

MINE AGNICO EAGLE LTÉE

PROJET AKASABA OUEST

ÉTUDE SECTORIELLE SUR LA LUMIÈRE
ARTIFICIELLE NOCTURNE

1203-REP-006

JUILLET 2015

PROJET AKASABA OUEST
ÉTUDE SECTORIELLE SUR LA LUMIÈRE
ARTIFICIELLE NOCTURNE

Mine Agnico Eagle Itée

1203-REP-006

Projet n° : 141-14776-00
Date : Juillet 2015

—
WSP Canada Inc.
125, rue Racine Est
Saguenay (Québec) G7H 1R5

Téléphone : +1-418-698-4488
Télécopieur : +1-418-698-6677
www.wspgroup.com



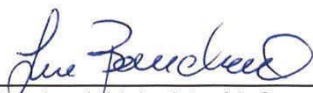
SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Dominic Gauthier, biologiste, B. Sc.

RÉVISÉ PAR



Luc Bouchard, biologiste, M. Sc.
Chargé de projet

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Josée Marcoux
Chargé de projet	Luc Bouchard, biologiste, M. Sc.
Rédaction et analyse	Dominic Gauthier, biologiste, B. Sc.
Modélisations	Marie-Ève Allaire, chef de projet, ingénieure Éclairage et feux de circulation
Modélisations	Simon Bouffard, directeur Paysage et simulation visuelle
Cartographie	Christine Thériault, cartographe, B. Sc.
Édition	Julie Côté

Référence à citer :

WSP 2015. *Projet Akasaba Ouest, Étude sectorielle sur la lumière artificielle nocturne*. Rapport produit pour Mine Agnico Eagle Ltée. 31 pages.

TABLE DES MATIÈRES

1	MISE EN CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	1
2	IMPACTS POTENTIELS DE LA LUMIÈRE ARTIFICIELLE NOCTURNE.....	3
2.1	Impacts potentiels sur le milieu humain.....	3
2.2	Impacts potentiels sur le milieu biologique	4
2.2.1	Mammifères	4
2.2.2	Oiseaux.....	4
2.2.3	Reptiles et amphibiens.....	5
2.2.4	Poissons	5
2.2.5	Invertébrés (insectes).....	5
2.2.6	Végétation.....	5
3	COMPOSANTES SENSIBLES DU MILIEU RÉCEPTEUR	7
3.1	Milieu humain.....	7
3.2	Milieu biologique	7
4	CLARTÉ DU CIEL DANS LE SECTEUR À L'ÉTUDE.....	11
5	NORMES SUR LA LUMIÈRE ARTIFICIELLE NOCTURNE.....	15
6	MÉTHODOLOGIE.....	17
6.1	Sources d'émission de lumière artificielle nocturne	17
6.2	Modélisation des sources d'émission de lumière artificielle nocturne	17
6.3	Logiciel utilisé et analyses.....	18
6.3.1	Considération des saisons	18
6.3.2	Analyse des niveaux d'éclairage	19
7	RÉSULTATS.....	21
8	DESCRIPTION ET ÉVALUATION DES IMPACTS.....	27
8.1	Sources d'impact.....	27
8.2	Mesures d'atténuation	27
8.3	Description détaillée des des impacts	28
8.3.1	Milieu humain.....	28
8.3.2	Milieu biologique	28
8.4	Évaluation de l'impact résiduel.....	29
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	31

TABLEAUX

Tableau 1	Normes recommandées sur la lumière intrusive dans le cadre du projet de lutte contre la pollution lumineuse dans le secteur de l'OMM 15	
Tableau 2	Caractéristiques des sources d'émission de lumière artificielle nocturne utilisées pour la modélisation de la situation future	18
Tableau 3	Résultats en lux des simulations en été et en hiver	21
Tableau 4	Évaluation de l'impact résiduel de la lumière artificielle nocturne	29

FIGURES

Figure 1	Vue réaliste des installations futures en hiver, vue de haut	22
Figure 2	Vue réaliste des installations futures en hiver et éclairage au sol et à 100 m au-dessus du sol en hiver, vue prise à partir du nord-ouest à environ 1,8 km des futures installations.....	22
Figure 3	Charte de couleur montrant les niveaux d'éclairage au sol des futures installations en hiver, vue de haut	23
Figure 4	Charte de couleur montrant les niveaux d'éclairage des futures installations au sol et à 100 m au-dessus du sol en hiver, vue prise à partir du nord-ouest à environ 1,8 km des futures installations	23
Figure 5	Isolignes mesurées au sol en périphérie des futures installations en hiver	24
Figure 6	Isolignes mesurées à 100 m au-dessus du sol des futures installations en hiver	24
Figure 7	Charte de couleur montrant les niveaux d'éclairage des futures installations à partir du secteur des chalets du lac Bayeul à 100 m au-dessus du sol en hiver.....	25
Figure 8	Vue réaliste à partir du lac Bayeul de l'éclairage à 100 m au-dessus du sol en hiver.....	25

CARTES

Carte 1	Analyse de la lumière artificielle nocturne.....	9
Carte 2	Clarté artificielle du ciel nocturne au niveau de la mer dans le secteur du site à l'étude (2006).....	13

1 MISE EN CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Pour des raisons de sécurité, le site minier d'Akasaba Ouest sera éclairé puisque des opérations minières incluant de la machinerie s'y dérouleront de jour comme de nuit. La lumière artificielle nocturne qui sera en place une fois les nouvelles installations en fonction a été analysée afin de déterminer l'impact qu'aura l'ajout de ces nouvelles sources lumineuses sur les composantes sensibles des milieux humain et biologique (faune et flore). Cette analyse couvre toutes les composantes où les activités liées au projet pourraient avoir un effet sur les niveaux d'illumination nocturne, et ce, en fonction des différentes saisons (été et hiver) (carte 1).

Cette étude se base sur les intrants suivants :

- aménagements et équipements projetés qui seront une source d'émission de lumière artificielle nocturne;
- composantes du milieu récepteur (humain et biologique) pouvant être affectées par la présence de sources de lumière artificielle nocturne.

2 IMPACTS POTENTIELS DE LA LUMIÈRE ARTIFICIELLE NOCTURNE

Aujourd'hui, les hommes et les femmes vivent et travaillent la nuit comme le jour, et il est devenu indispensable d'éclairer leur environnement. En l'absence de normes et de bonnes pratiques visant à limiter les effets nuisibles de l'éclairage artificiel nocturne, on assiste à une surenchère lumineuse qui va bien au-delà des simples besoins de voir et d'être vu. Cette pollution lumineuse provient de l'utilisation excessive et inappropriée de la lumière artificielle nocturne. Cet éclairage artificiel peut avoir des impacts sur l'observation des étoiles, les écosystèmes, la faune et la flore, la consommation d'énergie et le patrimoine

2.1 IMPACTS POTENTIELS SUR LE MILIEU HUMAIN

Les informations présentées dans cette section sont tirées principalement du *Guide technique et réglementaire sur l'éclairage extérieur – révision 2006. Projet de lutte contre la pollution lumineuse de l'ASTROLab du Mont-Mégantic* (Legris 2006).

