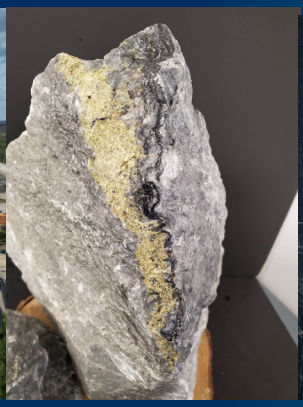
GOLD FIELDS

Projet minier Windfall

Complément d'information

Réponses aux questions et commentaires 2e série







Volume 2

Juillet 2025

CA0023271.9538

wsp

LISTE DES ANNEXES – VOLUME 2

ANNEXE RQC2-28-1	**PLAN DE COMPENSATION DES MILIEUX HUMIDES ET HYDRIQUES**
ANNEXE RQC2-28-2	**PROGRAMME DE SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ - RÉSULTATS AN 1**
ANNEXE RQC2-29	**PLAN DE COMPENSATION POUR LES PERTES INDIRECTES D'HABITAT DU POISSON (RÉVISION 1)**
ANNEXE RQC2-34	**PLAN DE GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES (PGMR)**
ANNEXE RQC2-35	**COMMUNICATIONS AVEC LA VILLE DE LEBEL-SUR-QUÉVILLON**

ANNEXE

RQC2-28-1

PLAN DE COMPENSATION DES MILIEUX HUMIDES ET HYDRIQUES

GROUPE MINIER WINDFALL

PROJET MINIER WINDFALL

PLAN DE COMPENSATION DES MILIEUX HUMIDES ET HYDRIQUES

TERRITOIRE D'EEEYOU ISTCHEE BAIE-JAMES

JUILLET 2025

RÉFÉRENCE WSP : CA0023271.9538

VERSION FINALE



GROUPE MINIER WINDFALL

PROJET MINIER WINDFALL

PLAN DE COMPENSATION DES MILIEUX HUMIDES ET HYDRIQUES

TERRITOIRE D'EEEYOU ISTCHEE BAIE-JAMES

VERSION FINALE

RÉFÉRENCE WSP : CA0023271.9538

JUILLET 2025

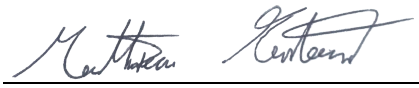
WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

TÉLÉPHONE : +1-418-623-2254
TÉLÉCOPIEUR : +1-418-624-1857

WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Mathieu Ferland, B. Sc.
Professionnel en environnement

21 juillet 2025
Date



François Gagnon
Chargé de projet

21 juillet 2025
Date

RÉVISÉ PAR



Marie-Hélène Brisson, biologiste
Directrice de projet

21 juillet 2025
Date

LIMITATIONS

WSP Canada Inc. (« WSP ») a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire Groupe Minier Windfall, conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de terminer ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, comme indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

Les conditions générales d'un site ne peuvent être extrapolées au-delà des zones définies et des emplacements de prélèvement et d'échantillonnage. Les conditions d'un site entre les emplacements de prélèvement et d'échantillonnage peuvent différer des conditions réelles. La précision et l'exactitude de toute extrapolation et spéculation au-delà des emplacements des prélèvements et d'échantillonnage dépendent des conditions naturelles, de l'historique de développement du site et des changements entraînés par la construction et des autres activités sur le site. De plus, l'analyse a été effectuée pour les paramètres chimiques et physiques déterminés seulement, et il ne peut pas être présumé que d'autres substances chimiques ou conditions physiques ne sont pas présentes. WSP ne fournit aucune garantie et ne fait aucune représentation contre les risques environnementaux non décelés ou contre des effets négatifs causés à l'extérieur de la zone définie.]

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

CLIENT

GROUPE MINIER WINDFALL

Vice-présidente, Environnement et Relations communautaires	Andréanne Boisvert, géographe, M.A.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Marie-Hélène Brisson, biologiste
Chargé de projet	François Gagnon
Rédaction	Mathieu Ferland, biologiste
Cartographie	Jonathan Roy, tech. géomatique
Édition	Cathia Gamache

RÉFÉRENCE À CITER

WSP. 2025. Projet minier windfall. PLan de compensation des milieux humides et hydriques. Territoire d'Eeeyou Istchee Baie-James. Rapport produit pour Groupe Minier Windfall. Référence WSP : CA0023271.9538. 51 pages et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction 1

2 Milieu récepteur 3

2.1 Description des milieux naturels autour de Windfall 3

2.2 Pertes des milieux humides et hydriques 4

3 Projet de restauration / création / amélioration 7

3.1 Description de la démarche compensatoire 7

3.2 Résultats 8

3.3 Autres pistes étudiées 8

3.4 Projet 1 – Programme de biodiversité 11

3.4.1 Objectifs du programme de biodiversité 11

3.4.2 Zone d'étude 12

3.4.3 Revue de littérature sur les effets des feux de forêt sur les milieux naturels 12

3.4.4 Études environnementales sur les effets des feux de forêt 14

3.4.5 Échéancier proposé 16

3.4.6 Résultats 2025 17

3.5 Projet 2 – Reboisement des accès aux pylônes 18

3.6 Projet 3 – Nettoyage des débris sur le site Souart 29

3.7 Projet 4 – Site minier abandonné de Certac 33

3.8 Possibles projets de compensation 39

3.8.1 Projet 5 – Banc d'emprunt BNE59428 39

3.8.2 Projet 6 – Chemin d'accès Osborne-Bell 43

4 Conclusion 47

Références bibliographiques 49

Tableaux

Tableau 1	Bilan des impacts permanents du Projet sur les milieux humides et hydriques	4
Tableau 2	Échéancier des études environnementales	16
Tableau 3 :	Espèces fauniques à statut particulier présentes ou potentiellement présentes dans la zone d'étude locale	21
Tableau 4	Bilan des gains de milieux humides et hydriques	47

Photos

Photo 1	Cassettes d'épinette noire	19
Photo 2	Plant d'épinette planté	19
Photo 3	État du site avant les travaux de nettoyage	30
Photo 4	État du site avant les travaux de nettoyage	30
Photo 5	État du site avant les travaux de nettoyage	30
Photo 6	Travaux de nettoyage	30
Photo 7	Travaux de nettoyage	30
Photo 8	Site après les travaux de nettoyage	30
Photo 9	Tour complet du site minier Certac; vue depuis l'est	34
Photo 10	Tour complet du site minier Certac; vue depuis l'ouest	34
Photo 11	Site A – Ouverture dans la clôture et enseigne décrochée (avant)	34
Photo 12	Site A – Ouverture dans la clôture et enseigne décrochée (après)	34
Photo 13	Site A – Ouverture dans la clôture et enseigne décrochée (après)	35
Photo 14	Site B – Bris de la clôture (avant)	35
Photo 15	Site B – Bris de la clôture (après)	35
Photo 16	Site B – Bris de la clôture (après)	35
Photo 17	Site C – Enseigne décrochée (avant)	35
Photo 18	Site C – Enseigne décrochée (après)	35
Photo 19	Secteur ouest du banc d'emprunt	40
Photo 20	Secteur est du banc d'emprunt	40

Cartes

Carte 1	Localisation des options de compensation à l'étude	9
Carte 2	Localisation des travaux de reboisement des accès aux pylônes	23
Carte 3	Milieu naturel restauré au site Souart	31
Carte 4	Interventions réalisées au site Certac	37
Carte 5	Création de milieux humides au banc d'emprunt de Bonterra	41
Carte 6	Restauration du chemin d'accès Osborne-Bell	45

Annexes

A **Revue de littérature – Effets des feux de forêt sur les habitats fauniques**

B **Résumé des consultations**

C **Présentation PowerPoint du programme de biodiversité**

D **Dossier photographique**

1 Introduction

En tant que société d'exploration minière et de mise en valeur de propriétés de ressources de métaux précieux, Groupe Minier Windfall (GMW) souhaite mettre en exploitation un complexe minier comprenant une mine souterraine, afin d'y extraire de l'or et de procéder à son traitement sur place.

Le projet minier Windfall (le Projet) est situé au nord du 49e parallèle dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur des terres de la catégorie III du territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Le site minier se trouve à environ 270 km de la ville de Val-d'Or et à 115 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon (carte 1), une région reconnue pour ses gisements d'or, de cuivre et de zinc.

Le Projet est soumis à la procédure provinciale d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement en vertu de l'article 153 du chapitre II de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE; L.R.Q., c. Q 2), qui documente les dispositions applicables à la région de la Baie-James et du Nord québécois, en lien avec la convention du même nom. Conformément à cette procédure, l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) a été déposée au ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) en mars 2023. Le Projet n'est pas assujetti à une évaluation environnementale fédérale sous la Loi sur l'évaluation d'impact (L.C., 2019, ch. 28, art. 1) en application du Règlement sur les activités concrètes (art. 18, alinéa c), puisque la production prévue de cette nouvelle mine d'or est de moins de 5 000 tonnes par jour (t/j).

Bien que le Projet ne soit pas soumis au Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques (L.R.Q., C. Q-2, r. 9.1) considérant qu'il se situe au nord du 49e parallèle, GMW s'est efforcé d'intégrer la démarche « éviter-minimiser-compenser » tout au long de l'élaboration du Projet. L'analyse des variantes et les mesures d'atténuation élaborées dans le cadre de l'ÉIE ont, dans un premier temps, visé l'évitement et la minimisation des impacts sur les milieux humides et hydriques. Le présent plan de compensation des milieux humides et hydriques, qui reprend des volets du programme de biodiversité, s'inscrit dans la finalité de cette démarche.

Ce programme a été réalisé conformément aux éléments de discussion échangés le 20 mai 2025 avec la Direction de l'évaluation environnementale des projets industriels et miniers ainsi qu'avec la Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue / Nord-du-Québec du ministère de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques.

2 Milieu récepteur

2.1 Description des milieux naturels autour de Windfall

La végétation et les milieux humides ont été inventoriés dans le cadre de la réalisation de l'étude d'impact du Projet à l'échelle de la zone d'étude locale du milieu biophysique, soit sur une superficie de 2 500 ha. La zone d'étude locale se situe dans le sud du domaine bioclimatique de la pessière à mousses caractérisé par un couvert forestier nettement dominé par l'épinette noire et une strate arbustive largement constituée par des espèces de la famille des Éricacées.

Les milieux naturels les plus représentés dans la zone d'étude sont les milieux humides qui occupent 1 122,04 ha, soit 44,88 % du territoire de la zone d'étude, suivis des milieux terrestres (933,20 ha, soit 37,20 % du territoire). Les milieux hydriques (lacs) couvrent 306,28 ha, soit 12,25 % de la zone d'étude. Enfin, la zone d'étude comprend des milieux anthropiques (141,67 ha, soit 5,67 %) regroupant principalement les installations existantes associées aux activités d'exploration minière.

Des 1 122,04 ha occupés par les milieux humides, 79,32 % (soit 889,98 ha) sont constitués de tourbières ombrotrophes ouvertes (bogs) et de tourbières ombrotrophes boisées (bogs), ce qui constitue une partie significative du territoire. Les inventaires ont permis de confirmer que ces tourbières ombrotrophes possèdent les caractéristiques typiques des milieux humides et des tourbières retrouvées sur l'ensemble du territoire jamésien. Ce type de tourbières ouvertes est généralement peu diversifié et dominé par des espèces de la famille des Éricacées (telles que le thé du Labrador, le cassandre caliculé, le kalmia à feuilles étroites, le bleuet à feuilles étroites). Les principales espèces présentes dans la strate herbacée sont la smilacine trifoliée, le cornouiller du Canada, la chicouté (Rubus chamaemorus) et les carex. Les tourbières minérotrophes ouvertes (fens), pour la plupart situées en bordure de cours d'eau, renferment quant à elles une plus grande diversité d'espèces herbacées et arbustives. Ces tourbières riveraines plus diversifiées présentent une flore particulièrement riche, notamment constituée de plantes de la famille des Cypéracées. Les tourbières minérotrophes ouvertes sont établies sur 118,45 ha, soit 4,74 % du territoire de la zone d'étude. Des tourbières boisées de type ombrotrophe (237,71 ha, soit 9,51 %) et minérotrophe (13,00 ha, soit 0,52 %) sont également présentes sur le territoire à l'étude. Les épinettes noires et les mélèzes laricins sont les principales espèces d'arbres observées dans ces milieux. La zone d'étude se caractérise par un principal massif de milieux humides composé d'une prédominance de tourbières, constituant une mosaïque continue des différents types décrits précédemment.

Les milieux de régénération et de plantation couvrent la plus grande superficie parmi les milieux terrestres retrouvés dans la zone à l'étude (sur 463,76 ha, soit 18,55 % du territoire). Ces milieux résultent des activités d'exploitation forestière. Deux groupements de début de succession (régénération arbustaie conifère et régénération indéterminée) se distinguent dans la zone d'étude (450,26 ha, soit 18,01 %). Les différents peuplements de résineux (355,61 ha, soit 14,22 %) constituent le deuxième milieu terrestre le plus observé. Ceux-ci sont principalement constitués de pessières noires à mousses (247,19 ha, soit 9,89 %). Leur strate arborescente est composée majoritairement d'épinette noire en association, à l'occasion, avec quelques bouleaux blancs ou pins gris. De même que dans les groupements en régénération, les espèces dominantes des strates arbustives et herbacées de la pessière noire à mousses sont le thé du Labrador, le bleuet à feuilles étroites, le bleuet fausse-myrtille et le kalmia à feuilles étroites ainsi que le quatre-temps et le maïanthème du Canada. Une pessière noire à lichens a également été répertoriée sur une superficie de 6,71 ha (0,27 %). Les différents peuplements mixtes (boisés mixtes indéterminés et sapinières à bouleau blanc) couvrent une superficie totale de 66,54 ha (2,66 %).

Enfin, des groupements de feuillus, dominés par le bouleau blanc, sont présents de façon éparse dans la zone d'étude (42,66 ha, soit 1,71 %). Aucune aire protégée ou autre aire de conservation (EFE, refuge biologique, etc.) n'est présente dans la zone d'étude locale du milieu biophysique.

Par ailleurs, sur les huit espèces floristiques à statut particulier pouvant être présentes dans la zone d'étude, deux espèces possèdent un potentiel considéré comme étant moyen, soit le pigamon pourpré (Thalictrum dasycarpum) et le saule de McCalla (Salix maccalliana); les autres espèces (6) ayant un potentiel de présence faible. Or, les groupes d'essences ou les types écologiques les plus susceptibles de soutenir des communautés d'espèces menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées (EMVS) sont absents dans la zone d'inventaire, et la majorité des groupements (humides et terrestres) présentent un faible potentiel d'occurrence pour les EMVS. Les inventaires de terrain confirment cette réalité, puisqu'aucune EMVS n'a été observée dans la zone d'inventaire sur les 391 stations d'inventaire réalisées entre 2016 et 2021.

De plus, une attention particulière avait alors été accordée aux espèces exotiques envahissantes (EEE) considérées prioritaires ou à surveiller au Québec ainsi qu'aux milieux particulièrement propices aux EEE, tels que les bords de routes, chemins forestiers, milieux anthropiques, lieux perturbés et les milieux à proximité de ces milieux. Au cours des inventaires, aucune EEE n'a été notée dans la zone.

Enfin, lors de l'inventaire floristique, une attention particulière a également été portée à la présence de plantes d'intérêt pour les Cris. Au total, 36 des plantes observées au terrain sont utilisées par les Cris. Il s'agit de huit espèces arborescentes, 21 espèces arbustives, six espèces herbacées et une espèce invasculaire muscinale. Toutes ces espèces sont considérées comme communes dans la zone d'étude et dans cette partie du territoire québécois.

2.2 Pertes des milieux humides et hydriques

Globalement, le projet engendrera la perte de 48,70 ha de milieux humides et hydriques. Le tableau suivant détaille les pertes d'habitat par type.

Tableau 1 Bilan des impacts permanents du Projet sur les milieux humides et hydriques

Impact	Milieu	Classe	Catégorie	Type	Superficie (ha)
Empiétement permanent	Hydrique	Littoral	Cours d'eau		0,03
			Ligne naturelle des hautes eaux	Tourbière minérotrophe ouverte	0,29
				Marécage arbustif	0,03
			Sous-total		***0,35***
		Rive	Milieu forestier	Mixte	0,17
				Régénération et plantation	0,15
				Résineux	0,32
			Milieu humide	Marécage arbustif	0,25
				Tourbière minérotrophe boisée	0,05
				Tourbière minérotrophe ouverte	0,01
				Tourbière ombrotrophe boisée	0,01
			Non forestier	Anthropique	0,01

Impact	Milieu	Classe	Catégorie	Type	Superficie (ha)
				Sous-total	*0,96*
		Sous-total			***1,31***
	Humide			Marécage arborescent	1,62
				Marécage arbustif	2,80
				Tourbière minérotrophe boisée	3,68
				Tourbière minérotrophe ouverte	12,16
				Tourbière ombrotrophe boisée	2,39
				Tourbière ombrotrophe ouverte	24,74
				Sous-total	***47,39***
TOTAL					***48,70***

3 Projet de restauration / création / amélioration

3.1 Description de la démarche compensatoire

Plusieurs options ont été considérées comme projet potentiel afin de servir de compensation pour les pertes des milieux humides et hydriques dans le cadre du projet minier de Windfall. Cette section brosse le portrait sommaire pour chaque option étudiée et les gains potentiels pour l'environnement associés à chacun.

Le projet minier Windfall se trouve dans un environnement largement composé de milieux naturels. Les perturbations et les pressions anthropiques environnantes se limitent à quelques sites d'exploration et d'exploitation minière, des bancs d'emprunt, des routes forestières et des lignes de transmission d'électricité. Les opportunités de restauration de milieux humides impactés disponibles s'avèrent faibles.

La majorité des milieux humides caractérisés dans le secteur du Projet font partie de complexes de milieux humides et ceux-ci sont généralement hydroconnectés. Ainsi, la connectivité écologique entre les milieux humides et au sein des écosystèmes présents à l'échelle régionale est une composante importante à prendre en compte dans l'élaboration du plan de compensation.

Les sources d'informations suivantes ont été consultées afin de localiser des sites de compensation potentiels :

- le registre des titres miniers du Québec (GESTIM) (MRNF, 2025a);
- le système d'information géominière du Québec (SIGÉOM) (MRNF, 2025b);
- le visionnement d'images aériennes sur GoogleEarth et sur le site web Forêt Ouverte du Gouvernement du Québec (MRNF, 2025c);
- des rapports détaillant des sites potentiels produits dans le cadre d'autres projets;
- la carte interactive des sites contaminés sous la responsabilité de l'état (Gouvernement du Québec, 2025);
- la carte et liste des sites miniers abandonnés sous la responsabilité réelle de l'État (MRNF, 2025d).

À ces bases de données s'ajoutent les consultations qui ont été réalisées dans les milieux autochtones et allochtones touchés par le projet minier dans le cadre du programme de biodiversité. Les résultats de ces consultations sont disponibles en annexe du programme de biodiversité (WSP, 2023).

De plus, le COMEX est d'avis qu'un promoteur peut présenter un projet de restauration déjà réalisé dans son plan de compensation de MHH. Afin que ces projets soient considérés, les éléments suivants seront pris en considération :

- Le COMEX se réserve le droit de questionner les projets pour bien en comprendre la portée.
- GMW doit décrire suffisamment les projets réalisés pour que ceux-ci puissent être reconnus. La description des projets réalisés comprenant : description du projet, cartes, photos avant et après, inventaires, suivi existants et/ou suivis à prévoir.

- GMW doit bien démontrer les gains environnementaux obtenus grâce à ces projets déjà réalisés. Ces projets seront évalués de la même manière que le reste du programme de compensation, le « pointage » accordé à ces projets sera déterminé en fonction de la qualité des projets, peu importe le moment de réalisation (avant le projet minier ou non).
- GMW doit s'assurer qu'il n'avait aucune obligation, de lui ou d'une autre partie prenante, à restaurer ces sites.

Ainsi, les projets présentés sont le fruit de ces recherches documentaires ainsi que la documentation nécessaire permettant d'évaluer un projet précédemment réalisé.

3.2 Résultats

Au total, six projets de compensation potentiels ont été identifiés, lesquels sont détaillés dans les sections suivantes. Le projet 1 consiste en un programme de biodiversité, soit une combinaison de diverses campagnes de suivi de la biodiversité à des fins d'acquisition de connaissances, qui s'échelonnera sur plusieurs années. Les projets 2, 3 et 4 sont des projets déjà complétés, soit des projets de plantation, de nettoyage et de réparation d'infrastructures. Les projets 5 et 6 sont des projets potentiels de compensation de milieux humides, soit la restauration d'un ancien banc d'emprunt ou d'un chemin d'accès.

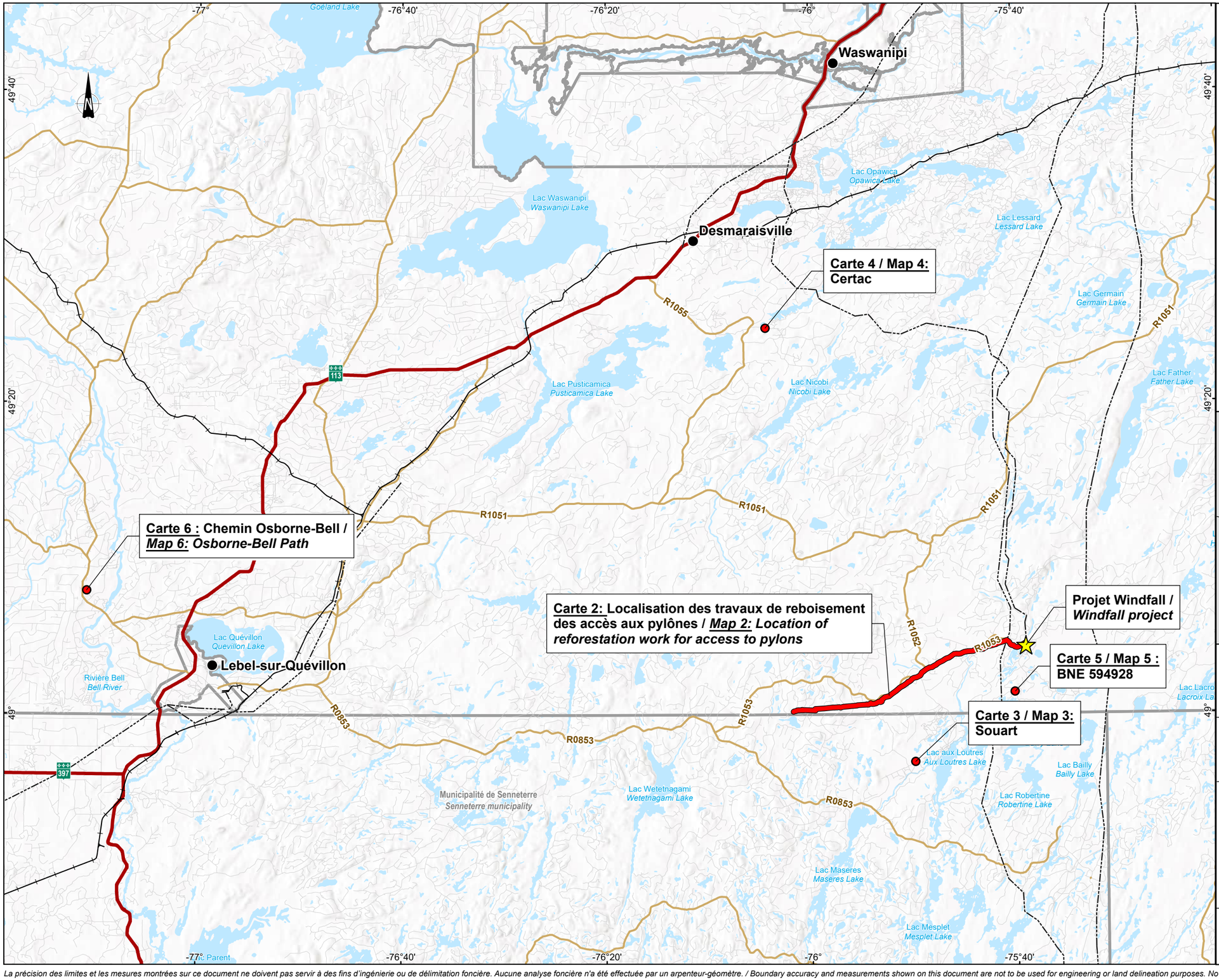
Tous les projets se situent à l'intérieur de la région administrative du Nord-du-Québec, à l'exception du projet 3 qui se situe dans la région administrative de l'Abitibi-Témiscamingue. Cependant, celui-ci se trouve sur un site dont les claims d'exploration appartiennent à GMW. La localisation de l'ensemble des sites de compensation potentiels est présentée sur la carte 1.

3.3 Autres pistes étudiées

En mai 2025, un glissement de terrain s'est produit sur le territoire de la Première Nation des Cris de Waswanipi (PNCW), qui a provoqué l'assèchement soudain du lac Rouge (CBC, 2025). En conséquence, certains membres de la communauté ont perdu accès à leur site de trappes, de chasse et de pêche. Sensible à cette réalité et considérant que le lac soit situé à moins de 30 km au nord-est du site minier, GMW a évalué l'option de réaliser un projet visant les pertes d'habitat.

Cependant, l'actuelle méconnaissance des causes du glissement de terrain et des solutions à mettre en place afin de réaménager le lac de manière sécuritaire et permanente oblige GMW à ne pas considérer ce site comme piste de compensation.

Par ailleurs, un projet de compensation pour les pertes de l'habitat du poisson conviendrait davantage à cet endroit.



Municipalité / *Municipality*

Limites administratives / *Administration Boundaries*

Municipalité ou territoire équivalent (TE) / *Municipality or Equivalent Territory (ET)*

Infrastructures connexes /*Related Infrastructure*

Ligne de transport d'énergie / *Power transmission line*

Chemin de fer / *Railway*

Réseau routier / *Road Network*

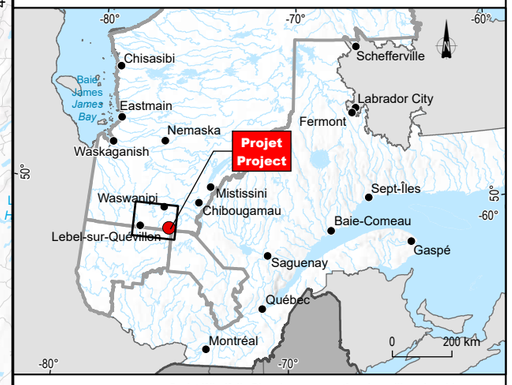
Route principale / *Main road*

Chemin forestier principal / *Main forestry road*

Chemin forestier secondaire

Réseau hydrographique / *Hydrographique Network*

Plan d'eau / *Waterbody*



Projet Windfall - Plan de compensation des milieux humides et hydriques /

Windfall Project - Wetland and Water Compensation Plan

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 1 / *Map 1*

Localisation des options de compensation à l'étude /
Location of compensation options under study

Sources :

AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
GRHQ, Réseau hydrique, 2021
CanVec+, 1/250 000, RN Can, 2014
BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
BDGA, 1/5 000 000, MRN Québec, 2012
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020

0 4,5 9 Km

NAD 1983 MTM 9

2025-07-21

Préparation / Preparation : M. Ferland
Dessin / Drawing : E. Kheiri
Vérifié par / Verification : F. Gagnon
CA0023271_9538_pc_mhh_cX_autres_250721.aprx
CA0023271_9538_pc_mhh_c1_111_loc_sites_250721

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

3.4 Projet 1 – Programme de biodiversité

Dans l'étude d'impact sur l'environnement de mars 2023, GMW avait annoncé vouloir développer un programme ayant pour objectif de valoriser la biodiversité et les espèces à statut en considérant les besoins réels des communautés. Initialement, le programme de biodiversité s'inscrivait dans la finalité de cette démarche, en agissant comme « Plan de compensation des milieux humides et hydriques ». Il visait ainsi l'atteinte du principe d'aucune perte nette sur la biodiversité. Les activités d'acquisition de connaissances et de suivi au niveau de l'habitat aquatique qui faisaient partie du programme de biodiversité au départ visaient aussi à compenser les pertes indirectes sur l'habitat du poisson qui pourraient être engendrées par le Projet. Au cours de 2023, les feux de forêt dans la région ont fait évoluer les priorités du milieu vu la nature et l'ampleur des événements dans le secteur à proximité de Windfall. Le programme de biodiversité se définit comme un programme volontaire visant à évaluer les pertes et changements en matière de biodiversité à la suite des feux de forêt de 2023. Ce dernier a été développé de concert avec les communautés d'accueil du territoire pour répondre à des questionnements concrets des Cris et Jamésiens qui ont été impactés par les feux de 2023.

3.4.1 Objectifs du programme de biodiversité

Le programme de biodiversité a pour objectif principal de compenser la perte de milieux naturels occasionnée par le Projet par le biais d'un programme aligné avec le contexte actuel et répondant aux préoccupations de la communauté autochtone concernée par le Projet. Ses objectifs spécifiques sont les suivants :

- Améliorer la compréhension de l'effet des feux de forêt sur les habitats fauniques terrestres et aquatiques dans les environs du Projet.
- Documenter les effets principaux des feux de forêt sur les milieux naturels et sur la biodiversité par le biais d'une revue de littérature.
- Identifier les effets des feux de forêt à court et moyen terme sur le milieu physique, les habitats naturels ainsi que sur la faune terrestre et aquatique (p. ex. altération de la physicochimie de l'eau, modification de la composition des espèces végétales et fauniques, etc.) dans une zone d'étude dite élargie, c'est-à-dire un peu plus grande que la zone d'étude locale du milieu biophysique.
- Intégrer les intérêts et préoccupations des maîtres de trappe et de leur famille, ainsi que des populations locales comme les membres de la PNCW et les Quévillonnais dans le développement du programme de biodiversité.

L'élaboration du programme de biodiversité s'inscrit dans un processus de consultation continu auprès des membres de la PNCW et des Quévillonnais et sera donc adaptée en fonction de la rétroaction de la population locale.

Il propose, d'une part, des études complémentaires pour documenter les effets des modifications des milieux terrestres, humides et hydriques sur la faune et cherche; d'autre part, il vise à répondre aux préoccupations formulées par la communauté autochtone concernée par le Projet.

Les quatre principaux volets du programme de biodiversité sont les suivants :

1. Revue de littérature sur les effets des feux de forêt sur les milieux naturels.

2. Études environnementales complémentaires sur les composantes où des effets sont attendus et/ou valorisées par les membres de la PNCW :

   a. eau de surface;

   b. végétation et milieux humides (écotoxicologie, diversité et évolution des peuplements forestiers);

   c. faune terrestre (faune aviaire, lièvre d'Amérique [*Lepus americanus*] et caribou forestier [*Rangifer tarandus*]);

   d. benthos.

3. Résumé des consultations auprès des populations locales.

4. Présentation des résultats du programme de biodiversité aux communautés hôtes du Projet (an 1).

3.4.2 Zone d'étude

La zone d'étude élargie retenue pour documenter les effets des feux de forêt sur les composantes biophysiques ciblées couvre une superficie approximative de 53 560 ha (535,6 km^2). Elle englobe la zone d'étude locale du milieu biophysique utilisée pour établir l'état de référence lors l'ÉIE, mais couvre aussi des secteurs non impactés par les feux de forêt en dehors de la zone d'influence des activités d'exploration avancée du Projet (hors de l'axe des vents dominants).

3.4.3 Revue de littérature sur les effets des feux de forêt sur les milieux naturels

Les changements climatiques sont susceptibles d'accroître la fréquence et la sévérité des feux de forêt, du fait de l'augmentation globale des températures, de l'allongement des périodes de sécheresse et de la modification de la composition des espèces végétales. La région du Nord-du-Québec, et particulièrement le secteur de Lebel-sur-Quévillon, a été fortement impactée par des feux de forêt d'envergure à l'été 2023. Dans le contexte où cette région, dominée par la forêt boréale, risque d'être de plus en plus affectée par des feux, il importe d'identifier les effets principaux des feux de forêt sur les milieux naturels pour mieux comprendre le contexte d'insertion du Projet. La présente revue de littérature est une première étape du programme de biodiversité de GMW, qui vise à documenter ces effets afin d'identifier les composantes qui devraient faire l'objet d'études environnementales complémentaires aux environs du site du Projet.

