploités. Toutefois, ces restaurations ont un coût élevé et ne prennent pas en considération les gains écologiques et économiques, directs ou indirects, qui découlent de la remise en état du milieu.

Dans le contexte du présent essai, la question était principalement de déterminer si les investissements requis pour satisfaire aux exigences environnementales de la restauration d'un milieu dégradé par des activités minières, sont uniquement une dépense ou peuvent être également perçus comme un investissement à plus ou moins long terme puisque la valeur du site est augmentée grâce à sa restauration et son réaménagement.

Le lac de la Héronnière est un bel exemple de reconversion réussie. Mais, il est surtout la preuve que des bénéfices peuvent être associés à la restauration et au réaménagement d'un ancien site minier. Que ce soit sur le plan écologique avec la recolonisation en moins de cinq années du milieu par des espèces comme le héron, le pygargue à tête blanche et le harle couronné, etc. ou sur le plan économique et social avec le développement de

zones de villégiature, la plus-value pouvant être associée à la restauration du parc à résidus miniers Solbec-Cupra est indéniable. Bien entendu, le passé du site reste un fardeau et nuit quelque peu aux prix de ventes des terrains, qui stagnent à environ 20 % en deçà de terrains similaires dans la région (Couture, 2011). Néanmoins, cela reste bien peu, et le marché reste porteur, la preuve en est que la grande majorité des terrains a déjà trouvé preneur. En effet, sur 66 lots riverains proposés à la vente au Domaine des Hauts-Cantons, seul 9 n'avaient pas encore trouvés preneur au moment de la rédaction du présent essai (Domaine des Hauts-Cantons, 2011). Pour le domaine Les berges du lac de la Héronnière, six terrains sur les 24 proposés à la vente n'étaient pas encore vendus (Duproprio.com, 2011). Toutefois, cinq de ces six terrains n'étaient sur le marché que depuis le printemps 2011. Par ailleurs, ces six terrains situés en première rangée, d'une superficie d'une acre ou plus et disposant d'au moins 150 pied de rive, affichaient des prix allant de 0,68 à 0,93 \$/pi² (*Ib.*).

L'évaluation des valeurs écologique et économique est un point important et pertinent puisqu'elle permet d'identifier et de chiffrer, en termes qualitatifs, mais également monétaires, la valeur de la composante naturelle d'un milieu. Ceci permet d'attribuer une valeur au bien-être social relatif à la jouissance de ce milieu. À titre de décideur et de gestionnaire du territoire, il importe d'intégrer ces notions de potentiel de valeur aux analyses coûts-bénéfices, et de ne plus se borner à assimiler la restauration d'un site minier à une dépense pour la société. La restauration minière doit également être perçue comme un investissement pour la société actuelle et pour les générations futures.

Quel prix justifie la restauration d'un site? Est-ce seulement celui des travaux ou bien est-ce celui d'une nature restaurée et sans danger pour la santé? L'exemple du lac de la Héronnière tend à appuyer cette deuxième option. Comment ne pas considérer la valeur écologique attribuée à ce site? Au cours des ans, le Québec a acquis une solide expérience dans le domaine de la réhabilitation de sites miniers. Le suivi post-restauration de l'ancien parc Solbec-Cupra et d'autres projets similaires, démontrent l'efficacité des méthodes de restauration. Et quelle belle preuve que l'obtention de la mention « très bonne » pour la valeur écologique du site, de même, que la mention très honorable de « bonne » pour sa valeur économique. D'ailleurs, ce score pourrait être bien supérieur si des efforts de conservation étaient déployés. Il est dommage que les sentiers d'interprétation et la vocation pédagogique du site, particulièrement en ce qui a trait à son histoire minière et à sa restauration, aient été laissés de côté. Mais, compte tenu de la

vocation du site (domaine de villégiature), ce résultat reste excellent et démontre le potentiel de valeur accordable à des sites équivalents à celui à l'étude. De plus, la valeur monétaire des écosystèmes est un gain pour la société. Or, la valeur totale des biens et services écologiques (B&SE) par année pour le site du lac de la Héronnière renforce l'idée que la restauration n'est pas seulement une dépense, mais également un investissement à plus ou moins long terme. Ainsi, si la remise en état du parc à résidus Solbec-Cupra a nécessité un financement de 5 millions de dollars canadiens, la valeur totale des B&SE qu'engendre désormais le site est estimée entre 726 125,58 \$CAD et 1 090 232,76 \$CAD par année, pour l'année de référence 2009. L'amortissement des investissements requis pour la restauration du site peut donc être réalisé sur un horizon de moins de 10 ans.