Les conséquences négatives les plus associées à la pollution lumineuse concernent les éléments suivants :

- **Le voilement des étoiles** : Lorsque la lumière se propage vers le ciel et rencontre les particules présentes dans l'atmosphère, elle est réfléchiée vers la Terre, augmentant ainsi la brillance du ciel. Plus le fond du ciel est éclairé, moins les étoiles sont visibles. Pour les astronomes, la noirceur du ciel est essentielle à l'étude d'objets célestes de faible intensité lumineuse. La lumière artificielle nocturne perturbe le travail des astronomes, prive les citoyens et les villégiateurs de la beauté du ciel étoilé et des paysages nocturnes. Cette composante de l'environnement a d'ailleurs été désignée comme patrimoine mondial de l'humanité par l'UNESCO. Le voilement des étoiles est causé par la lumière artificiellement émise vers le ciel, soit directement par les luminaires, soit après avoir été réfléchiée sur le sol.
- **La lumière intrusive** : La lumière intrusive, quant à elle, est cette lumière qui entre dans nos maisons, celle qui éclaire, en dehors des limites de propriété. Cette lumière intrusive nous prive de notre quiétude tant à l'intérieur de nos maisons que sur nos terrains et jardins, en plus de limiter notre accès à la beauté d'un ciel étoilé. Aucun prétexte valable ne justifie d'éclairer la propriété voisine; c'est une utilisation abusive de lumière, donc d'énergie. De plus, de récentes études démontrent la grande importance pour la santé humaine d'avoir accès à une nuit de sommeil dans la plus grande noirceur possible. Plusieurs hormones et cellules du système immunitaires fonctionnent uniquement en pleine noirceur; c'est le cas notamment des cellules luttant contre certains cancers.
- **L'éblouissement et la visibilité** : L'éblouissement peut créer de l'aveuglement et ainsi limiter notre capacité à distinguer les obstacles rencontrés ou il peut simplement créer un inconfort visuel. Dans les deux cas, la responsabilité incombe à une mauvaise utilisation de l'éclairage et accentue les risques d'accident.
- **Économie** : L'énergie lumineuse utilisée pour éclairer inutilement le ciel implique des coûts qui pourraient être économisés. Cet enjeu est encore plus préoccupant lorsque les combustibles fossiles sont utilisés, ce qui favorise l'émission de gaz à effet de serre.

2.2 IMPACTS POTENTIELS SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE

Depuis toujours, les êtres vivants ont su tirer parti des bienfaits offerts tant par les environnements diurnes que nocturnes. Il n'est donc pas surprenant que la pollution lumineuse, qui se traduit littéralement par la disparition de l'obscurité de la nuit, puisse avoir des incidences néfastes sur le milieu biologique.

Un ouvrage spécifique et très exhaustif sur le sujet a d'ailleurs été publié en 2006 : « *Ecological consequences of artificial night lighting* » (Rich et Longcore 2006). Cet ouvrage fait la revue complète des connaissances à propos des conséquences écologiques de la lumière artificielle nocturne et plus précisément sur six groupes taxonomiques distincts : mammifères, oiseaux, reptiles et amphibiens, poissons, invertébrés et la végétation. Toutes les informations présentées dans cette section sont tirées de cet ouvrage.

2.2.1 MAMMIFÈRES

Toutes les espèces de chauves-souris et de blaireaux, la plupart des petits carnivores, 20 % des primates ainsi que 80 % des marsupiaux sont nocturnes. Plusieurs autres espèces sont actives tant le jour que la nuit. Il n'est donc pas surprenant que la lumière nocturne artificielle ait des effets négatifs sur beaucoup de mammifères.

Les effets négatifs possibles sur les mammifères en général sont :

- **La perturbation des comportements de base et du rythme circadien** : En présence de lumière durant la nuit, certaines espèces vont réduire considérablement leurs activités, parcourir de plus petites distances et consommer moins de nourriture ce qui risque d'avoir un effet direct sur leur survie.
- **L'augmentation du risque de prédation** : Une luminosité accrue peut faciliter la capture des proies par les prédateurs visuels nocturnes.
- **La dispersion des espèces et l'utilisation du territoire** : Certaines espèces vont éviter ces zones éclairées et ainsi être limitées sur la superficie de territoire qu'ils peuvent utiliser.

Les chiroptères sont les mammifères qui semblent le plus affectés par la lumière artificielle. Plusieurs études ont démontré que la lumière artificielle pouvait avoir des effets positifs sur certaines espèces de chauves-souris, car les lumières attirent les insectes et ces nuages d'insectes constituent une abondante source de nourriture pour les chauves-souris.

Toutefois, de récentes études démontrent, à l'inverse, que la lumière artificielle nocturne provoque à long terme des effets négatifs importants sur certaines espèces de chauves-souris, notamment sur les colonies de reproduction, les gîtes d'hibernation et les aires de repos.

2.2.2 OISEAUX

Plusieurs centaines d'oiseaux migrateurs effectuent leur migration la nuit et il est bien connu que les feux ainsi que la lumière artificielle attirent les oiseaux durant la migration, particulièrement lorsque le ciel est couvert. Cette lumière désoriente les oiseaux et favorise les risques de collision et de mortalité avec les structures en place.

De plus, la lumière artificielle peut avoir des effets négatifs sur le rythme circadien de plusieurs espèces. Par exemple, plusieurs études ont démontré que certaines espèces d'oiseaux commençaient à chanter beaucoup plus tôt le matin et même parfois durant la nuit en présence de lumière artificielle ce qui peut influencer les comportements de reproduction.

La lumière artificielle peut aussi augmenter l'exposition à la compétition intraspécifique (oiseaux diurnes vs nocturnes). Cette lumière peut aussi augmenter les risques de prédation.

2.2.3 REPTILES ET AMPHIBIENS

La grande majorité des espèces d'anoures sont nocturnes et une augmentation de la lumière les expose à un plus grand risque de prédation. Toutefois, plusieurs espèces sont aussi prédatrices et la lumière artificielle peut, dans ce cas, augmenter leur succès d'alimentation. Une plus grande quantité de lumière peut aussi affecter leur comportement et leur reproduction, ce qui peut avoir des effets négatifs sur la survie de ces espèces. De plus, les anoures sont, pour la plupart, très peu mobiles et dépendent de leur habitat respectif (zone humide). Il est donc très difficile pour ces espèces de tout simplement se déplacer et de changer d'habitat à la suite de l'augmentation de la lumière nocturne. Cette dépendance à leur habitat peut compromettre la survie de ces espèces en présence de lumière artificielle.

2.2.4 POISSONS

Les différentes espèces de poissons montrent différentes préférences concernant la luminosité. Certaines espèces sont des prédatrices visuelles uniquement alors que d'autres peuvent se nourrir dans une noirceur totale. Comme la quantité de lumière présente dans la colonne d'eau change énormément dans une journée, celle-ci amène une dimension dynamique à l'habitat, ce qui permet la coexistence de plusieurs espèces au même endroit. Une perturbation de la lumière naturelle peut donc avoir des conséquences significatives sur la richesse et la composition des communautés de poissons.

2.2.5 INVERTÉBRÉS (INSECTES)

Les insectes sont particulièrement sensibles à la lumière artificielle parce qu'ils réagissent directement aux stimuli de la lumière. Conséquemment, ils vont être perturbés dans tous leurs comportements, soit la migration, les déplacements, l'alimentation et la reproduction. De plus, le fait de s'agglomérer en masse autour d'une lumière augmente énormément le risque de prédation par les espèces prédatrices insectivores, particulièrement les chauves-souris. Leur taux de survie est par le fait même beaucoup diminué.

Dans les lacs, une source lumineuse trop intense peut affecter le cycle de migration journalière du zooplancton, une source de nourriture importante pour plusieurs espèces de poissons. Ce cycle étant perturbé, il peut y avoir des conséquences négatives sur le reste de la chaîne alimentaire.

2.2.6 VÉGÉTATION

Les plantes et les arbres étant des organismes sessiles, ils sont très dépendants des signaux environnementaux pour leur développement. L'un des signaux les plus importants est sans contredit la lumière ambiante. Il n'y a aucun doute sur le fait que la lumière artificielle affecte les plantes.

Selon différentes études, plusieurs processus peuvent être affectés négativement par la lumière artificielle :

- le taux de germination;
- la croissance;
- la croissance des feuilles;
- la période de floraison et la croissance des fleurs;
- le développement des fruits;
- la chute des feuilles;
- la reproduction.

Toute modification de la lumière naturelle peut aussi contribuer à une réduction de la diversité des espèces. Par exemple, la surexposition à la lumière favorise le développement et l'envahissement de certaines espèces.