Selon la littérature consultée, l'amplitude des effets des feux de forêt est très variable en fonction des conditions initiales du milieu (végétation, faune, géologie et structure du sol, perturbations antérieures, etc.), de la sévérité et de l'intensité des feux. Les tendances observées permettent toutefois d'identifier des effets généraux sur le sol, l'eau de surface, la végétation ainsi que la faune terrestre et aquatique.

Les feux de forêt peuvent altérer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Le dénudement des sols et la déposition de cendres peuvent, d'une part, contribuer à l'imperméabilisation et à la compaction des sols, accentuant les phénomènes de ruissellement et d'érosion. La déposition d'une couche de cendre de même que la combustion de la végétation et de la matière organique peuvent, d'autre part, conduire à une augmentation du pH, à la modification des réserves de nutriments (N, P, K, K_2O) et à l'augmentation de la concentration des métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Mn, Mg, Zn, Fe, Al, Si, Ni, Co, As) dans le sol.

L’augmentation du ruissellement est susceptible d’augmenter les débits de crues et les débits moyens dans les cours d’eau des zones affectées. Le ruissellement, combiné à l’érosion des sols ainsi qu’à l’apport de cendres et de débris ligneux, peut également altérer la qualité de l’eau de surface. Les effets répertoriés concernent l’augmentation des MES et de la turbidité, de la concentration des métaux lourds, du pH, du carbone organique dissous et des certains nutriments ainsi que la diminution de l’oxygène dissous. Les feux de forêt peuvent par ailleurs provoquer une augmentation de la température des cours d’eau et plans d’eau à court terme après le passage du feu, et à moyen terme du fait de la diminution du couvert végétal. L’ampleur des effets sur l’eau de surface dépend de la superficie du bassin versant et de l’importance du réseau hydrographique.

Les effets des feux de forêt sur la végétation sont fortement liés à la sévérité des feux. Les premiers effets constatés sont la réduction de la densité des arbres et du couvert de la canopée ainsi que la modification de l’abondance et de la diversité des espèces. Certaines espèces pionnières peuvent rapidement recoloniser les sites brûlés, alors que d’autres espèces sont moins résilientes et prendront plus de temps à se régénérer (p. ex. lichen). Dans la forêt boréale, les jeunes stades de succession sont dominés par les feuillus (peuplier faux-tremble et bouleau). Dans le contexte où les feux de forêt sont de plus en plus intenses et sévères et où les conditions sont plus sèches et chaudes, une transition d’une dominance de conifères vers une dominance de feuillus est observée en Amérique du Nord. Certaines études indiquent, à ce sujet, une perte de résilience de l’épinette noire. Finalement, l’augmentation des concentrations et de la biodisponibilité des métaux dans le sol peut accroître l’adsorption et l’absorption des métaux par les plantes.

La modification des habitats affecte la faune terrestre en fonction des différents cycles de succession. De manière générale, une diminution globale du nombre d’espèces est observée dans les deux premières années. L’altération des habitats entraîne, comme pour la végétation, une modification de la composition des espèces. Les premières années suivant le feu, l’abondance de micromammifères et d’orignaux est plus élevée. Les micromammifères profitent notamment de la reprise rapide des herbacées et des abris créés par les débris ligneux. Les orignaux sont quant à eux rapidement de retour sur les sites perturbés (quelques mois plus tard) pour profiter de l’importante quantité de fourrage. Une diminution de la richesse et de l’abondance des oiseaux, des chiroptères, des lièvres, des canidés, des mustélidés et des caribous est toutefois observée au cours des premières années suivant le feu. La diversité et la richesse de la faune aviaire augmentent généralement de 3 à 5 ans après le feu. L’abondance du lièvre augmente pour sa part au fil de la reprise de la végétation de la strate arbustive, lorsqu’un couvert adéquat est rétabli. Le caribou a quant à lui tendance à délaisser les sites brûlés en raison du long temps de récupération du lichen, sa principale source de nourriture.

Les effets sur la faune aquatique sont plus marqués dans les mois suivant le feu, notamment en raison de l’augmentation de la température et des matières en suspension (MES) ainsi que de la diminution de l’oxygène dissous. Les modifications qui persistent dans le temps sont celles qui influeront toutefois davantage sur la capacité de récupération des communautés aquatiques. En raison des plus grands apports de nutriments, une croissance rapide d’algues et de la densité des communautés de benthos est généralement observée. Cette densité élevée de benthos peut perdurer pendant 15 à 20 ans.

3.4.4 Études environnementales sur les effets des feux de forêt

Les études environnementales complémentaires du programme de biodiversité visent à documenter les effets des feux de forêt sur les composantes de l'environnement valorisées ou susceptibles d'être affectées aux environs du site du Projet. Les composantes retenues ont été discutées avec des membres de la PNCW, ainsi qu'avec des conseillers municipaux de Lebel-sur-Quévillon. Les commentaires, intérêts, suggestions et préoccupations ont ainsi été entendus et considérés lors d'une rencontre tenue avec la PCNW à Waswanipi le 6 novembre 2023 et lors de la participation à une séance du conseil municipal élargi de Lebel-sur-Quévillon le 8 novembre 2023(annexe B).

Lors de la consultation avec la communauté de Waswanipi, certains membres ont mentionné l'intérêt d'étudier le lynx en parallèle avec le lièvre d'Amérique. Considérant que le lynx est l'un des prédateurs principaux du lièvre, l'inventaire du lièvre permettra d'évaluer de manière indirecte la potentielle présence du lynx dans les différents milieux étudiés. Il a ainsi été décidé de ne pas intégrer d'inventaire spécifique au lynx pour le moment, mais de réévaluer la pertinence lorsque le programme de biodiversité sera mis en œuvre.

3.4.4.1 Eau de surface

Certains des effets répertoriés des feux de forêt sur l'eau de surface sont l'augmentation de la turbidité, de la température, du pH et de certains métaux, ainsi que la diminution de l'oxygène dissous, qui sont causées par le ruissellement, l'érosion des sols et la déposition de cendres dans les cours d'eau et plans d'eau. Considérant que la qualité de l'eau a été analysée dans plusieurs plans d'eau de la zone d'étude locale du milieu biophysique pour l'état de référence de l'ÉIE, des analyses complémentaires subséquentes aux feux de forêt sont suggérées pour déterminer si des perturbations ont été engendrées. L'analyse des modifications des paramètres physicochimiques de l'eau de surface permettra, notamment, d'évaluer si une dégradation de la qualité de l'habitat de la faune aquatique est observable et dans quels délais les conditions initiales de l'eau de surface peuvent se rétablir.

3.4.4.2 Végétation et milieux humides

Écotoxicologie des plantes valorisées par les utilisateurs du territoire

Après un feu de forêt, l'augmentation de la concentration des métaux dans le sol et de la biodisponibilité pour les végétaux peut conduire à une augmentation de la concentration des métaux dans les plantes. L'étude écotoxicologique des plantes traditionnellement valorisées par les utilisateurs cris du territoire permettra, en ce sens, d'évaluer la teneur en métaux dans les parties consommées. En fonction des consultations tenues avec les maîtres de trappe et leurs familles dans le cadre de l'ÉIE, les deux espèces ciblées sont le bleuet (*Vaccinium spp)* et le thé du Labrador (*Rhododendron groenlandicum*).

Évolution des peuplements forestiers

Étant donné l'importance des forêts au niveau de la biodiversité faunique et floristique, l'évolution du couvert végétal arborescent et arbustif des différents peuplements forestiers retrouvés dans le paysage local et ayant été affectés par les feux sera étudiée.

Diversité des espèces végétales

Selon la littérature consultée, les feux de forêt peuvent entraîner une modification de la diversité des espèces végétales en fonction des espèces pionnières et des conditions initiales du milieu, de la sévérité des feux et des stades de succession. L'étude de la diversité des espèces végétales permettra d'évaluer les effets à court et moyen termes en relevant les modulations de la recolonisation par les espèces floristiques composant les différentes strates du couvert (arborescente, arbustive, herbacée, muscinale) des peuplements forestiers suivis.

3.4.4.3 Faune terrestre

Faune aviaire

L'un des effets répertoriés des feux de forêt sur la faune aviaire est la diminution de la richesse et de l'abondance au cours des premières années. La diversité des espèces peut aussi différer en fonction des modifications des habitats et des préférences des espèces (p. ex. préférence pour les habitats ouverts et chicots).

Deux options sont présentées afin de répondre à l'objectif principal, qui est de valider l'effet des feux de forêt ayant sévi sur le territoire en 2023 sur les communautés de la faune aviaire. Ces méthodes d'inventaire sont décrites dans cette section.

Lièvre d'Amérique

Comme pour la faune aviaire, les feux de forêt peuvent entraîner une diminution de l'abondance de lièvres d'Amérique au cours des premières années suivant le feu. L'objectif principal de l'étude sur le lièvre d'Amérique est d'évaluer l'importance de cet effet en fonction de la sévérité du feu.

Caribou

GMW est présentement en discussion avec le MELCCFP pour participer à une étude plus approfondie du déplacement des caribous pour un groupe détaché de la harde Assinaca ayant été répertorié au sud du site du Projet.

Le programme de suivi discuté pourrait inclure l'ajout de colliers télémétriques avec prise de données à des intervalles plus rapprochés, afin de mieux comprendre les trajets empruntés entre ce groupe et la harde Assinica. Considérant la nature sensible des données colligées, les résultats ne seront toutefois pas publiés.

3.4.4.4 Benthos

Les feux de forêt peuvent avoir pour effet d'augmenter la densité et de modifier la composition des communautés de macroinvertébrés benthiques (benthos). La modification des communautés de benthos entraîne des répercussions sur la chaîne alimentaire, notamment sur la faune aquatique. Comme pour l'eau de surface, des prélèvements ont déjà été effectués sur le site du Projet pour établir l'état de référence dans le cadre de l'ÉIE. Pour le programme de biodiversité, il est suggéré d'échantillonner des stations où des données ont déjà été prélevées. Les échantillons récoltés dans des zones affectées et non affectées par le feu pourront ainsi être comparés aux résultats de l'état de référence.

3.4.5 *Échéancier proposé*

Tableau 2 Échéancier des études environnementales

Groupe Minier Windfall - Projet Windfall
Échéancier des études environnementales - Programme de biodiversité

Études environnementales	Phase de construction													Phase d'exploitation							
	2024*												2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc									
Milieu physique																					
Eau de surface													X		X		X				
Végétation et milieux humides																					
Écotoxicologie des plantes													X	X			X				
Diversité des espèces végétales													X	X			X				
Évolution des peuplements forestiers													X	X			X				
Faune terrestre																					
Faune aviaire													X	X			X				
Lièvre d'Amérique														X			X				
Caribou																					
Faune aquatique et Benthos																					
Benthos													X	X			X				
Livrable																					
Rapport final																					★

Notes:

*** Les périodes d'inventaire seront les mêmes pour l'ensemble des années étudiées.**

Légende	
	Période d'inventaire
X	Note technique (pour les inventaires de l'année précédente)
★	Rapport Final

3.4.6 Résultats 2025

En mars 2025, les résultats de la première année du programme de biodiversité ont été présentés aux communautés hôtes du Projet, notamment lors de deux séances publiques : le 25 mars aux membres de la communauté crie de Waswanipi et le 26 mars à Lebel-sur-Quévillon. L'objectif était d'informer les populations locales et de recueillir leurs commentaires pour ajuster ou améliorer le programme dans les années à venir. Ces rencontres, conçues de manière participative, ont permis aux participants de réagir aux résultats présentés par WSP, de valider leur pertinence et d'exprimer leurs propres observations sur le territoire.

Voici un résumé des différents résultats à la suite des campagnes d'inventaires de 2024 :

Eau de surface

En ce qui concerne l'eau de surface, l'analyse des modifications des paramètres physicochimiques permet d'évaluer qu'aucune dégradation significative de la qualité de l'habitat de la faune aquatique n'est observable. De plus, soit l'impact des feux était minime, soit les délais de retour aux conditions initiales de l'eau de surface étaient d'un an et moins.

Végétation et milieux humides

Écotoxicologie des plantes valorisées par les utilisateurs du territoire

La composition en métaux des plantes semble avoir subi une légère modification, mais les niveaux observés ne posent pas de risque immédiat pour la santé humaine. Un suivi continu des concentrations de certains métaux sera utile pour évaluer les niveaux de concentrations au fil des années.

Évolution des peuplements forestiers

Les inventaires visant à étudier l'évolution des peuplements forestiers en 2024 ont permis de récolter des données sur 24 différents sites et d'évaluer l'impact du feu de 2023 sur ces milieux. La détermination de la sévérité des feux faite à partir de la cartographie correspond en majorité à celle observée au terrain, car seulement trois stations ont vu leur niveau de sévérité changer.

Diversité des espèces végétales

Lors des inventaires réalisés en 2021, ce sont neuf espèces végétales arborescentes, 40 espèces arbustives et 55 espèces non ligneuses qui ont été recensées au terrain. À la suite du passage du feu, les inventaires de 2024 ont permis d'identifier quatre espèces végétales arborescentes, 29 espèces arbustives et 32 espèces non ligneuses. Ces résultats étaient attendus à la suite des perturbations sur le territoire.

Faune terrestre

Faune aviaire

Les inventaires d'avifaune de 2024 ont recensé un total de 61 espèces d'oiseaux. Les feux de forêt ont eu un impact varié sur leur richesse, densité et abondance, avec une réduction notable dans les zones plus sévèrement touchées. Les peuplements en régénération sans feu montrent les densités et abondances les plus élevées.

Lièvre d'Amérique

Les résultats de cette étude montrent que la présence du lièvre d'Amérique est influencée par les feux de forêt et la composition de l'habitat. Les essences feuillues, particulièrement le bouleau à papier, jouent un rôle crucial dans l'alimentation du lièvre d'Amérique, tandis que les essences résineuses offrent une protection hivernale. Les parcelles non touchées par les feux présentent une densité plus élevée de crottins, indiquant une population de lièvres plus abondante. Cependant, des signes de présence de lièvres sont observés dans les parcelles brûlées également.

Grande faune

Lors des inventaires visant l'avifaune et le lièvre d'Amérique, un caribou forestier solitaire a été observé de façon opportuniste le 23 juin 2024 à 12 h 17 en bordure d'un chemin forestier, à environ 7 km du site Windfall. La présence du caribou forestier est documentée dans ce secteur. GMW et le MELCCFP ont conclu une entente de partenariat en 2024 permettant ainsi l'utilisation des données de colliers télémétriques de caribous, au nombre de quatre, localisés dans le secteur. Les données recueillies permettront également de visualiser en temps réel si les secteurs brûlés en 2023 sont utilisés par le caribou forestier sur une durée de 3 ans.

Benthos

De façon générale, une abondance et une richesse plus élevées ont été répertoriées dans les plans d'eau impactés, contrairement à la zone de référence. Du côté des communautés benthiques du lac SN4, le feu semble avoir débalancé la répartition des espèces avec une dominance marquée de l'embranchement des hexapodes. Le suivi de la richesse, de la densité et de l'abondance des communautés benthiques dans les milieux affectés par des feux permettra de mettre en évidence les effets à long terme.

3.5 Projet 2 – Reboisement des accès aux pylônes

Le projet 2 consiste au reboisement des accès aux pylônes électriques composant la ligne électrique entre le poste électrique de Lebel-sur-Quévillon et le site Windfall. Rappelons que le tracé initial de la ligne électrique alimentant le site Windfall était prévu entre Lebel-sur-Quévillon et Windfall. À ce moment, l'initiateur du projet était Hydro-Québec. GMW a réalisé de manière volontaire les travaux de reboisement. Il n'y avait aucune obligation de reboiser les accès aux sites des pylônes. Les sites reboisés se situent dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur des terres de la catégorie III du territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Plusieurs chemins temporaires ont été aménagés en 2021 pour permettre l'accès aux pylônes lors des campagnes d'investigation préliminaires qui auraient mené la construction de la ligne.

Les travaux de reboisement ont été réalisés en septembre 2023 (carte 2). Toutes les superficies et tous les plants prévus ont été reboisés, soit 13,6 ha et 33 000 plants (photos 1 et 2). Des photographies additionnelles, montrant le milieu en 2022 avant les travaux et les photos de 2023 après et pendant sont disponibles à l'annexe D.

La qualité des travaux a été évaluée à 96 %, ce qui est supérieur au seuil de 92 % prévu au devis. L'objectif était de reboiser tout en ayant un minimum d'impact sur l'environnement et sur les milieux humides. Ainsi, il n'y a eu aucune préparation de terrain et les microsites propices avec du sol minéral étaient rares. Aucune contamination de sols n'était présente, la gestion des matières résiduelles était standard. Le camion de l'entrepreneur contenait tous les équipements nécessaires et prévus dans les documents SSE (trousse de premiers soins, trousse de déversement, extincteur, etc.). Aussi, aucune trace ou ornière significative n'a été faite par le véhicule qui livrait les plants sur le terrain (VTT 6 roues motrices). L'entrepreneur était bien équipé et adaptait ses méthodes en fonction des sites rencontrés.

Depuis l'inventaire de terrain effectué à l'été 2024, plusieurs sites se sont régénérés naturellement en cerisier, bouleau, épinette et pin gris. Ces germinations spontanées complètent le reboisement, ce qui vient conjointement créer des habitats potentiels pour la faune locale, faune qui pourrait être composée d'espèces à statut particulier. Aucun suivi additionnel n'est prévu en lien avec cette activité.

Par ailleurs, les différents travaux, inventaires et recherches réalisés lors de l'étude d'impact sur l'environnement ont permis de dresser une liste d'espèces à statut dont la présence a été soit confirmée dans le secteur de Windfall ou non. Le tableau 3 présente cette liste. Comme les activités de reboisement ont été effectuées à proximité du site, cette liste demeure valide. Du nombre d'espèces confirmées, la présence de cinq espèces jugées « En voie de disparition » selon la juridiction fédérale et, selon la réglementation québécoise, deux espèces jugées « menacée » et trois classée « vulnérable ». Les travaux de reboisement n'ont pas été menés dans le but de recréer un habitat spécifique en lien avec la présence de ces espèces mais la plantation permettra, à terme, de générer des habitats de qualité.

Soulignons également que les activités de reboisement ont été présentées aux utilisateurs du territoire préalablement à la réalisation des travaux. Ces travaux ont aussi été discutés avec les citoyens de Lebel-sur-Quévillon qui avaient des préoccupations quant à la responsabilité d'Hydro-Québec dans ce dossier. À la suite de la confirmation qu'Hydro-Québec n'avait aucune obligation légale d'effectuer des travaux de reboisement, GMW s'est engagé de manière volontaire à reboiser le secteur.



Photo 1 **Cassettes d'épinette noire**



Photo 2 **Plant d'épinette planté**

Tableau 3 Espèces fauniques à statut particulier présentes ou potentiellement présentes dans la zone d'étude locale

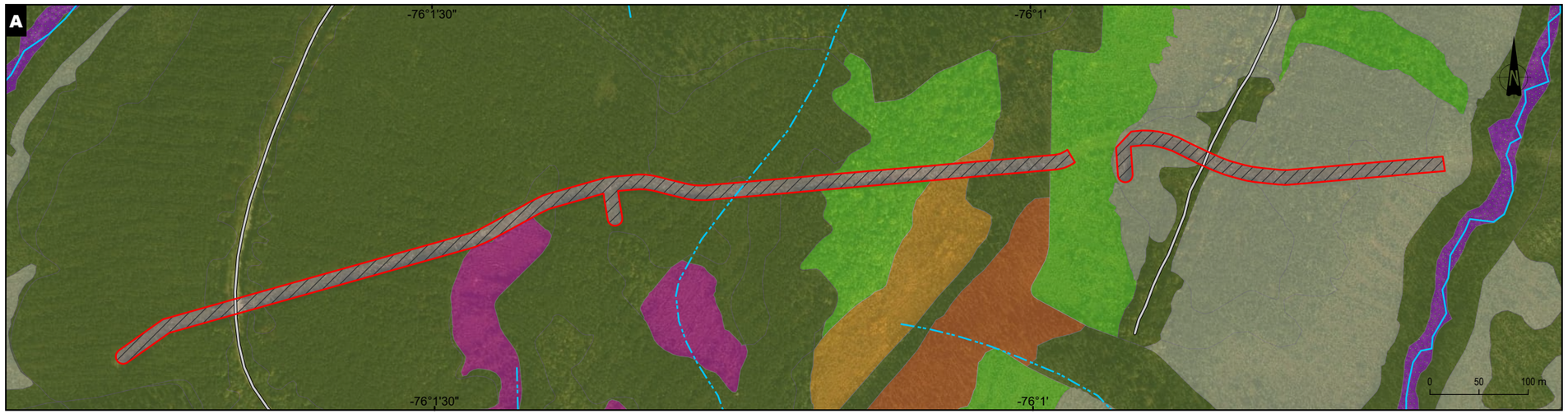
Nom français	Nom scientifique	Statut		Présence confirmée dans la zone d'étude locale du projet Windfall (Oui / Non)	Ordre
		Québec[1]	Canada[2]		
Rainette faux-grillon boréale	*Pseudacris maculata*	SDMV	–	Non	Herpétofaune
Salamandre à quatre orteils	*Hemidactylium scutatum*	SDMV	–	Non	
Tortue serpentine	*Chelydra serpentina*	–	P	Non	
Tortue des bois	*Glyptemys insculpta*	V	M	Non	
Aigle royal	*Aquila chrysaetos*	V	NEP	Non	Faune aviaire
Arlequin plongeur	*Histrionicus histrionicus*	V	P	Non	
Bécasseau maubèche *rufa*	*Calidris canutus rufa*	M	– (COSEPAC : P)	Non	
Bécasseau roussâtre	*Tryngites subruficollis*	–	P	Non	
Engoulevent d'Amérique	*Chordeiles minor*	SDMV	P	Oui	
Engoulevent bois-pourri	*Antrostomus vociferus*	SDMV	M (COSEPAC : P)	Non	
Faucon pèlerin *anatum*	*Falco peregrinus anatum*	V	NEP	Oui	
Faucon pèlerin *tundrius*	*Falco peregrinus tundrius*	SDMV	NEP		
Garrot d'Islande (population de l'Est)	*Bucephala islandica*	V	P	Non	
Goglu des prés	*Dolichonyx oryzivorus*	–	M (COSEPAC : P)	Non	
Grèbe esclavon	*Podiceps auritus*	M	– (COSEPAC : P)	Non	
Gros-bec errant	Coccothraustes vespertinus	–	P	Oui	
Hibou des marais	*Asio flammeus*	SDMV	P (COSEPAC : M)	Non	
Hirondelle de rivage	*Riparia riparia*	–	M	Non	
Hirondelle rustique	Hirundo rustica	–	M (COSEPAC : P)	Oui	
Moucherolle à côtés olive	*Contopus cooperi*	V	P	Oui	
Paruline du Canada	*Cardellina canadensis*	SDMV	M (COSEPAC : P)	Oui	
Phalarope à bec étroit	*Phalaropus lobatus*	–	P	Non	
Pygargue à tête blanche	*Haliaeetus leucocephalus*	V	NEP	Oui	
Quiscale rouilleux	*Euphagus carolinus*	SDMV	P	Oui	

Nom français	Nom scientifique	Statut		Présence confirmée dans la zone d'étude locale du projet Windfall (Oui / Non)	Ordre
		Québec[1]	Canada[2]		
Campagnol des rochers	*Microtus chrotorrhinus*	SDMV	–	Non	Mammifères
Campagnol-lemming de Cooper	*Synaptomys cooperi*	SDMV	–	Non	
Caribou forestier	*Rangifer tarandus caribou*	V	M	Oui	
Belette pygmée	*Mustela nivalis*	SDMV	NEP	Non	
Petite chauve-souris brune	*Myotis lucifugus*	M	EVD	Oui	Chiroptères
Chauve-souris nordique	*Myotis septentrionalis*	M	EVD	Oui	
Chauve-souris argentée	*Lasionycteris noctivagans*	SDMV	– (COSEPAC : EVD)	Oui	
Chauve-souris cendrée	*Lasiurus cinereus*	SDMV	– (COSEPAC : EVD)	Oui	
Chauve-souris rousse (de l'Est)	*Lasiurus borealis*	V	– (COSEPAC : EVD)	Oui	

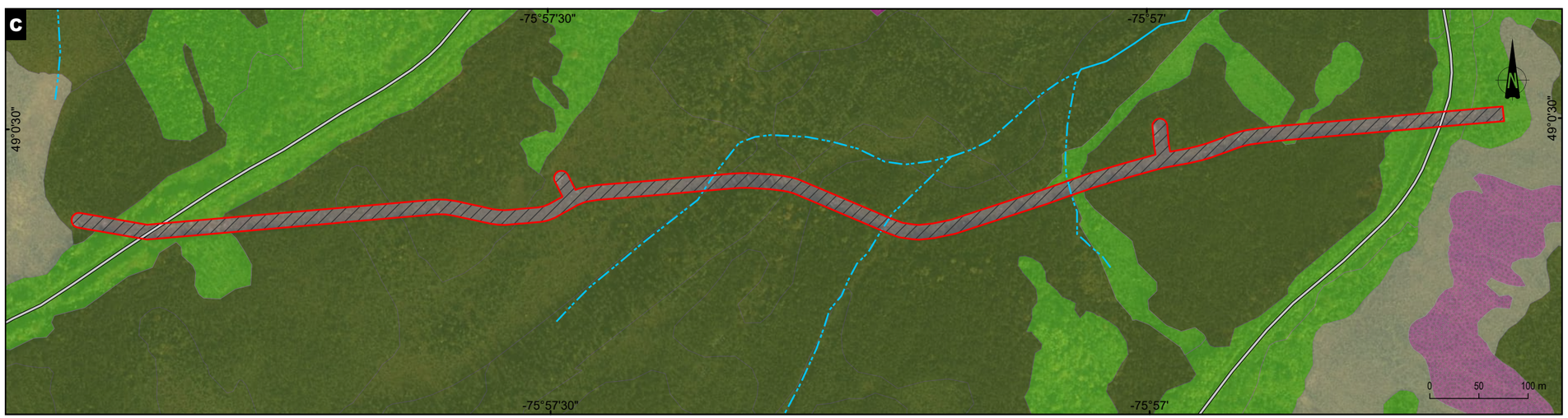
Note : Les espèces potentiellement présentes dans la zone d'étude locale ont été ciblées par d'une recherche documentaire dans le cadre de l'étude d'impact réalisée en 2023. Cette recherche documentaire consistait en la réalisation d'une revue de littérature et la consultation de bases de données géospatiales dans un rayon de 100 km du centroïde de la zone d'étude.

1 : Statut de l'espèce au Québec (juillet 2025) : SDMV : susceptible d'être désignée comme menacée ou vulnérable; V : Vulnérable; M : menacée.

2 : Statut de l'espèce au Canada (LEP) (juillet 2025) : P : Préoccupante, M : Menacée, EVD : espèce en voie de disparition, NEP : Non en péril







Plan de compensation / *Compensation Plan*

Limites des travaux de reboisement / *Limits of reforestation work*

Composantes de l'écosystème / *Ecosystem Components*

Milieux terrestres / *Terrestrial Environments*

Mixte / *Mixed-wood*

Résineux / *Softwood*

Régénération / *Regeneration*

Milieux humides et hydriques / *Wetlands and Hydrous Environments*

Marécage arborescent / *Treed swamp*

Marécage arbustif / *Shrubby swamp*

Tourbière minérotrophe ouverte / *Open fen*

Marais / *Marsh*

Cours d'eau intermittent / *Intermittent Watercourse*

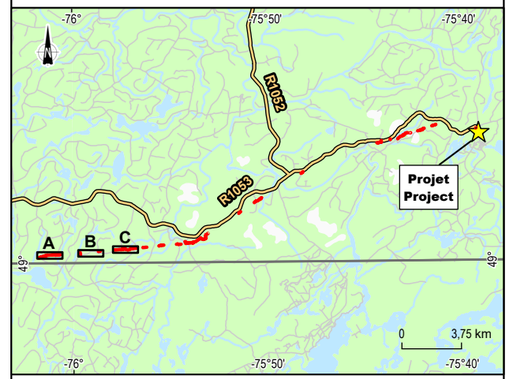
Cours d'eau permanent / *Permanent Watercourse*

Autres milieux / *Other Environments*

Milieu faiblement perturbé par l'activité humaine

Réseau routier / *Road Network*

Chemin forestier secondaire / *Secondary forest road*



GOLD FIELDS

Projet Windfall - Plan de compensation des milieux humides et hydriques /

Windfall Project - Wetlands and bodies of water compensation plan

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /

Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 2A / *Map 2A*

Localisation des travaux de reboisement des accès aux pylônes / *Location of reforestation work for access to pylons*

Sources :

AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
WSP, Infrastructures version CAWL-301-G-0602-AU, 2025
CanVec, 1/250 000, RNCan, 2014
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
Inventaire écoforestier, MRNF, 2024
Mosaïque d'orthophotographie de l'inventaire écoforestier, MRNF, 2023

0 50 100 m

NAD 1983 MTM 9

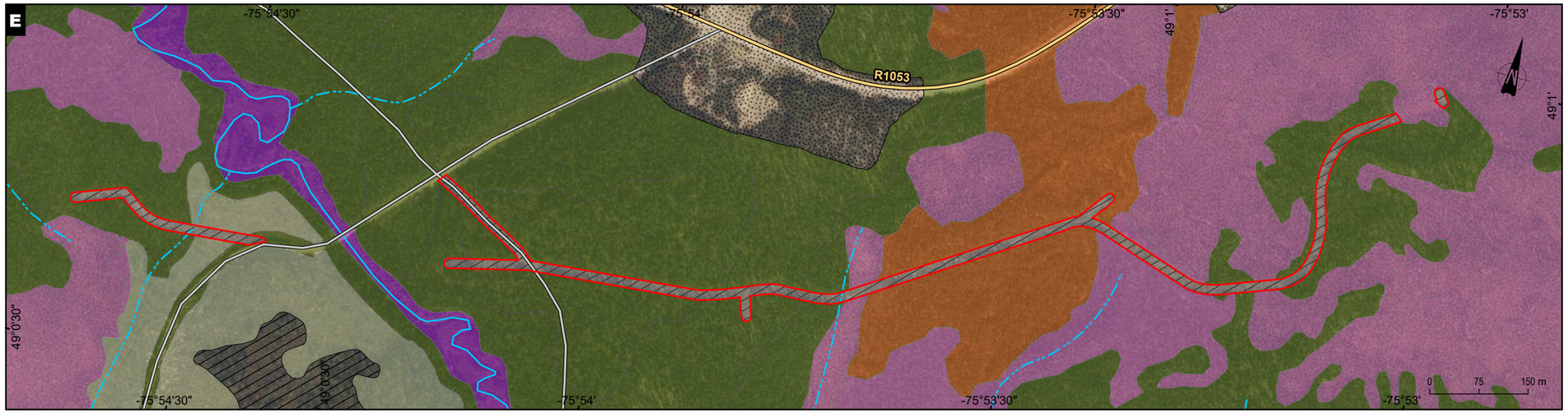
2025-07-16

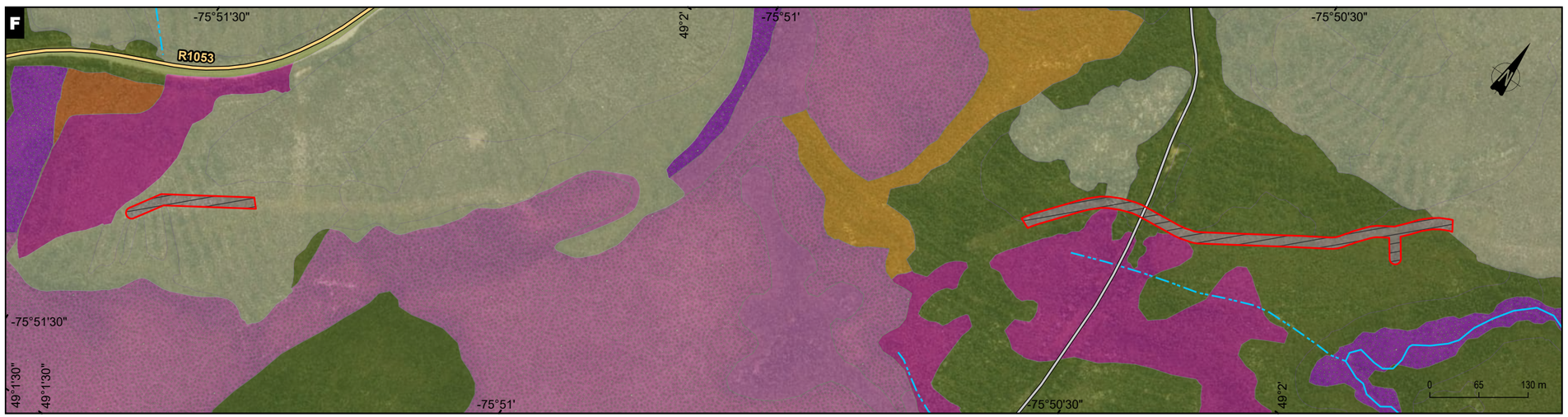
Préparation / Preparation : M. Ferland
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : F. Gagnon
CA0023271_9538_pc_mhh_c2_reboisement_250716.aprx
CA0023271_9538_pc_mhh_c2A_105_reboisement_250716

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.