Enfin, la reconversion du site est également un critère à prendre en compte. Jusqu'à sa restauration, le parc à résidus minier Solbec-Cupra ne suscitait d'intérêts qu'en raison des dangers qu'il représentait pour l'environnement et la santé humaine. Après avoir été restauré puis aménagé en site d'interprétation, ce site est aujourd'hui un domaine de villégiature. Ce potentiel de reconversion est un élément nouveau à inclure dans l'analyse coûts-bénéfices relative au projet de restauration. Ces sites boudés, avec raison, car source de contamination, pourraient se révéler à haut intérêt pour des usages futurs tels que des usages de conservation (création de parc, aménagement faunique), de villégiature (domaine), etc. S'il est difficile de chiffrer les gains qu'engendrerait la reconversion de ces sites, notamment dans le cas de la reconversion en domaine de villégiature puisque les prix reposeraient sur les conjonctures économiques post-restauration, il n'en reste pas moins intéressant de les prendre en considération. Ainsi, pour le cas du lac de la Héronnière, en se basant sur un prix moyen de 20 000 \$CAD pour les terrains en deuxième et troisième rang et un prix moyen de 40 000 \$CAD pour les lots riverains, et en considérant le nombre de terrains mis en vente par le Domaine des Hauts-Cantons et le domaine Les berges du lac de la Héronnière, alors les profits réalisés s'élèveraient à 4 440 000 \$CAD soit 88,8 % du coût des travaux de restauration. Or, plusieurs terrains sont affichés au-delà de 40 000 \$CAD. Si à cela il faut ajouter les bénéfices associés aux biens et services écologiques fournis pour les écosystèmes du lac de la Héronnière, l'investissement se trouve être amorti et rentable, et ce en moins de 20 ans.

Ne serait-il donc pas pertinent de prévoir, lorsque le site le permet un réaménagement au profit d'usages rentables permettant d'amortir les coûts de restauration? Ainsi, les

promoteurs pourraient investir dans la restauration avec moins de réticences en sachant que leurs investissements pourraient d'être amorti voire même pourraient leur rapporter des bénéfices en quelques années seulement.

6.2 Restauration ou aménagement faunique

« L'aménagement faunique consiste à maintenir, augmenter ou restaurer une ou plusieurs espèces animales par des interventions sur les habitats ou par la réglementation des récoltes (quotas de chasse/pêche) » (Intervenants fauniques de la Gaspésie et des îles, s.d.)

Autrement dit, l'aménagement faunique consiste à assurer les éléments essentiels à une ou plusieurs espèces, tels que l'accès à l'eau et à une source d'alimentation, la présence d'habitats propices et des conditions nécessaires à la reproduction des espèces (Fondation de la faune du Québec, 1996).

L'inventaire réalisé sur le site du lac de la Héronnière prouve que le milieu a rapidement été recolonisé par une variété d'espèces et répond aux critères de la définition précédente. La création du lac et la remise en état des lieux a apporté les éléments essentiels à ces espèces tant en termes de sources d'alimentation, de reproduction et d'habitat. L'installation de la colonie de hérons en est la preuve la plus flagrante. Bien qu'aujourd'hui cette colonie se soit relocalisée dans un lac proche, elle continue d'utiliser le lac comme aire d'alimentation.

Ainsi, à bien des égards, la restauration du lac de la Héronnière peut être également perçue comme un aménagement faunique favorable et réussi. Ceci soulève donc la question de la perception des projets de restauration en tant également qu'aménagement faunique. Cette vision des choses apporte une valeur supplémentaire à la restauration et au site restauré, en plus d'ajouter au potentiel de reconversion. Pourquoi ne pas alors inclure systématiquement ce concept dans l'élaboration des plans de restauration?

CONCLUSION

Quelle est la valeur attribuable à la restauration des sites miniers? N'est-ce qu'un coût pour la société, un prix à payer pour remédier aux impacts négatifs de l'industrie minière? L'objectif général de cet essai concernait l'évaluation des valeurs écologique et économique d'anciens sites miniers restaurés, et ce par l'intermédiaire de l'étude du cas du lac de la Héronnière.