3 COMPOSANTES SENSIBLES DU MILIEU RÉCEPTEUR

La carte 1 présente les installations projetées émettrices de lumière artificielle nocturne. On y retrouve également les composantes sensibles du milieu humain et du milieu biologique (milieux humides, cours d'eau, lacs et espèces à statut) se situant à proximité du site minier et qui pourraient être affectées par l'augmentation de la lumière artificielle nocturne. Cette carte permet de cerner les enjeux potentiels de l'augmentation de la lumière artificielle nocturne sur les milieux humain et biologique.

3.1 MILIEU HUMAIN

On retrouve au sud des installations projetées, des zones de villégiature associées aux lacs Ben et Bayeul (carte 1). La zone de villégiature du lac Bayeul est la plus près du site, soit à environ 2 km de la fosse projetée. Il y a 22 propriétés autour du lac Bayeul, dont 7 résidences permanentes. L'Association des scouts du Canada possède également un chalet en bordure du lac. Le lac Ben, quant à lui, compte 64 propriétés parmi lesquelles on dénombre 20 résidences permanentes.

De plus, de nombreux baux de villégiature pour des abris sommaires sont présents dans le secteur, témoignant ainsi d'une activité de chasse intensive (carte 1). L'un de ces abris est situé à l'intérieur des limites de propriétés, alors qu'un autre est situé à moins de 1 km au nord des installations projetées.

Enfin, il y a un refuge d'un club de quad à environ 3,5 km à l'est du site minier (carte 1).

3.2 MILIEU BIOLOGIQUE

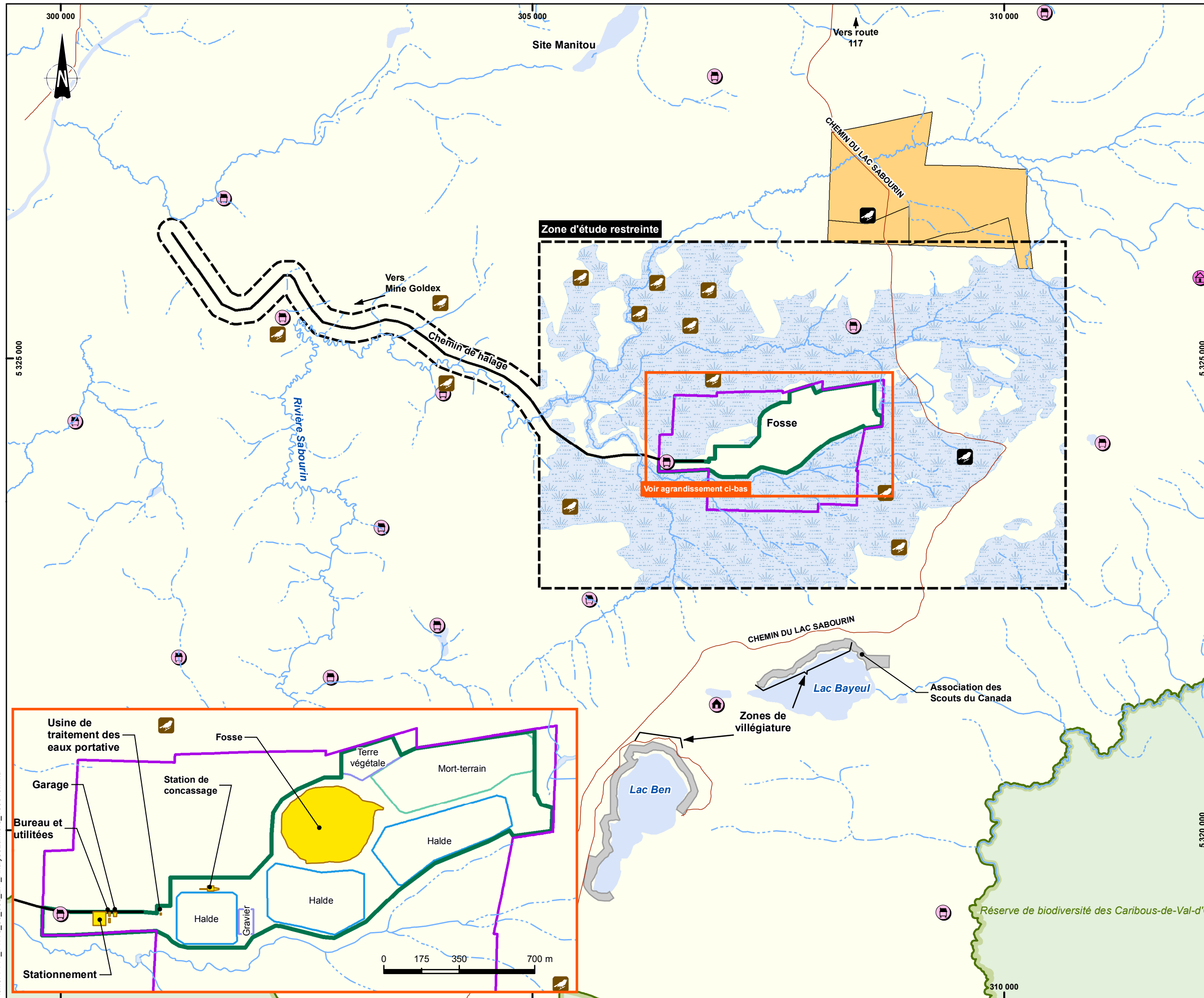
Plusieurs milieux humides sont présents dans la zone qui sera aménagée (carte 1). En fait, toutes les installations minières projetées seront entourées de milieux humides. On retrouve aussi des petits cours d'eau dans le secteur. L'un d'eux est situé près des futures installations. Il longe tout le secteur sud des installations projetées. Des pêches réalisées dans ce cours d'eau confirment la présence d'une seule espèce de poisson, soit l'épinoche à cinq épines.

Les données de chasse démontrent que le secteur à l'étude est fréquenté par l'orignal (*Alces americanus*) et l'ours noir (*Ursus americanus*). Bien que pouvant être présent, le cerf de Virginie y serait très peu abondant et sa chasse est interdite.

On retrouve, à environ 5 km au sud-est du site minier, la réserve de biodiversité des Caribous-de-Val-d'Or (carte 1). Cette réserve a été créée afin de maintenir une harde relique d'environ 20 individus de caribous des bois (*Rangifer tarandus caribou*) de type écoforestier. Le caribou forestier a été désigné vulnérable au Québec en vertu de la *Loi sur les espèces menacées et vulnérables* et il est désigné menacé au Canada.

Aucune espèce à statut précaire n'a été recensée au cours de l'inventaire de l'herpétofaune, ni observée de façon opportuniste lors des autres activités d'inventaire réalisées dans la zone d'étude. Il en est de même pour les petits mammifères, où les inventaires de terrain n'ont pas permis de capturer des espèces à statut particulier.

Enfin, deux espèces d'oiseaux à statut particulier ont été observées ou entendues dans le secteur à l'étude lors des inventaires, soit le moucherolle à côtés olive (*Contopus cooperi*) et l'engoulevant d'Amérique (*Chordeiles minor*) (carte 1). Ces deux espèces sont inscrites sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec et sont désignées menacées au Canada. Toutes les observations ont été effectuées à l'extérieur des limites de propriété où seront construites les infrastructures minières.