Composantes de l'écosystème / *Ecosystem Components*

Milieux terrestres / *Terrestrial Environments*

- Mixte / *Mixed-wood*
- Résineux / *Softwood*
- Régénération / *Regeneration*

Milieux humides et hydriques / *Wetlands and Hydrous Environments*

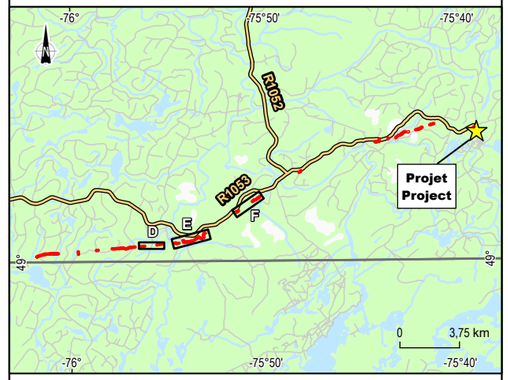
- Marécage arborescent / *Treed swamp*
- Marécage arbustif / *Shrubby swamp*
- Tourbière minérotrophe ouverte / *Open fen*
- Tourbière ombrotrophe boisée / *Treed bog*
- Tourbière ombrotrophe ouverte / *Open bog*
- Marais / *Marsh*
- Cours d'eau intermittent / *Intermittent Watercourse*
- Cours d'eau permanent / *Permanent Watercourse*

Autres milieux / *Other Environments*

- Dénudé et semi-dénudé sec / *Bare and semi-bare dry*
- Gravière / *Gravel pit*
- Milieu faiblement perturbé par l'activité humaine

Réseau routier / *Road Network*

- Chemin forestier principal / *Main forestry road*
- Chemin forestier secondaire / *Secondary forest road*



GOLD FIELDS

Projet Windfall - Plan de compensation des milieux humides et hydriques /
Windfall Project - Wetlands and bodies of water compensation plan

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 2B / *Map 2B*
Localisation des travaux de reboisement des accès aux pylônes / *Location of reforestation work for access to pylons*

Sources :
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
WSP, Infrastructures version CAWL-301-G-0602-AU, 2025
CanVec, 1/250 000, RNCan, 2014
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
Inventaire écoforestier, MRNF, 2024
Mosaïque d'orthophotographie de l'inventaire écoforestier, MRNF, 2023

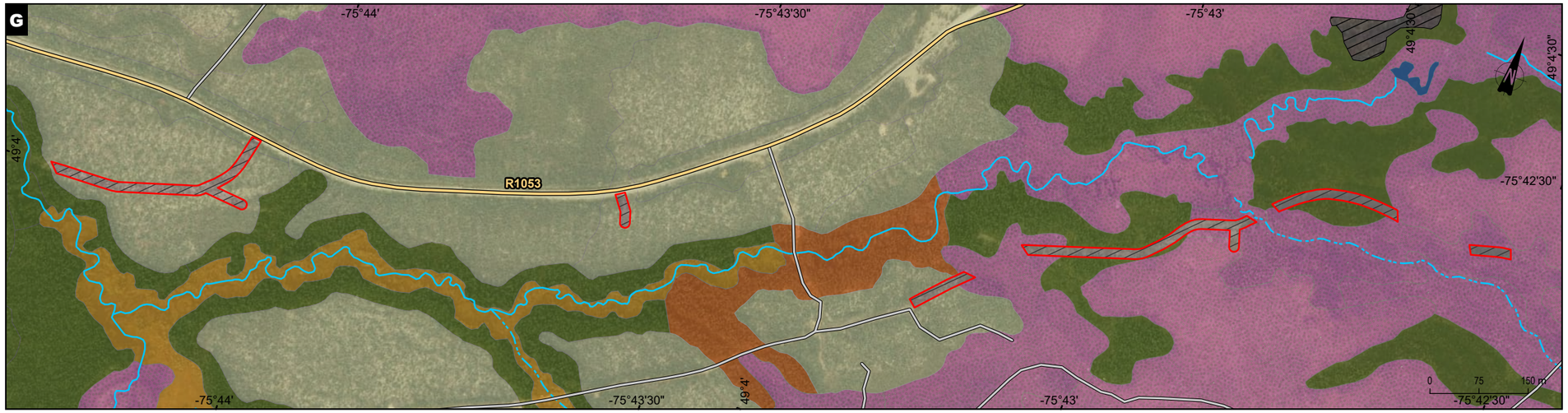
0 50 100 m
NAD 1983 MTM 9

2025-07-16

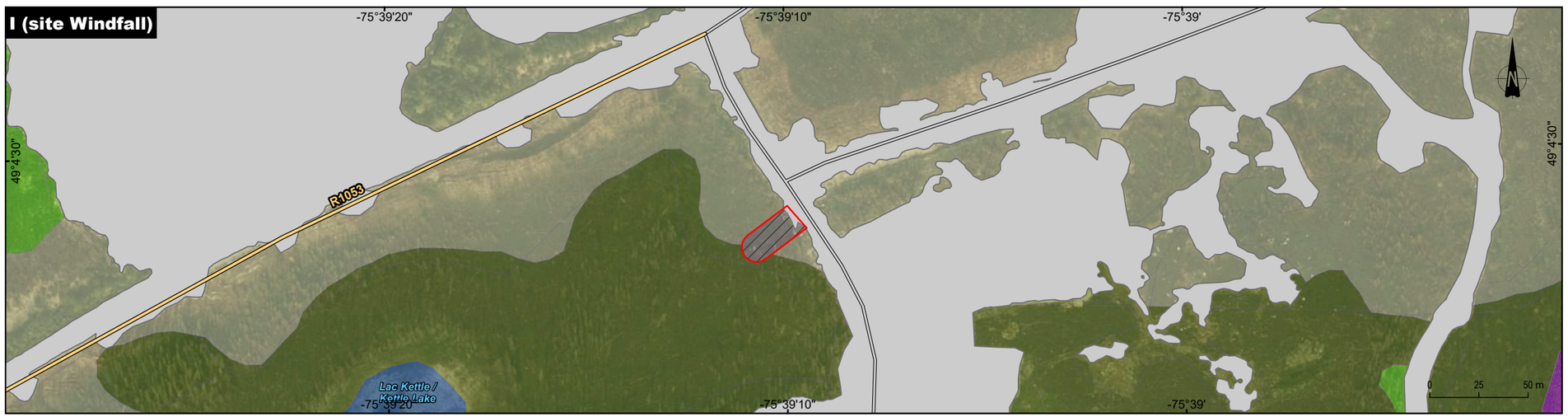
Préparation / Preparation : M. Ferland
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : F. Gagnon
CA0023271_9538_pc_mhh_c2_reboisement_250716.aprx
CA0023271_9538_pc_mhh_c2B_105_reboisement_250716

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.







Composantes de l'écosystème / *Ecosystem Components*

Milieux terrestres / *Terrestrial Environments*

- Mixte / *Mixed-wood*
- Résineux / *Softwood*
- Régénération / *Regeneration*

Milieux humides et hydriques / *Wetlands and Hydrous Environments*

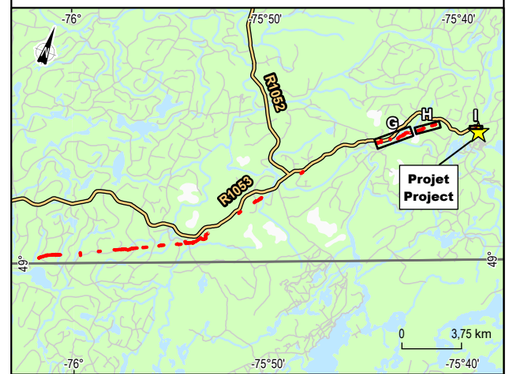
- Marécage arborescent / *Treed swamp*
- Marécage arbustif / *Shrubby swamp*
- Tourbière ombrotrophe boisée / *Treed bog*
- Tourbière ombrotrophe ouverte / *Open bog*
- Cours d'eau intermittent / *Intermittent Watercourse*
- Cours d'eau permanent / *Permanent Watercourse*
- Plan d'eau / *Waterbody*

Autres milieux / *Other Environments*

- Anthropique / *Anthropogenic*
- Dénudé et semi-dénudé sec / *Bare and semi-bare dry*
- Milieu faiblement perturbé par l'activité humaine

Réseau routier / *Road Network*

- Chemin forestier principal / *Main forestry road*
- Chemin forestier secondaire / *Secondary forest road*



GOLD FIELDS

Projet Windfall - Plan de compensation des milieux humides et hydriques /
Windfall Project - Wetlands and bodies of water compensation plan

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 2C / *Map 2C*
Localisation des travaux de reboisement des accès aux pylônes / *Location of reforestation work for access to pylons*

Sources :
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
WSP, Infrastructures version CAWL-301-G-0602-AU, 2025
CanVec, 1/250 000, RNCan, 2014
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
Inventaire écoforestier, MRNF, 2024
Mosaïque d'orthophotographie de l'inventaire écoforestier, MRNF, 2023

0 50 100 m
NAD 1983 MTM 9

2025-07-16

Préparation / Preparation : M. Ferland
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : F. Gagnon
CA0023271_9538_pc_mhh_c2_reboisement_250716.aprx
CA0023271_9538_pc_mhh_c2C_105_reboisement_250716

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

3.6 Projet 3 – Nettoyage des débris sur le site Souart

Le projet 3 consiste au nettoyage des débris se trouvant sur le site Souart. Découvert en 1949, l'indice Souart est un site ayant fait l'objet de plusieurs travaux d'exploration minière pour la recherche d'or et de métaux de base. Le site est localisé dans la MRC de Senneterre dans la région administrative de l'Abitibi-Témiscamingue. Il se situe à 100 % sur les terres de la Couronne dont les claims sont actuellement détenus par GMW. La localisation du site est présentée sur la carte 3. GMW n'avait aucune obligation légale de réaliser les travaux de nettoyage des débris sur le site Souart, ceux-ci ont été effectués de manière volontaire. Par ailleurs, le site Souart se trouve sur un haut topographique en milieu terrestre de type résineux avec roc affleurant. Il est entouré de milieux humides plus précisément de tourbières ombrotrophes ouverte ou boisée.

À la fin du mois de mai 2023, durant des travaux d'exploration minière, l'équipe de GMW a pris connaissance de l'état des lieux. Les travaux passés ont mené à l'abandon de matériel sur le terrain, dont la structure en métal du puits d'exploration historique Nubar abandonné en 1950 (Joly, 1990), ainsi que certains éléments plus récents, notamment un véhicule tout terrain à trois roues. À ce moment, des photos du secteur avaient été prises (photos 3, 4 et 5) et un programme de nettoyage du site, couvrant une superficie d'environ 5,5 ha de milieux terrestres et humides (carte 2), avait été proposé par souci de bonnes pratiques environnementales. Aucune investigation de sol n'a été effectuée, il est ainsi impossible de statuer sur le niveau de contamination des sols (ou l'absence de contamination). Les importants feux de forêt à l'été 2023 ont obligé la mise sur pause du projet jusqu'à l'été 2024.

Le maître de trappe de la zone 19 a été informé de la tenue des travaux. Il n'avait aucune préoccupation particulière à rapporter à GMW.

L'équipe de GMW a débuté le nettoyage du site à l'été 2024. Ces travaux ont nécessité la mobilisation de deux travailleurs durant 3 jours et ils se sont réalisés de manière héliportée dû à la localisation géographique du site. L'indice Souart se situe à environ 1 km d'une route forestière et est entouré de milieux humides. La première étape a été de regrouper au même endroit toutes les matières résiduelles trouvées dans le secteur pour rendre plus efficace le transport de celles-ci. Les déchets de petites tailles ont été mis dans des sacs de transport ayant une capacité d'environ 1 m³, tandis que les plus gros morceaux ont été placés sur de grands filets pour être transportés par hélicoptère à l'aide d'une élingue (photos 6 et 7). Au total, sept sacs et cinq filets contenant principalement du métal ont été déplacés du site jusqu'à la route forestière la plus près. Le déplacement de tout ce matériel a représenté environ 10 h de vol d'hélicoptère incluant la mobilisation des travailleurs. Les matières résiduelles sorties vers le chemin forestier ont ensuite été transportées par camion vers des lieux de disposition appropriés.

À l'automne 2024, deux travailleurs de GMW sont retournés sur le site en hélicoptère pour installer une sécurisation temporaire autour de l'ancien puits d'exploration Nubar (photo 8). L'ensemble des travaux a nécessité 11 h d'hélicoptère en plus de la mobilisation de deux employés de GMW durant quatre jours, de l'utilisation d'une petite excavatrice héliportable style « Spider » et du coût de disposition des matières résiduelles.

Les activités de nettoyage du site Souart, à l'intérieur du secteur montré à la carte 3 ont permis de restaurer des habitats potentiels. En effectuant le rapatriement de tous les débris de cette zone, GMW a remis l'environnement à son état naturel. Les espèces à statut listées dans le tableau 3 sont celles qui seraient susceptibles de se retrouver dans le secteur Souart. Aucun suivi additionnel n'est prévu en lien avec ces travaux.



Photo 3 **État du site avant les travaux de nettoyage**



Photo 4 **État du site avant les travaux de nettoyage**



Photo 5 **État du site avant les travaux de nettoyage**



Photo 6 **Travaux de nettoyage**



Photo 7 **Travaux de nettoyage**



Photo 8 **Site après les travaux de nettoyage**

-75°50'

48°57'

Souart

-75°50'

Plan de compensation / *Compensation Plan*

Zone des travaux / *Construction zone*

Localisation du site / *Site location*

Composantes de l'écosystème / *Ecosystem Components*

Milieux terrestres / *Terrestrial Environments*

Résineux / *Softwood*

Milieux humides et hydriques / *Wetlands and Hydrous Environments*

Marécage arborescent / *Treed swamp*

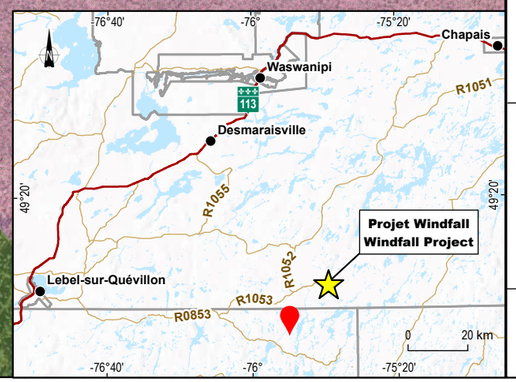
Tourbière ombrotrophe boisée / *Treed bog*

Tourbière ombrotrophe ouverte / *Open bog*

Cours d'eau intermittent / *Intermittent Watercourse*

Cours d'eau permanent / *Permanent Watercourse*

Plan d'eau / *Waterbody*



Projet Windfall - Plan de compensation des milieux humides et hydriques /

Windfall Project - Wetland and Water Compensation Plan

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 3 / *Map 3*
Milieu naturel restauré au site Souart /
Restored Natural Environment at the Souart Site

Sources :
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
WSP, Infrastructures version CAWL-301-G-0602-AU, 2025
Inventaire écoforestier, MRNF, 2024
GRHQ, Réseau hydrique, 2021
Gold Fields, Orthophotographie du banc Bonterra, 2025
Mosaïque d'orthophotographie de l'inventaire écoforestier, MRNF, 2023

0 25 50 m
NAD 1983 MTM 9

2025-07-20

Préparation / Preparation : M. Ferland
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : F. Gagnon
CA0023271_9538_pc_mhh_cX_autres_250720.aprx
CA0023271_9538_pc_mhh_cX_110_compensation_250720

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

3.7 Projet 4 – Site minier abandonné de Certac

Le projet 4 consiste en la réparation de la clôture et enseigne sur le site minier abandonné de Certac. Le site minier abandonné de Certac est localisé dans la région administrative du Nord-du-Québec sur des terres de catégorie III du territoire d'Eeyou Istchee Baie James dans le nord du Québec. Ce site a été exploité de 1976 à 1978 pour ses ressources en or. Certac fait maintenant partie de la liste des sites miniers abandonnés en responsabilité réelle au passif au titre des sites contaminés. La superficie du site représenté est de 2 ha sur la carte 4 ci-dessous. Le site Certac est situé sur les claims d'exploration de GMW. Il est composé de milieux terrestres de types boisés : de feuillus, de type mixte ou de résineux.

En novembre 2022, GMW a été informé par le MRNF que la clôture de sécurité ceinturant le site Certac était endommagée. Comme l'hiver arrivait et que le couvert de neige était déjà présent, l'inspection du site a été reportée au printemps 2023. GMW a réalisé de bonne foi les travaux de sécurisation du site minier abandonné Certac.

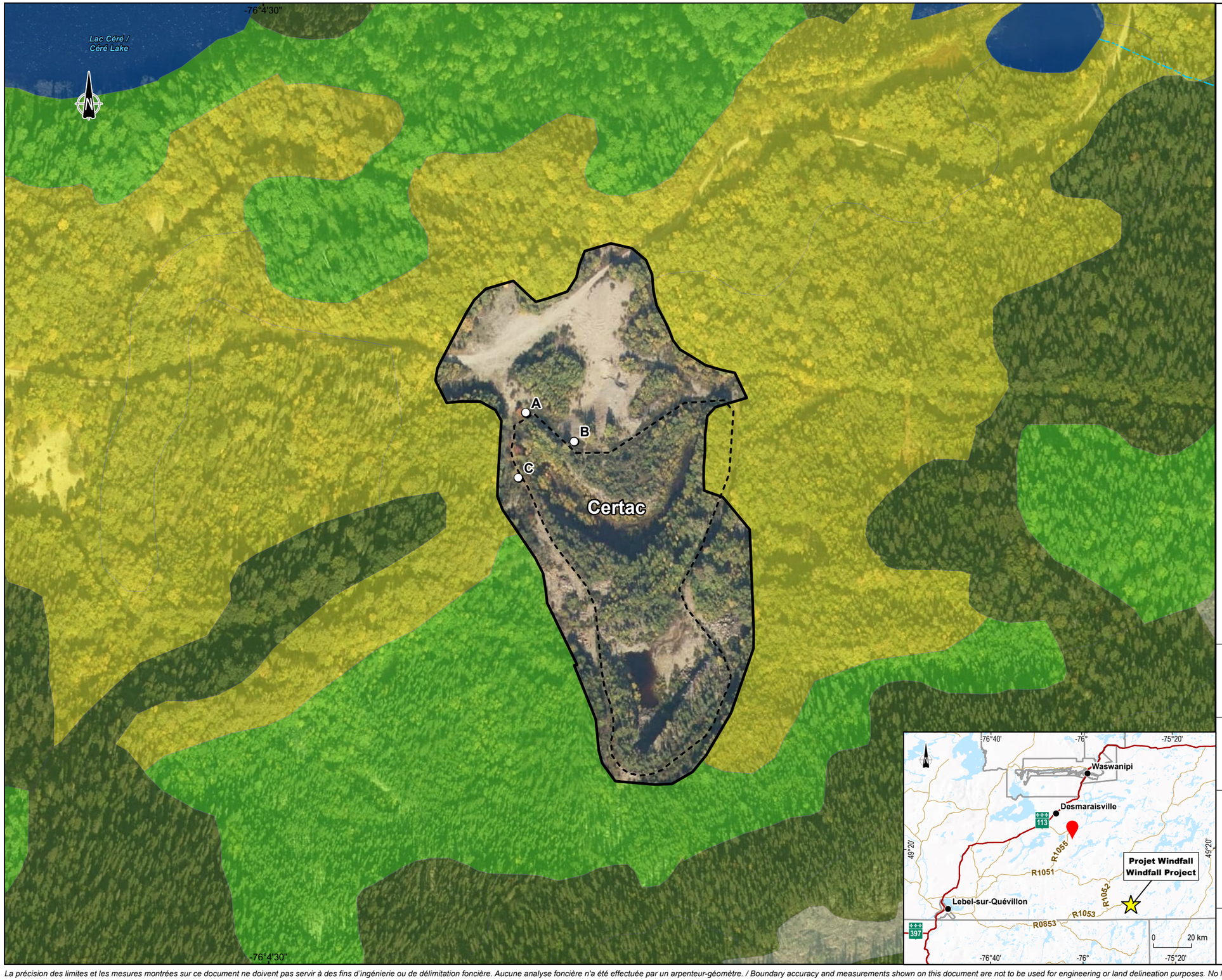
Le 7 mai 2023, deux employés de GMW se sont rendus sur le site Certac. Afin d'évaluer la situation, ceux-ci ont procédé à une inspection visuelle complète du secteur, notamment de la clôture grillagée (photos 9 et 10). La délimitation du site sur la carte représente le tracé effectué par les employés de GMW lors des travaux d'inspection. Les irrégularités ont été observées par GMW à deux endroits (Sites A et B). Également, une enseigne « Danger ouverture profonde » était décrochée (Site C). Les réparations ont été effectuées la même journée par l'équipe de GMW. La description des travaux effectués pour chaque site est présentée ci-dessous.

- Au Site A, la partie du bas de la clôture était ouverte, car les boulons tenant les collets avaient été dévissés (photo 11). L'enseigne « Danger ouverture profonde » était décrochée tout près. La clôture grillagée tient maintenant solidement et le portail est sécurisé (photos 12 et 13). L'enseigne a été replacée.
- Au Site B, il y avait un bris dans la clôture, car les collets avaient été coupés (photo 14). La clôture grillagée tient maintenant solidement et le portail est sécurisé (photos 15 et 16).
- Au Site C, la partie du haut d'une enseigne « Danger ouverture profonde » était décrochée (photo 17). Elle a été remise en place (photo 18).

Aucun signe de contamination des sols n'a été observé lors des travaux et aucun suivi additionnel n'est prévu en lien avec ceux-ci.

	
Photo 9 Tour complet du site minier Certac; vue depuis l'est	**Photo 10** Tour complet du site minier Certac; vue depuis l'ouest
	
Photo 11 Site A – Ouverture dans la clôture et enseigne décrochée (avant)	**Photo 12** Site A – Ouverture dans la clôture et enseigne décrochée (après)

	
Photo 13 Site A – Ouverture dans la clôture et enseigne décrochée (après)	**Photo 14** Site B – Bris de la clôture (avant)
	
Photo 15 Site B – Bris de la clôture (après)	**Photo 16** Site B – Bris de la clôture (après)
	
Photo 17 Site C – Enseigne décrochée (avant)	**Photo 18** Site C – Enseigne décrochée (après)



Plan de compensation / *Compensation Plan*

Site Certac / *Certac site*
Clôture / *Fence*
Site / *Site*
Localisation du site / *Site location*

Composantes de l'écosystème / *Ecosystem Components*

Milieux terrestres / *Terrestrial Environments*
- Feuillu / *Deciduous*
- Mixte / *Mixed-wood*
- Résineux / *Softwood*
- Régénération / *Regeneration*

Milieux hydriques / *Hydrous Environments*
- Cours d'eau intermittent / *Intermittent Watercourse*
- Cours d'eau permanent / *Permanent Watercourse*
- Plan d'eau / *Waterbody*

Autres milieux / *Other Environments*
- Anthropique / *Anthropogenic*
- Dénudé et semi-dénudé sec / *Bare and semi-bare dry*

Projet Windfall - Plan de compensation des milieux humides et hydriques /

Windfall Project - Wetland and Water Compensation Plan

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 4 / *Map 4*
Vue générale du site Certac /
General View of the Certac Site

Sources :
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
Inventaire écoforestier, MRNF, 2024
GRHQ, Réseau hydrique, 2021
Gold Fields, Orthophotographie du banc Bonterra, 2025
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
CanVec+, 1/250 000, RN Can, 2014
Mosaïque d'orthophotographie de l'inventaire écoforestier, MRNF, 2023

0 20 40 m
NAD 1983 MTM 9

2025-07-22

Préparation / Preparation : M. Ferland
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : F. Gagnon
CA0023271_9538_pc_mhh_cX_autres_250722.aprx
CA0023271_9538_pc_mhh_cX_110_compensation_250722

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

3.8 Possibles projets de compensation

Dans une volonté de réaliser une compensation adéquate et à l'ampleur des effets qu'engendra le Projet, GMW a identifié deux sites additionnels avec de fort potentiel de réhabilitation environnementale, soient les sites du banc d'emprunt BNE59428 (Projet 5) et du chemin d'accès Osborne (Projet 6).

À la lumière de l'analyse des données recueillies et des commentaires reçues par le MELCCFP ou le COMEX, GMW sera en position de statuer à savoir lequel des deux sites (Projet 5 et le Projet 6) représentera la meilleure option de compensation, le tout basé sur une série de facteurs tels que l'évaluation du potentiel de réussite des travaux de réhabilitation.

3.8.1 Projet 5 – Banc d'emprunt BNE59428

Le projet 5 consiste en la restauration du banc d'emprunt (BNE59428). Le site est localisé dans la région administrative du Nord-du-Québec sur des terres de catégorie III du territoire d'Eeyou Istchee Baie James, rattaché aux terres assignées aux membres de la PNCW, plus spécifiquement sur l'aire de trappage W25B. Le banc d'emprunt se situe à un peu moins de 5 km au sud du site Windfall. Il est traversé par une route forestière, le séparant en deux sections (voir carte 5). Le banc d'emprunt a une superficie totale de 1,5 ha.

Le banc d'emprunt est sous bail d'exploitation jusqu'au 31 mars 2028, donc aucune restauration ne sera possible d'ici la fin de sa période d'exploitation. L'entreprise détenant les droits à ce bail aura l'obligation légale de restaurer, c'est-à-dire de procéder au régalage et à l'ensemencement. GMW propose de prendre en charge cette restauration mais en effectuant plutôt des travaux supplémentaires pour recréer un milieu humide.

Une rencontre virtuelle avec le maître de trappe W25B a eu lieu le 8 mai 2025 afin de vérifier son utilisation actuelle ou future de ce banc d'emprunt. Ce dernier, accompagné de sa conjointe, a indiqué ne plus utiliser ce banc d'emprunt pour la pratique de leurs activités traditionnelles et ne plus utiliser les matériaux disponibles pour des travaux. Ils sont tous les deux favorable à l'idée de convertir ce banc d'emprunt en milieu humide.

De l'accumulation d'eau a été observée à deux endroits dans le banc d'emprunt à la suite d'une visite au terrain en 2025, soit des côtés ouest et est de la route (photos 19 et 20). La présence d'eau indique que ces secteurs pourraient être des emplacements intéressants pour la création de milieux humides lors de la restauration. Des espèces végétales de typiques des marais et des marécages pourraient y être implantées afin d'accélérer la reprise végétale du site. Les superficies des milieux à restaurer seraient d'environ 1,1 ha à l'est et 0,4 ha à l'ouest du chemin forestier.

Dans la mesure où ce projet est retenu, GMW effectuera une planification plus exhaustive des travaux et déterminera un calendrier de réalisation. Un programme de suivi serait aussi élaboré.

	
Photo 19 Secteur ouest du banc d'emprunt	**Photo 20** Secteur est du banc d'emprunt



Plan de compensation / *Compensation Plan*

- Zone d'aménagement de milieux humides / *Wetland management area*
- Zone d'aménagement de milieux terrestres / *Borrow pit management area*
- Localisation du site / *Site location*

Feux 2023 / *2023 Fires*

- Zone brûlée / *Burned area*

Projet Windfall - Plan de compensation des milieux humides et hydriques /

Windfall Project - Wetland and Water Compensation Plan

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 5 / *Map 5*
Aménagement de milieux humides au banc d'emprunt BNE 59428 / *Wetland Management at BNE 59428 Borrow Pit*

Sources :
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
WSP, Infrastructures version CAWL-301-G-0602-AU, 2025
Inventaire écoforestier, MRNF, 2024
GRHQ, Réseau hydrique, 2021
Gold Fields, Orthophotographie du banc Bonterra, 2025
Mosaïque d'orthophotographie de l'inventaire écoforestier, MRNF, 2023

0 10 20 m
NAD 1983 MTM 9

2025-07-20

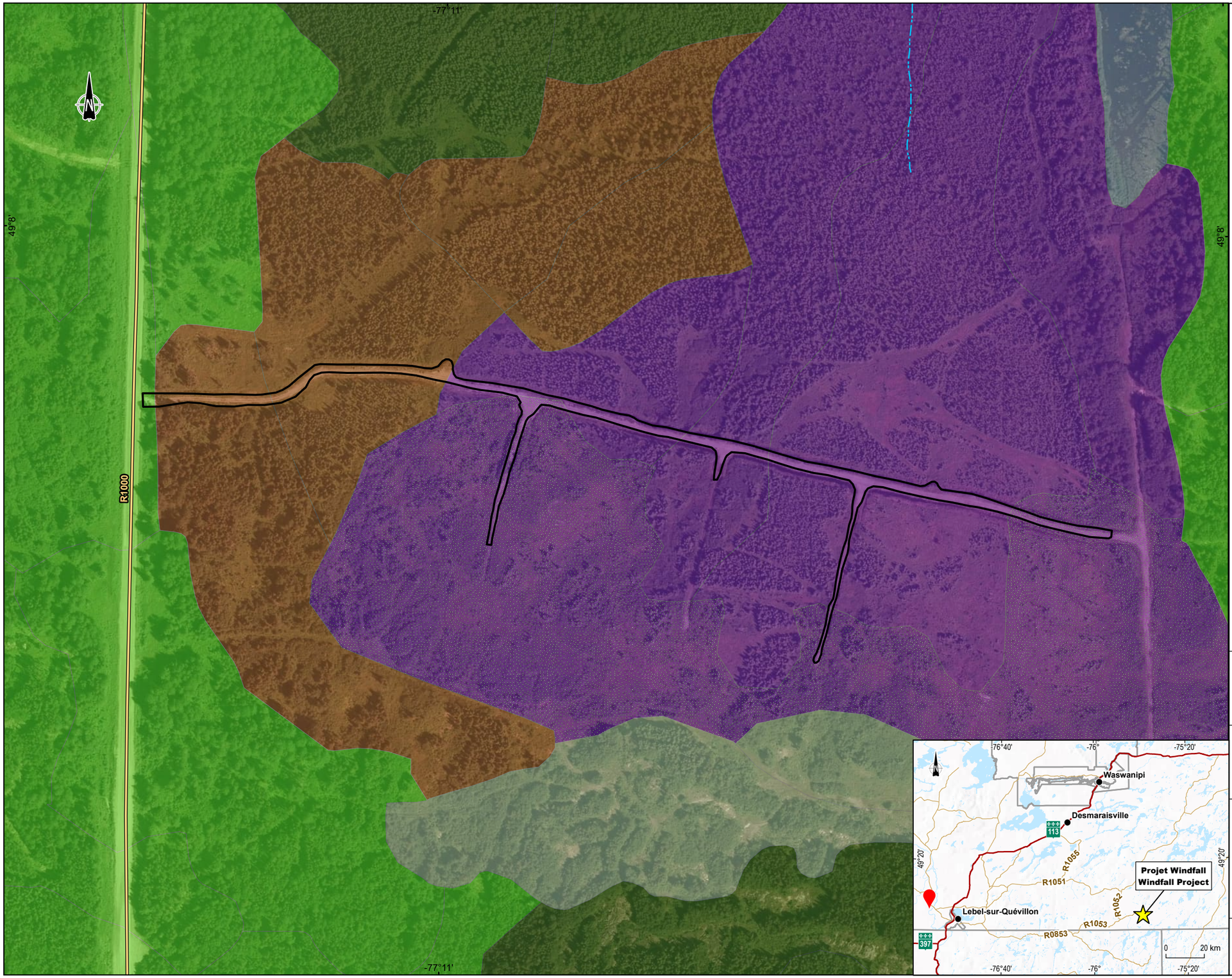
Préparation / Preparation : M. Ferland
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : F. Gagnon
CA0023271_9538_pc_mhh_cX_autres_250720.aprx
CA0023271_9538_pc_mhh_cX_110_compensation_250720

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

3.8.2 Projet 6 – Chemin d’accès Osborne-Bell

Le projet 6 consiste en la restauration du chemin d’accès au site d’exploration d’Osborne-Bell se trouvant à environ 17 km au nord-ouest de la ville de Lebel-sur-Quévillon. Le site est localisé dans la région administrative du Nord-du-Québec sur des terres de catégorie III du territoire d’Eeyou Istchee Baie James dans le nord du Québec. Il s’agit d’un ancien chemin d’exploration pour du forage, d’une longueur d’environ 800 m. Trois embranchements secondaires se connectant au chemin Osborne-Bell seraient aussi retirés afin d’en restaurer le milieu humide préalablement présent (carte 6).