L'approche présentée a été conçue à des fins d'analyse des valeurs écologique et économique tout en instaurant un cadre flexible et accessible. Une revue bibliographique rigoureuse a permis de sélectionner vingt-deux critères d'évaluation, douze concernant la valeur écologique et dix concernant la valeur économique, ainsi que de fixer une méthodologie, un système de cotation et un système de pondération. Seul un critère s'est révélé non applicable à l'étude de cas qui a suivi, et ce par manque de connaissance et de données sur les groupements forestiers.

L'évaluation du site à l'étude à l'aide de ces critères a permis de lui associer des valeurs quantitatives et qualitatives. Ainsi, un score de 88,6 % équivalant à une mention « très bonne » a été attribué à la valeur écologique du lac de la Héronnière. La mention « bonne » a été associée à sa valeur économique grâce à un score de 70,3 %. De plus, et afin de compléter l'évaluation, la valeur monétaire totale des biens et services environnementaux fournis par les différents biomes constituant le site du lac de la Héronnière a été calculée sur la base de deux sources différentes par la méthode de transfert des bénéfices. Les données les plus anciennes, datant de 1994, accordent une valeur par année comprise entre 1 313 714,17 \$CAD et 874 970,76 \$CAD, tandis que les données les plus récentes, de 2009, accordent une valeur par année comprise entre 1 090 232,76 \$CAD et 726 125,58 \$CAD.

Ces résultats établissent le potentiel indéniable et la plus-value pouvant être accordés à la restauration des sites miniers. Ils démontrent que les coûts requis pour satisfaire aux exigences environnementales de la restauration d'un milieu dégradé par des activités minières, ne sont pas uniquement une dépense, mais peuvent également être vus comme un investissement à plus ou moins long terme puisque la valeur du site est augmentée par la réalisation de sa restauration. Enfin, ils ouvrent la voie à la considération de la restauration minière en tant qu'aménagement faunique.

RÉFÉRENCES

- Agriculture et agroalimentaire Canada (2007). Biens et services écologiques. *In* Agriculture et agroalimentaire Canada. *Biens et services écologiques* [En ligne], http://www.agr.gc.ca/pol/egs-bse/index_f.php (Page consultée le 11 février 2011).
- Antweiller, W. (2009) Foreign Currency Units per 1 U.S. Dollar, 1948-2009. *In* fx.sauder.ubc.ca. *PACIFIC Exchange Rate Service* [En ligne], <http://fx.sauder.ubc.ca/etc/USDpages.pdf> (Page consultée le 24 avril 2011).
- Assemblée Nationale Québec (ANQ) (2010). Projet de loi n°79 : Loi modifiant la Loi sur les mines. *In* Projet de loi. *Assemblée Nationale Québec*, [En ligne], <http://www.assnat.qc.ca/fr/travaux-parlementaires/projets-loi/projet-loi-79-39-1.html> (Page consultée le 3 juin 2010).
- Association minière du Québec, (1999). Environnement et développement durable. *Association minière du Québec*, [En ligne]. http://www.amq-inc.com/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=38 (Page consultée le 8 octobre 2010).
- Barbier, E. B., Acreman, M. et Knowler, D. (1997). *Evaluation économique des zones humides. Guide à l'usage des décideurs et planificateurs*. Bureau de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse, 124 p. + annexes.
- Brassard, M-A. (2009). La compétitivité avant l'imputabilité. *In* Radio-Canada. *Economie, Industrie minière*, [En ligne], <http://www.radio-canada.ca/nouvelles/Economie-Affaires/2009/06/29/001-strategie-mines-quebec.shtml> (Page consultée le 12 janvier 2011).
- Bernhardt, T. (s.d.a) La succession. *In* Le site web de la biodiversité canadienne. *Les paramètres et les configurations de la biodiversité*, [En ligne]. <http://canadianbiodiversity.mcgill.ca/francais/patterns/time.htm> (Page consultée le 20 février 2011).
- Bernhardt, T. (s.d.b) La diversité des habitats. *In* Le site web de la biodiversité canadienne. *Les paramètres et les configurations de la biodiversité*, [En ligne]. <http://canadianbiodiversity.mcgill.ca/francais/patterns/space.htm> (Page consultée le 20 février 2011).
- Bernhardt, T. (s.d.c) La superficie. *In* Le site web de la biodiversité canadienne. *Les paramètres et les configurations de la biodiversité*, [En ligne]. <http://canadianbiodiversity.mcgill.ca/francais/patterns/space.htm> (Page consultée le 20 février 2011).
- Boussicault, B. (2007). *Étude géophysique d'une digue de rétention d'eau, parc à résidus miniers Solbec, Stratford, Québec*. Mémoire, Maître (M. Sc.) en Sciences de la Terre, Université du Québec INRS, Eau Terre et Environnement, Québec, 195 p.