	Lac
	Cours d'eau permanent
	Cours d'eau intermittent
	Milieu humide
Loisirs et récréotourisme	
	Refuge
	Zone de villégiature
<i>Baux de location en terres publiques</i>	
	Villégiature
	Abri sommaire
Mine, extraction et élimination	
	Limite de propriété
	Concessions minières
	Zone aménagée
Limites	
	Zone d'étude restreinte
Observations d'espèces à statut particulier	
<i>Précaire</i>	
	Engoulement d'Amérique (ENAM)
	Moucherolle à côtés olive (MOCO)
Sites d'intérêt	
<i>Site faunique du caribou au sud de Val-d'Or</i>	
	Aire protégée de la Réserve de biodiversité des Caribous-de-Val-d'Or
Élément de l'étude	
	Source de lumière artificielle nocturne

0 400 800 1 600 m
1 : 40 000
Projection : NAD83, UTM fuseau 18N

AGNICO EAGLE **ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL**
Projet Akasaba Ouest : Étude sectorielle sur la lumière artificielle nocturne Val-d'Or, Qc

Carte 1
Analyse de la lumière artificielle nocturne

Sources :
Carte : ESRI World topographic Map
Hydrographie : MRN BDTQ 20K, feuillet 32C04-102
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01
Réserve de biodiversité : GESTIM, MRN (2014-03-15)
Projet : Agnico Eagle (2014-08-25), fichier ACAD-1202-000-210-001_RA_OPT B1 AK_B_UTM18.dwg

Préparée par : J. Marcoux
Dessinée par : C. Thériault
Approuvée par : J. Marcoux

WSP

19 mai 2015 141-14776-00-810

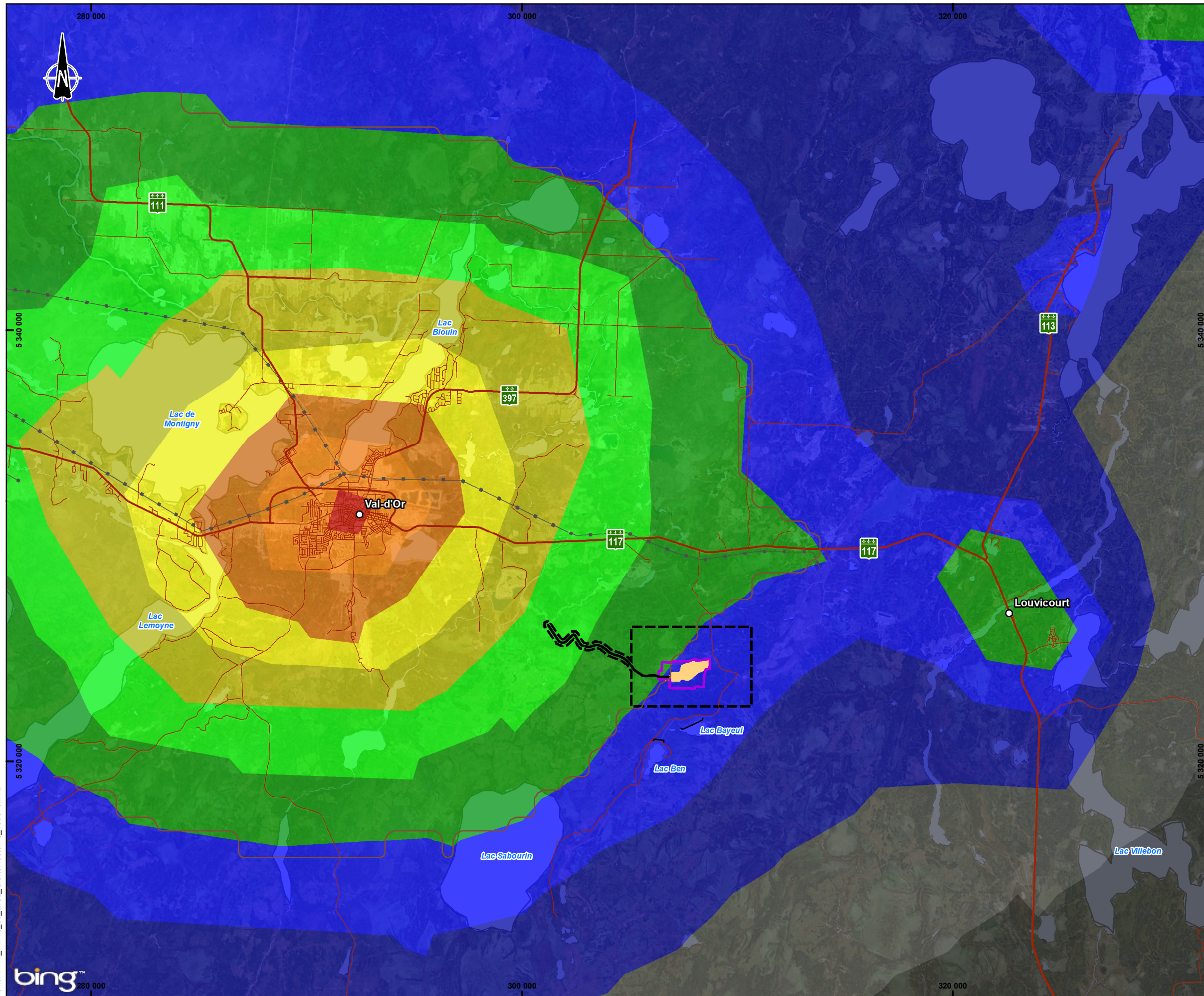
Fichier : 141_14776_00_083_EI1_AnalyseLumiere_150519.mxd

4 CLARTÉ DU CIEL DANS LE SECTEUR À L'ÉTUDE



En 2001, le premier Atlas Mondial de la clarté artificielle du ciel nocturne, au zénith et convertie au niveau de la mer, a été publié par Cinzano *et al.* 2001. Ces données ont été recalculées en 2006 avec des données satellites plus récentes et sont maintenant disponibles au grand public via le site internet suivant : <https://djllorenz.github.io/astronomy/lp2006/>. Les données pour le secteur à l'étude sont présentées sur la carte 2. Ces données sont imagées à l'aide d'une charte de couleur, correspondant à un niveau de clarté du ciel, le noir étant le ciel le plus clair et le blanc le moins clair.

On peut voir clairement sur la carte 2 que la ville de Val-d'Or représente la principale source de lumière artificielle nocturne dans le secteur. Le village de Louvicourt à l'Est du site génère aussi un peu de lumière.


Selon ces données, le site minier projeté de même que les zones de villégiature des lacs Bayeul et Ben sont situés dans la zone bleu pâle. Chacune des couleurs est liée à l'échelle de Bortle (Bortle 2001) qui comporte 9 différents degrés, 1 étant le ciel le plus naturel et 9 étant le ciel le plus artificiel. Le site minier projeté est situé dans le 3^e degré qui correspond à une clarté de ciel typiquement rural où on distingue quelques signes évidents de pollution lumineuse (quelques zones éclairées à l'horizon). Les nuages sont légèrement visibles, surtout près de l'horizon, mais le zénith est noir et l'apparence complexe de la Voie lactée est encore perceptible.



Mine, extraction et élimination

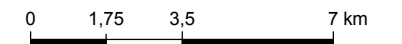
-  Limite de propriété
-  Zone aménagée

Limites

-  Zone d'étude restreinte

Clarté nocturne au niveau de la mer

Magnitudes par arcseconde ²	Ratio de luminosité artificiel/ luminosité naturelle
21,99-21,93	0,01-0,06
21,93-21,89	0,06-0,11
21,89-21,81	0,11-0,19
21,81-21,69	0,19-0,33
21,69-21,51	0,33-0,58
21,51-21,25	0,58-1,00
21,25-20,91	1,00-1,73
20,91-20,49	1,73-3,00
20,49-20,02	3,00-5,20
20,02-19,50	5,20-9,00
19,50-18,95	9,00-15,59



1 : 175 000
Projection : NAD83, UTM fuseau 18N



ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL
Projet Akasaba Ouest : Étude sectorielle sur la lumière artificielle nocturne Val-d'Or, Qc

Carte 2

Clarté artificielle du ciel nocturne au niveau de la mer dans le secteur du site à l'étude (2006)

Sources :

Carte : ESRI World topographic Map
Hydrographie : MRN BDTQ 20K, feuillet 32C04-102
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01
Réserve de biodiversité : GESTIM, MRN (2014-03-15)
Projet : Agnico Eagle (2014-08-25), fichier ACAD-1202-000-210-001_RA_OPT B1 AK_B_UTM18.dwg
Clarté nocturne : <http://cleardarksky.com/lp/ValdOrPQlp0.gif>

Préparée par : D. Gauthier
Dessinée par : C. Thériault
Approuvée par : J. Marcoux



16 juin 2015

141-14776-00-810

5 NORMES SUR LA LUMIÈRE ARTIFICIELLE NOCTURNE

Tel que spécifié à la section 2, il n'y a pas de norme limitant la quantité de lumière émise vers le ciel, mais elle doit être idéalement nulle. Il n'y a pas non plus de normes réglementaires établissant les niveaux d'éclairage à respecter afin de prévenir la lumière intrusive.