Les travaux consisteraient principalement au retrait de la matière granulaire qui constitue le chemin d’accès actuel et le nivellement du sol afin de recréer l’aspect naturel du milieu. La superficie à restaurer est d’environ 7 500 m^2. Le volume de remblai à retirer est estimé à 2 850 m^3, sur la base des données obtenues. Des relevés supplémentaires seraient nécessaires pour identifier précisément les interventions requises pour accélérer la remise en état et la reprise d’une végétation typique des milieux humides environnants si ce projet était retenu. L’objectif visé serait de reconnecter les milieux humides et de complètement restaurer l’emprise de la route.



Plan de compensation / *Compensation Plan*

Emprise à restaurer / *Takeover to restore*

Localisation du site / *Site location*

Composantes de l'écosystème / *Ecosystem Components*

Milieux terrestres / *Terrestrial Environments*

- Mixte / *Mixed-wood*
- Résineux / *Softwood*
- Régénération / *Regeneration*

Milieux humides et hydriques / *Wetlands and Hydrous Environments*

- Marécage arborescent / *Treed swamp*
- Tourbière minérotrophe boisée / *Treed fen*
- Tourbière minérotrophe ouverte / *Open fen*
- Eau peu profonde / *Shallow water*
- Cours d'eau intermittent / *Intermittent Watercourse*

Réseau routier / *Road Network*

- Chemin forestier principal / *Main forestry road*

Projet Windfall - Plan de compensation des milieux humides et hydriques /

Windfall Project - Wetland and Water Compensation Plan

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 6 / *Map 6*
Osbone-Bell / *Osbone-Bell*

Sources :
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
Inventaire écoforestier, MRNF, 2024
GRHQ, Réseau hydrique, 2021
Gold Fields, Orthophotographie du banc Bonterra, 2025
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
CanVec+, 1/250 000, RN Can, 2014
Mosaïque d'orthophotographie de l'inventaire écoforestier, MRNF, 2023

0 30 60 m
NAD 1983 MTM 9

2025-07-20

Préparation / Preparation : M. Ferland
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : F. Gagnon
CA0023271_9538_pc_mhh_cX_autres_250720.aprx
CA0023271_9538_pc_mhh_cX_110_compensation_250720

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

4 Conclusion

Considérant le fort appui du milieu, GMW souhaite conserver le programme de biodiversité comme mesure principale de compensation pour les pertes de milieux humides et hydriques (Projet 1). Les projets de restauration des accès aux pylônes de la ligne électrique (Projet 2), aux sites abandonnés de Souart (Projet 3) et Certac (Projet 4), qui ont été effectués sans que des obligations n'y soient rattachées, sont aussi des initiatives à considérer comme des gains au bilan de compensation.

Les projets 5 et 6 sont deux options que GMW propose pour ses efforts de réhabilitation du milieu. Une seule sera retenue. À la lumière de l'analyse des données recueillies et des commentaires reçus par le MELCCFP ou le COMEX, GMW sera en position de statuer à savoir lequel des deux sites (Projet 5 et le Projet 6) représentera la meilleure option de compensation, le tout basé sur une série de facteurs tels que l'évaluation du potentiel de réussite des travaux de réhabilitation.

Le tableau 3 résume les gains issus des différentes activités de reboisement et activités de remise en état du site. Bien que le programme de biodiversité soit l'engagement le plus important auprès de la communauté et la mesure principale de compensation des milieux humides et hydriques, les gains réalisés par ce volet sont difficilement quantifiables. Ces gains ne doivent pas pour autant être négligés et doivent être considérés dans le bilan global du plan de compensation.

Tableau 4 Bilan des gains de milieux humides et hydriques

Projet	Gains (ha) (milieu humide)	Gains (ha) (milieu terrestre)
Projet principal		
Projet 1 – Programme de biodiversité	Non quantifiable	Non quantifiable
Projets réalisés		
Projet 2 – Reboisement des accès aux pylônes	2,20	11,44
Projet 3 – Nettoyage des débris sur le site Souart	0,52	0,35
Projet 4 – Site minier abandonné de Certac	N/A	2,00
Bilan	2,72	13,79
	16,51	
Options de compensation		
Projet 5 – Banc d'emprunt BNE59428	0,94	1,34
Projet 6 – Chemin d'accès Osborne-Bell	0,75	N/A
À la suite de l'évaluation des impacts de son projet et des relevés sur le site des deux possibles projets de compensation, GMW sélectionnera l'un des deux projets.		

Références bibliographiques

ATLAS DES OISEAUX NICHEURS DU QUÉBEC. (AONQ). 2021b. *Indices de nidification (explications).* Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune d'Environnement Canada et Études d'Oiseaux Canada. Québec, Canada. En ligne : [https://www.atlasoiseaux.qc.ca/explications_indices_fr.jsp].

BERGERON, E. ET MARTEL, M.-È. 2023. « Dix fois plus d'hectares ont brûlé au Canada en 2023 que sur toute une décennie ». *Le Devoir*, 6 juillet 2023. En ligne : https://www.ledevoir.com/environnement/794141/dix-fois-plus-d-hectares-ont-brule-au-canada-en-2023-que-sur-toute-une-decennie. Consulté le 12 septembre 2023.

BIBBY, C. J. et N. BURGESS. 1992. *Bird Census Techniques*. Academic Press, London. 257 p.

BLACKSMITH, V. (Mai 2025). *'Complete drainage' of lake cuts off Cree hunting territory near Waswanipi, Que.* CBC. Consulté en juin 2025. En ligne : https://www.cbc.ca/news/canada/north/lake-drainage-land-collapse-waswanipi-lake-rouge-lake-doda-1.7539994.

BLANCHETTE, P., S. DESJARDINS, M. Poirier, J. LEGRIS, P. LARUE. 2003. *Utilisation par le lièvre d'Amérique de peuplements traités par éclaircie précommerciale dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune et de la pessière à mousses*. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune. 63 p.

BLONDEL, J., C., FERRY et B. FROCHOT. 1981. *Point counts with unlimited distance*. In: Ralph C.J., Scott J.M. (eds.). Estimating numbers of terrestrial birds. Study in Avian Biology, 6: 414-420.

CHEVEAU, M., LAURIAN, C. et BLANCHETTE, P. 2021. *Guide d'aménagement de l'habitat du lièvre d'Amérique au Québec*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune, et Fondation de la faune du Québec, Québec. 60 p.

CUMMINS, K.W., Merritt R.W. et Berg., M.B. 2008. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 4e édition, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, USA. 1214 p.

CUSSON, M., M.-H. ST-LAURENT, J. Ferron et A. CARON, 2001. *Utilisation à court terme de trois types de forêt résiduelle par le lièvre d'Amérique (Lepus americanus) en forêt boréale*. Rimouski, Université du Québec à Rimouski pour le ministère des Ressources naturelles du Québec et la Société de la faune et des parcs du Québec, code diffusion 2001-3080. 81 p.

GODBOUT, G., M. POIRIER et R. LAFOND. 2001. Méthode de caractérisation du cycle d'abondance du lièvre à l'aide du dénombrement de crottins, à des fins de gestion des animaux à fourrure. Société de la faune et des parcs du Québec. Direction du développement de la faune et Direction de l'aménagement de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue. Québec. 50 p.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. 2025. *Sites contaminés sous la responsabilité de l'État*. En ligne : https://mern-dgig.maps.arcgis.com/apps/instant/interactivelegend/index.html?appid=54bdfb0c9c0f4953a953e4fa00e9055b&locale=fr.

JOLY, M., 1990. *Géologie de la région du lac aux Loutres et du lac Lacroix*. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, MB 90-42, 55 p.

LACHANCE, D., G. FORTIN et G. DUFOUR TREMBLAY. 2021. *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional – version décembre 2021*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction adjointe de la conservation des milieux humides, 70 p. + annexes. En ligne : https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rives/guide-identif-dellimit-milieux-humides.pdf.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2022. *Critères de qualité de l'eau de surface*. En ligne : https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp. Consulté en mars 2022.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (MRNF).1994. Le point d'observation écologique : normes techniques. En ligne : mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/inventaire/le-point-observation-ecologique-normes-tech-34.pdf.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DES FORÊTS (MRNF) 2025a. *GESTIM, le système de gestion des titres miniers*. Consulté en juin 2025. En ligne : https://mrnf.gouv.qc.ca/mines/titres-miniers/gestim-systeme-gestion-titres-miniers/#:~:text=Au%20Qu%C3%A9bec%2C%20la%20gestion%20des,r%C3%A9els%20et%20immobiliers%20du%20Qu%C3%A9bec.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DES FORÊTS (MRNF) 2025b. *Système d'information géominière du Québec, carte interactive*. Consulté en juin 2025. En ligne : http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1108_afchCarteIntr.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DES FORÊTS (MRNF) 2025c. *Carte interactive Forêt Ouverte*. Consultée en juin 2025. En ligne : https://www.foretouverte.gouv.qc.ca.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DES FORÊTS (MRNF) 2025d. *Carte et liste des sites miniers abandonnés sous la responsabilité réelle de l'État*. Consulté en juin 2025. En ligne : https://mrnf.gouv.qc.ca/mines/restauration-miniere/liste-des-sites-miniers-abandonnes/.

RALPH, C. J., J. R. SAUER et S. DROEGE. 1995. *Monitoring Bird Populations by Point Counts*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-149. Albany, CA: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 187 p.

SANEXEN SERVICES ENVIRONNEMENTAUX INC. 2018. *Projet mine de lithium Baie-James, évaluation des risques toxicologiques à la santé humaine.* Document présenté à Galaxy Lithium (Canada) Inc. 254 pages.

SANEXEN SERVICES ENVIRONNEMENTAUX INC. 2022. Projet Galaxy Lithium, Volet 1 — Établissement de l'état initial de la chair de castor - Préparation du protocole d'échantillonnage et d'analyse. Document présenté à WSP Canada. 13 pages.

SOCIÉTÉ DE PROTECTION DES FORÊTS CONTRE LE FEU (SOPFEU). 2023. *Accueil*. Consulté le 12 septembre 2023. En ligne : https://sopfeu.qc.ca/.

THORP, J.H. et A.P. Covich. 2010. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*, 3e édition, Elsevier Science, Amsterdam, Pays-Bas. 1 088 p.

WSP. 2023. Projet minier Windfall. Programme de biodiversité – Résumé des consultations. Territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Rapport produit pour Groupe Minier Windfall. Référence WSP : CA0004658.7070. 8 pages.

ANNEXE

A

REVUE DE LITTÉRATURE – EFFETS DES FEUX DE FORÊT SUR LES HABITATS FAUNIQUES

GROUPE MINIER WINDFALL

PROJET MINIER WINDFALL

REVUE DE LITTÉRATURE - EFFET DES FEUX DE FORÊTS SUR LES HABITATS FAUNIQUES

NOVEMBRE 2023
RÉFÉRENCE WSP : CA0004658.7070



GROUPE MINIER WINDFALL

PROJET MINIER WINDFALL

REVUE DE LITTÉRATURE - EFFET DES FEUX DE FORÊTS SUR LES HABITATS FAUNIQUES

RÉFÉRENCE WSP : CA0004658.7070

NOVEMBRE 2023

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

T : +1-418-780-9444
F : +1-418-780-9434

WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Émilie Deschênes Dénommé, M. Env.
Chargée de projet

16 novembre 2023
Date

RÉVISÉ PAR



Marie-Hélène Brisson, biologiste
Directrice de projet

16 novembre 2023
Date

LIMITATIONS

WSP Canada Inc. (« WSP ») a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire Groupe Minier Windfall, conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de terminer ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, comme indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

CLIENT

GROUPE MINIER WINDFALL

Vice-présidente, Environnement et Relations communautaires	Andréanne Boisvert, géographe, M.A.
Directrice Environnement	Vanessa Millette, géographe, M. Sc. Env.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Marie-Hélène Brisson, biologiste
Chargée de projet	Émilie Deschênes Dénommé, M. Env.
Traitement de texte et édition	Linette Poulin

RÉFÉRENCE À CITER

WSP. 2023. Projet Minier Windfall. Revue de littérature - Effet des feux de forêts sur les habitats fauniques. Rapport produit pour Groupe Minier Windfall. Référence WSP : CA0004658.7070. 35 pages et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction 1

1.1 Mise en contexte du projet 1

1.2 Situation des feux de forêt 1

1.3 Objectifs du mandat 2

2 Méthodologie 7

2.1 Paramètres généraux 7

2.2 Paramètres spécifiques 7

3 Résultats et discussions 9

3.1 Effets des feux de forêt sur le milieu physique 9

3.1.1 Sols 9

3.1.2 Hydrologie 12

3.1.3 Qualité de l'eau de surface 13

3.2 Effets des feux de forêt sur la végétation et les milieux humides 15

3.2.1 Perturbation de la végétation 15

3.2.2 Recolonisation et cycles de succession des espèces 17

3.3 Effets des feux de forêt sur la faune terrestre et les habitats 20

3.3.1 Effets généraux des feux de forêt sur la faune terrestre 20

3.3.2 Effets spécifiques des feux de forêt sur les espèces terrestres 22

3.4 Effets des feux de forêt sur la faune aquatique, le benthos et les habitats 26

3.4.1 Modification des habitats aquatiques 26

3.4.2 Benthos 27

3.4.3 Faune aquatique 27

4 Conclusion 29

Références bibliographiques 31

Carte

Carte 1-1 Indice de sévérité des feux de forêts 2023 5

1 Introduction

1.1 Mise en contexte du projet

En tant que société d'exploration minière et de mise en valeur de propriétés de ressources de métaux précieux, Groupe Minier Windfall (GMW) souhaite mettre en exploitation un complexe minier comprenant une mine souterraine, afin d'y extraire de l'or et de procéder à son traitement sur place.

Le projet minier Windfall (le Projet) est situé au nord du 49e parallèle dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur des terres de la catégorie III du territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Le site minier se trouve à environ 270 km de la ville de Val-d'Or et à 115 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon (carte 1) par la route, une région reconnue pour ses gisements d'or, de cuivre et de zinc.

Le Projet est soumis à la procédure provinciale d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement en vertu de l'article 153 du chapitre II de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE; L.R.Q., c. Q 2), qui documente les dispositions applicables à la région de la Baie-James et du Nord québécois, en lien avec la convention du même nom. Le Projet n'était pas assujetti à une évaluation environnementale fédérale sous la Loi sur l'évaluation d'impact (L.C., 2019, ch. 28, art. 1) en application du Règlement sur les activités concrètes (art. 18, alinéa c), puisque la production prévue de cette nouvelle mine d'or est de moins de 5 000 tonnes par jour (t/jour).

1.2 Situation des feux de forêt

En juillet 2023, la superficie de forêts affectée par les feux au Canada était plus de 10 fois supérieure à la moyenne d'hectares brûlés par décennie (Bergeron et Martel, 2023). Le Québec était à ce moment la province canadienne la plus touchée par les feux de forêt. Le mois de juin a été le plus aride des cent dernières années au Québec avec 49 mm de pluie (MELCCFP[1], 2023). Le site Windfall a été encore plus sec avec moins de 30 mm de pluie à la station météorologique du site, dont 20 mm dans les trois dernières journées du mois. Ces périodes de sécheresse hors du commun ont créé des conditions favorables au déclenchement de sévères feux de forêt. Dans le Nord-du-Québec, ce sont des millions d'hectares de forêt qui ont été ravagés par des feux au cours de l'été 2023.

Le territoire entourant la ville de Lebel-sur-Quévillon et la communauté crie de Waswanipi a été lourdement impacté par des feux de forêt d'envergure. Un feu à proximité de la limite *est* de la ville a été considéré hors de contrôle pendant plusieurs semaines, forçant l'évacuation des résidents à deux reprises, de même que de la communauté de Waswanipi incommodée par la fumée des feux. Au total, ce feu a affecté plus de 480 000 hectares (ha) de forêt (SOPFEU, 2023). Une importante proportion des milieux naturels et anthropiques aux abords du chemin forestier menant au Projet (chemin R1050 [R1000] jusqu'au kilomètre 12, chemin R0853 [R5000] jusqu'au kilomètre 66, puis chemin R1053 [R6000] jusqu'au kilomètre 112 - Windfall) a ainsi été perturbée. Plusieurs camps et lieux de villégiatures ont été ravagés par l'incendie, incluant environ 28 camps appartenant à des membres de la Première Nation des Cris de Waswanipi (PNCW) (communication personnelle, 2023).

[1] Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs.
Anciennement le ministère de l'Environnement du Québec (MENV), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).

Le Projet s'est également trouvé au cœur d'un feu de forêt d'une superficie totale de plus de 110 000 ha qui a démarré au nord du site le 1er juin 2023 (SOPFEU, 2023). En plus de provoquer l'arrêt des activités pendant plusieurs semaines, ce feu a significativement perturbé les milieux naturels sur l'ensemble de la portion ouest du site. Certains équipements du Projet ont été endommagés (toile de dôme, contenu dans des conteneurs, etc.), mais les principaux bâtiments servant aux travaux d'exploration avancée (échantillonnage en vrac) sont demeurés intacts (campement, carothèques, dômes d'entreposage, unité de traitement de l'eau, garage, etc.). Une diminution des sources d'approvisionnement d'eau souterraine (eau potable) a par ailleurs été observée au site. Un des puits d'eau potable utilisés a été complètement asséché.

L'élévation globale des températures, les variations du régime de précipitations, les plus longues périodes de sécheresse ainsi que la modification de la composition et de la répartition des espèces végétales qui caractérisent les changements climatiques sont notamment en cause de l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des feux de forêt. Dans ce contexte où les changements climatiques sont susceptibles d'influencer le régime des feux de forêt et de contribuer à la fréquence et à la sévérité des feux de forêt, il apparaît pertinent d'identifier les effets principaux de ceux-ci sur les milieux naturels dans l'objectif de faire progresser les connaissances sur le sujet et de mitiger les impacts lorsque possible.

1.3 Objectifs du mandat

Considérant la proportion importante de milieux naturels perturbés dans la zone d'étude locale du milieu biophysique du Projet (carte 1-1), ainsi que les risques d'augmentation de la fréquence et de l'ampleur des feux de forêt en raison des changements climatiques, GMW a mandaté WSP Canada Inc. (WSP) pour effectuer une revue de littérature sur les effets des feux de forêt sur les habitats fauniques terrestres et aquatiques.

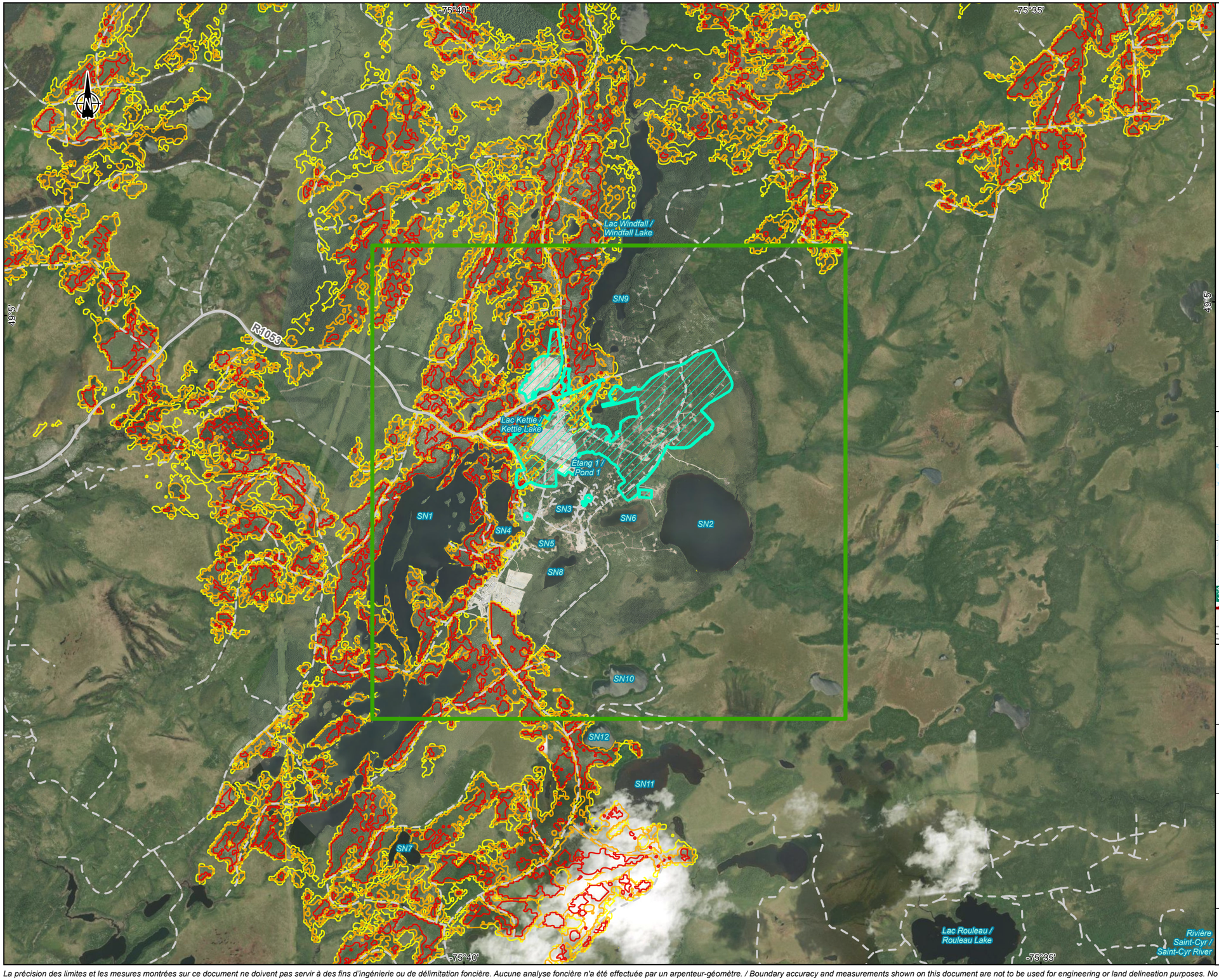
Les échanges qui ont eu lieu entre GMW et les utilisateurs du territoire/membres de la communauté crie durant la période active des feux de forêt ont mené au mandat de revue de la littérature sur les feux. Dans le but de fournir des réponses aux questions qui ont été adressées à l'équipe de GMW, il est ressorti qu'il était important de mieux comprendre les possibles impacts des feux et de les communiquer aux utilisateurs.

Cette revue de littérature s'inscrit comme premier volet du programme de biodiversité que GMW souhaite implanter. Le programme de biodiversité de GMW se veut un programme de compensation pour la perte qu'occasionnera le Projet sur le milieu naturel. En effet, selon l'empreinte du Projet, c'est 64,94 ha d'habitat en milieu terrestre qui sera perdu (64,29 ha d'empiètement permanent et 0,65 ha d'empiètement temporaire) et 48,16 ha en milieux humides et hydriques (47,20 ha d'empiètement permanent et 0,96 ha d'empiètement temporaire) à l'intérieur de la zone d'étude du Projet. À l'extérieur de la zone d'étude locale du milieu biophysique, l'aménagement de banc d'emprunt induira une perte de 19,96 ha de milieux terrestres. Bien que le Projet ne soit pas assujetti au Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques (L.R.Q., C. Q-2, r. 9.1) considérant qu'il se situe au nord du 49e parallèle, GMW tient à faire sa part en compensant par le biais de recherche pour l'acquisition de connaissances scientifiques, tout en proposant des moyens pour favoriser la reprise de la biodiversité. Ainsi, le programme de biodiversité a pour objectif, notamment, de mieux comprendre les effets des feux de forêt sur les habitats fauniques terrestres et aquatiques par le biais de cette revue de littérature et d'études environnementales complémentaires, mais aussi de voir comment il est possible de préserver ou de contribuer à la protection de la biodiversité.

La revue de littérature permettra de comprendre ce qui se passe pour la faune et les habitats quand survient un feu de forêt. Elle vise à documenter le processus et la vitesse de régénération de la végétation ainsi que le temps requis pour le retour de la faune, en fonction des espèces. Une meilleure compréhension des effets, tant sur le milieu physique que sur le milieu biologique, est ainsi attendue.

Les objectifs spécifiques de la revue de littérature sont les suivants :

- documenter l'effet des feux de forêt sur le milieu physique (sol et eau de surface);
- documenter l'effet des feux de forêt et de la modification du milieu physique sur la faune terrestre et aquatique, ainsi que sur les habitats.



Limite administrative / *Administrative boundary*

Zone d'étude du milieu biophysique / *Biophysical study area*

Zone d'étude régionale / *Regional study area*

Zone d'empiètement des infrastructures projetées / *Footprint of planned infrastructures*

Limite approximative des feux de 2023 / Approximate limit of the 2023 fires (SOPFEU, 2023)

Indice de sévérité des feux 2023 / *2023 Fires Severity Index*

Faible / *Low*

Moyenne-faible / *Moderate-low*

Modéré-élevé / *Moderate-high*

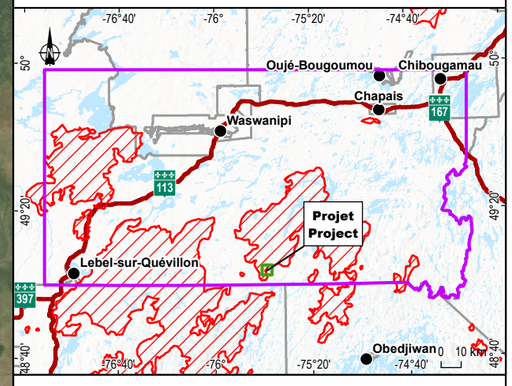
Élevé / *High*

Réseau routier / *Road Network*

Route principale / *Main road*

Chemin forestier principal / *Main forestry road*

Chemin forestier secondaire / *Secondary forestry path*



WINDFALL GROUPE MINIER

Projet minier Windfall - Addenda 1 - Réponses aux recommandations et commentaires du MELCCFP /
Windfall Mining Project - Addendum 1 - Responses to MELCCFP Recommendations and comments

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) / *Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)*

Carte 1-1 / *Map 1-1*
Indice de sévérité des feux de forêts 2023 / *2023 Fires Severity Index*

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
BNDT, 1/250 000, RNCan, 2007
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2019-01
SOPFEU, Carte interactive, Feux éteints, 2023
Osisko, Orthophotographie du site, résolution de 20 cm, 2022
ESRI, World Imagery, Résolution de 0,5 m, 2012-06

0 0,43 0,86 km
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-11-21

Préparation / Preparation : M.-H. Brisson
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : M.-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C1-1_254_SeveriteFeu_231121.aprx
CA0004658_7070_MAJ_C1-1_254_SeveriteFeu_231121

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

2 Méthodologie

2.1 Paramètres généraux

La présente revue de littérature couvre les articles scientifiques et la littérature publiés durant la période 1990-2023. La recherche inclut les documents publiés en anglais et en français.

La recherche est structurée par paliers et comporte les niveaux de mots-clés suivants :

- Termes génériques ;
- Termes spécifiques à chaque composante.

Chaque palier comporte une série de mots-clés séparée par le terme booléen « OU » et chacun de ces paliers est relié par le terme booléen « ET ». Les mots-clés du premier palier sont les mêmes pour toutes les composantes. Les requêtes en anglais sont présentées au tableau 2-1.

Tableau 2-1 Requête en anglais pour le premier palier de la revue de littérature

Catégorie	Requête
Termes génériques	(Forest Fire OR Wildfire OR Fire Regime OR Fire Adaptation)

2.2 Paramètres spécifiques

La revue de littérature pour les composantes spécifiques suit la méthodologie d'une revue systématique. Dans un premier temps, la requête en palier a été effectuée à l'aide des moteurs de recherche spécialisés. Ensuite, les résumés ont été révisés afin de ne sélectionner que les documents pertinents. Finalement, les documents ont été lus et synthétisés. Les mots-clés spécifiques qui s'ajoutent au premier niveau de la section 2.1 sont présentés au tableau 2-2.

Tableau 2-2 Requête en anglais pour le deuxième palier de la revue de littérature

Catégorie	Requête
Milieu physique	(Soil Quality OR Water Quality OR River Geomorphology OR Runoff OR Erosion OR Soil Sterilization)
Végétation et milieux humides	(Plant Disturbance OR Flora Disturbance OR Vegetation Destruction OR Species Competition OR Pioneer Species OR Native Species OR Vegetation Recovery OR Plant Recovery OR Resprouting OR Postfire Recruitment)
Faune terrestre et habitat	(Terrestrial Wildlife Habitat OR Terrestrial Fauna Habitat OR Terrestrial Wildlife* OR Terrestrial Fauna* OR Native Species OR Terrestrial Wildlife Diversity OR Terrestrial Fauna Diversity OR Terrestrial Wildlife Abundance OR Terrestrial Fauna Abundance OR Terrestrial Wildlife Movement)
Faune aquatique et habitat	(Aquatic Wildlife Habitat OR Aquatic Fauna Habitat OR Fish Habitat OR Fish* OR Aquatic Wildlife* OR Aquatic Fauna* OR Native Species OR Aquatic Wildlife Diversity OR Aquatic Fauna Diversity OR Fish Diversity OR Aquatic Wildlife Abundance OR Aquatic Fauna Abundance OR Fish Abundance OR Aquatic Wildlife Movement OR Aquatic Fauna Movement OR Fish Movement)

3 Résultats et discussions

3.1 Effets des feux de forêt sur le milieu physique

Les conditions du milieu biologique, de même que la biodiversité, sont étroitement liées aux composantes du milieu physique. Pour évaluer les effets de feux de forêt sur la végétation et la faune, il est ainsi nécessaire d'identifier les modifications du milieu physique qui sont générées par les feux.

3.1.1 Sols

3.1.1.1 Propriétés physiques

Les feux de forêt peuvent modifier les propriétés physiques des sols. L'ampleur des altérations est toutefois fonction de la stabilité inhérente des propriétés affectées ainsi que des températures auxquelles elles sont soumises. La structure du sol et sa perméabilité peuvent être altérées à des températures relativement basses, mais en fonction de sa minéralogie, la texture du sol est seulement susceptible d'être modifiée à des températures très élevées. Les principales propriétés physiques du sol pouvant être impactées par les feux de forêt sont la texture du sol, la structure et la porosité (Neary *et al*., 2005). La modification des propriétés physiques des sols peut accentuer les phénomènes de ruissellement de surface et d'érosion.

La texture du sol est caractérisée par un assemblage de constituants inorganiques qui se trouve dans la fraction minérale du sol. Elle est fonction, notamment, de la proportion de particules de sable (0,05 à 2 mm de diamètre), de silt (0,005 à 0,05 mm de diamètre) et d'argile (moins de 0,002 mm de diamètre). Les composantes inorganiques présentent un seuil de résistance élevé aux hautes températures et sont généralement peu affectées par les feux de forêt. L'argile peut toutefois se modifier lorsque la surface du sol minéral est soumise à des températures élevées (400 °C), ce qui peut conduire à un affaissement de la structure du sol. Il est à noter que lors d'un feu de forêt d'intensité élevée, les températures peuvent atteindre plus de 500 °C (Neary *et al*., 2005).

La structure du sol est relative à la disposition des particules primaires en agrégats selon différents arrangements. L'humus joue un rôle central dans la structure du sol en agissant comme complexe liant avec les particules minérales pour former des agrégats. La structure du sol a pour principales fonctions de faciliter l'infiltration et la percolation de l'eau dans le profil du sol, ce qui limite le ruissellement de surface et l'érosion. L'agencement de la matière organique et des particules minérales contribue à la capacité d'adsorption de cations et à la capacité de rétention des nutriments dans le sol (Neary *et al*., 2005).