- Bussière, B. (2008). *Les sites miniers abandonnés au Québec: empreinte sur le territoire, problématique environnementale et options pour la restauration*. Présentation aux 4 à 6 de la Chaire Desjardins, 9 avril 2008, 38 p.
- Canards Illimités Canada (CIC) (2011). Valeurs de la nature : le lien entre l'environnement et l'économie. In Canards Illimités Canada. *Les services écologiques : série de fiches documentaires* [En ligne], http://www.ducks.ca/fr/conservation/milieux_humides/conserv.html (Page consultée le 28 janvier 2011).
- Comité du patrimoine paysager estrien (2010). Actions et projets de préservation. In Comité du patrimoine paysager estrien. *Paysages Estriens*, [En ligne]. http://www.paysagesestriens.qc.ca/granit_projets.htm (Page consultée le 6 octobre 2010).
- Cogesaf (2009-2010). CLBVLac Aylmer / lac Louise. *Portail de l'eau du Cogesaf*, [En ligne]. http://www.cogesaf.qc.ca/index.php?option=com_content&view=article&id=73:clbv-lac-aylmer-lac-louise&catid=62:clbv-lac-aylmer--lac-louise&Itemid=94 (Page consultée le 6 octobre 2010).
- Commission européenne (2010). Estimer la véritable valeur de la nature. In L'environnement pour les Européens. *La Grande Question*, [En ligne]. http://ec.europa.eu/environment/news/efe/biodiversity/efe37-p6-7-teeb_fr.htm (Page consultée le 25 janvier 2011).
- Couture, B (2011). Entretien au sujet du lac de la Héronnière. Communication orale. *Entrevue téléphonique menée par Christelle Vittet avec Bruno Couture, promoteur Domaine des Hauts-Cantons*, 24 mars 2011, Montréal.
- Couture, N. (2003). Les résidus miniers, un danger devenu un bienfait. In Association québécoise des utilisateurs de l'ordinateur au primaire-secondaire (AQUOPS-CyberScol). *Science en vue*, [En ligne]. <http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/chimisterie/2002-2003/NCouture.html> (Page consultée le 8 novembre 2010).
- Cyr, J. (2008). La restauration du site Aldermac : un projet de 16.5 M\$. In MRNF. *Bulletin d'information minière*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2008-11/restauration.asp> (Page consultée le 10 novembre 2010).
- Directive 019 sur l'industrie minière*
- Domaine des Hauts-Cantons (2010). Domaine des Hauts-Cantons, Lac de la héronnière. In Domaine des Hauts-Cantons. *Domaine des Hauts-Cantons*, [En ligne]. <http://www.domainedeshautscantons.com/> (page consultée le 6 octobre 2010).
- Ducks Unlimited Canada (2000). Get ready for a beautiful hike, the nature trail at the Cambior Site. In Ducks Unlimited Canada. *Ducks Unlimited Canada, Conserving Canada's wetland*, [En ligne]. <http://www.ducks.ca/aboutduc/news/archives/prov2000/000907.html> (Page consultée le 6 octobre 2010).