Toutefois, au printemps 2014, le Bureau de normalisation du Québec (BNQ), en collaboration avec IDA Québec (chapitre Québec de l'International *Dark-Sky Association*), la Réserve internationale de ciel étoilé du Mont-Mégantic (RICEMM), plusieurs ministères du gouvernement du Québec, Hydro-Québec et plusieurs acteurs de l'industrie de l'éclairage, des municipalités et du milieu scientifique, ont amorcé l'élaboration d'une norme qui vise à servir de balise et de référence technique relativement au contrôle et aux bonnes pratiques en matière d'éclairage extérieur. Selon les informations obtenues de la part de M. Daniel Langlais, normalisateur au BNQ, la norme sur la pollution lumineuse devrait être publiée en mars ou en avril 2016.

Hormis cette norme à venir, les membres de l'ASTROLab du Mont-Mégantic ont élaboré en 2006 un projet de réglementation sur l'éclairage extérieur dans le cadre d'un projet de lutte contre la pollution lumineuse dans le secteur spécifique de l'observatoire du Mont-Mégantic (OMM) (Legris 2006). Le tableau 1 présente les niveaux d'éclairage maximaux recommandés pour la prévention de la lumière intrusive, et ce, pour trois zones environnementales distinctes à partir de l'OMM :

- **Zone environnementale 1** : Environnement à faible ambiance lumineuse. Zone de protection périphérique aux observatoires astronomiques et aux parcs de conservation. Secteurs résidentiels dont le contrôle de la lumière intrusive est important. Correspond à la zone de 0 à 25 km autour de l'OMM.
- **Zone environnementale 2** : Environnement à ambiance lumineuse modérée. Milieu rural. Secteurs résidentiels éloignés des centres urbains. Correspond à la zone de 25 à 50 km autour de l'OMM.
- **Zone environnementale 3** : Environnement à ambiance lumineuse élevée. Secteurs commerciaux. Secteurs résidentiels urbains. Correspond à la ville de Sherbrooke.

Ainsi, les données du tableau 1 donnent un aperçu en Lux de ce qui est recommandé pour la zone spécifique de l'OMM. Il est difficile de comparer les données du présent projet à ces recommandations, car il s'agit de deux contextes bien différents. Ces chiffres sont évidemment donnés pour un secteur très sensible à la lumière artificielle nocturne (présence d'un observatoire). Ils permettent toutefois d'effectuer une certaine comparaison et d'évaluer ainsi les impacts potentiels du projet sur le secteur environnant.

Tableau 1 Normes recommandées sur la lumière intrusive dans le cadre du projet de lutte contre la pollution lumineuse dans le secteur de l'OMM

Zones environnementales	Éclairage maximal en Lux mesuré verticalement à 1,5 m du sol à la limite de propriété (hormis l'éclairage routier)	
	Pendant les heures d'utilisation	Après les heures d'utilisation
	1	1
2	4	1
3	8	2

6 MÉTHODOLOGIE

6.1 SOURCES D'ÉMISSION DE LUMIÈRE ARTIFICIELLE NOCTURNE

Les principaux équipements et aménagements projetés (carte 1) du projet Akasaba Ouest qui seront une source d'émission de lumière artificielle nocturne lors de la phase d'exploitation sont, de l'ouest vers l'est :

- Stationnement;
- Poste de garde (sur le stationnement);
- Bureau et utilités;
- Garage;
- Usine de traitement des eaux portative;
- Station de concassage;
- Fosse (intérieur et pourtour).

Il faut préciser que lors de la phase de construction, on retrouvera sur le site certains aménagements temporaires qui seront éclairés (ex. : roulottes de chantier). Ces installations n'ont pas été modélisées, car elles émettront peu de lumière comparativement aux aménagements qui seront présents lors de la phase d'exploitation au même endroit. Enfin, il importe de rappeler que le projet Akasaba Ouest ne comprend pas d'usine de traitement du minerai, laquelle constitue une source lumineuse non négligeable pour la majorité des complexes miniers.

6.2 MODÉLISATION DES SOURCES D'ÉMISSION DE LUMIÈRE ARTIFICIELLE NOCTURNE

Pour modéliser les niveaux d'éclairage associés aux aménagements projetés, les informations requises concernaient les sources de lumière fixes, les bâtiments et la topographie.

L'ensemble des sources de lumière a été établi en fonction des plans d'aménagement des infrastructures minières projetées (carte 1). Les scénarios d'éclairage ont été établis à partir des besoins fonctionnels du secteur ainsi que des meilleures pratiques d'éclairage pour limiter les impacts provenant de ces nouvelles sources de lumière nocturne artificielle, notamment en favorisant l'utilisation d'équipements limitant l'émission de lumière vers le ciel.

Les caractéristiques de l'ensemble des bâtiments sont tirées des plans des installations, notamment les contours et les hauteurs, et intégrées dans le logiciel de modélisation. De plus, pour recréer les conditions les plus réalistes du site actuel, la topographie simplifiée du terrain provenant de données topographiques (LIDAR – Light Detection And Ranging) a également été intégrée pour la modélisation. Toutefois, étant donné que celle-ci représente la topographie actuelle avant les aménagements, une zone plane a été ajoutée dans le secteur des aménagements projetés afin d'avoir une topographie similaire à celle qui sera en place lors de la phase d'exploitation, à l'exception des différentes haldes ainsi que de la fosse ou la topographie actuelle a été conservée pour les calculs.

Pour chacun des aménagements, les caractéristiques des sources de lumière projetées et leur nombre sont présentés au tableau 2.

Tableau 2 Caractéristiques des sources d'émission de lumière artificielle nocturne utilisées pour la modélisation de la situation future

Aménagement	Description des sources de lumière utilisées ¹	Nombre	Modèle
Stationnement	Lampadaire double 32 leds	3	Road Focus Philips 72W32LED
Poste de garde	Lampadaire simple 32 leds	1	Road Focus Philips 72W32LED
Bureau et utilités	Lampe murale 32 leds	4	Wall Pack 553LED32704KUNVP
Garage	Lampe murale 32 leds	10	Wall Pack 553LED32704KUNVP
Usine de traitement des eaux	Lampadaire simple 32 leds	1	Road Focus Philips 72W32LED
Station de concassage	Lampe murale 32 leds	10	Wall Pack 553LED32704KUNVP
Fosse (pourtour)	Lampe mobile 4x1000w MH	4	Portable power DOOSAN L8
Fosse (intérieur)	Lampe mobile 4x1000w MH	2	Portable power DOOSAN L8

1. Source probable ou l'équivalent.

6.3 LOGICIEL UTILISÉ ET ANALYSES

La modélisation des niveaux d'éclairage a été effectuée à l'aide du logiciel d'analyse d'éclairage AGI32 version 15.3 (AGI32 Light Analyst, Illumination Engineering Software). AGI32 est un outil de calcul qui permet de prédire et de modéliser des concepts d'éclairage dans des situations réelle ou conceptuelle. Les résultats obtenus permettent de valider l'atteinte de différents objectifs en fonction des besoins de départ ou de critères d'éclairage. Ce logiciel permet de visualiser les résultats de niveaux d'éclairage, selon différentes sources lumineuses, en fonction des propriétés de réflexion de matériaux et de surfaces pour prédire les effets d'un concept d'éclairage en situation réelle qui tient compte des conditions spécifiques à un concept minier et à un site donné.