Les feux de forêt peuvent significativement affecter la structure du sol. Considérant que la matière organique se concentre près de la surface, elle est grandement exposée à la chaleur produite lors de la combustion des parties aériennes de la végétation. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des feux de forêt peut conduire à la réduction de la matière organique dans le sol et à l'exposition du sol minéral.

La transformation de la matière organique par le feu s'accompagne, d'autre part, d'une diminution de l'épaisseur de la couche de terre arable ainsi que d'une modification des réserves de nutriments et de la structure de cette couche.

Selon une étude réalisée en Russie (Krasnoshchekov *et al.*, 2013), la structure de la couche de terre arable sous le couvert d'une forêt de pins non perturbée est composée de débris de végétaux (70 %), d'aiguilles (5,4 %), de feuilles (0,3 %), d'herbes (3,6 %) et de fractions grossières (branches, écorces) (20,7 %). En contrepartie, il a été observé que la couche de terre arable dans une forêt de pins affectée par un feu présentait une plus grande proportion d'aiguilles (20 %) et les fractions grossières étaient largement dominantes (40 %). Des feuilles (0,4 %) et de l'herbe (2,5 %) étaient toujours présentes, alors qu'une proportion de charbon (4,5 %) et de poussières (32,6 %) s'ajoutait à la composition de cette couche de sol.

La valeur seuil de modification de la matière organique se situe à des températures plutôt basses. Des températures entre 50 et 60 °C entraînent la destruction d'une part importante des microorganismes du sol, ce qui réduit la quantité et la taille des espaces interstitiels dans le sol (DeBano, 1990). La diminution de ces espaces interstitiels abaisse les taux d'infiltration et de percolation de l'eau dans le profil de sol. À des températures de plus de 200 °C, la matière organique est distillée alors qu'à plus de 350 °C, elle est carbonisée. La combustion de la matière organique peut aussi conduire à un état de sol hydrofuge du fait de la compaction du sol, accentuant la diminution de l'infiltration. En déplaçant les particules de sol en surface et la cendre accumulée, les pluies abondantes contribuent aussi à l'obstruction des pores du sol et à sa compaction. Le ruissellement de surface peut s'en trouver augmenté, accentuant ainsi l'érosion de surface (Neary *et al*., 2005; Jager *et al*., 2021).

L'accumulation de cendre modifie également les propriétés physiques du sol. Les résultats des études sur le sujet divergent toutefois. Comme mentionné aux paragraphes précédents, l'incorporation de cendres peut obstruer les pores du sol et réduire le taux d'infiltration et la percolation (Neary *et al*., 2005; Bodi et *al*., 2012). En contrepartie, une étude conclut que l'addition de cendres dans le sol peut aussi augmenter la rétention de l'eau en favorisant une homogénéisation sur une certaine portion du paysage (Ebel *et al*., 2012). Il a aussi été démontré qu'une couche de cendre de plus de 5 mm d'épaisseur pouvait réduire l'imperméabilité du sol en augmentant la pression hydraulique et le contact entre l'eau et le sol. Le phénomène de ruissellement peut donc soit être accentué ou réduit par l'effet d'accumulation de la cendre, en fonction de l'épaisseur de la couche, du type de sol et des conditions météorologiques (Neary *et al*., 2005).

En plus d'induire des effets sur la perméabilité du sol, les feux de forêt augmentent la proportion de sols dénudés et diminuent le couvert de la canopée, ce qui laisse les sols davantage exposés aux intempéries (Moody et *al*., 2013). Ces facteurs combinés contribuent également à l'augmentation du ruissellement de surface et de l'érosion.

L'amplitude des modifications des propriétés physiques du sol est fonction de plusieurs facteurs, incluant le seuil de température des propriétés du sol et l'intensité des feux de forêt.

3.1.1.2 Propriétés chimiques et biologiques

Propriétés chimiques

La modification des propriétés chimiques du sol est grandement fonction de l'intensité des feux de forêt et de la température atteinte. Les feux de faible intensité affectent majoritairement la partie aérienne de la végétation et exercent une influence minime sur les propriétés chimiques des sols. Ils peuvent néanmoins provoquer une légère augmentation du pH, des nutriments et de certains métaux lourds (Khanna *et al.,* 1994; Marozas *et al*., 2013). Les feux de forêt d'intensité modérée ou élevée ont pour leur part des conséquences plus marquées sur la composition chimique du sol. Ils sont plus susceptibles d'affecter les composantes inorganiques du sol à une température de plus de 500 °C (Khanna *et al.,* 1994).

Ils peuvent augmenter le pH, augmenter ou diminuer les réserves et spéciations des nutriments et augmenter significativement la concentration de métaux lourds dans le sol (Mackenzie *et al.*, 2004; Certini, 2005).

Les modifications chimiques engendrées par les feux de forêt dépendent, notamment, de la quantité totale de combustible brûlé, du type de combustible et du degré de combustion. Le degré de combustion de la matière organique influence les réserves de nutriments qui pourront soit se volatiliser ou être transformés dans une forme hautement profitable pour les microorganismes et la végétation. L'azote (N) est l'un des nutriments les plus affectés par le feu. Il se volatilise à des températures relativement basses. (Neary *et al*., 2005). Plusieurs études ont toutefois démontré une augmentation des concentrations d'azote (N) à moyen terme, de quatre à cinq ans après le feu (Marozas *et al*., 2013; Krasnoshchekov et *al.*, 2013).

Une haute combustion (450 °C) peut aussi fortement réduire les concentrations de carbone organique dans les cendres et augmenter la portion minérale. La fraction minérale restante est susceptible de présenter un pH élevé en solution. L'incorporation des cendres dans le sol peut ainsi temporairement augmenter le pH et modifier la concentration de nutriments (Bodi *et al.,* 2014). L'augmentation du pH est souvent plus marquée immédiatement après un feu d'intensité élevée, lorsqu'une combustion complète est réalisée et que les cendres sont fortement basiques (oxydes, hydroxydes et carbonates de potassium [K], calcium [Ca] et magnésium [Mg]) (Mitic *et al.,* 2015). Le pH peut cependant diminuer après les premières précipitations en raison de l'effet de dissolution et de lessivage. Il est à noter que les métaux sont plus solubles dans un environnement acide, avec des valeurs de pH basses.

Des études ont noté une augmentation significative de calcium (Ca), de magnésium (Mg) et de potassium (K), ainsi qu'une faible hausse de sodium (Na), d'aluminium (Al), de fer (Fe), de manganèse (Mn), de zinc (Zn) et de silicium (Si) après la déposition d'une couche de cendre au sol (Andreu *et al.,* 1996; Pereira *et al.,* 2013; Khanna *et al.,* 1994). En contrepartie, les cendres entraînées par le vent et le ruissellement peuvent induire une réduction des nutriments totaux dans l'écosystème (Raison *et al.,* 2009).

Selon une étude réalisée en Lithuanie dans des peuplements de pins sylvestres (*pinus sylvestris*), des feux de surface de faible intensité n'ont démontré qu'une légère augmentation du pH et de l'azote (N) dans la matière organique, ainsi que de l'oxyde de potassium (K_2O) et de certains métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Mn, Zn et Fe) dans la portion minérale (Marozas *et al*., 2013). Au cours de la première année suivant le feu, la concentration d'azote (N) dans la matière organique était plus faible au site brûlé qu'à l'emplacement de référence (non perturbé). Quatre ans plus tard, la concentration d'azote (N) au site affecté par le feu était toutefois plus élevée qu'au point de référence et excédait les concentrations de l'état initial (avant le feu). En concordance avec ces résultats, le ratio C/N était plus élevé la première année et plus faible quatre ans après le feu. La concentration d'oxyde de potassium (K_2O) était pour sa part légèrement plus élevée après le feu, tant à l'année 1 qu'à l'année 4. Une augmentation de la concentration de certains métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Mn, ZN et Fe) a été également observée dans la portion minérale de terre arable (0-5 cm) après le feu. Selon Marozas *et al*. (2013), la modification des propriétés chimiques du sol était toutefois peu significative.

Une autre étude réalisée dans une forêt de pins en Russie, au sud-ouest de la région Baikal, a démontré une augmentation de la concentration d'azote (N) et de métaux lourds (Fe, Al, Ca, Mg et Mn) dans le sol cinq ans après un feu de forêt d'intensité modérée. En contrepartie, les réserves de phosphore (P) et de potassium (K) avaient diminué (Krasnoshchekov et *al.*, 2013).

Plus récemment, Popovych et Gapalo (2021) ont effectué une étude sur la concentration de métaux lourds dans les sols suivant des feux dans des forêts de pins sylvestres (*pinus sylvestris*) et dans des prairies en Ukraine. Dans les quatre zones échantillonnées, les plus hautes concentrations de métaux lourds de formes mobiles étaient pour le nickel (Ni), le manganèse (Mn), le cobalt (Co), le cadmium (Cd) et l'arsenic (As). Ces hautes concentrations de métaux lourds se trouvaient dans les couches supérieures du sol.

Finalement, selon des recherches effectuées par Mitic *et al.* (2015) sur les effets des feux de forêt sur le sol et la concentration de métaux dans les plantes en Serbie, la majorité des échantillons de sols prélevés démontrait une augmentation des métaux dans le sol, sauf pour le cadmium (Cd).

Propriétés biologiques

L'effet des feux de forêt sur les microorganismes du sol dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'intensité du feu, des caractéristiques initiales du site et de la composition des communautés avant le feu (Neary et *al.*, 2005). Considérant que la survie des microorganismes dépend directement de la composition et des systèmes du sol, l'un des aspects les plus déterminants est l'exposition à la chaleur (intensité et profondeur) de la portion organique qui modifie les propriétés physiques et chimiques du sol. Les feux de forêt peuvent induire des changements sur les populations microbiennes du sol en raison de la modification de la teneur en eau du sol et de l'augmentation de nutriments provenant de la combustion de la couche organique (Neary *et al*., 1999). La récupération et la recolonisation des microorganismes après un feu de forêt peuvent d'autre part varier en fonction de la qualité et de la quantité du substrat ainsi que du recrutement dans les écosystèmes environnants. Dans le cas de perturbations sévères, le recrutement de la flore et de la faune du sol à partir des écosystèmes voisins est généralement essentiel au rétablissement des communautés de microorganismes. Finalement, il convient de noter que la biomasse microbienne est aussi influencée par les saisons, alors que des quantités plus importantes sont observées au printemps. Les suivis des communautés microbiennes du sol après un feu de forêt doivent donc considérer ce facteur (Mabuhay *et al*., 2006).

Selon une étude de Mabuhay *et al*. (2006) effectuée au Japon, l'activité microbienne était plus élevée cinq mois après un feu de forêt. L'activité était toutefois plus faible dans les années ultérieures. Une des conclusions de l'étude était que 11 ans après le feu, la biomasse microbienne du sol était loin d'être retournée à des niveaux similaires aux conditions initiales.

3.1.2 Hydrologie

Les feux de forêt peuvent entraîner des modifications hydrologiques de l'approvisionnement en eau, notamment en raison de la mise à nu des sols, de l'imperméabilisation des sols et de la diminution de la canopée (interception de la pluie) qui affectent le ruissellement de surface (Bodí *et al.*, 2014; Ebel *et al.,* 2022). Conséquemment, l'augmentation du ruissellement élève le risque de crues soudaines en fonction des conditions météorologiques (Conedera *et al.,* 2003; Ebel *et al.,* 2022). Plus largement, les feux de forêt peuvent affecter les rendements annuels de l'eau, les débits moyens et de crues de même que les évènements d'inondation (Neary *et al*., 2001).

Le principal effet des feux de forêt sur l'hydrologie est l'augmentation marquée des débits de crues qui peuvent être jusqu'à 100 fois plus élevés que les débits de crues préalablement enregistrés. L'ampleur de l'augmentation des débits de crues est fonction de la sévérité des feux de forêt, des superficies affectées et de la taille des bassins versants. La hausse des débits de crues peut significativement affecter les conditions physiques des cours d'eau en augmentant l'érosion des berges (Neary *et al*., 2001).

À plus long terme, les effets des feux de forêt sur l'hydrologie dépendent de l'intensité des précipitations qui peuvent induire une affluence de débris dans les rivières, notamment des débris de bois et des sédiments, particulièrement dans les secteurs qui présentent des pentes abruptes (Jager *et al.,* 2021).

Les apports de matériaux larges comme les débris de bois peuvent par ailleurs créer des bassins en aval qui contribuent à la déposition des sédiments, formant ainsi des plaines d'inondation et des terrasses (Benda *et al*., 2004). À plus long terme, ces modifications hydrogéomorphologiques peuvent ralentir les débits moyens et créer des refuges pour la faune aquatique (Jager *et al*., 2021).

La vitesse de régénération de la végétation influence la récupération des conditions hydrologiques en induisant un retour à la normale des taux d'infiltration, des débits moyens et de débits de crues (Kunze et Stednick, 2006; Heath et al., 2014; Nolan et al., 2015; Ebel et al., 2022).

3.1.3 Qualité de l'eau de surface

La qualité de l'eau de surface des plans d'eau et cours d'eau peut être significativement altérée par les feux de forêt. Les effets les plus immédiats sont l'augmentation de la température de l'eau et des apports de sédiments et cendres, ainsi qu'une modification des paramètres physicochimiques de l'eau de surface (Jager *et al.,* 2021). L'importance des effets sur la qualité de l'eau est également fonction de la sévérité des feux de forêt, mais pas nécessairement de l'intensité. La sévérité fait référence à la quantité ou superficie de végétation brûlée, alors que l'intensité réfère plutôt à la température atteinte. Ainsi, les feux plus sévères consomment davantage de combustibles, libérant davantage de nutriments et dénudant de plus grandes superficies de sol sujet à l'érosion (Neary *et al*., 2005).

3.1.3.1 Augmentation de la température de l'eau

Lors de feux de forêt sévères, la température des petits cours d'eau et plans d'eau peut s'élever rapidement. Dans certains cas, la fumée peut toutefois modérer l'augmentation de la température, en réduisant le rayonnement solaire. Selon certaines études, l'augmentation de la température dans les plans d'eau des secteurs affectés par les feux peut se maintenir durant plusieurs années en raison de la diminution de la végétation riveraine et du couvert de la canopée (Dunham et al., 2007; Schultz et al., 2017).

3.1.3.2 Augmentation des débris, des matières en suspension et de la turbidité

Un des effets presque immédiats des feux de forêt est la déposition de cendres et de débris dans les eaux de surface. De grandes quantités de cendres et de particules peuvent être transportées dans les cours d'eau et se déposer dans les zones d'eau plus stagnante en aval (Jager *et al*., 2021). Les évènements de fortes précipitations peuvent ultérieurement accélérer le phénomène d'érosion des sols dénudés par le feu et ainsi augmenter la quantité de matières en suspension (MES) dans les cours d'eau, de même que la turbidité (Moody *et al.,* 2013). Une étude effectuée dans l'état du Nouveau-Mexique aux États-Unis suivant un feu de forêt de 63 400 ha d'intensité modérée à sévère a par ailleurs démontré que des inondations subséquentes ont provoqué des montées importantes de turbidité (jusqu'à 2500 NTU) (Dahm et *al.*, 2015).

3.1.3.3 Modification des paramètres chimiques de l'eau de surface

Comme mentionné à la section 3.1.1. Les feux de forêt peuvent augmenter les concentrations de métaux et nutriments dans le sol (Jager *et al*., 2021; Ebel *et al.*, 2022). Le ruissellement de surface amplifié transporte des métaux et des nutriments vers les cours d'eau et plans d'eau. Les cendres déposées et les particules de sols détachées par l'érosion contribuent d'autre part à la hausse des métaux et des nutriments dans l'eau de surface. La sévérité des feux de forêt conditionne en partie la charge de métaux dissous et totaux dans les cours d'eau.
Les feux de forêt sévères détruisent une très grande proportion de la végétation et de la matière organique, accentuant les phénomènes d'érosion et de ruissellement, en plus de diminuer l'immobilisation des métaux dans le sol et l'assimilation par les plantes. Le retour de la végétation suivant un feu de forêt influence ainsi le temps de récupération de la chimie des eaux de surface. Les concentrations de contaminants peuvent diminuer avec la reprise des végétaux qui réduisent l'érosion et immobilisent les métaux et nutriments dans les sols (Jager *et al*., 2021).

Le mercure (Hg) fait partie de la liste des métaux pouvant présenter une augmentation de concentration dans les cours d'eau et plans d'eau après un feu de forêt. La présence de mercure dans l'habitat du poisson est une source de préoccupation puisque sous sa forme méthylée, le méthylmercure (MeHg) se bioaccumule dans la chair du poisson et pose un risque de consommation pour les utilisateurs du territoire. Considérant que les forêts sont un important puits de séquestration du Hg, les feux peuvent libérer du mercure par volatilisation ou par ruissellement. Bien qu'une proportion significative du Hg se volatilise dans l'atmosphère, les cendres en contiennent souvent d'importantes quantités qui pourront se retrouver dans les cours d'eau, par ruissellement de surface ou par l'érosion éolienne (Li et *al.*, 2022). Selon une étude effectuée dans un lac en aval du réseau hydrologique lors d'un feu de forêt dans la province d'Alberta au Canada, une augmentation de la bioaccumulation de MeHg a été observée dans l'écosystème aquatique (Kelly *et al*., 2006). Les auteurs soutiennent que les résultats de l'étude démontrent que la cendre générée par des feux de forêt de faible intensité peut avoir des effets importants sur le cycle du mercure dans l'environnement aquatique.

Les études examinant l'influence des feux de forêt sur le pH de l'eau présentent des conclusions divergentes. Sur certains sites, une hausse du pH a été constatée alors que sur d'autres, c'est plutôt une diminution du pH qui est enregistrée. La hausse du pH, qui concorde avec les propriétés basiques de la cendre, est toutefois plus souvent répertoriée (Dahm *et al*., 2015). Dans le cas des recherches effectuées par Dahm *et al.* (2015), une baisse du pH a été observée suivant des évènements de crues après le feu de forêt de Las Conchas au Nouveau-Mexique. Selon les chercheurs, la baisse du pH peut s'expliquer par des périodes de turbidité très élevées où des quantités importantes de carbone noir étaient présentes dans le cours d'eau, provoquant une réaction biochimique en chaîne.

Les feux de forêt peuvent également conduire à une augmentation de carbone organique dissous (COD) dans les cours d'eau et les plans d'eau en raison de l'apport supplémentaire de MES et de la réaction de réduction de la couche détritique. Des recherches dans le sud-est des États-Unis ont permis d'observer que l'augmentation de COD à la suite d'un feu de forêt était plus marquée après un évènement de fortes précipitations (Zang, 2017). L'étude de Dham (2015) réalisée au Nouveau-Mexique a par ailleurs démontré que des évènements d'inondation peuvent conduire à une baisse importante de l'oxygène dissous dans l'eau de surface. Cette baisse d'oxygène dissous peut être associée à une plus grande demande chimique ou biologique. Les cendres se retrouvant dans l'eau peuvent contenir, notamment, des sulfures et des métaux réduits qui réagissent avec l'oxygène dissous, augmentant ainsi la demande chimique en oxygène. D'autre part, des quantités significatives de matières organiques partiellement oxydées par les feux de forêt peuvent se retrouver dans les cours d'eau et plan d'eau. La décomposition aérobie du COD par les microorganismes peut engendrer de fortes baisses d'oxygène dissous (Dahm *et al*., 2015).

Selon une étude examinant les effets des feux de forêt sur 121 sites à travers le monde (Hampton *et al.*, 2022), une augmentation des concentrations de carbone (C), d'azote (N) et de phosphore (P) dans les cours d'eau a été constatée pour la majorité des sites. Pour 90 % des sites, les suivis ont été réalisés sur une période de 5 ans ou moins. Les résultats de cette méta-analyse ont par ailleurs démontré que le feu est susceptible d'altérer les spéciations de l'azote (N) et du phosphore (P) en augmentant en moyenne de 40 à 60 % la proportion de N et P en forme inorganique soluble. Les ratios C:N et C:P ont pour leur part diminué de 60 à 70 %. Une corrélation entre les périodes de crues et l'augmentation du phosphore (P) dans les cours d'eau après des feux de forêt a aussi été observée. La plupart des sites étudiés ont d'autre part répertorié une augmentation des concentrations de nitrates (NO_3^-), d'ammonium (NH_4^+), de phosphate (PO_4^{3-}), de carbone organique dissous (COD) et de MES. Selon Hampton *et al.* (2022), il est difficile d'évaluer le temps de récupération de la qualité de l'eau suivant un feu de forêt puisque la majorité des études sont effectuées sur de courtes périodes.

Une étude sur les plaines côtières du sud-est des États-Unis a aussi démontré une prolifération d'algues dans les plans d'eau suivant des feux de forêt (Zang, 2017). Cette prolifération d'algues, qui est généralement de courte durée, découle de la transformation des nutriments organiques par la chaleur vers des formes inorganiques disponibles pour la végétation. Une recherche effectuée dans les Rocheuses canadiennes a démontré des résultats concordant avec ces conclusions (Emelko *et al*., 2016). La modification des spéciations de phosphore (P) vers des formes plus biodisponibles avec une diminution des ratios N:P suivant un feu de forêt a eu pour effet de faciliter la prolifération d'algues dans les cours d'eau.

En fonction de la sévérité des feux de forêt, des études ont démontré que la qualité de l'eau pouvait se rétablir entre 1 et 3 ans après le feu ou, dans d'autres cas, perdurer pendant plus de 10 ans (Rust *et al*., 2018; Rust *et al*., 2019). Selon Rust *et al.* (2018), les charges d'azote (N) dissous et de phosphore (P) dissous sont demeurées élevées pour au moins 5 ans après environ 30 % des feux de forêt étudiés dans l'ouest des États-Unis. Des altérations à long terme de la qualité de l'eau ont été rapportées lorsque la sévérité des feux était très élevée, lorsque la proportion de matière organique dans les sols était élevée avant les feux et que la végétation a pris du temps à se remettre.

3.2 Effets des feux de forêt sur la végétation et les milieux humides

3.2.1 Perturbation de la végétation

L'impact des feux de forêt sur la végétation et les milieux humides dépend, comme pour les sols (section 3.1.1), de la sévérité et de l'intensité des feux. D'un côté, la sévérité des feux de forêt influence la superficie du couvert végétal qui sera affecté. L'intensité a pour sa part des effets sur les propriétés chimiques des sols et sur l'absorption et l'adsorption de métaux et nutriments par les plantes.

3.2.1.1 Pérennité des espèces, abondance et diversité

Les feux de surface, qui sont généralement de faible intensité, affectent principalement l'assemblage des espèces végétales au sol. Ils peuvent favoriser le développement d'une flore herbacée et augmenter la concentration de nutriments disponibles dans le sol à court terme (Jayen *et al.*, 2006).

Selon l'étude de Marozas *et al.* (2013) dans des peuplements de pins sylvestres (*pinus sylvestris*) en Lituanie, le nombre moyen d'espèces par mètre carré a diminué significativement au cours de la première année suivant un feu de forêt de surface de faible sévérité. En contrepartie, le nombre moyen d'espèces a augmenté au cours des années subséquentes pour atteindre un niveau plus élevé que le site de référence (non affecté) à la quatrième année suivant le feu.

Les feux de terre qui atteignent la couche de terre arable sont pour leur part considérés comme un des facteurs les plus destructeurs de la dynamique des forêts de pins. Ce type de feu, qui affecte le sol plus en profondeur, peut provoquer un dessèchement des arbres et altérer leur capacité vitale, en fonction de l'ampleur des dommages causés. Selon une étude réalisée en Russie, la capacité vitale des arbres peut être affaiblie au niveau de la croissance et du développement jusqu'à 5 ans après un feu (Krasnoshchekov *et al.,* 2013). Les conclusions de cette recherche ont permis de constater que la couronne des arbres de petites et moyennes tailles était toujours endommagée après 5 ans. Le meilleur indicateur de la capacité vitale des arbres demeure toutefois fonction de leur croissance. Selon les anneaux de croissance des arbres de petites et moyennes tailles étudiés, leur capacité vitale était nettement inférieure aux arbres se trouvant dans les zones non perturbées (Krasnoshchekov *et al.,* 2013).

Miller *et al.* (2018) ont quant à eux étudié l'impact des feux sur les communautés de lichens dans les forêts de conifères en Californie, aux États-Unis. Les résultats de leurs recherches démontrent que l'abondance et la diversité de lichens sont significativement affectées par des feux de sévérité modérée et élevée. Quinze (15) ans après le feu, le lichen avait très peu recolonisé les sites où le substrat avait brûlé. En contrepartie, les feux de faible sévérité sont peu susceptibles d'avoir des effets notables sur les communautés de lichens.

Les feux de forêt de faible sévérité peuvent entraîner la réduction de la densité d'arbres. Ce phénomène est fréquemment observé dans les forêts d'épinettes noires de l'est de l'Amérique du Nord. Dans cette région, les feux de forêt se répétant à courts intervalles peuvent limiter la disponibilité des graines et favoriser les transitions de forêt à canopée fermée vers des forêts ouvertes (Baltzer *et al.*, 2021; Jager *et al.*, 2021). La réduction de la densité des peuplements peut toutefois être favorable à un accroissement de la diversité des lichens (Miller *et al*., 2018).

3.2.1.2 Absorption et adsorption de métaux et nutriments par les plantes

Comme abordé à la section 3.1.1, les feux de forêt, particulièrement ceux d'intensité élevée, sont susceptibles d'altérer les propriétés chimiques du sol. Les principaux effets sont l'augmentation de la concentration des métaux lourds dans le sol, ainsi que la modification des réserves et des formes de nutriments.

Les métaux présents dans le sol peuvent être absorbés ou adsorbés par les plantes. Les résultats d'une étude en Serbie (Mitic *et al.,* 2015) ont notamment démontré une plus grande concentration de métaux dans les plantes suivant un feu de forêt en comparaison des sites non exposés. Le feu est susceptible de causer une légère augmentation de la biodisponibilité des métaux pour les plantes du fait des réactions biotiques et abiotiques d'oxydoréduction qui sont engendrées. Ces réactions contrôlent l'état d'oxydation des éléments et donc leur mobilité.

Certains métaux qui interviennent dans des réactions d'oxydoréduction sont nécessaires à la croissance et à la reproduction des plantes. Ils participent à plusieurs processus biologiques, y compris aux réactions de respiration et de photosynthèse. Le cuivre et le zinc sont notamment des micronutriments importants pour les plantes lorsqu'ils sont présents en faibles quantités dans les sols (Mitic *et al.,* 2015). Les hautes concentrations de métaux sont toutefois toxiques pour les végétaux ainsi que pour les utilisateurs du territoire, qui peuvent consommer certaines parties des plantes contaminées.

Des nutriments essentiels pour la croissance des végétaux, comme l'azote (N) et le phosphore (P), peuvent par ailleurs être transformés en forme plus facilement assimilable pour les plantes quand les feux de forêt ont pour effet d'augmenter le pH d'un sol antérieurement plus acide. Cette modification du pH et de la disponibilité des nutriments qui accroit la fertilité du sol peut ainsi favoriser la croissance des plantes (Mitic *et al.,* 2015).

3.2.2 Recolonisation et cycles de succession des espèces

3.2.2.1 Mécanismes de recolonisation

Après un feu de forêt, différents mécanismes interviennent pour engendrer la recolonisation d'un site par les espèces végétales les plus résilientes. Les deux principaux sont la reprise des tissus survivants et le recrutement de semis. La reprise des tissus est caractérisée par la faculté de la plante de produire de nouvelles pousses à partir de bourgeons dormants, et ce, même après l'entière combustion des tiges. Le recrutement de semis se caractérise par la capacité des espèces de générer des semences résistantes au feu qui germent après un incendie. Les graines peuvent se trouver dans la canopée ou être emmagasinées dans le sol (Pausas et Keeley, 2014). Le recrutement de semis dans les années suivant un feu de forêt est un facteur déterminant dans la composition des forêts matures boréales (Baltzer *et al*., 2021).

3.2.2.2 Cycles de succession et dominance des espèces dans la forêt boréale

Milieux terrestres

L'augmentation de la fréquence et de la sévérité des feux de forêt du fait de la modification des conditions climatiques influence les cycles de succession, ainsi que la dominance des espèces. Dans la forêt boréale, la transition d'une dominance de conifères vers une dominance de feuillus est de plus en plus observée en raison de la modification du régime de feu (Jager *et al.*, 2021; Baltzer *et al.*, 2021; Dawe *et al.*, 2022).

Le cycle de succession dans la forêt boréale débute normalement avec la régénération du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*), pour transitionner vers le pin entre 30 et 80 ans après le feu. La dominance revient ainsi normalement aux conifères au fil des années. La plus grande proportion de conifères rend toutefois la forêt plus sujette aux feux. La dominance du pin persiste quand les intervalles entre les feux sont plus longs (Jager *et al.*, 2021). Dans le contexte actuel où les feux sont plus fréquents et plus sévères, le remplacement des conifères se fait plutôt au profit du peuplier faux-tremble, du peuplier baumier (*Populus balsamifera L.)* et des espèces de bouleau (*Betula*) (Jager *et al.*, 2021; Baltzer *et al.*, 2021). Dans certains cas, la réduction du manteau de neige et le stress hydrique occasionnés par les températures plus chaudes et par des conditions plus sèches peuvent aussi favoriser le remplacement des conifères par des prairies (Jager *et al.*, 2021).

Bien que l'épinette noire (*Picea mariana*), largement présente dans la forêt boréale en Amérique du Nord, dépende du feu pour sa régénération, elle est de moins en moins résistante aux feux plus fréquents et de haute sévérité qui altèrent sa stratégie de régénération. Cette perte de résilience transparaît dans la modification de la dominance lors des états successifs qui transitionnent vers les feuillus ou dans d'autres cas, vers le pin gris (*Pinus banksiana*). Ce changement de dominance engendre des impacts sur les écosystèmes et particulièrement sur les habitats de la grande faune et la séquestration du carbone (Baltzer *et al*., 2021).

Selon une étude de Baltzer *et al*. (2021) abordant les effets des feux de forêt sur la forêt boréale en Amérique du Nord, l'épinette noire était résiliente sur la majorité des sites étudiés (62 %). La perte de résilience était toutefois commune et un échec de régénération a été répertorié pour 18 % des 1 140 sites. Il a été constaté que l'épinette noire était plus persistante sur les sites qui avaient conservé une épaisse couche de matière organique après le feu. Selon les chercheurs, l'épaisseur résiduelle de la couche de matière organique est un facteur déterminant du succès de régénération des arbres de la forêt boréale influençant la résilience des conifères et le potentiel d'expansion des feuillus. Les feux de forêt sévères sur les sites bien drainés peuvent suffisamment réduire la couche de matière organique pour favoriser la recolonisation par des espèces à croissance rapide, comme le peuplier faux-tremble et le bouleau. Certains sites favorisant l'accumulation de matière organique et préservant une bonne humidité peuvent toutefois servir de refuge pour l'épinette noire, même s'ils offrent un potentiel de croissance plus lent.

Dawe *et al*. (2022) ont de leur côté étudié l'impact des feux sur la végétation dans les forêts de pins gris des Territoires du Nord-Ouest au Canada. Selon les résultats de leurs recherches, l'assemblage des espèces d'arbres recrutées diffère des peuplements présents avant le feu sur la moitié des sites inventoriés. La dominance des espèces de la strate arborescente a ainsi considérablement changé dans les 5 ans suivant le feu. Plusieurs sites étudiés sont notamment passés d'une dominance d'épinette noire ou de pin gris vers une dominance de peuplier faux-tremble. La dominance du peuplier faux-tremble a été observée sur 41 % des sites 5 ans après le feu, alors que cette espèce ne représentait que 6 % de la strate arborescente avant l'incendie. Au total, 69 % des sites ont connu une augmentation de la proportion de feuillus après le feu. Il est possible que cette nouvelle dominance du peuplier faux-tremble soit transitoire et que suivant le cycle de succession habituel de la forêt mixte boréale, les conifères se rétablissent au cours de la dernière phase de succession. L'analyse des tendances climatiques de la région qui indique un réchauffement potentiel et une plus grande sécheresse porte toutefois à croire que ces changements dans la composition des peuplements forestiers persisteront dans le temps, particulièrement si la fréquence et la sévérité des feux continuent d'augmenter comme ailleurs au Canada.