- Duproprio.com (2011). Terrains résidentiels – 24 unités à vendre à Stratford. *In* Duproprio.com. *Terrains résidentiels à vendre*, [En ligne]. <http://www.duproprio.com/terrain-residentiel-a-vendre-stratford-quebec-119078> (Page consultée le 11 mai 2011).
- Ecojustice (2009). Pour que le Québec ait meilleure mine. *In* Ecojustice.ca. *Publications*, [En ligne], <http://www.ecojustice.ca/publications/reports/Quebec-meilleure-mine/attachment> (Page consultée le 8 novembre 2010).
- Environnement Canada (2010a). Guide de pratiques écologiques pour les mines de métaux. *In* Environnement Canada. *Lignes directrices / Codes de pratiques*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&n=CBE3CD59-1&offset=1&toc=show> (Page consultée le 12 janvier 2011).
- Environnement Canada (2010b). Indicateur de la qualité de l'eau : Sources de données et méthodes. *In* Environnement Canada. *Indicateurs environnementaux – Qualité de l'eau*, [En ligne]. http://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=9284CE65-1&offset=5&toc=show#_ftnref1 (Page consultée le 16 février 2011).
- Environnement Canada (2005). Détermination de la valeur économique des milieux humides – concepts, méthodes et considérations. *In* Environnement Canada. *Fiche d'information sur les Grands Lacs*, [En ligne]. http://www.on.ec.gc.ca/wildlife/factsheets/fs_wetlands-f.html#6 (Page consultée le 1^{er} février 2011).
- Fondation Canadienne de l'Arbre (FCA) (2008). Le rôle des arbres dans la réduction du CO₂ dans l'atmosphère. 12 pages.
- Fondation de la faune du Québec (1996). Aménagement des boisés et terres privés pour la faune. Guide technique. *In* Fondation de la faune du Québec. *Guide pratique*, [En ligne]. http://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/875_fascicule1.pdf (Page consultée le 10 avril 2011).
- Futura-Sciences (2011). Climax. *In* Futura-Sciences. *Définitions*, [En ligne]. http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/developpement-durable-2/d/climax_6392/ (Page consultée le 4 mai 2011).
- Gabor, S. (2005). Biens et services écologiques, Pour une agriculture durable. *In* Agricultural Institute of Canada. *Past conferences* [En ligne], http://www.aic.ca/conferences/pdf/2005/Shane_Gabor_FRA.pdf (Page consultée le 11 février 2011).
- Gauthier, M. (2008). Les mines : pilier du développement durable du Québec, d'hier à après-demain. *In* Québec Exploration 2008. [En ligne], http://www.quebecexploration.qc.ca/2008/pdf/session6/S6_05_gauthier.pdf (Page consultée le 8 octobre 2010).
- Google Map (2010-2011). *Google Map Canada*. [En ligne]. <http://maps.google.ca/> (Page consultée de novembre 2010 à avril 2011).

- Institut international du développement durable (IIDD) (2007). Valeurs et évaluation. *In* iidd. *Accueil, Économie et DD*, [En ligne]. http://www.iisd.org/economics/values/default_fr.asp (Page consultée le 1^{er} février 2011).
- Ioica, O. (2007). *Valeur environnementale, économique et sociale des écosystèmes aquatiques d'eau douce au Québec*. Essai de maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, 66 p.
- Institut de recherche pour le développement (IRD) (2011). Les fonctions du sol. *In* IRD. *Les dossiers thématiques de l'IRD*, [En ligne]. http://www.mpl.ird.fr/suds-en-ligne/sols/fonctions/micro_org.html (Page consultée le 16 mai 2011).
- Joly, M., Primeau, S., Sager, M. et Bazogue, A (2008). *Guide d'élaboration d'un plan de conservation des milieux humides*. Première édition, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, 68 pages.
- Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, L.C. 1999, c 33.
- Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune*, L.R.Q., c. C-61.1.
- Loi sur la qualité de l'environnement*, L.R.Q., c.Q-2.
- Loi sur le développement durable*, L.R.Q., c. D- 8.1.1.
- Loi sur les mines*, L.R.Q., c. M-13.1.
- Loi sur les Parcs nationaux du Canada*, L.C. 2000, c 32.
- Loi sur les pêches*, L.R.C. (1985), c. F-14.
- MacArthur, H. and Wilson, O. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, 203 pages.
- MDDEP (2002). Critères de qualité de l'eau de surface. *In* MDDEP. *Eau*, [En ligne]. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/relatifs.htm (Page consultée le 3 février 2011).
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2003). *Ecosystem and human well-being : A Framework for Assessment*. Island Press, 245 pages.
- MRNF (2011). Vocabulaire de la forêt. *In* MRNF. *Les forêts*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/vocabulaire/index.jsp> (Page consultée le 4 mai 2011).
- MRNF (2010). La restauration du site Eustis 1 remporte le prix Environnement des Grands Prix du génie-conseil québécois 2010. *In* MRNF. *A la une*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2010-06/eustis.asp> (Page consultée le 25 janvier 2011).