C'est dans ce logiciel que chacune des sources lumineuses a été insérée avec ses propres spécifications (puissance et distribution lumineuses, type de lampe, hauteur d'installation et angle d'inclinaison, etc.). Les spécifications des différents bâtiments, ainsi que la topographie simplifiée, ont été ajoutées directement dans le logiciel pour les modélisations.

La méthode de calcul point par point a été employée pour générer les résultats qui représentent les valeurs maximales et moyennes d'éclairage en lux. Les résultats d'éclairage ont été produits de façon à représenter les niveaux d'éclairage au ciel (halo lumineux pouvant être observé à distance) et au sol (à proximité des sources émettrices). Pour la représentation visuelle des résultats d'éclairage vers le ciel, le facteur minimal de réflectance du logiciel (0,02) était utilisé au plan horizontal à la hauteur présélectionnée.

6.3.1 CONSIDÉRATION DES SAISONS

Pour considérer la différence des saisons associée à la réflectance d'un sol en hiver (enneigé) et celle d'un sol en été (végétation, gravier, sable, minerai, etc.), deux séries de modélisations ont été effectuées. Les niveaux de réflectance utilisés en été ont été de 0,4 pour les sols aménagés et de 0,09 pour la forêt entourant le site minier. Pour l'hiver, les niveaux de réflectance utilisés pour les sols aménagés ont été de 0,8 et de 0,09 pour la forêt.

6.3.2 ANALYSE DES NIVEAUX D'ÉCLAIRAGE

Trois séries de résultats ont été produites pour présenter les valeurs d'éclairage émises vers le ciel, au sol et la lumière intrusive potentielle à la limite de propriété.

Afin d'obtenir des résultats représentatifs de la situation projetée, une topographie plane a été utilisée dans le secteur des aménagements, à l'exception des différentes haldes ainsi que de la fosse où la topographie actuelle a été conservée pour les calculs.

Pour l'estimation de la lumière émise vers le ciel, la grille de calcul a été placée à 100 m au-dessus du niveau du sol.

Pour la lumière au sol, la grille de calcul a été placée au sol de la zone aménagée. Ces calculs n'ont pas été effectués dans le secteur de la fosse étant donné que la lumière émise sera dirigée dans la fosse et ne générera donc pas de lumière au sol.

Pour le calcul de la lumière intrusive, ce calcul a été effectué selon un éclairage vertical à la limite de la propriété à 1,5 m du sol.

Les résultats ont été modélisés en vue réaliste, en charte de couleur ainsi qu'avec les isolignes correspondantes en lux. Des vues de haut ainsi que de côté des installations projetées ont été produites. Les vues de côté ont été prises à environ 1,8 km du site à partir du nord-ouest.

De plus, dans le présent projet, afin de bien représenter les impacts que pourraient avoir la lumière artificielle nocturne dans le secteur des habitations du lac Bayeul, une vue en charte de couleur, ainsi qu'une vue réaliste à 100 m au-dessus du sol à partir de ce secteur, ont été modélisées. Il est important de noter que ces résultats utilisent une topographie plane entre le site et le secteur des chalets et qu'ils ne considèrent pas la présence d'arbres ou autres obstacles visuels potentiels. Ils représentent ainsi le pire scénario possible.

7 RÉSULTATS

Le tableau 3 présente les moyennes et les maximums d'éclairage vers le ciel, au sol et à la limite de propriété à 1,5 m du sol (lumière intrusive) en été et en hiver.

Les figures 1 à 8 présentent les résultats obtenus à partir de la modélisation en vue réaliste, en charte de couleur, ainsi que les isolignes correspondantes. Étant donné que les résultats ne présentaient pas de différence en condition d'été et en hiver (tableau 3), seules les figures montrant les résultats des modélisations en hiver sont présentées.

Les résultats d'éclairage vers le ciel sont faibles, avec une moyenne de 0,20 et un maximum à 5,42 lux en hiver. Le concept d'éclairage retenu présente des valeurs maximales au sol de 91,26 lux à proximité des sources de lumière, mais une faible luminosité pour l'ensemble de la zone aménagée avec une moyenne d'environ 0,51 lux.

L'éclairage vertical maximal à la limite de propriété est inférieur à 1 lux, soit de 0,84 lux en hiver. Ces niveaux d'éclairage indiquent qu'une faible quantité de lumière sort de la limite de propriété dans le secteur du stationnement et du garage à l'ouest des installations projetées. Selon les normes recommandées à la section 4, on peut qualifier le site comme faisant partie de la zone environnementale 2. La norme recommandée pour cette zone après les heures d'utilisation est de 1 lux maximal à la limite de propriété. Les résultats montrent que la quantité de lumière intrusive maximale qui sera émise à la limite de propriété sera inférieure à 1 lux, soit 0,84 lux.

Les figures 7 et 8 montrent les résultats obtenus avec une vue en charte de couleur et une vue réaliste à partir du secteur de villégiature du lac Bayeul. La vue réaliste de la figure 8 montre que l'éclairage projeté vers le ciel des installations sera à peine visible à 100 m au-dessus du sol. Ces résultats montrent que l'impact du projet sur la vue du ciel étoilé à partir du secteur du lac Bayeul sera très faible, voire presque nul.

Tableau 3 Résultats en lux des simulations en été et en hiver

Type de mesure	Saison			
	Été (Lux)		Hiver (Lux)	
	Moyenne	Maximum	Moyenne	Maximum
Éclairement au ciel à 100 m au-dessus du sol	0,20	5,26	0,20	5,42
Éclairage au sol	0,50	91,08	0,51	91,26
Éclairage vertical à la limite de propriété à 1,5 m du sol (lumière intrusive)	0,06	0,81	0,06	0,84



Figure 1
Vue réaliste des installations futures en hiver, vue de haut

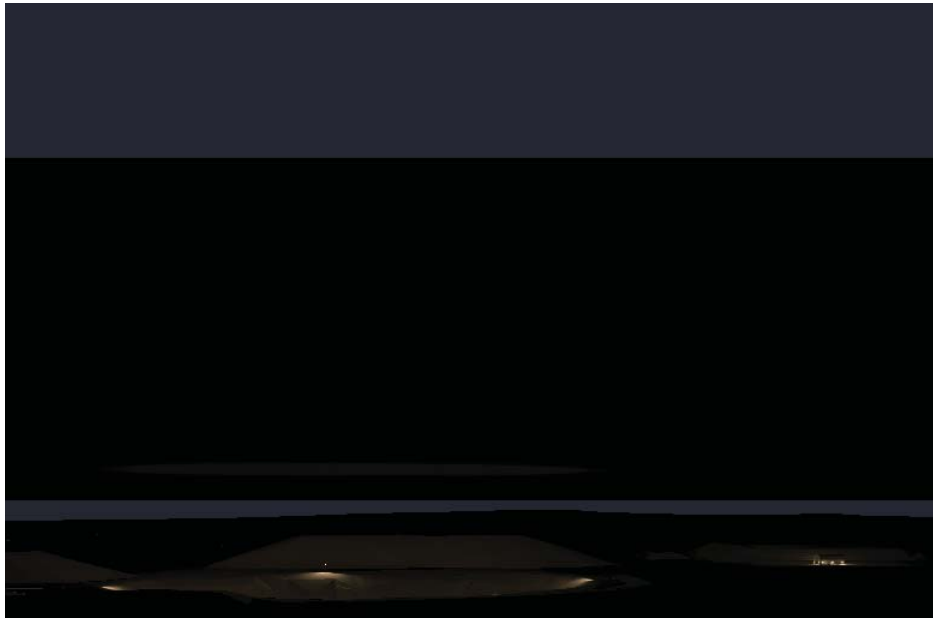


Figure 2
Vue réaliste des installations futures en hiver et éclairage au sol et à 100 m au-dessus du sol en hiver, vue prise à partir du nord-ouest à environ 1,8 km des futures installations