Bien que la composition des semis d'arbres semble atteindre un équilibre seulement quelques années après le feu, certains peuplements pourraient connaître des changements de dominance encore plusieurs années après le feu. Par ailleurs, même si des peuplements ont conservé leur dominance initiale après le feu, l'étude de Dawe *et al.* (2022) a démontré que ces derniers subissent tout de même des changements au niveau de la densité qui conduit à une ouverture de la canopée. Dans certains cas, la densité des peuplements est demeurée faible après 5 ans.

De manière générale la persistance du couvert forestier dans la forêt boréale de l'Amérique du Nord dépend du recrutement immédiat et vigoureux de semis suivant un feu. Ce sont ainsi les premières années qui sont déterminantes pour le développement des peuplements. La qualité et l'ampleur du recrutement de semis sont fonction de la présence suffisante de propagules, de l'épaisseur et de la qualité de la couche de matière organique, ainsi que des conditions propices à la germination après le feu. Lorsque ces conditions ne sont pas réunies, la dominance des espèces peut être modifiée ou conduire à une conversion vers de la végétation non forestière (prairie). Les classes de sévérité des feux de forêt n'ont *a priori* qu'une influence négligeable sur la régénération des arbres (Dawe *et al*., 2022).

Pour ce qui est des strates arbustives et herbacées, les perturbations occasionnées par les feux de forêt sur la densité et la composition de la végétation semblent se poursuivre au-delà de 5 ans. Un autre constat de l'étude de Dawe *et al.* (2022) est que la succession des assemblages des strates arbustives et herbacées après un feu de forêt varie entre les types de peuplements et contrairement à la strate arborée. Le couvert végétal pour ces strates a par ailleurs tendance à se densifier avec les années dans tous les types de peuplement.

Cela s'explique, notamment, par l'ouverture de la canopée et la diminution de la densité de la strate arborescente qui peuvent favoriser la croissance des espèces des sous-étages. Pour les forêts mixtes, l'augmentation de la couverture végétale vasculaire était selon cette étude dominée par des plantes herbacées.

Dans certains peuplements, les assemblages antérieurs de la strate arbustive ont largement conditionné la composition des espèces après le feu, alors que les espèces d'arbustes plus résilientes (*Salix pp, Betula spp et Alnus spp*) ont rapidement drageonné ou repoussé à partir de leur base brûlée. Pour les peuplements qui présentaient initialement moins d'espèces résilientes, les espèces de succession précoce ont permis une revégétalisation rapide grâce à la germination de banques de semences et à l'invasion (Dawe *et al*., 2022).

Outre la présence d'espèces résilientes, les interactions biotiques peuvent également influencer la récupération et la composition de la végétation après un feu de forêt. Ces interactions sont notamment susceptibles d'expliquer les divergences de recolonisation dans les différents types de peuplements. Le broutage par la grande faune, comme l'orignal (*Alces alces*), peut par exemple influencer la régénération et la composition des espèces dans les années suivant un feu. La composition et la densité des communautés arbustives peuvent par ailleurs faciliter ou entraver le développement de la strate arborescente. La germination rapide et vigoureuse d'arbustes de type *Ericaceae* peut notamment entraver la croissance des arbres (Dawe *et al*., 2022).

Comme abordé à la section 3.2.1.1, le nombre moyen d'espèces peut augmenter dans les années suivant un feu de forêt, notamment dans la strate herbacée. Selon l'étude effectuée par Marozas *et al.* (2013) en Lituanie, cette augmentation du nombre d'espèces était largement tributaire de la propagation d'espèces herbacées pionnières en début de succession. Contrairement aux espèces herbacées, les espèces de mousses sont moins résilientes et se régénèrent plus difficilement après un feu. Toujours selon les recherches de Marozas *et al.* (2013) dans une forêt de pins sylvestres, seulement deux espèces de mousse étaient présentes avant le feu (*Pleurozium schereberi* et *Hylocomium splendens*), mais couvraient près de 90 % de la végétation au sol. Quatre ans après le feu, ces espèces étaient toujours en déclin et le couvert des mousses était beaucoup plus faible (1 à 2 %). De nouvelles espèces de mousse avaient toutefois recolonisé les sites brûlés (*Dicranum polysetum*, *D. scoparium*, *Ceratodon purpureus*, *Polytrichum juniperinum*).

Le lichen a un rôle important dans l'écosystème forestier puisqu'il fournit jusqu'à 50 % de l'azote disponible pour les plantes. Il est par ailleurs une source de nourriture et de matériel de nidification pour plusieurs espèces de mammifères, d'oiseaux et d'invertébrés. Comme les espèces de mousse, les espèces de lichen sont peu résistantes aux feux de forêt. Les feux de forte sévérité sont susceptibles de consumer la presque entièreté des lichens épiphytes qui vivent sur l'écorce des arbres. Même si certaines espèces peuvent s'établir rapidement sur le bois brûlé après un feu, les communautés peuvent prendre jusqu'à 100 ans pour retourner à une composition et une abondance similaire à celles avant le feu. Selon les relevés effectués dans le cadre de l'étude de Miller *et al.* (2018), une perte de diversité de lichen a été observée sur l'ensemble des sites affectés par des feux de haute sévérité, pour tous les échantillons prélevés entre 4 et 16 ans après les feux. Il y avait ainsi peu de recolonisation, même 15 ans après les feux. Les conditions plus sèches et plus chaudes survenant après la réduction du couvert de la canopée peuvent d'autre part nuire au rétablissement des communautés de lichen. La diversité de lichen augmente de fait avec l'augmentation du couvert de la canopée.

En contrepartie, les feux de faible sévérité qui réduisent la densité des peuplements sans trop affecter la canopée peuvent dans certains cas favoriser le rétablissement des communautés de lichen. Considérant la modification du régime de feu en raison des conditions climatiques, la diversité de lichen est appelée à diminuer.

La dégradation des communautés de lichen est susceptible d'affecter les populations d'ongulés (p. ex. caribou) qui s'en nourrissent, provoquant ainsi un changement de comportement ou un déplacement des espèces (Miller *et al.*, 2018).

Milieux humides

Les effets des feux de forêt sur les milieux humides sont plus mitigés que sur les milieux terrestres. Les milieux humides boisés peuvent agir comme refuge pour certaines espèces de conifères. L'étude de Dawe *et al.* (2022) réalisée dans les Territoires du Nord-Ouest au Canada considérait, notamment, l'effet des feux de forêt dans des milieux humides boisés. Selon les résultats de leurs recherches, le recrutement des semis après un feu était plus faible dans les milieux humides boisés en comparaison des milieux terrestres. Ce plus bas taux de recrutement initial reflétait le faible couvert arborescent et les nappes phréatiques plus élevées avant le feu, deux facteurs limitants. Une augmentation du taux de recrutement a toutefois été observée dans les années subséquentes, de sorte à atteindre une densité de régénération similaire aux peuplements mixtes et de pins gris 5 ans après le feu. Une croissance de la proportion d'arbustes a notamment été répertoriée dans les milieux humides boisés, entre 3 et 5 ans après le feu. Selon Benscoter *et al.* (2015), les feux sont susceptibles d'améliorer le substrat pour la germination dans les milieux humides par la création de microsites, facilitant ainsi le recrutement au cours des premières années. Par ailleurs, les milieux humides boisés affectés par le feu présentaient un plus haut couvert de bryophytes et lichens dans les trois premières années suivant le feu. Cela s'explique, notamment, par le moins grand impact des feux de forêt dans ce type de milieu.

3.3 Effets des feux de forêt sur la faune terrestre et les habitats

3.3.1 Effets généraux des feux de forêt sur la faune terrestre

3.3.1.1 Déplacement des espèces

Deux types de réactions peuvent être enclenchées chez les espèces fauniques perturbées par les feux de forêt : elles peuvent se déplacer vers des zones non perturbées ou se mettre à l'abri sur place. Les mammifères pouvant parcourir de plus grandes distances, comme la grande faune, ont tendance à se déplacer pour éviter les impacts négatifs à court terme lors d'un feu de forêt. Ils vont ainsi fuir les zones affectées. Les espèces moins mobiles comme les micromammifères et l'herpétofaune chercheront en contrepartie à se réfugier dans des habitats riverains et dans les plans d'eau et les cours d'eau ou, dans certains cas, dans des terriers (Jager *et al.,* 2021).

3.3.1.2 Modification de l'habitat et des ressources

Comme abordé à la section 3.2, les feux de forêt ont des impacts multiples sur les milieux terrestres et humides. La modification de la végétation entraîne à son tour des effets sur la composition des habitats fauniques et sur la faune. Au cours des premières années suivant un feu, la densité de la strate arborescente et de la canopée est généralement diminuée. En contrepartie, le couvert végétal des strates arbustive et herbacée est augmenté (Choi *et al.*, 2014). Davantage de chicots se retrouvent par ailleurs sur les sites brûlés en raison de la combustion partielle des arbres.

La présence d'arbres résiduels vivants, de bois mort et de chicot peut faciliter le retour de la faune terrestre vers un état antérieur à la perturbation (Fisher et Wilkinson, 2005).

Au cours du cycle de succession forestière après un feu, la forêt boréale en Amérique du Nord traverse généralement plusieurs stades de développement. Selon Lee (2002), quatre stades peuvent être distingués : le stade d'initiation (0-10 ans), le stade d'établissement (11-25 ans), le stade d'aggradation (26-75 ans) et le stade mature/vieux (76-125 ans). Le stade d'initiation se caractérise par une forte réduction de la densité des arbres et de la canopée, avec une abondance de débris ligneux au sol. Au cours du stade d'établissement, les espèces d'arbustes et d'herbacées sont à la hausse alors que les graminées diminuent. Environ 25 ans après un feu (stade d'aggradation), la strate arborescente commence à récupérer alors que la densité des arbres et le couvert de la canopée augmentent. Finalement, le stade de maturité est caractérisé par une structure hétérogène de la canopée et des peuplements, de grands arbres, un sous-étage développé, des chicots ainsi que des débris ligneux au sol (Fisher et Wilkinson, 2005).

Même si les études réalisées peuvent être des indicateurs du temps de régénération et des mouvements de la faune, il convient de rappeler que les peuplements brûlés ne sont pas uniformes et diffèrent en fonction de l'intensité et de la sévérité du feu, ainsi que des conditions initiales. La variabilité de la quantité et de la distribution des résidus de feu (arbres résiduels, végétation non brûlée, chicots, débris ligneux, etc.) influence de manière significative l'assemblage des communautés de mammifères après un feu de forêt (Fisher et Wilkinson, 2005). Les troncs d'arbres au sol jouent un rôle important en créant des microclimats et en fournissant des abris contre les prédateurs, ainsi que des sites de nidification (Jager *et al.*, 2021). Ils peuvent toutefois également constituer des obstacles aux déplacements de certaines espèces.

Les feux de forêt qui sont de plus en plus intenses et sévères peuvent, d'autre part, créer de larges parcelles dépourvues d'arbres, de sorte à fragmenter la structure des habitats fauniques. Certaines espèces qui ne sont pas en mesure de franchir de longues distances d'un habitat à l'autre sont ainsi confinées aux parcelles résiduelles non brûlées. D'autres espèces peuvent toutefois profiter des paysages plus diversifiés en utilisant les parcelles brûlées à différentes intensités en fonction du type d'habitats requis au cours de leur cycle de vie (Jager *et al.*, 2021). Les prédateurs bénéficient par ailleurs d'une plus grande visibilité dans les parcelles brûlées, au désavantage de leurs proies qui sont plus exposées (Fredriksson *et al.,* 2023).

En plus de modifier les habitats, les feux de forêt modifient aussi la quantité et la diversité des ressources disponibles pour la faune (Fredriksson *et al.,* 2023). Les types de végétation à succession précoce comme les espèces de feuillus, d'arbustes et d'herbacées peuvent, par exemple, augmenter les réserves de nourriture pour certains mammifères comme les orignaux. La diminution significative d'espèces végétales moins résilientes au feu (p. ex. lichen) peut toutefois diminuer les ressources alimentaires de certaines espèces comme le caribou.

3.3.1.3 Diversité et abondance

Les effets des feux de forêt sur la diversité et l'abondance des espèces fauniques sont liés à l'ampleur des modifications engendrées sur les habitats et les ressources. Les feux de forêt de faible et moyenne intensité qui surviennent à courts intervalles peuvent former de nouveaux types d'habitats qui favorisent la diversité de certaines espèces. Les feux de forêt plus sévères et intenses peuvent toutefois altérer la qualité des habitats d'espèces moins résilientes qui subiront ainsi une baisse de diversité (Santosa et Kwatrina, 2020). La gestion de la forêt qui est effectuée après un feu de forêt (coupe d'arbres, élimination des débris ligneux, plantation, etc.) peut, d'autre part, influencer le rétablissement des communautés fauniques (Choi *et al.*, 2014).

Selon une étude de Santosa et Kwatrina en Indonésie (2020), une diminution du nombre d'espèces et de la richesse a été observée dans les deux premières années suivant un feu, sans toutefois causer d'extinction des communautés de mammifères. Le nombre d'espèces a toutefois augmenté après 4 ans, de sorte à être supérieur à celui des zones non perturbées. En contrepartie, le nombre d'individus était plus bas sur les sites brûlés que sur les sites non affectés.

De manière générale, des études dans la forêt boréale en Amérique du Nord ont répertorié que les micromammifères et les ongulés présentent une plus grande abondance peu de temps après un feu de forêt, qui diminue avec l'âge de régénération des peuplements. Les espèces de lynx et de lièvres sont quant à eux plus rares dans les jeunes peuplements et les forêts matures et plus abondantes dans les peuplements de mi-succession. Pour ce qui est des chiroptères, des sciuridés et des mustélidés, leur abondance s'accroît avec l'âge des peuplements (Fisher et Wilkinson, 2005).

3.3.2 Effets spécifiques des feux de forêt sur les espèces terrestres

3.3.2.1 Faune aviaire

La sévérité des feux de forêt influence de manière significative les effets sur les communautés d'oiseaux nicheurs. Immédiatement après un feu, une baisse de la diversité et de l'abondance des espèces est généralement observée. Des déclins à court terme ont été répertoriés pour les espèces ayant une nidification au sol, probablement en raison des perturbations de la litière de feuilles et de la couverture arbustive (Greenberg *et al.*, 2018). Plusieurs études ont toutefois noté une importante augmentation de la richesse et de la diversité des espèces, ainsi que de l'abondance de 3 à 5 ans après des feux de forêt de moyenne et haute sévérité (Klaus et al., 2010; Rush et al., 2012; Rose and Simons, 2016; Greenberg *et al.*, 2023). Une augmentation des espèces d'oiseaux nichant dans des cavités a notamment été observée après des feux de haute sévérité en raison du plus grand nombre de chicots et de l'ouverture de la canopée (Greenberg *et al.*, 2023). Les oiseaux nicheurs adaptés aux feux, comme le pic à dos noir (*Picoides arcticus*), répondent d'ailleurs positivement aux perturbations récentes des feux de forêt puisqu'ils se nourrissent de larves exposées du fait de la combustion de l'écorce des arbres (Jager *et al*., 2021).

Selon les résultats de l'étude de Greenberg *et al* (2023) qui se déroulait dans le sud des Appalaches en Caroline du Nord aux États-Unis, les résultats pour la diversité, la richesse et l'abondance étaient deux fois plus élevés 3 ans après des feux de forêt de haute sévérité, en comparaison des secteurs non impactés. Une augmentation de ces paramètres a aussi été constatée sur les sites avec des feux de sévérité modérée, mais sur une plus longue période (4 ans après le feu). L'augmentation de ces paramètres était notamment associée à une importante mortalité des arbres et à la régénération d'arbustes, ainsi qu'à une affluence d'espèces dépendantes des perturbations (passerin indigo [*Passerina cyanea*], paruline à flancs marron [*Setophaga pensylvanica*] et tohi à flanc roux [*Pipilo erythrophthalmus*]) et de réactions neutres ou positives des autres espèces. L'ouverture de la canopée est en effet susceptible de favoriser l'établissement de plusieurs espèces qui utilisent ce type d'habitat. En contrepartie, les feux de forêt de faible sévérité ont peu d'influence sur les communautés d'oiseaux nicheurs (Greenberg *et al.*, 2023).

Choi *et al.* (2014) ont pour leur part étudié les effets des feux et de la gestion de la forêt après un feu sur les communautés d'oiseaux nicheurs dans une forêt de pins en Corée. Ils ont ainsi comparé l'abondance et la richesse des communautés dans des peuplements brulés sans intervention après le feu, dans des peuplements brûlés et exploités (récolte du bois après le feu), ainsi que dans des peuplements non perturbés. Les principales activités effectuées après le feu sur les sites exploités étaient la récolte de tous les arbres morts et des chicots, le retrait des débris ligneux ainsi que la plantation de semis de pins.

Les résultats de leurs recherches indiquent que la richesse pour les communautés d'oiseaux nicheurs était plus élevée dans les peuplements non perturbés et qu'elle est demeurée la même pour les périodes étudiées (de 2 à 5 ans et 6 à 8 ans après le feu). La richesse était par ailleurs plus faible dans les peuplements brûlés et exploités, en comparaison des peuplements brûlés non exploités. Pour ce qui est de l'abondance, elle était également plus élevée dans les peuplements non perturbés, mais il n'y avait pas de différence significative entre les peuplements brûlés exploités et non exploités. Similairement à d'autres études, les résultats ont démontré une baisse de la diversité immédiatement après le feu, qui a par la suite augmenté au fil des années. Il n'y avait toutefois pas de réelle modification de l'abondance dans la décennie suivant le feu.

Selon Choi *et al.* (2014), les conclusions sur les plus faibles richesse et abondance observées pour les sites brûlés exploités indiquent que la gestion de la forêt après un feu entrave la restauration des communautés d'oiseaux forestiers qui sont plus pauvres et très différentes des communautés d'origine. L'exploitation forestière de récupération va à l'encontre de plusieurs bénéfices écosystémiques qui découlent des perturbations liées aux feux de forêt. Elle entrave, notamment, la régénération de la végétation, réduit les ressources biologiques et les habitats rares après les perturbations et augmente l'altération des propriétés des sols et de l'eau.

3.3.2.2 Chiroptère

Comme pour les oiseaux, une diminution de l'abondance des chiroptères est généralement observée après un feu de forêt. L'activité des chiroptères sur les sites brûlés varie toutefois en fonction des espèces, de la sévérité du feu et de la densité des arbres restants. La majorité des espèces de chiroptères évitent a priori les forêts denses pour chercher de la nourriture. Elles se perchent souvent dans de grands arbres (vivants ou morts) qui présentent des cavités ou des portions d'écorces qui se détachent (Fisher et Wilkinson, 2005). Selon certaines recherches, les feux de forêt génèrent des chicots qui peuvent être utilisés par les chiroptères (Taillie *et al.*, 2021).

Les espèces qui favorisent les habitats ouverts pour la recherche de nourriture, soit les plus grandes espèces de chauves-souris, sont plus souvent répertoriées sur des sites après des feux de haute sévérité. Dans les forêts denses et fermées, les feux de forêt peuvent ainsi provoquer une augmentation de l'abondance des espèces adaptées aux habitats ouverts. En contrepartie, les espèces qui ont une plus grande tolérance aux habitats fermés, soit les espèces avec des ailes plus petites, plus larges et arrondies qui sont plus agiles dans les forêts denses, seront impactées plus négativement par les feux fréquents ou de hautes sévérités (Jager *et al*., 2021; Taillie *et al.*, 2021).

Peu de recherches ont étudié les effets des feux de forêt sur les chiroptères en fonction des états de succession. De manière générale, l'activité des chauves-souris au cours du stade d'initiation (0-10 ans) semble se limiter à la recherche de nourriture. L'activité est aussi considérée faible au cours des stades d'établissement (11-25 ans) et d'aggradation (26-75 ans). Les chiroptères profitent ainsi davantage des vieilles forêts, où leur abondance est plus importante. Ils utilisent notamment les cavités dans des arbres de large diamètre et peuvent se déplacer plus facilement dans les vieux peuplements moins encombrés en raison de la canopée élevée (Fisher et Wilkinson, 2005).

Selon une étude réalisée par Taillie *et al*. (2021) en Floride aux États-Unis sur les effets des feux sur l'activité des chauves-souris, les variations étudiées correspondent davantage aux caractéristiques des habitats perturbés qu'aux régimes de feux. Les résultats de cette étude ont démontré que les chauves-souris étaient plus actives dans les forêts, où le couvert de la canopée était intermédiaire avec une densité plus grande de la strate arbustive qui permet un meilleur accès aux ressources. Dans les forêts très ouvertes, l'activité était moins importante en raison des ressources moins abondantes et de la plus grande exposition aux prédateurs.

La fréquence des feux de forêt est toutefois susceptible d'influencer l'abondance de chiroptères. Les conclusions de l'étude indiquent en effet que l'activité était plus élevée dans les forêts avec une plus grande fréquence de feux dans les 20 dernières années. Les causes de cette plus grande activité ne sont toutefois pas clairement identifiées, considérant la variabilité des effets de la fréquence des feux de forêt sur la composition et la structure de la végétation.

3.3.2.3 Grande faune

Orignal

Les orignaux présentent généralement une plus grande abondance peu de temps après les feux de forêt, qui diminue dans les stades de succession ultérieurs (Fisher et Wilkinson, 2005). Cette augmentation de l'abondance s'explique notamment du fait de la plus grande disponibilité de fourrage (semis de feuillus, arbustes et herbacées) dans les jeunes stades de succession. Les feux augmentent aussi la productivité et ont donc un impact sur la qualité du fourrage (Fredriksson *et al.*, 2023).

Selon une étude réalisée en Alaska par MacCracken et Vierreck (1990), des orignaux ont été observés sur un site brûlé seulement quelques mois après un feu de forêt et y sont demeurés dans les quatre années suivantes. Certains orignaux qui avaient une exposition limitée à des sites brûlés avant le feu ont par ailleurs élargi leur domaine vital pour y inclure des milieux affectés par le feu. Les peuplements de peupliers faux-trembles affectés par le feu présentaient une abondance de fourrage deux mois après l'incendie, qui était près de 10 fois plus élevée que dans les peuplements matures d'épinettes et de bouleaux.

Une autre étude effectuée dans le nord de la Suède a par ailleurs démontré que la disponibilité du fourrage était plus élevée sur des sites brûlés que sur des milieux non perturbés (Fredriksson *et al.*, 2023). Selon les résultats des recherches, les modifications sur la composition et la quantité de fourrage ont persisté pendant au moins 12 ans après le feu de forêt. Le broutage par les orignaux était plus important au cours de cette période.

Les orignaux peuvent en contrepartie être affectés par la plus grande exposition aux prédateurs dans les habitats plus ouverts (p. ex. jeunes stades de succession), ce qui peut influer sur leur taux de survie et de reproduction pendant les premières années suivant un feu. Les taux de survie et de reproduction sont ainsi plus élevés dans les stades de mi-succession que dans le stade d'initiation (Fisher et Wilkinson, 2005).

Caribou

Le caribou (*Rangifer tarandus*) se nourrit principalement de lichen. Comme mentionné à la section 3.2.2, le lichen a une faible résilience aux feux de forêt et un temps de régénération très long. Selon leur sévérité, les feux de forêt ont généralement tendance à inhiber la croissance du lichen. Même si le caribou se nourrit aussi de végétation arbustive durant l'été, qui est plus abondante dans les secteurs brûlés, le manque de lichen comme source de nourriture hivernale pousse souvent le caribou à éviter les zones brûlées. Le bois mort qui s'accumule au sol sur les sites brûlés agit aussi comme barrière aux déplacements de la grande faune (Fisher et Wilkinson, 2005).

Selon une étude d'Arsenault *et al.* (1997), la consommation de lichen par les caribous est plus importante dans les peuplements de plus de 50 ans que dans les peuplements âgés de 1 à 15 ans et de 31 à 50 ans. La végétation serait ainsi plus propice au retour du caribou au cours du stade d'aggradation (26-75 ans). La présence des caribous semble toutefois être plus importante encore dans les forêts de plus de 90 ans.

Les effets négatifs des feux de forêt sur le caribou sont toutefois de courte durée et les impacts sur les populations qui ont de vastes domaines vitaux sont limités puisque les hardes ont tendance à se déplacer vers des habitats plus propices (Mahoney, 2000). En contrepartie, les feux de forêt peuvent aussi être bénéfiques pour les populations de caribous à long terme dans les plus vieux peuplements. Les mousses sont généralement plus présentes que les lichens dans les peuplements anciens (de plus de 150 ans). Les feux de forêt dans ce type de peuplement peuvent ainsi relancer la succession vers des forêts matures dominées par le lichen (Schaefer et Pruitt, 1991).

3.3.2.4 Micromammifère

Comme les orignaux, une plus grande abondance de micromammifères est constatée peu de temps après un feu de forêt et elle diminue au fil du vieillissement des peuplements perturbés. En général, la majorité des espèces de micromammifères recolonisent les secteurs brûlés au cours des semaines/mois suivant un feu. Les espèces généralistes dominent normalement les jeunes stades de succession alors que les espèces spécialisées dominent les stades ultérieurs. La diversité et la dominance varient donc en fonction du stade de succession. L'abondance diffère d'une espèce à l'autre, mais les diminutions sont généralement occasionnées par l'altération de la couche de débris ligneux au sol et des strates herbacées et arbustives. Les feux fréquents et sévères influencent par ailleurs davantage l'abondance que la diversité (Fisher et Wilkinson, 2005). Ils peuvent notamment inhiber la production de graines qui sont une source de nourriture pour les micromammifères (Jager *et al*., 2021).

Peu de temps après le feu, les communautés de micromammifères au sein de la forêt boréale sont souvent dominées par la souris sylvestre (*Peromyscus maniculatus*), qui peut survivre à des feux de forêt de faible intensité. Étant un omnivore généraliste, la souris sylvestre se nourrit, notamment, de graines qui sont abondantes dans les forêts de conifères. Elle présente par ailleurs une abondance positivement associée au stade d'aggradation, dans les peuplements de 50 à 65 ans. Considérant que les graminées sont plus abondantes dans les jeunes stades de succession, les espèces des prairies comme le campagnol des champs (*Microtus pennsylvanicu*) et la souris sauteuse des champs (*Zapus hudsonius*) colonisent aussi rapidement les sites brûlés dans les premières années suivant un feu (Fisher et Wilkinson, 2005).

3.3.2.5 Autres mammifères

Une diminution de l'abondance des sciuridés, des mustélidés, des canidés et des espèces de lièvres est généralement constatée après un feu de forêt. Les espèces de lynx et de lièvre utilisent davantage les peuplements de mi-succession, mais sont plus rares dans les jeunes ou vieux peuplements. Les sciuridés et les mustélidés connaissent pour leur part une augmentation d'abondance avec le vieillissement des peuplements et sont plus abondants au stade mature/vieux (76-125 ans). Les ours noirs (*Ursus americanus*) utilisent les jeunes stades de succession pour le fourrage, mais préfèrent les forêts matures pour la reproduction (Fisher et Wilkinson, 2005).

Le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) présente une abondance souvent très basse immédiatement après un feu de forêt. Elle augmente toutefois rapidement au fur et à mesure que la végétation arbustive devient plus dense et est plus importante au cours du stade d'établissement (11-25 ans), alors que la végétation fournit un bon couvert. Le couvert arbustif agit notamment comme couvert thermique et comme protection contre les prédateurs. Le lièvre d'Amérique évite ainsi les habitats ouverts où il est plus exposé aux prédateurs. Son abondance diminue avec le vieillissement des peuplements et devient très basse dans les peuplements mixtes de 50 à 65 ans (Fisher et Wilkinson, 2005). Selon une étude de Hutchen et Hodges (2019), l'abondance du lièvre d'Amérique est par ailleurs plus variée dans les grandes parcelles brûlées, où elle est soit absente ou très élevée.

Les parcelles de forêt non affectées ou légèrement brûlées à l'intérieur de grande zone de feux facilitent le déplacement des lièvres vers des sites en régénération présentant une bonne densité de semis, favorisant ainsi leur abondance. La densité des jeunes arbres est en ce sens positivement corrélée à l'abondance de lièvre. En contrepartie, l'abondance du lièvre d'Amérique est faible dans les petites ou moyennes zones brûlées. La disponibilité d'habitats non perturbés adjacents à ces petites zones peut en partie expliquer le phénomène (Hutchen et Hodges, 2019).

Le loup gris (*Canis Lupus*) évite les zones récemment brûlées, mais y retourne relativement rapidement (Fisher et Wilkinson, 2005). Selon une étude en Alaska, les loups ont tendance à éviter les secteurs brûlés pendant les deux premières années suivant la perturbation, mais recommencent à utiliser ces zones au cours de la troisième année (Ballard *et al*., 2000). L'utilisation des sites par les loups varie toutefois en fonction des saisons et l'abondance des proies.

Les espèces de renards recolonisent rapidement les jeunes stades de succession, mais ont une plus grande abondance lors du stade d'établissement (11-25 ans). Ils peuvent bénéficier des feux de forêt considérant qu'ils utilisent des habitats plus fragmentés. Leur abondance diminue toutefois avec le vieillissement des peuplements (Fisher et Wilkinson, 2005).

3.4 Effets des feux de forêt sur la faune aquatique, le benthos et les habitats

3.4.1 Modification des habitats aquatiques

Les effets des feux de forêt sur la faune aquatique sont plutôt indirects et sont fortement liés à l'altération des habitats. Comme abordé aux sections 3.1.2 et 3.1.3, les principaux effets concernent la modification du régime hydrologique (augmentation des débits de crues et modification des débits moyens), du fait du plus grand ruissellement ainsi que l'altération de la qualité de l'eau par l'apport de cendres et l'augmentation des MES et débris (Neary *et al*., 2005). L'ampleur des effets est fonction de la sévérité et de l'intensité des feux de forêt, ainsi que de la superficie du bassin versant et des cours d'eau et plans d'eau affectés. L'influence sur les cours d'eau de tête de petits bassins versants est plus importante que sur les grandes rivières, considérant qu'une plus grande proportion du bassin versant adjacent est susceptible d'être affectée et que le ratio entre la marge du cours d'eau et le volume d'eau est élevé. Les plus grands bassins versants sont plus susceptibles de conserver leurs fonctions. Une plus grande proportion de la forêt demeure en général non perturbée et la végétation riveraine peut ainsi poursuivre son rôle de stabilisation des berges, d'ombrage et de structure d'habitat (Mellon *et al*., 2008).

À court terme, soit dans les mois suivant les feux de forêt, l'apport de cendres dans les cours d'eau peut avoir pour effet de stimuler la décomposition de matière par les microorganismes, de sorte à réduire l'oxygène dissous dans l'eau. La diminution de l'oxygène dissous peut en ce sens conduire à l'asphyxie de certaines espèces aquatiques. Au cours de la phase initiale et de manière intermittente après de fortes précipitations, l'apport de MES et de débris peut aussi avoir un effet négatif sur la productivité primaire et secondaire. À moyen et long termes, l'apport de carbone et de nutriments a toutefois pour effet de stimuler la production de végétation aquatique et l'abondance de benthos (Jager *et al*., 2021).

Les impacts les plus importants pour la faune aquatique découlent des effets à long terme sur l'habitat, notamment du changement de température des cours d'eau en raison de la diminution du couvert végétal, des flux de boues chargées de cendres, de l'augmentation des débits de crues et de la plus grande sédimentation du fait de l'érosion accrue (Neary *et al*., 2005).

3.4.2 Benthos

Après un feu de forêt, l'apport de nutriments et la plus grande exposition au soleil en raison de la réduction du couvert végétal sont susceptibles de stimuler la productivité primaire et donc la production d'algues. La transition vers l'autotrophie peut provoquer une modification dans la composition des groupes de macroinvertébrés benthiques (benthos), passant d'une dominance de déchiqueteurs vers une dominance de filtreurs. La plus grande densité d'algues peut par ailleurs conduire à la présence plus importante de macroinvertébrés de type brouteur, résultant ainsi en une plus grande source de nourriture pour leurs prédateurs (Mellon *et al*., 2008).