- MRNF (2009a). Guide sur la restauration minière. *In* MRNF. *Les mines, Restauration minière*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/mines/restauration/restauration-quifrmin.pdf> (Page consultée le 10 novembre 2010).
- MRNF (2009b). Restauration des sites miniers de l'Etat. *In* MRNF. *Les mines, Restauration minière*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/mines/restauration/restauration-sites.jsp> (Page consultée le 10 novembre 2010).
- MRNF (2009c). Restauration du site n° 1 du complexe minier Eustis. *In* MRNF. *Bulletin d'information minière*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2009-06/restauration.asp> (Page consultée le 10 novembre 2010).
- MRNF (1997). Guide et modalités de préparation du plan et exigences générales en matière de restauration des sites miniers au Québec. *In* MRNF. *Publications*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/mines/restauration/restauration-quifrmin.pdf> (Page consultée le 29 avril 2011).
- Olivier, M. J. (2009). *Chimie de l'environnement*, 6ème édition, Les productions Jacques Bernier, 55 p.
- Parcs Canada (2010). L'intégrité écologique. *In* Parcs Canada. *Parcs nationaux du Canada*, [En ligne]. <http://www.pc.gc.ca/fra/progs/np-pn/ie-ei.aspx> (Page consultée le 25 janvier 2011).
- Pêches et Océans Canada (MPO) (2010). Définitions. *In* Pêches et Océans Canada. *Travaux à proximité de l'eau - Définitions - Gestion de l'habitat de la région du Pacifique*, [En ligne]. <http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/habitat/Glossary-glossaire-fra.htm> (Page consultée le 11 février 2011).
- Pelchat, M. (2011). L'évaluation de la valeur économique d'un terrain. Communication orale. *Entretien téléphonique menée entre Christelle Vittet et Michel Pelchat, évaluateur agréé*. Février-mars 2011, Montréal.
- Politique québécoise de Protection des rives, du littoral et des plaines inondables*, c. Q-2, r. 35.
- Provost, M. (2008). La restauration du parc à résidus minier abandonné Aldermac. *In* Franc Vert. *L'environnement dans tous ses états*, [En ligne]. <http://www.francvert.org/pages/51articlelarestaurationduparcminier.asp> (Page consultée le 10 novembre 2010).
- RAPPEL (2001). Inventaire biologique de 70 milieux humides de l'Estrie (synthèse). *In* RAPPEL. *Le RAPPEL toujours « plus » eau. Les milieux humides*, [En ligne]. http://www.rappel.qc.ca/IMG/pdf/Inventaire_biological_de_70_milieux_humides_de_l_Estrie.pdf (Page consultée le 6 octobre 2010).
- Règlement sur les effluents des mines de métaux*, DORS/2002-22.

Règlement sur les substances minérales autres que le pétrole, le gaz et la saumure,
R.R.Q., c. M-13.1, r.2.

Revêrêt, J-P., Charron, I. et St-Arnaud R-M. (2008). Réflexions sur les méthodes d'estimation de la valeur économique des pertes d'habitats fauniques, Groupe Agéco pour le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement socio-économique, des partenariats et de l'éducation, Québec, 54 p.

Troy, A et Bagstad, K. (2009). Estimation of Ecosystemservice Values for Southern Ontario. Ontario Ministry of Natural Resources, 27 p.

Vézina, S. et Amyot, G. (1999). Le suivi de la restauration par inondation au parc à résidus miniers Solbec. *In* Ressources Naturelles Canada (RNCAN). *Ressources Naturelles Canada (RNCAN)*, [En ligne]. <http://www.nrcan.gc.ca/smm-mms/tect-tech/sat-set/cas-stu/flo-flo-fra.htm> (Page consultée le 6 octobre 2010).