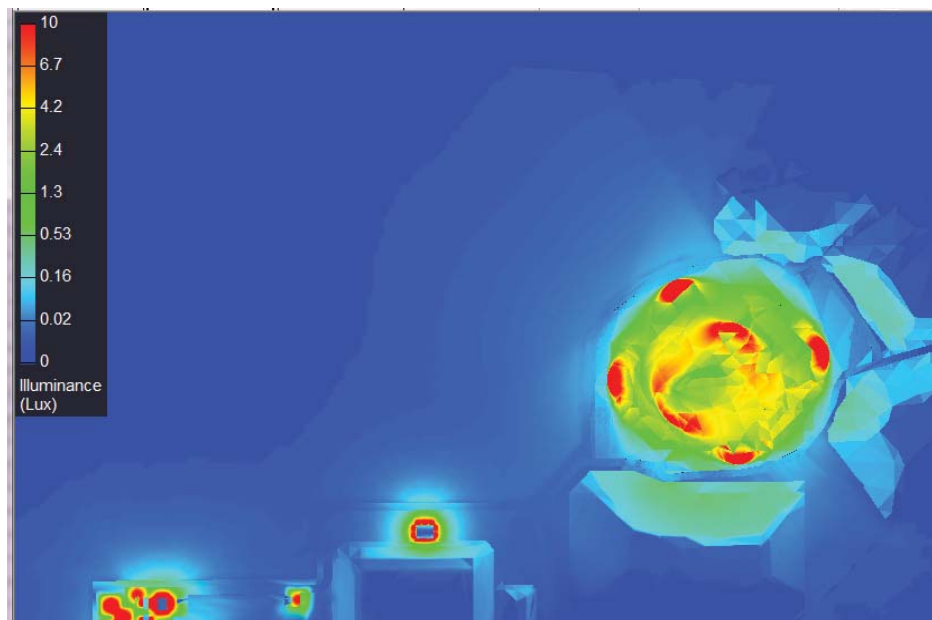


Figure 3
Charte de couleur montrant les niveaux d'éclairage au sol des futures installations en hiver, vue de haut

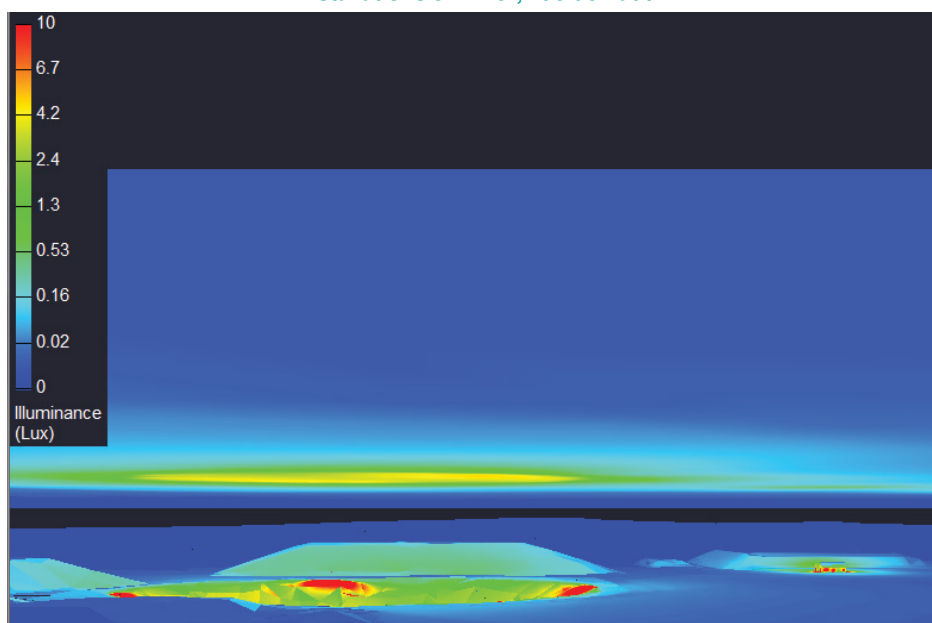


Figure 4
Charte de couleur montrant les niveaux d'éclairage des futures installations au sol et à 100 m au-dessus du sol en hiver, vue prise à partir du nord-ouest à environ 1,8 km des futures installations

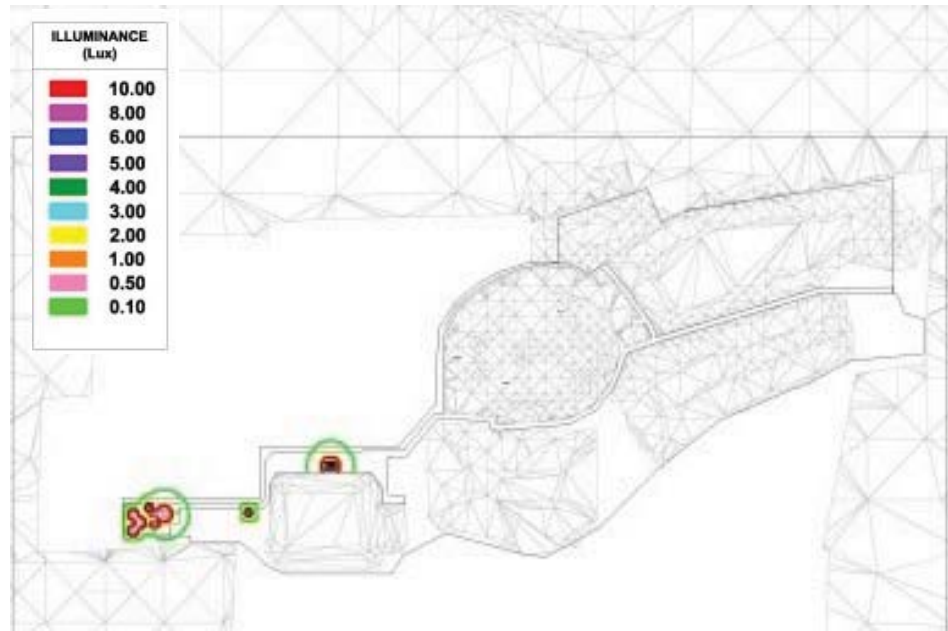


Figure 5
Isolignes mesurées au sol en périphérie des futures installations en hiver

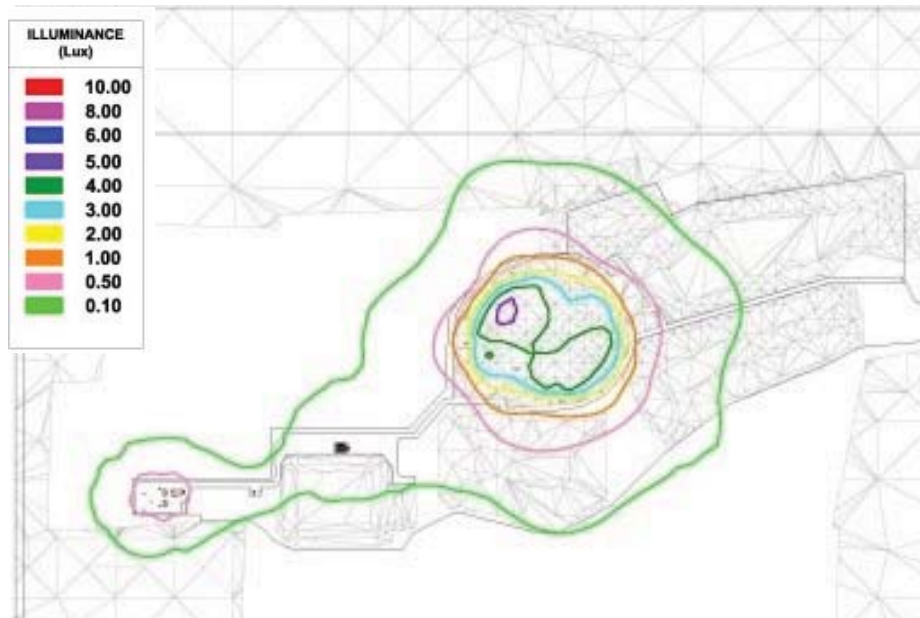


Figure 6
Isolignes mesurées à 100 m au-dessus du sol des futures installations en hiver



Figure 7
Charte de couleur montrant les niveaux d'éclairage des futures installations à partir du secteur des chalets du lac Bayeul à 100 m au-dessus du sol en hiver



Figure 8
Vue réaliste à partir du lac Bayeul de l'éclairage à 100 m au-dessus du sol en hiver

8 DESCRIPTION ET ÉVALUATION DES IMPACTS

La méthodologie générale d'évaluation des impacts est la même que pour celle utilisée pour les autres composantes du milieu pour ce projet.