Selon l'étude de Mellon *et al.* (2008) réalisée dans le nord-est de l'état de Washington aux États-Unis suivant un feu de forêt de haute intensité, la densité de benthos était significativement plus élevée sur les sites brûlés que sur les sites non perturbés. La diversité de benthos était toutefois plus faible dans les cours d'eau des zones affectées par le feu. Les conclusions de l'étude indiquent par ailleurs que l'effet sur les communautés de benthos des cours d'eau en tête de bassin versant est plus important dans les forêts exploitées ou gérées par rapport aux forêts moins perturbées. Dans ce type de milieu perturbé, l'effet des feux sur le benthos et les habitats aquatiques en aval peut perdurer pendant au moins deux ans après le feu. Une autre étude de Scrimgeour *et al.* (2001) a, pour sa part, démontré que la densité de benthos peut demeurer élevée jusqu'à 15 à 20 ans après un feu, avant de retourner à des valeurs similaires à l'état initial.

3.4.3 Faune aquatique

Les effets des feux de forêt sur la faune aquatique sont, comme les autres composantes, fonction de l'intensité et de la sévérité des feux, ainsi que de la superficie des bassins versants et de la taille des cours d'eau et plan d'eau. La capacité de récupération des communautés aquatiques est plus particulièrement dépendante de la sévérité du feu et de la proportion de forêts affectées dans le bassin versant (Jager *et al*., 2021).

Les feux de forêt peuvent générer plusieurs effets négatifs pour les populations aquatiques. D'une part, l'augmentation de la température des cours d'eau peut affecter la thermorégulation des poissons, plus particulièrement des espèces d'eau froide. L'apport de cendres, la modification des propriétés physicochimiques des sols, l'érosion accrue et le plus grand ruissellement de surface peuvent par ailleurs altérer la qualité de l'eau. L'affluence de débris, de MES et de sédiments dans les cours d'eau est d'une part susceptible d'affecter la faune aquatique en augmentant la turbidité (réduction de pénétration de la lumière) et en conduisant à une réduction de l'oxygène dissous dans l'eau (Jager *et al*., 2021). L'augmentation des concentrations de métaux dans l'eau peut aussi affecter la faune aquatique en altérant les processus biologiques et en se bioaccumulant. Le mercure (Hg) peut être particulièrement nocif puisqu'il change de spéciation (MeHg) et se bioaccumule facilement dans la chair du poisson (Kelly *et al*., 2006). La contamination de l'eau par l'arsenic (As) peut par ailleurs inhiber la fertilité des poissons (Popovych et Gapalo, 2021).

La modification des débits des cours d'eau, notamment des débits de crues, impacte particulièrement les espèces migratrices qui dépendent des débits saisonniers récurrents pour leurs habitudes de reproduction et de migration. L'augmentation moyenne des débits peut toutefois conduire à des modifications hydrogéomorphologiques des rivières qui affectent les habitudes d'alimentation et de reproduction des espèces aquatiques en général (Jager *et al*., 2021).

En contrepartie, les feux de forêt peuvent aussi, dans une certaine mesure, être bénéfiques pour les communautés aquatiques. L'augmentation de la densité de benthos dans les cours d'eau et plans d'eau affectés par les feux de forêt peut favoriser, par exemple, le rétablissement des populations de poissons qui s'en nourrissent (Jager *et al*., 2021).

Comme pour la faune terrestre, la faune aquatique peut se déplacer ou se mettre à l'abri pour se protéger des feux de forêt. Les espèces migratoires ou plus mobiles s'adaptent souvent plus facilement puisqu'elles se déplacent vers des secteurs moins perturbés durant le feu et peuvent ensuite recoloniser les cours d'eau lorsque leurs conditions se stabilisent. Les espèces plus tolérantes ont pour leur part tendance à chercher des refuges dans les secteurs impactés. Des refuges thermiques peuvent être présents en fonction des apports d'eaux souterraines, de l'ombrage riverain et des variations topographiques. Les zones des cours d'eau qui sont protégées de la déposition de limon et les sédiments peuvent par ailleurs servir de refuge pour les invertébrés aquatiques (Jager *et al*., 2021). Les espèces demeurant en place peuvent tolérer des températures plus élevées. Selon Neville *et al.* (2009), la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss)* peut survivre dans des cours d'eau affectés par des feux de forêt sévères.

La capacité des communautés aquatiques de récupérer des feux de forêt est liée au temps de régénération de la végétation riveraine. Le retour à un état similaire aux conditions initiales est aussi fonction de la fréquence des feux. La composition des espèces sur un site brûlé peut différer de l'état antérieur au feu si les perturbations hydrologiques se répètent et freinent la recolonisation des espèces ou si les bassins versants ou cours d'eau ont connu des modifications définitives (Jager *et al*., 2021). Il est aussi possible que les communautés aquatiques ne récupèrent pas et ne reviennent pas aux conditions initiales après un feu de forêt sévère. La disparition de populations de poissons a déjà été observée dans des tronçons de cours d'eau fortement affectés par les feux (Dunham *et al.*, 2003). À long terme, la capacité de récupération dépend du succès de recolonisation par des populations de poissons dans des tronçons ou plans d'eau moins affectés du bassin versant. L'ampleur du réseau hydrographique et la connectivité des cours d'eau du bassin versant impacté peuvent par ailleurs favoriser la résilience des espèces aquatiques. Les petits réseaux hydrographiques avec des cours d'eau et plans d'eau isolés (p. ex. ceux qui sont isolés du cours d'eau principal par des chutes, des barrages anthropiques, des barrages de castors ou des débris) sont donc généralement plus fortement affectés et moins résilients (Jager *et al*., 2021).

4 Conclusion

Les changements climatiques sont susceptibles d'accroître la fréquence et la sévérité des feux de forêt, du fait de l'augmentation globale des températures, de l'allongement des périodes de sécheresse et de la modification de la composition des espèces végétales. La région du Nord-du-Québec, et particulièrement le secteur de Lebel-sur-Quévillon, a été fortement impactée par des feux de forêt d'envergure à l'été 2023. Dans le contexte où cette région, dominée par la forêt boréale, risque d'être de plus en plus affectée par des feux de forêt, il importe d'identifier les effets principaux des feux de forêt sur les milieux naturels pour mieux comprendre le contexte d'insertion du Projet. La présente revue de littérature est une première étape du programme de biodiversité de GMW, qui vise à documenter ces effets afin d'identifier les composantes qui devraient faire l'objet d'études environnementales complémentaires aux environs du site du Projet.

Selon la littérature consultée, l'amplitude des effets des feux de forêt est très variable en fonction des conditions initiales du milieu (végétation, faune, géologie et structure du sol, perturbations antérieures, etc.), de la sévérité et de l'intensité des feux. Les tendances observées permettent toutefois d'identifier des effets généraux sur le sol, l'eau de surface, la végétation ainsi que la faune terrestre et aquatique.

Les feux de forêt peuvent altérer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Le dénudement des sols et la déposition de cendres peuvent, d'une part, contribuer à l'imperméabilisation et à la compaction des sols, accentuant les phénomènes de ruissellement et d'érosion. La déposition d'une couche de cendre de même que la combustion de la végétation et de la matière organique peuvent, d'autre part, conduire à une augmentation du pH, à la modification des réserves de nutriments (N, P, K, K_2O) et à l'augmentation de la concentration des métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Mn, Mg, Zn, Fe, Al, Si, Ni, Co, As) dans le sol.

L'augmentation du ruissellement causée est susceptible d'augmenter les débits de crues et les débits moyens dans les cours d'eau des zones affectées. Le ruissellement combiné à l'érosion des sols ainsi qu'à l'apport de cendres et de débris ligneux peut également altérer la qualité de l'eau de surface. Les effets répertoriés concernent l'augmentation des MES et de la turbidité, de la concentration des métaux, du pH, du carbone organique dissous et des certains nutriments ainsi que la diminution de l'oxygène dissous. Les feux de forêt peuvent par ailleurs provoquer une augmentation de la température des cours d'eau et plans d'eau à court terme après le passage du feu, et à moyen terme du fait de la diminution du couvert végétal. L'ampleur des effets sur l'eau de surface dépend de la superficie du bassin versant et de l'importance du réseau hydrographique.

Les effets des feux de forêt sur la végétation sont fortement liés à la sévérité des feux. Les premiers effets constatés sont la réduction de la densité des arbres et du couvert de la canopée ainsi que la modification de l'abondance et de la diversité des espèces. Certaines espèces pionnières peuvent rapidement recoloniser les sites brûlés, alors que d'autres espèces sont moins résilientes et prendront plus de temps à se régénérer (p. ex. lichen). Dans la forêt boréale, les jeunes stades de succession sont dominés par les feuillus (peuplier faux-tremble et bouleau). Dans le contexte où les feux de forêt sont de plus en plus intenses et sévères et où les conditions sont plus sèches et chaudes, une transition d'une dominance de conifères vers une dominance de feuillus est observée en Amérique du Nord. Certaines études indiquent, à ce sujet, une perte de résilience de l'épinette noire. Finalement, l'augmentation des concentrations et de la biodisponibilité des métaux dans le sol peut accroître l'adsorption et l'absorption des métaux par les plantes.

La modification des habitats affecte la faune terrestre en fonction des différents cycles de succession. De manière générale, une diminution globale du nombre d'espèces est observée dans les deux premières années. L'altération des habitats entraine, comme pour la végétation, une modification de la composition des espèces. Les premières années suivant le feu, l'abondance de micromammifères et d'orignaux est plus élevée. Les micromammifères profitent notamment de la reprise rapide des herbacées et des abris créés par les débris ligneux. Les orignaux sont quant à eux rapidement de retour sur les sites perturbés (quelques mois plus tard) pour profiter de l'importante quantité de fourrage. Une diminution de la richesse et de l'abondance des oiseaux, des chiroptères, des lièvres, des canidés, des mustélidés et des caribous est toutefois observée au cours des premières années suivant le feu. La diversité et la richesse de la faune aviaire augmentent généralement de 3 à 5 ans après le feu. L'abondance du lièvre augmente pour sa part au fil de la reprise de la végétation de la strate arbustive, lorsqu'un couvert adéquat est rétabli. Le caribou a quant à lui tendance à délaisser les sites brûlés en raison du long temps de récupération du lichen, sa principale source de nourriture.

Les effets sur la faune aquatique sont plus marqués dans les mois suivant le feu, notamment en raison de l'augmentation de la température et des MES ainsi que de la diminution de l'oxygène dissous. Les modifications qui persistent dans le temps sont celles qui influeront toutefois davantage sur la capacité de récupération des communautés aquatiques. En raison des plus grands apports de nutriments, une croissance rapide d'algues et de la densité des communautés de benthos est généralement observée. Cette densité élevée de benthos peut perdurer pendant 15 à 20 ans.

Références bibliographiques

- ANDREU, V., RUBIO, J.L., FORTEZA, J. ET CERNI, R. 1996. « Post fire effects on soil properties and nutrient losses ». *International Journal of Wildland Fire*, vol.6, p. 53–58.
- ARSENEAULT, D., VILLENEUVE, N., BOISNEAU, C., LEBLANC, Y. ET DESHAYE, J. 1997. « Estimating lichen biomass and caribou grazing on the wintering grounds of northern Quebec: an application of fire history and Landsat data ». *Journal of Applied Ecology*, vol.34, p. 65–78.
- BALLARD, W.B., KRAUSMAN, P.R., BOE, S., CUNNINGHAM, S. ET WHITLAW, H.A. 2000. « Short-term response of grey wolves, Canis lupus, to wildfire in Northeastern Alaska ». *Canadian Field-Naturalist*, vol.114, p. 241–247.
- BALTZER, J. L., *et al*. 2021. « Increasing fire and the decline of fire adapted black spruce in the boreal forest ». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol.118 (45).
- BENDA, L., POFF, N.L., MILLER, D. DUNNE, T., REEVES, G., PRESS, G. ET POLLOCK, M. 2004. « The network dynamics hypothesis: How channel networks structure riverine habitats ». *Bioscience*, vol.54, p. 413-427
- BERGERON, E. ET MARTEL, M.-È. 2023. « Dix fois plus d'hectares ont brûlé au Canada en 2023 que sur toute une décennie ». *Le Devoir*, 6 juillet 2023. En ligne : https://www.ledevoir.com/environnement/794141/dix-fois-plus-d-hectares-ont-brule-au-canada-en-2023-que-sur-toute-une-decennie. Consulté le 12 septembre 2023.
- BODÍ, M.B., DOERR, S.H., CERDÀ, A. ET MATAIX-SOLERA, J. 2012. « Hydrological effects of a layer of vegetation ash on underlying wettable and water repellent soil ». *Geoderma,* vol.191, p. 14–23.
- BODÍ, M. B., MARTIN, D. A., BALFOUR, V. N. ET SANTÍN, C. 2014. « Wildland fire ash: production, composition and eco-hydro-geomorphic effects ». *Earth-Science Reviews*, vol.130, p. 103-127.
- CERTINI, G. 2005. « Effects of fire on properties of forest soils: a review ». *Oecologia,* vol.143, p. 1-10.
- CHOI, C.-Y., LEE, E.-J., NAM, H.-Y., LEE, W.-S. ET LIM, J.-H. 2014. « Temporal changes in the breeding bird community caused by post-fire treatments after the samcheok forest fire in korea ». *Landscape and Ecological Engineering,* vol.10 (1), p. 203–214.
- CONEDERA, M., PETER, L., MARXER, P., FORSTER, F., RICKENMANN, D. ET RE, L. 2003. « Consequences of forest fires on the hydrogeological response of mountain catchments: a case study of the Riale Buffaga, Ticino, Switzerland ». *Earth Surface Processes and Landforms*, vol.28 (2), p. 117–129.
- DAHM, C. N., CANDELARIA-LEY, R. I., REALE, C. S., REALE, J. K. ET VAN HORN, D. J. 2015. « Extreme water quality degradation following a catastrophic forest fire ». *Freshwater Biology*, vol.60 (12), p. 2584–2599.
- DAWE, D. A., PARISIEN, M.-A., VAN DONGEN, A. ET WHITMAN, E. 2022. « Initial succession after wildfire in dry boreal forests of northwestern North America ». *Plant Ecology: An International Journal*, vol.223 (7), p. 789–809.

- DEBANO, L.F. 1990. *Effects of fire on soil resource in Arizona chaparral. Effects of fire management of southwestern natural resources.* Gen. Tech. Rep. RM- 191. Fort Collins, United States. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 65–77.
- Dunham, J. Riemanm B. ET Chandler, G. 2003. « Influences of temperature and environmental variables on the distribution of bull trout within streams at the southern margin of its range ». *North American Journal of Fisheries Management*, vol.23, p.894-904.
- DUNHAM, J.B., ROSENBERGER, A.E., LUCE, C.H. ET RIEMAN, B.E. 2007. « Influences of wildfire and channel reorganization on spatial and temporal variation in stream temperature and the distribution of fish and amphibians ». *Ecosystems*, vol.10, p. 335-346.
- EBEL, B.A., MOODY, J.A. ET MARTIN, D.A. 2012. « Hydrologic conditions controlling runoff generation immediately after wildfire ». *Water Resources Research*, vol. 48 (3).
- EBEL, B.A., WAGENBRENNER, J.W., KINOSHITA, A.M. ET BLADON, K.D. 2022. « Hydrologic recovery after wildfire: A framework of approaches, metrics, criteria, trajectories, and timescales ». *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, vol.70 (4), p. 388-400.
- Emelko, M.B. *et al.* 2016. « Sediment-phosphorus dynamics can shift aquatic ecology and cause downstream legacy effects after wildfire in large river systems ». *Global Change Biology,* vol.22, p. 1168–1184.
- FISHER, J. et WILKINSON, L. 2005. « The response of mammals to forest fire and timber harvest in the north american boreal forest ». *Mammal Review*, vol.35 (1), p. 51–81.
- FREDRIKSSON, E., WALLGREN, M. ET LÖFROTH, T. 2023. « Wildfire and prescribed burning impact moose forage availability and browsing levels in the northern boreal forest ». *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol.38 (1), p. 58–69.
- GREENBERG, C.H., TOMCHO, J., LIVINGS-TOMCHO, A., LANHAM, J.D., WALDROP, T.A., SIMON, D. ET HAGAN, D. 2018. « Long-term avian response to fire severity, repeated burning, and mechanical fuel reduction in upland hardwood forest ». *Forest Ecology and Management*, vol.424, p. 367–377.
- GREENBERG, C. H., MOORMAN, C. E., ELLIOTT, K. J., MARTIN, K., HOPEY, M., ET CALDWELL, P. V. 2023. « Breeding bird abundance and species diversity greatest in high-severity wildfire patches in central hardwood forests ». *Forest Ecology and Management*, vol.529.
- HAMPTON, T. B., LIN, S. ET BASU, N. B. 2022. « Forest fire effects on stream water quality at continental scales: a meta-analysis ». *Environmental Research Letters*, vol.17 (6).
- HEATH, J., CHAFER, C., VAN OGTROP, F. ET BISHOP, T. 2014. « Post-wildfire recovery of water yield in the Sydney Basin water supply catchments. An assessment of the 2001/2002 wildfires »: *Journal of Hydrology*, vol.519, p. 1428–1440.
- HUTCHEN, J. ET HODGES, K. E. 2019. « Impact of wildfire size on snowshoe hare relative abundance in southern british columbia, canada ». *Fire Ecology*, vol.15(1), p. 1–12.
- JAGER, H.I., LONG, J.W, MALISON, R.L., MURPHY, B.P., RUST, A. SILVA, L.G.M., SOLLMAN, R., STEEL, Z.L., BOWEN, M.D., DUNHAM, J.B., EBERSOLE, J.L. ET FLITCROFT, R.L. 2021. « Resilience of terrestrial and aquatic fauna to historical and future wildfire regimes in western North America ». *Ecology and Evolution*, vol.11 (18), p. 12259–12284.

- JAYEN, K., LEDUC, A. ET BERGERON, Y. 2006. « Effect of fire severity on regeneration success in the boreal forest of northwest Quebec, Canada », *Ecoscience*, vol.13 (2), p. 143–151.
- KELLY, E. N.; SCHINDLER, D. W.; ST LOUIS, V. L.; DONALD, D. B. ET VLADICKA, K. E. 2006. « Forest fire increases mercury accumulation by fishes via food web restructuring and increased mercury inputs ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol.103, p. 19380−19385.
- KHANNA, P.K., RAISON, R.J. ET FALKINER, R.A. 1994. « Chemical properties of ash derived from Eucalyptus litter and its effects on forests soils ». *Forest Ecology and Management,* vol.66, p. 107–125.
- KLAUS, N.A., RUSH, S.A., KEYES, T.S., PETRICK, J. ET COOPER, R.J. 2010. « Short-term effects of fire on breeding birds in southern Appalachian upland forests ». Wilson Journal of Ornithology, vol.122, p. 518–531.
- KRASNOSHCHEKOV, Y. N., EVDOKIMENKO, M. D. ET CHEREDNIKOVA, Y. S. 2013. « Effect of fires on the ecosystems of subtaiga forest-steppe forests in the southwestern Baikal region ». *Contemporary Problems of Ecology*, vol.6 (5), p. 477–485.
- KUNZE, M.D. ET STEDNICK, J.D. 2006. « Streamflow and suspended sediment yield following the 2000 Bobcat fire, Colorado ». *Hydrological Processes*, vol.20, p. 1661–1681.
- LEE, P. (2002) « Stages of forest succession ». *The Ecological Basis for Stand Management Alberta*, p. 3.1–3.3.
- LI, H.-H., TSUI, M. T.-K., KU, P., CHEN, H., YIN, Z., DAHLGREN, R. A., PARIKH, S. J., WEI, J., HOANG, T. C., CHOW, A. T., CHENG, Z. ET ZHU, X.-M. 2022. « Impacts of forest fire ash on aquatic mercury cycling ». *Environmental Science & Technology*, vol.56 (16), p. 11835–11844.
- MABUHAY, J. A., ISAGI, Y. ET NAKAGOSHI, N. 2006. « Wildfire effects on microbial biomass and diversity in pine forests at three topographic positions ». *Ecological Research*, vol.21, p. 54-63.
- MACCRACKEN, J.G. ET VIERECK, L.A. 1990. « Browse regrowth and use by moose after fire in interior Alaska (USA) ». *Northwest Science*, vol.64, p. 11–18.
- MACKENZIE, M. D.; DELUCA, T. H. ET SALA, A. 2004. « Forest structure and organic horizon analysis along a fire chronosequence in the low elevation forests of western Montana ». *Forest Ecology and Management,* vol.203, p. 333–343.
- MAHONEY, S.P. 2000. « A Synthesis and Interpretation of the Biology of Woodland Caribou on the Island of Newfoundland ». Report for the Government of Newfoundland and Labrador, Inland Fish & Wildlife Division. Volume 14.
- MAROZAS, V., ARMOLAITIS, K.S. ET ALEINIKOVIENĖ, J. 2013. « Changes of ground vegetation, soil chemical properties and microbiota following the surface fires in Scots pine forests ». *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, vol.21 (1), p. 67-75.
- MELLON, C., WIPFLI, M. ET LI, J. 2008. « Effects of forest fire on headwater stream macroinvertebrate communities in eastern Washington, USA». *Freshwater Biology*, vol.53 (11), p. 2331–2343.
- MILLER, J. E. D., ROOT, H. T. ET SAFFORD, H. D. 2018. « Altered fire regimes cause long-term lichen diversity losses ». *Global Change Biology*, vol.24 (10), p. 4909–4918.

- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP). 2023. *Faits saillants*. En ligne : https://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2023/juin.htm#:~:text=Le%20total%20de%20pluie%20mensuel,au%20total%20de%20juin%201995. Consulté le 9 novembre 2023.
- MITIC, V. D., STANKOV JOVANOVIC, V. P., ILIC, M. D. ET NIKOLIC MANDIC, S. D. 2015. « Impact of wildfire on soil characteristics and some metal content in selected plants species of geraniaceae family ». *Environmental Earth Sciences*, vol.73 (8), p. 4581–4594.
- MOODY, J. A., SHAKESBY, R. A., ROBICHAUD, P. R., CANNON, S. H. ET MARTIN, D. A. 2013. « Current research issues related to post-wildfire runoff and erosion processes ». *Earth-Science Reviews*, vol.122, p. 10-37.
- NEARY, D.G., KLOPATEK, C.C, DEBANO, L.F. ET FFOLLIOTT, P.F. 1999. « Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis ». *Forest Ecology Management*, vol.122, p. 51–71 .
- NEARY, D. G.; RYAN, K. C. ET DEBANO, L. F., 2005. *Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol.4. Ogden, United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 250 p.
- NEVILLE, H., DUNHAM, J. ROSENBERG, A., UMEK, J. ET NELSON, B. 2009. « Influence of Wildfire, Habitat Size and Connectivity on Trout in Headwater Streams Revealed by Patterns of Genetic Diversity ». Transactions of the American Fisheries Society, vol.138, p. 1314-1327.
- NOLAN, R.H., LANE, P.N., BENYON, R.G., BRADSTOCK, R.A. ET MITCHELL, P.J. 2015. « Trends in evapotranspiration and streamflow following wildfire in resprouting eucalypt forests ». *Journal of Hydrology*, vol.524, p. 614–624.
- PAUSAS, J. G. ET KEELEY, J. E. 2014. « Evolutionary ecology of resprouting and seeding in fire-prone ecosystems ». *New Phytologist*, vol.204 (1), p. 55-65.
- PEREIRA, P., ÚBEDA, X., MARTIN, D.A., MATAIX-SOLERA, J., CERDÀ, A. ET BURGUET, M. 2013. « Wildfire effects on extractable elements in ash from a Pinus pinaster forest in Portugal ». *Hydrological Processes*, vol.28 (11), p. 3681-3690.
- POPOVYCH, V. ET GAPALO, A. 2021. « Monitoring of Ground Forest Fire Impact on Heavy Metals Content in Edafic Horizons ». *Journal of Ecological Engineering*, vol.22 (5), p. 96-103.
- RAISON, R.J., KHANNA, P.K., JACOBSEN, K.L.S., ROMANYA, J. ET SERRASOLSES, I. 2009. « Effect of fire on forest nutrient cycles ». *Science Publishers*, pp. 225–256.
- ROSE, E.T. ET SIMONS, T.R. 2016. « Avian response to fire in pine-oak forests of Great Smoky Mountains National Park following decades of fire suppression ». *Condor 118*, p. 179–193.
- RUSH, S., KLAUS, N., KEYS, T., PETRICK, J. ET COOPER, R. 2012. « Fire severity has mixed benefits to breeding bird species in the southern Appalachians ». *Forest Ecology and Management*, vol.263, p. 94–100.
- RUST, A.J., HOGUE, T.S., SAXE, S. ET MCCRAY, J. 2018. « Post-fire water-quality response in the western United State ». *International Journal of Wildland Fire*, vol.27, p. 203-216.

- RUST, A.J., RANDELLE, J. TODD, A.S. ET HOGUE, T.S. 2019. « Wildfire impacts on water quality, macroinvertebrate, and trout populations in the Upper Rio Grande ». *Forest Ecology and Management*, vol.453, 117636.
- SANTOSA, Y ET KWATRINA, R.T. 2020. « Effect of forest fire on mammals: comparisons of species diversity on different time-period and area », vol.528 (1).
- SCHAEFER, J.A. ET PRUITT, W.O. JR. 1991. « Fire and woodland caribou in southeastern Manitoba (Canada) ». *Wildlife Monographs*, vol.116, p. 1–39.
- SCHULTZ, L.D. HECK, M.P., HOCKMAN-WERT, D., ALLAI, T., WENGER, S., COOK, N.A. ET DUNHAM, J.B. 2017. « Spatial and temporal variability in the effects of wildfire and drought on thermal habitat for a desert trout ». *Journal of Arid Environnements*, vol.145, p.60-68.
- SCRIMGEOUR, G.J. TONN, W.M. PASZKOWSKI, C.A. ET GOATER, C. 2001. « Benthic macroinvertebrate biomass and wildfires: Evidence for enrichment of boreal subartic lakes ». *Freshwater Biology*, vol.46, p. 367-378.
- SOCIÉTÉ DE PROTECTION DES FORÊTS CONTRE LE FEU (SOPFEU). 2023. *Accueil*. En ligne : https://sopfeu.qc.ca/. Consulté le 12 septembre 2023.
- Taillie, P. J., Braun de Torrez, E. C., Potash, A. D., Boone IV, W. W., Jones, M., Wallrichs, M. A., Schellenberg, F., Hooker, K., Ober, H. K. et McClure, R. A. 2021. « Bat activity response to fire regime depends on species, vegetation conditions, and behavior ». *Forest Ecology and Management*, vol.502.
- Zhang, W. 2017. *Effects of Prescribed Forest Fire on Water Quality and Aquatic Biota in the Southeastern United States*. Theses, Clemson University. 82 p. et ann.

ANNEXE

B

RÉSUMÉ DES CONSULTATIONS

GROUPE MINIER WINDFALL

PROJET MINIER WINDFALL

PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ – RÉSUMÉ DES CONSULTATIONS

TERRITOIRE D'EEYOU ISTCHEE BAIE-JAMES

NOVEMBRE 2023

RÉFÉRENCE WSP : CA0004658.7070

VERSION FINALE



GROUPE MINIER WINDFALL

PROJET MINIER WINDFALL

PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ – RÉSUMÉ DES CONSULTATIONS

TERRITOIRE D'EEYOU ISTCHEE BAIE-JAMES

VERSION FINALE

RÉFÉRENCE WSP : CA0004658.7070

NOVEMBRE 2023

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

TÉLÉPHONE : +1-418-623-2254
TÉLÉCOPIEUR : +1-418-624-1857

WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Émilie Deschênes Dénommé, M. Env.
Chargée de projet

20 novembre 2023
Date

RÉVISÉ PAR



Marie-Hélène Brisson, biologiste
Directrice de projet

20 novembre 2023
Date

LIMITATIONS

WSP Canada Inc. (« WSP ») a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire Groupe Minier Windfall, conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de terminer ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, comme indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

CLIENT

GROUPE MINIER WINDFALL

Directeur, Relations communautaires et ESG	Jean-François Belleau
Agent de liaison	Danny Happyjack
Vice-présidente, Environnement et Relations communautaires	Andréanne Boisvert, géographe, M.A.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Marie-Hélène Brisson, biologiste
Professionnelle, études d'impacts	Émilie Deschênes Dénommé, M. Env.
Édition	Linette Poulin

RÉFÉRENCE À CITER

WSP. 2023. Projet Minier Windfall. Programme de biodiversité – Résumé des consultations. Territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Rapport produit pour Groupe Minier Windfall. Référence WSP : CA0004658.7070. 8 pages.

TABLE DES MATIÈRES

1 Compte rendu de la consultation – Milieu autochtone 1

1.1 Information de la consultation 1

1.2 Déroulement de la consultation 1

1.3 Questions et réponses 2

2 Compte rendu de la consultation – Milieu allochtone 5

2.1 Information de la consultation 5

2.2 Déroulement de la consultation 5

2.3 Questions et réponses 6

Tableaux

Tableau 1-1 Consultation de la Première Nation des Cris de Waswanipi 1

Tableau 1-2 Faits saillants de la consultation de la PNCW 4

Tableau 2-1 Consultation de la ville de Lebel-sur-Quévillon 5

Tableau 2-2 Faits saillants de la consultation de Lebel-sur-Quévillon 8

1 Compte rendu de la consultation – Milieu autochtone

1.1 Information de la consultation

L'un des objectifs du programme de biodiversité du projet minier Windfall (le Projet) est d'intégrer les intérêts et préoccupations de la communauté dans le développement du programme. Pour ce faire, Groupe Minier Windfall (GMW) a réalisé des consultations auprès de la principale communauté concernée, soit la Première Nation des Cris de Waswanipi (PNCW). Le tableau 1-1 présente les informations de la consultation effectuée auprès de la communauté de Waswanipi.

Tableau 1-1 Consultation de la Première Nation des Cris de Waswanipi

INFORMATION DE LA CONSULTATION	
Date:	2023-11-06
Horaire	11 h 30 à 12 h : Rencontre avec la Cheffe de la PNCW
	12 h à 13 h : Rencontre avec le Directeur des Ressources naturelles de la PNCW
	18 h 20 à 19 h : Présentation du programme de biodiversité
	19 h à 19 h 40 : Séance de questions et réponses
Lieu de la rencontre:	Centre communautaire de Waswanipi
Document:	Présentation PowerPoint : Programme de biodiversité (annexe C du programme de biodiversité)
Présents à la rencontre	**Présentateur et facilitateur – Groupe Minier Windfall** — Jean-François Belleau, Directeur Relations communautaires & ESG — Danny Happyjack, Agent de liaison **Consultante - WSP** — Émilie Deschênes Dénommé, Professionnelle - Études d'impacts

1.2 Déroulement de la consultation

La présentation aux membres de la PNCW a débuté à 18 h 20. Au total, six personnes ont participé à l'activité de consultation. Le maître de trappage du terrain W25B et sa conjointe (M. Marshall Icebound et Mme Judy Trapper) étaient tous deux présents, de même qu'un maître de trappage d'un terrain plus au sud du projet, aussi accompagné de sa conjointe. Un autre membre de la PNCW était présent à la rencontre. Le maître de trappage du terrain W26 (M. William Dixon) est par ailleurs arrivé à la toute fin de la rencontre. Le représentant de GMW, M. Jean-François Belleau, lui a ainsi fait une présentation personnalisée.

M. Belleau a débuté la présentation en expliquant le contexte ayant conduit à l'élaboration du programme de biodiversité. Il a mentionné que l'objectif principal de la consultation était de recueillir leurs commentaires sur les études proposées. Il a aussi précisé que des rencontres individuelles avaient été tenues au cours de l'après-midi avec la Cheffe de la PNCW, Mme Irene Neeposh, et le Directeur des Ressources naturelles de la PNCW, M. Steven Blacksmith.

Il a poursuivi avec la présentation du programme de biodiversité (annexe C du programme de biodiversité) qui incluait les éléments suivants : une mise en contexte de la situation sur les feux de forêt, les objectifs du programme, les principaux effets des feux de forêt sur le milieu naturel, les études environnementales proposées ainsi que l'échéancier.

À la fin de la présentation, les participants ont été invités à poser leurs questions et émettre leurs commentaires. Le résumé des questions, commentaires, préoccupations et suggestions soulevés lors de la présentation et des consultations individuelles est présenté à la section 1.3.

1.3 Questions et réponses

Les commentaires reçus concernant le programme de biodiversité et sa présentation sont, dans l'ensemble, positifs. Les principales interventions ayant eu lieu lors de la présentation sont résumées ci-après.