Warnaffe, G.B. et Devillez, F. (2002). Quantifier la valeur écologique des milieux pour intégrer la conservation de la nature dans l'aménagement des forêts : une démarche multicritères, *Aménagement et évaluation écologique*, vol. 59, p. 369-387.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence canadienne de développement international (ACDI) (1992). La politique environnementale de l'ACDI en matière de développement durable. *In* Agence canadienne de développement international. *Politique*, [En ligne], <http://www.acdi-cida.gc.ca/acdi-cida/acdi-cida.nsf/fra/REN-218124547-P3B#sec4> (Page consultée le 28 janvier 2011).
- Agriculture, Pêcheries et alimentation Québec (2005). La rétribution des biens et services environnementaux en milieu agricole : éléments d'analyse pour le Québec. *In* Agri-Réseau. *Agroenvironnement*, [En ligne], <http://www.agrireseau.gc.ca/agroenvironnement/documents/BSEenmilieuagricole.pdf> (Page consultée le 11 février 2011).
- Assemblée Nationale Québec (ANQ) (2009). *Projet de loi n°79 : Loi modifiant le Loi sur les mines*, Québec, Editeur officiel du Québec, 20p.
- Berryman, D., St-Onge, J., Gendron, A., Brochu, C. (2003). L'impact d'anciens parcs à résidus miniers sur la qualité de l'eau et les communautés benthiques de la rivière Massawippi et des ruisseaux Eustis et Capel, Ministère de l'Environnement, 68 p.
- Besozzi, F. (2004). Évaluation du potentiel de production d'acide des stériles et du roc de la mine Eustis. *Mémoire de maîtrise de l'Université de Sherbrooke, Génie civil, Maîtrise ès sciences appliquées*, 183 p.
- Bussière, B. (2010). *Restauration des sites miniers*. Forum sur le développement minier en Abitibi-Témiscamingue, 20 mars 2010, 25 p.
- CANARDS ILLIMITÉS CANADA (CIC) (2011). Biens et services écologiques (BSE). *In* Canards Illimités Canada. *Projets de recherche* [En ligne], <http://www.ducks.ca/fr/conservation/recherche/projets/bse/index.html> (Page consultée le 28 janvier 2011).
- CANARDS ILLIMITÉS CANADA (2007). *Plan de conservation des milieux humides et de leurs terres hautes adjacentes de la région administrative de l'Estrie* [en ligne], <http://www.ducks.ca/fr/province/qc/plansreg/pdf/r05txtv1.pdf>, 55 p.
- Cégep de Jonquière (2010). Évaluation de l'information et des sources documentaires. *In* Cégep de Jonquière. *La Bibliothèque, Aide à la recherche*, [En ligne]. <http://cegepjonquiere.ca/bibliotheque/evaluation-de-linformation-et-des-sources-documentaires> (Page consultée le 3 janvier 2011).
- Chevassus-au-Louis, B., Salles, J-M., Bielsa, S., Richard, D., Martin, G. et Pujol, J-L (2009). Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Centre d'analyses stratégique, 348 pages + annexes.
- Environnement Canada (2011). Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement. *In* Environnement Canada. *Indicateurs environnementaux*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr> (Page consultée le 25 janvier 2011).

- Environnement Canada (2009). Établir un prix pour les biens et services au Canada. *In* Environnement Canada. *EnviroZine*, numéro 91, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/envirozine/default.asp?lang=Fr&n=B31D9D94-1> (Page consultée le 12 février 2011).
- Environnement Canada (2002). Guide pour l'étude du suivi des effets sur l'environnement aquatique par les mines de métaux. *Environnement Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/esee-eem/default.asp?lang=Fr&n=D450E00E-1> (Page consultée le 8 octobre 2010).
- Green Facts (2007). Consensus scientifique sur la biodiversité, résumé du rapport scientifique de la Convention sur la diversité biologique. *In* Green Facts. *Publications*, [En ligne]. <http://www.greenfacts.org/fr/perspectives-mondiales-biodiversite/l-2/4-taux-perde.htm> (Page consultée le 16 février 2011).
- Gouvernement du Canada (2007). NEDEM lutte contre le drainage acide dans l'industrie minière. *In* Gouvernement du Canada. *Partenaires fédéraux en transfert de technologies*, [En ligne]. <http://www.fptt-pftt.gc.ca/fra/anniversaire/page-5.html> (Page consultée le 28 janvier 2011).
- Intervenants fauniques de la Gaspésie et des îles (s.d.). Concept d'aménagement faunique. *In* Le site des intervenants fauniques de la Gaspésie et des îles. *Gestion de la faune*, [En ligne]. http://web.mac.com/cregim/Site_des_tiers_fauniques_de_la_r%C3%A9gion_de_la_Gasp%C3%A9sie/Concepts_am_faun.html (Page consultée le 14 avril 2011).
- Leduc, G.A. et Raymond, M. (2000). L'évaluation des impacts environnementaux, Un outil d'aide à la décision. Éditions MultiMondes. Sainte-Foy. 403 p.
- Melanson, M. (2006). Analyse d'un système de traitement passif pour le site de la mine Eustis. *Thèses de l'Université de Sherbrooke, Sciences, Maîtrise en environnement*, 57 p.
- Mohamed, A.M.O., Yong, R.N., Caporuscio, F., Li, R. (1996). Flooding of a mine tailing site: Suspension of solids - Impact and prevention. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, vol. 10, n° 3, p. 117-126.
- MRNF (2011). Le ministère des Ressources naturelles et de la Faune : une histoire à l'échelle du Québec. *In* MRNF. *Le Ministère*, [En ligne]. <http://www.mrn.gouv.qc.ca/ministere/historique/index.jsp> (Page consultée le 21 janvier 2011).
- MRNF (2009). Les dispositions réglementaires. *In* MRNF. *Les mines, Restauration minière*, [En ligne]. <http://www.mrn.gouv.qc.ca/mines/restauration/restauration-dispositions.jsp> (Page consultée le 10 novembre 2010).
- MRNF (2006). Autorisations requises pour des activités en milieux aquatiques, humides et riverains. *In* MRNF. *Ressources naturelles et Faune Québec*, [En ligne]. <http://www.mrn.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/autorisations/aquatiques.jsp> (Page consultée le 8 octobre 2010).