8.1 SOURCES D'IMPACT

Les sources d'impact qui augmenteront la lumière artificielle nocturne et qui sont susceptibles d'avoir une incidence sur le milieu humain et le milieu biologique sont toutes les sources de lumière qui seront installées sur le site soit les composantes suivantes :

- Stationnement;
- Poste de garde (sur le stationnement);
- Bureau et utilités;
- Garage;
- Usine de traitement des eaux portative;
- Station de concassage;
- Fosse (intérieur et pourtour).

8.2 MESURES D'ATTÉNUATION

Les mesures d'atténuation présentées dans cette section sont principalement tirées du *Guide technique et réglementaire sur l'éclairage extérieur – révision 2006. Projet de lutte contre la pollution lumineuse* de l'ASTROLab du Mont-Mégantic (Legris 2006).

Les mesures d'atténuation spécifiques suivantes seront appliquées afin d'atténuer les impacts de la lumière artificielle nocturne sur le milieu humain et le milieu biologique :

- Limiter l'émission de lumière vers le ciel en utilisant des luminaires qui produisent un éclairage sobre et uniforme qui répondra aux besoins réels de l'éclairage et dont le flux lumineux sera orienté vers la surface à éclairer.
- Utiliser, autant que possible, des luminaires qui ne présentent aucune émission à plus de 90 degrés.
- Limiter, autant que possible, la période et la durée d'utilisation des éclairages en installant des minuteries et des détecteurs de mouvement et en incitant les travailleurs à éteindre les lumières.
- Installer des lumières fixes de manière à éviter les débordements de lumière hors des espaces à éclairer; porter une attention particulière à l'orientation des lumières portables et à celle de l'éclairage des sources mobiles.
- Des zones de tampon végétales seront conservées afin de limiter la lumière projetée vers les secteurs environnants.

8.3 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES IMPACTS

8.3.1 MILIEU HUMAIN

Impact sur les niveaux d'éclairage vers le ciel : Très peu d'impacts sont attendus sur le voilement des étoiles. Les résultats montrent que les nouveaux aménagements émettront une quantité de lumière très faible vers le ciel (un maximum de 5,42 lux à 100 m au-dessus du sol). Les individus qui sont le plus susceptibles d'être affectés par la lumière artificielle nocturne qui sera émise vers le ciel pendant la phase d'exploitation du projet sont ceux résidants dans la zone de villégiature du lac Bayeul. Toutefois, comme on peut le voir sur la carte 2, cette zone est déjà affectée par la lumière actuelle émise par la ville de Val-d'Or. Le halo lumineux généré par la ville limitera la visibilité des installations de la mine.

Impact sur la lumière intrusive : Les résultats montrent que les niveaux d'éclairage à la limite de propriété à 1,5 m du sol seront faibles, soit d'un maximum de 0,84 lux. Cette lumière intrusive sera générée spécifiquement dans le secteur sud du stationnement projeté. Dans ce secteur, il n'y a aucune composante du milieu humain qui pourrait être affectée par la présence de cette lumière. Ainsi, aucun impact relié à la présence de la lumière intrusive n'est appréhendé dans le cadre de ce projet.

En résumé, les impacts résiduels de la lumière artificielle nocturne sur le milieu humain seront très limités, voir nuls.

8.3.2 MILIEU BIOLOGIQUE

Impact sur les mammifères en général : Très peu d'impacts sont attendus sur les mammifères, car très peu de lumière sera émise à l'extérieur de la zone qui sera aménagée. Il n'y a pas d'habitat particulier à proximité des futures installations. Les mammifères étant mobiles, ils se déplaceront sur des portions de territoire de remplacement.

Impact sur les oiseaux : Peu d'impacts sont attendus sur les oiseaux, car la lumière qui sera produite par les nouvelles installations sera très limitée. Il n'y a pas d'habitat particulier à proximité des futures installations.

Impact sur les reptiles et amphibiens : Peu d'impacts sont attendus sur les reptiles et les amphibiens, car la lumière qui sera produite par les nouvelles installations sera très limitée. Seulement une faible quantité de lumière sera projetée sur une petite partie du milieu humide présent au sud du futur stationnement.

Impact sur les poissons : Aucun impact n'est attendu sur les poissons. Le seul cours d'eau qui pourrait être affecté par la lumière émise par les nouvelles installations est situé au sud de la zone aménagée. Comme précisées à la section 3, des pêches réalisées dans ce cours d'eau confirment la présence d'une seule espèce de poisson, soit l'épinoche à cinq épines. Selon les résultats obtenus, aucune lumière ne devrait être directement projetée sur ce cours d'eau.

Impact sur la végétation : Peu d'impacts sont attendus sur la végétation et les milieux humides, car la lumière qui sera produite par les nouvelles installations sera très limitée. Selon les résultats obtenus, seulement une petite quantité de lumière sera émise vers le milieu humide situé au sud du stationnement projeté. Aucune espèce à statut particulier n'a été recensée dans le secteur à l'étude.

8.4 ÉVALUATION DE L'IMPACT RÉSIDUEL

L'intensité de l'impact de la lumière artificielle nocturne est considérée faible, car les nouvelles installations ajouteront peu de lumière artificielle nocturne. L'effet modifiera de façon peu perceptible la qualité, l'utilisation ou l'intégrité de la composante. L'étendue est considérée ponctuelle étant donné que l'impact sera ressenti sur une petite superficie à l'intérieur de la zone d'étude restreinte ou à proximité de celle-ci.

La durée est jugée moyenne, car l'impact sera ressenti de façon temporaire en phase d'exploitation, soit une durée de vie de la mine qui sera de quatre ans, à laquelle il est prévu d'ajouter deux années de transport de minerai de basse teneur accumulé sur une halde. L'importance de l'impact de la lumière artificielle nocturne est ainsi jugée mineure et sa probabilité d'occurrence moyenne, car un impact pourrait éventuellement se manifester sur le milieu humain ou le milieu biologique, mais sans qu'on en soit assuré. Toutefois, cet impact sera réversible, car une fois le projet terminé, il n'y aura plus aucun impact causé par la lumière artificielle nocturne.

Tableau 4 Évaluation de l'impact résiduel de la lumière artificielle nocturne

Impact de la lumière artificielle nocturne sur les milieux humain et biologique			
Intensité :	Faible	Importance :	Mineure
Étendue :	Ponctuelle		
Durée :	Moyenne		
Probabilité d'occurrence :		Moyenne	

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BORTLE, J. 2001. *Introducing the Bortle Dark-Sky Scale*. Sky and Telescope. Volume 101, number 2, p. 126.
- CINZANO, P., Falchi, F. et C. D. Elvidge. *The first World Atlas of the artificial night sky brightness*. 2001. Monthly Notices of the Royal Astronomic Society. 328 : 689-707.
- RICH, C. et T. Longcore. 2006. *Ecological consequences of artificial night lighting*. Island Press. 459 p.
- LEGRIS, Chloé. 2006. *Guide technique et réglementaire sur l'éclairage extérieur – révision 2006. Projet de lutte contre la pollution lumineuse*. ASTROLab du Mont-Mégantic. 62 p.