- Municipalité du canton de Stratford (2011). Le site Cambior. *In* Municipalité du canton de Stratford. *La Municipalité du canton de Stratford*, [En ligne]. <http://www.munstratford.qc.ca/indexFr.asp?numero=44> (Page consultée le 6 octobre 2010).
- Parrott, L. (s.d.). Les biens et services écologiques. *In* Université de Montréal. *GEO2312*, [En ligne]. http://www.geog.umontreal.ca/donnees/geo2312/cours_22jan_petit.pdf (Page consultée le 3 février 2011).
- Revérêt, J-P. (2010). Évaluation économique des biens et services écologiques. *In* Centre de la science de la biodiversité du Québec. *Présentation du Symposium annuel du CQSB, La science de la biodiversité au Québec : 2010 et au-delà*, [En ligne]. http://qcbs.ca/wp-content/uploads/2010/12/Reveret_QCBS_01122010_reduced.pdf (Page consultée le 11 février 2011).
- Serres, A. (2010). Évaluation de l'information sur Internet. *In* URFIST Rennes. URFIST de Bretagne et des Pays de la Loire. *Ressources. Supports de formation*, [En ligne]. <http://www.sites.univ-rennes2.fr/urfist/supports/axe/3> (Page consultée le 3 janvier 2011).
- Service des bibliothèques de l'UQAM (2010). InfoSphère : 7. Évaluer et citer ses sources. *In* Service des bibliothèques de l'UQAM. *InfoSphère*, [En ligne]. <http://www.bibliotheques.uqam.ca/InfoSphere/sciences/module7/index.html> (Page consultée le 3 janvier 2011).
- Tong, J. (2009). Évaluation critique des ressources Internet. *In* University of Alberta Libraries. *Guides de recherche*, [En ligne]. http://www.library.ualberta.ca/guides_fr/criticalevaluation/index.cfm (Page consultée le 3 janvier 2011).
- Turgeon, P. (2000). Neutralisation du drainage minier acide par l'utilisation d'un résidu industriel à base de magnésite. *Mémoire de maîtrise de l'Université de Sherbrooke, Génie civil, Maîtrise ès sciences appliquées*, 132 p.
- URFIST de Paris (2007). Évaluer des sites Internet. *In* URFIST de Paris. *CERISE. Chercher sur Internet*, [En ligne]. <http://urfist.enc.sorbonne.fr/anciensite/cerise/p361.htm> (Page consultée le 3 janvier 2011).
- Vien, J. (1996). Évaluation des impacts des rejets miniers de l'ancienne mine d'Eustis sur l'environnement. *Thèses de l'Université de Sherbrooke, Sciences, Maîtrise en environnement*, 90 p.
- YANFUL, E.K., Morteza Mousavi, S. et Lin-Pei De Souza (2006). A numerical study of soil cover performance. *Journal of Environment Management*, vol. 81, p. 72-92.
- Zeitoun, C. (2010). Estimer la valeur de la nature. *In* cnrs le journal. *Les secouristes de la nature*, [En ligne]. <http://www2.cnrs.fr/presse/journal/4673.htm> (Page consultée le 11 février 2011).