- Au cours de la présentation, M. Belleau mentionne que la Cheffe a indiqué qu'il était difficile d'étudier le lièvre sans aussi étudier le lynx. Il demande aux participants s'ils jugent important de réaliser un suivi pour le lynx.
  - Une participante (Mme Trapper) répond qu'elle juge important d'étudier le lynx, car il fait toujours partie de leur alimentation.
- Une participante (Mme Trapper) suggère d'impliquer des membres de la communauté, particulièrement des jeunes, dans la collecte de données sur le terrain. Elle dit que ce pourrait être un moyen pour les jeunes d'apprendre comment effectuer des inventaires et des échantillonnages. Elle ajoute que cela pourrait être fait par le biais d'un programme spécifique développé en collaboration avec GMW.
  - M. Belleau mentionne que c'est une idée intéressante.
- La même participante propose que GMW participe à la journée carrière qui se déroule annuellement dans la communauté. Elle ajoute que ce pourrait être une bonne occasion de présenter ce programme spécifique pour les jeunes.
- Un participant indique qu'il possède un terrain de trappage au sud du lac Barry. Il mentionne que certains cours d'eau s'écoulent vers le sud, en direction de Senneterre, alors que d'autres s'écoulent vers le nord. Il se questionne sur l'effet des feux sur l'eau en fonction du sens d'écoulement des cours d'eau. Il précise qu'il n'a pas encore vu d'effet sur les cours d'eau de son terrain de trappe.
  - Une participante (Mme Trapper) mentionne que WSP a réalisé des études sur le sens d'écoulement des cours d'eau.
- L'agent de liaison de GMW (M. Danny Happyjack) mentionne qu'il a vu beaucoup plus d'orignaux sur son terrain de trappage depuis le feu. Il mentionne qu'il a observé, lors du survol de son terrain de trappage en avion, qu'il y avait aussi beaucoup plus de surfaces rocheuses visibles. Il précise qu'environ 75 % de son terrain de trappage a été brûlé.
- Une participante (Mme Trapper) mentionne qu'il est plus facile de faire le suivi du lièvre et du lynx en hiver. Elle suggère de réaliser des études sur ces deux espèces au cours de la période hivernale.
- La même participante mentionne qu'elle a recommencé à trapper le lièvre depuis le feu, mais qu'elle n'a rien vu pour le moment. Elle dit que certains de ses secteurs de trappage ont été brûlés, mais qu'il y a des secteurs non brûlés à l'arrière. Elle ajoute qu'elle pourra voir si les lièvres reviennent d'ici quelques semaines.

- Cette même participante indique qu'elle a observé des traces de caribou à l'est du site depuis le feu.
- Le maitre de trappage, M. William Dixon (W26), mentionne que jadis, son père avait coutume d'utiliser des secteurs brûlés qui étaient plus productifs pour les orignaux. Il mentionne qu'il n'a pas vu de différence pour la présence des orignaux sur son terrain de trappage depuis le feu de forêt. Il fait remarquer que les feux de forêts ont rendu plusieurs affleurements rocheux accessibles, ce qui peut faciliter la prospection.
- Ce même participant indique qu'il ne laissera pas les compagnies forestières couper les arbres brûlés sur son terrain de trappage. Il dit qu'il se servira des secteurs brûlés pour la cueillette de bleuets. Il mentionne que les orignaux et les ours sont déjà revenus près de son camp. Il ajoute que lorsque les arbres sont coupés dans les secteurs brûlés, qu'il ne voit plus d'ours et d'orignaux. Il indique que les arbres qui repoussent naturellement dans les secteurs brûlés grandissent plus vite que les arbres plantés.
- Le même participant mentionne qu'il a observé des orignaux qui mangeaient en bordure de la route dans un secteur non brûlé. Il ajoute qu'il a aussi vu sept loups près de son camp (dans un secteur brûlé).

La Cheffe de la PNCW s'est aussi dite satisfaite du programme de biodiversité présenté par GMW lors d'une rencontre individuelle. Elle a mentionné apprécier l'implication du maître de trappage du terrain W25B et de sa conjointe pour l'élaboration de l'étude sur les plantes (bleuet et thé du Labrador). Elle a toutefois suggéré d'ajouter le lynx dans les études puisqu'il est lié à la présence du lièvre.

Le Directeur des Ressources Naturelles de la PNCW (aussi rencontré individuellement) a suggéré d'ajouter une collaboration avec la communauté pour une étude sur l'orignal. Il a mentionné que la communauté souhaitait entreprendre une étude avec des colliers GPS et qu'elle était présentement en train de regarder pour le financement de cette étude.

Les faits saillants des questions, commentaires, préoccupations et suggestions soulevés lors de la consultation sont présentés par composante au tableau 1-2.

Tableau 1-2 Faits saillants de la consultation de la PNCW

Composante	Type d'intervention	Question / Commentaire / Préoccupation / Suggestion
Effets des feux de forêt sur le milieu naturel et la faune	Commentaire / Préoccupation	Préoccupation quant à l'effet des feux de forêt sur les cours d'eau au sud du projet. Mention qu'aucun effet n'a été observé jusqu'à maintenant.
	Commentaire	Observation d'un plus grand nombre d'orignaux sur un terrain de trappage brûlé sur 75 % de sa superficie. Meilleure visibilité de la roche au sol dans les secteurs brûlés.
	Commentaire	Mention de la reprise des activités de trappage du lièvre dans des secteurs brûlés, sans succès jusqu'à maintenant.
	Commentaire	Observation de traces de caribou à l'est du site Windfall depuis le feu.
	Commentaire	Mention que les secteurs brûlés étaient jadis reconnus comme des secteurs plus productifs pour les orignaux.
	Commentaire	Commentaire à l'effet qu'aucun changement n'a été observé quant au nombre d'orignaux observés sur l'un des terrains de trappage depuis le feu.
	Préoccupation / commentaire	Préoccupation quant aux possibles coupes forestières dans les secteurs brûlés. Mention que les arbres repoussent plus rapidement lorsqu'il n'y a pas de coupe, que les ours et orignaux reviennent plus rapidement et que ce sont des secteurs utilisés pour la cueillette de bleuets.
	Commentaire	Observation de sept loups près d'un camp de trappage, dans un secteur brûlé.
Études environnementales	Suggestion	Suggestion d'étudier le lynx en raison de son lien avec le lièvre (mentionné par une personne et corroboré par une deuxième).
	Suggestion	Suggestion de développer un programme pour impliquer les jeunes de la communauté lors des inventaires et échantillonnages sur le terrain.
	Suggestion	Suggestion de participer à la journée carrière de la communauté pour promouvoir ce potentiel programme d'implication des jeunes.
	Suggestion	Suggestion de réaliser le suivi du lièvre et du lynx en hiver puisque c'est une période plus propice.
	Suggestion	Suggestion d'un appui financier à la PNCW pour mettre en œuvre une étude sur les orignaux (avec colliers GPS).
Développement du programme de biodiversité	Commentaire	Mention de la satisfaction face au programme de biodiversité et à l'implication d'un maître de trappage et de sa conjointe pour le développement de l'étude sur les plantes (bleuet et thé du Labrador).

2 Compte rendu de la consultation – Milieu allochtone

2.1 Information de la consultation

Considérant la proximité du Projet avec la ville de Lebel-sur-Quévillon, GMW a également organisé une consultation pour le programme de biodiversité avec le conseil municipal et les citoyens. Les informations sur cette consultation sont présentées au tableau 2-1.

Tableau 2-1 Consultation de la ville de Lebel-sur-Quévillon

INFORMATION DE LA CONSULTATION	
Date :	2023-11-08
Horaire :	18 h à 18 h 30 : Présentation du programme de biodiversité
	18 h 30 à 18 h 45 : Séance de questions et réponses
Lieu de la rencontre :	Salle du conseil municipal de Lebel-sur-Quévillon et Microsoft Teams
Document :	Présentation PowerPoint : Programme de biodiversité (annexe C du programme de biodiversité)
Présents à la rencontre :	**Présentateur – Groupe Minier Windfall** — Jean-François Belleau, Directeur Relations communautaires & ESG **Consultante - WSP** — Émilie Deschênes Dénommé, Professionnelle - Études d'impacts (via Microsoft Teams)

2.2 Déroulement de la consultation

La présentation au conseil municipal de Lebel-sur-Quévillon a débuté à 18 h. Cinq conseillers municipaux ainsi que le maire de Lebel-sur-Quévillon, M. Guy Lafrenière, étaient présents. Les citoyens avaient été invités à cette activité de consultation publique, qui se tenait lors d'une séance régulière du conseil municipal, par un communiqué diffusé sur les médias sociaux, mais aucune inscription n'a été enregistrée.

Le maire de Lebel-sur-Quévillon a ouvert la séance et invité le représentant de GMW à débuter sa présentation. Le représentant de GMW, M. Jean-François Belleau, s'est présenté et a mentionné qu'une consultante de WSP assistait à la rencontre via Microsoft Teams. Il a ensuite dévoilé le nouveau Logo de GMW au maire et aux conseillers municipaux en rappelant le contexte de fusion récente de l'entreprise. Il a poursuivi avec la présentation du programme de biodiversité (annexe C du programme de biodiversité) qui incluait les éléments suivants : une mise en contexte de la situation sur les feux de forêt, les objectifs du programme, les principaux effets des feux de forêt sur le milieu naturel, les études environnementales proposées, ainsi que l'échéancier.

À la fin de la présentation, les conseillers municipaux ont été invités à poser leurs questions et émettre leurs commentaires. Le résumé des questions et commentaires est présenté à la section 2.3. M. Belleau a rappelé que ce qui incitait GMW à développer ce programme sur la biodiversité était principalement dû au fait que la fréquence des feux de forêt était appelée à augmenter en raison des changements climatiques et que l'entreprise souhaitait, en ce sens, participer au développement des connaissances scientifiques appliquées au contexte régional.

M. Belleau a conclu la rencontre en proposant de revenir faire une présentation aux citoyens sur l'avancement du projet et sur le programme de biodiversité en 2024. Il a aussi mentionné qu'une nouvelle plateforme Web avec une salle virtuelle avait été développée pour présenter le projet à la collectivité.

2.3 Questions et réponses

Les commentaires reçus concernant le programme de biodiversité et sa présentation sont, dans l'ensemble, positifs. Le maire et les conseillers municipaux ont remercié GMW de s'être déplacé pour cette présentation. Le maire a mentionné que c'était à son avis un excellent programme à mettre en œuvre. Les principales interventions sont résumées ci-après.

- Un participant demande pourquoi il y a une diminution de l'oxygène pour les poissons après un feu de forêt.
  - M. Belleau et Mme Deschênes Dénommé expliquent que des nutriments se retrouvant dans les cendres ou les sols peuvent être transportés dans les cours d'eau lors d'évènements de pluie. Ils mentionnent que l'apport de nutriments peut conduire à la croissance des algues qui consomment davantage d'oxygène, ce qui laisse moins d'oxygène disponible dans l'eau pour les poissons.
- Un participant demande pourquoi il peut y avoir moins d'épinette après un feu de forêt.
  - M. Belleau mentionne que l'épinette prend plus de temps à se régénérer et est donc moins présente dans les premières années suivant un feu.
- Un participant questionne s'il y aura un rapport des études environnementales en 2024, avant le rapport final en 2033.
  - M. Belleau répond que des rapports sommaires seront disponibles pour les années où il y aura des suivis sur le terrain.
- Un participant demande pourquoi GMW élabore ce programme de biodiversité, si c'est pour avoir des permis ou pour protéger les activités de la mine.
  - M. Belleau dit qu'ils ne sont pas obligés de le faire, mais que c'est souhaitable. Il mentionne que GMW voulait développer un programme qui soit pertinent pour la communauté dans le contexte actuel. Il ajoute que cela leur permettra également de faire la comparaison avec les zones qui sont exposées aux activités du projet.
- Un participant s'interroge sur la disponibilité de données comparables avant le feu pour les études qui seront réalisées.
  - M. Belleau mentionne qu'il n'y a pas de données antérieures pour le suivi des métaux dans les plantes.
- Un participant demande s'il y a des caribous près du site du Projet.
  - M. Belleau répond que certains ont été répertoriés à proximité.
  - Un autre participant indique se souvenir que des caribous avaient été observés à proximité du site.
  - M. Belleau mentionne que les études réalisées par GMW permettront d'avoir des données à plus long terme sur l'effet des feux. Il dit que même si les données sont collectées près du site, elles donneront des indications pour d'autres milieux similaires.

- Un participant demande si, lorsque parle de métaux, ce sont des métaux lourds.
  - Mme Deschênes Dénommé répond que les études font en partie référence aux métaux lourds.
- Un participant indique que, selon lui, les changements qui seront répertoriés et les études réalisées s'appliqueront ailleurs qu'au site de Windfall. Il mentionne que ce sera pertinent aussi pour le secteur de Lebel-sur-Quévillon puisque certains oiseaux qui se trouvent au site du Projet sont aussi présents dans les environs de la ville.
- Un participant demande s'il y a déjà eu des études sur l'effet des feux de forêt à Lebel-sur-Quévillon.
  - Un autre participant mentionne qu'il y avait eu certaines études sur la qualité de l'eau du lac Labrie lors d'un précédent feu, mais que les résultats n'ont pas été partagés.
  - M. Belleau mentionne qu'il y a probablement eu des études antérieures, mais que cela a été fait de manière isolée, sans que les résultats soient partagés.
- Un participant demande si le début des activités est prévu pour 2024.
  - M. Belleau dit que ce n'est pas nécessairement le cas.
- Un participant indique qu'il a vu plusieurs lièvres jusqu'au kilomètre 35 sur le chemin du Projet depuis le feu de cet été.
- Le maire émet le commentaire que c'est un excellent programme et que les citoyens auraient probablement été intéressés de voir cette présentation s'ils avaient eu une meilleure idée de ce qui allait être présenté. Il ajoute que c'est intéressant pour les utilisateurs du territoire puisque le feu est passé partout aux alentours de Lebel-sur-Quévillon.
  - M. Belleau mentionne qu'il pourrait revenir présenter le programme lorsqu'il sera plus définitif.

Les faits saillants des questions et commentaires soulevés lors de la consultation sont présentés par composante au tableau 2-2.

Tableau 2-2 Faits saillants de la consultation de Lebel-sur-Quévillon

Composante	Type d'intervention	Question / Commentaire
Effets des feux de forêt sur le milieu naturel et la faune	Question	Questionnement sur la diminution d'oxygène dans l'eau pour les poissons.
	Question	Questionnement sur la raison de la diminution de la présence d'épinette.
	Question	Questionnement sur la présence de caribous à proximité du site du Projet.
	Question	Questionnement sur la présence de métaux lourds à la suite des feux de forêt.
	Commentaire	Observation de plusieurs lièvres après les feux sur le chemin du site du Projet.
Études environnementales	Question	Questionnement sur la disponibilité de données avant le feu.
	Question	Questionnement sur la réalisation d'études antérieures sur l'effet des feux de forêt dans le secteur de Lebel-sur-Quévillon.
	Commentaire	Mention de la pertinence des études environnementales (p. ex. oiseaux) pour le secteur de Lebel-sur-Quévillon.
Rapports et présentation des résultats	Question	Questionnement sur la disponibilité d'un rapport présentant la conclusion des études en 2024.
Raison d'être du programme de biodiversité	Question	Questionnement sur la raison d'être du programme de biodiversité et sur la nécessité pour GMW de le développer (exigences règlementaires).
	Commentaire	Mention de l'excellence du programme et de l'intérêt probable des citoyens de Lebel-sur-Quévillon.
Début des activités du Projet	Question	Questionnement sur la date de début des activités minières du Projet.

ANNEXE

C

PRÉSENTATION POWERPOINT DU PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ

WINDFALL
GROUPE MINIER



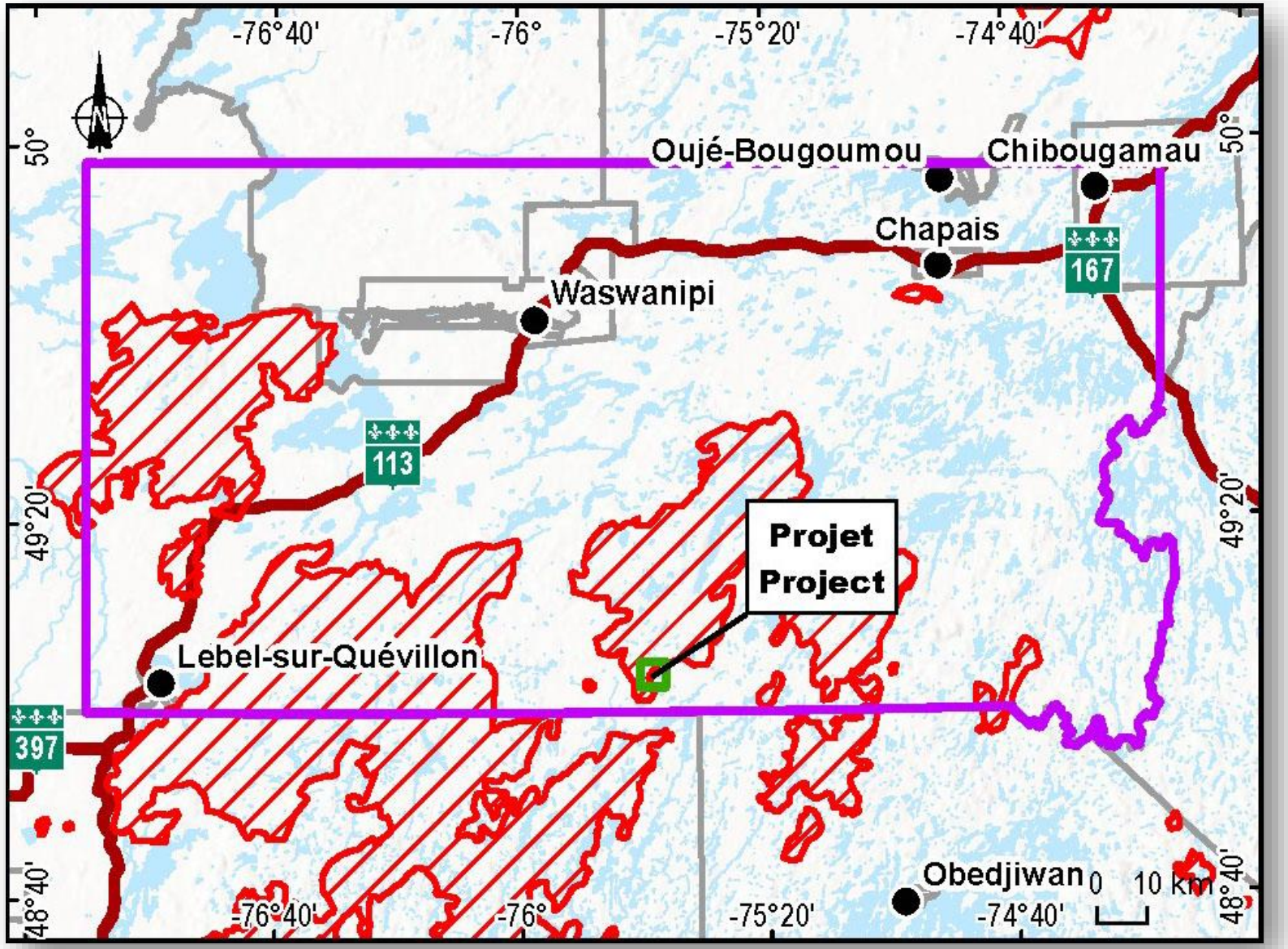
Projet minier Windfall

Programme de biodiversité

Novembre 2023

Plan de la présentation

- Contexte
- Objectifs du programme de biodiversité
- Effets des feux de forêt et études proposées
  - *Sol et eau de surface (caractéristiques de l'eau)*
  - *Végétation (bleuet, thé du labrador, diversité et densité de la végétation)*
  - *Faune terrestre (oiseau, lièvre et caribou)*
  - *Organismes aquatiques (benthos)*
- Échéancier
- Conclusion



Contexte

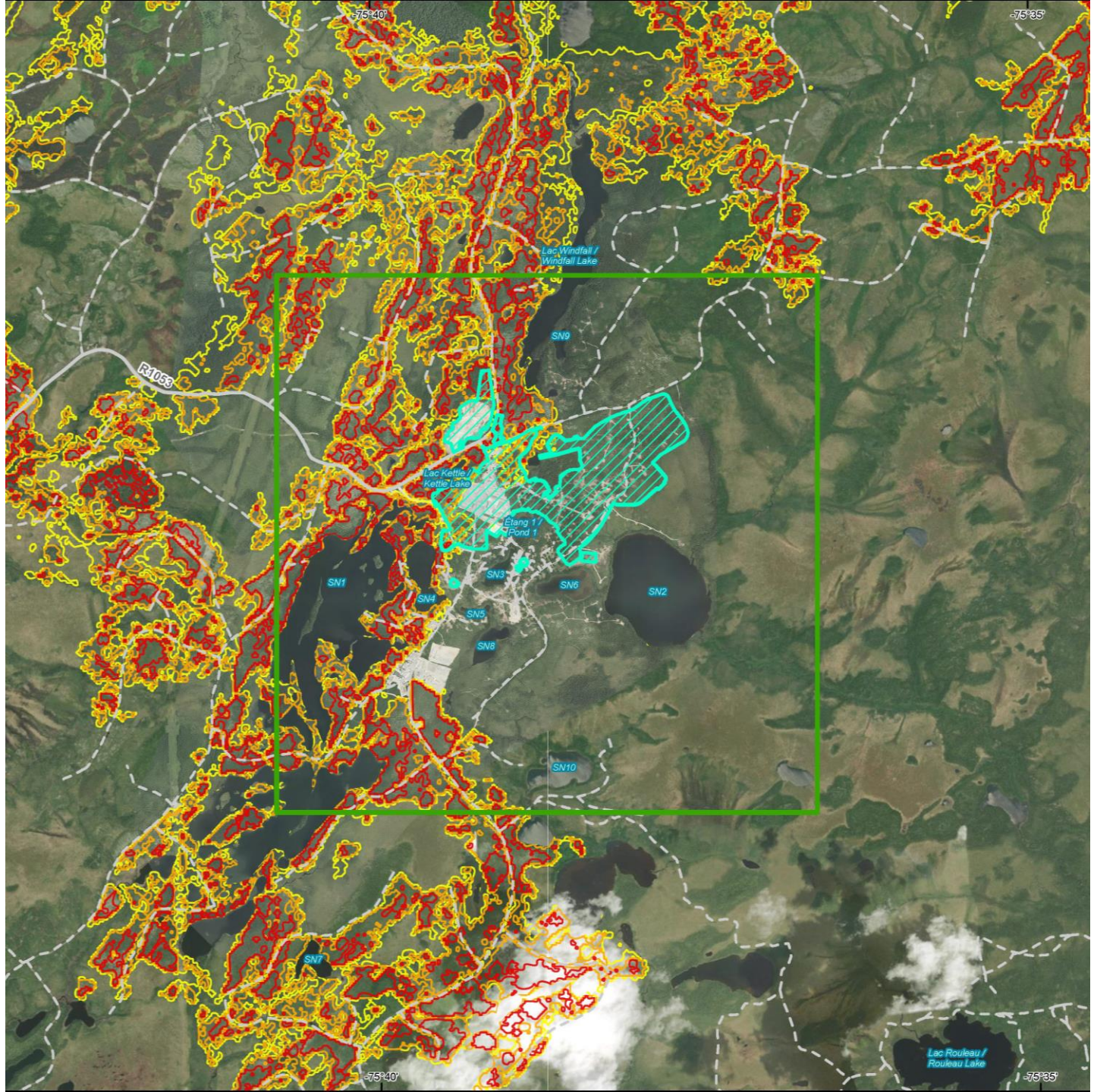
- Sévères incendies de forêt de l'été 2023
- Grandes parcelles du territoire affectées

↓

- Dommages aux camps et lieux de villégiature
- Accès restreint au territoire pour les activités récréatives et traditionnelles
- Perte de superficie de forêt et déplacement de la faune

↓

- Altération des activités de chasse, pêche et cueillette



Site Windfall

- Passage du feu à partir du nord vers le sud, séparant le site en deux
- Proportion significativement perturbée pour le secteur à l'ouest
- Les infrastructures existantes ont eu des dommages mineurs

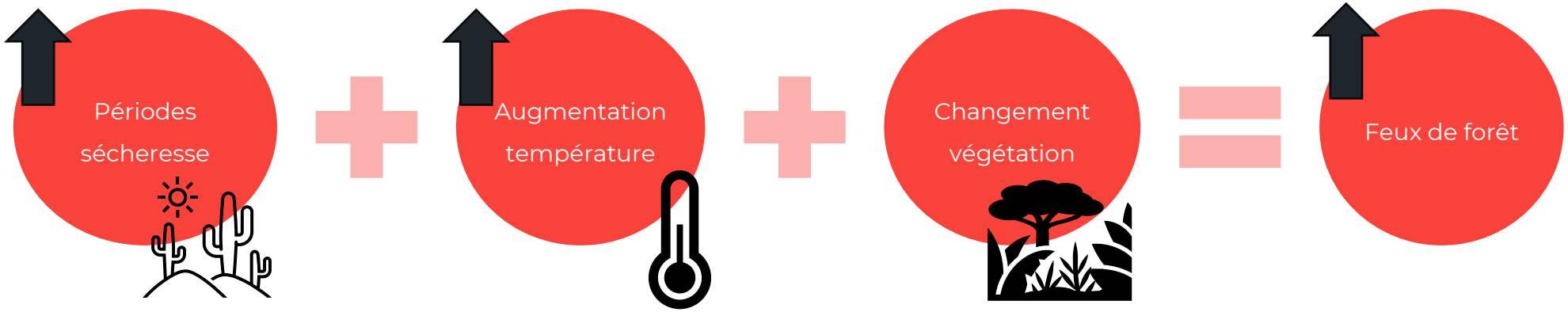
WINDFALL
GROUPE MINIER

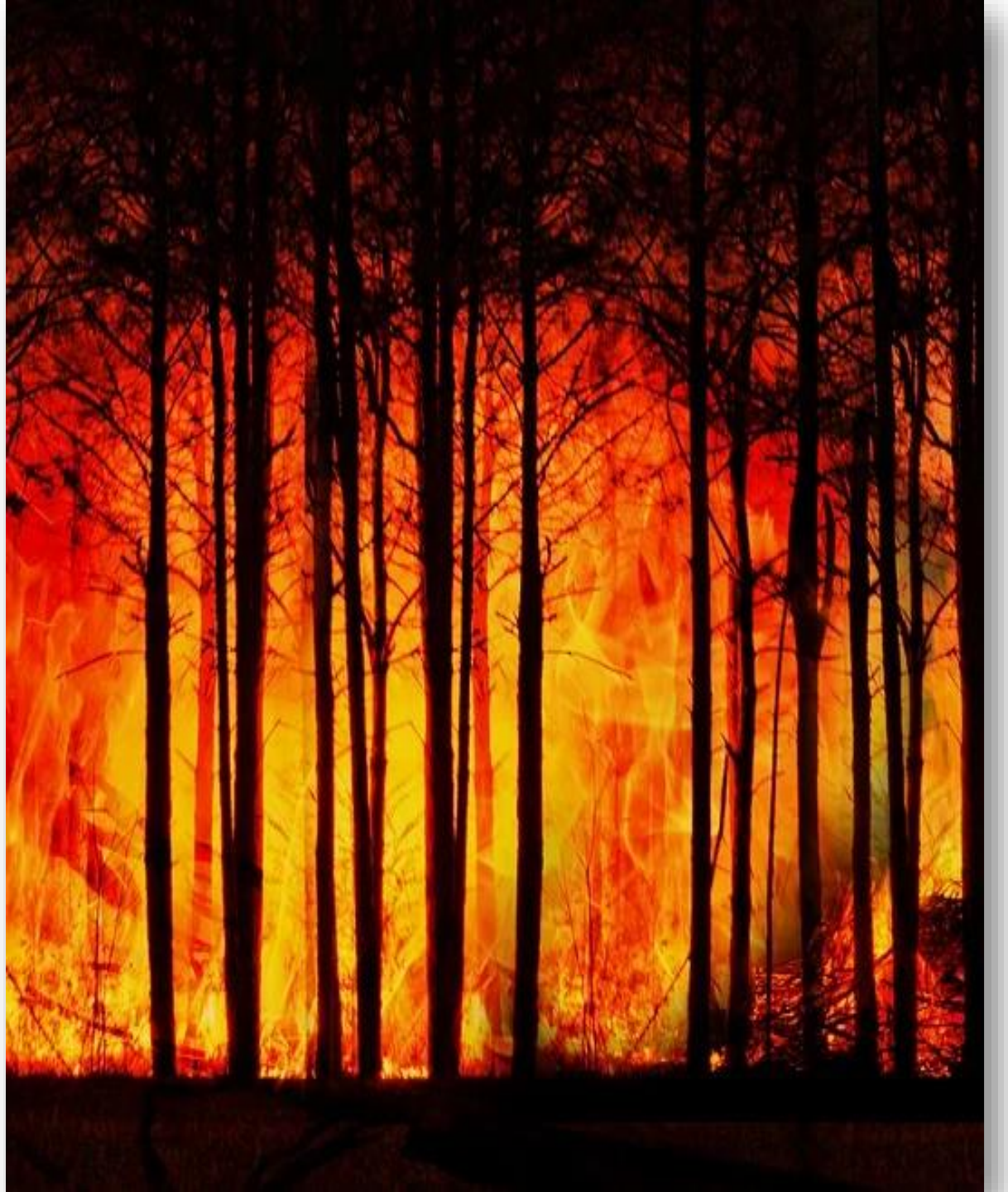
wsp

Pourquoi un programme de biodiversité sur les effets des feux de forêt?

- Effets sur les utilisateurs de territoire, les activités récréatives et traditionnelles, la végétation et la faune
- Préoccupations des effets sur la faune
- Risque de fréquence plus élevée avec les changements climatiques







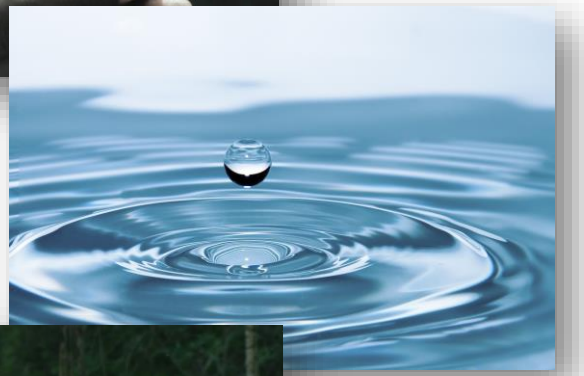
Objectifs du programme de biodiversité

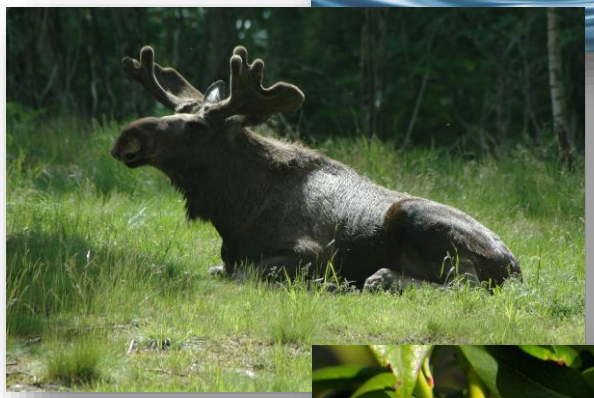
- **Améliorer la compréhension des effets des feux de forêt sur la végétation et la faune :**
  - *Documenter les principaux effets sur le milieu naturel (revue de littérature)*
  - *Identifier les effets des feux de forêt sur l'eau, la végétation et la faune près du site Windfall (études environnementales)*
  - *Intégrer les savoirs traditionnels et les préoccupations des utilisateurs du territoire dans le développement du programme (processus de consultation continu)*

Ce qui a été fait à ce jour…

- Revue de littérature (études existantes) sur les effets des feux de forêt sur le sol, l'eau, la végétation et la faune
- Identification de potentielles études environnementales, en fonction des éléments suivants :
  - *Effets documentés*
  - *Activités récréatives et traditionnelles et espèces végétales ou fauniques valorisées*









WINDFALL GROUPE MINIER

wsp





Effets des feux de forêt sur le sol et l'eau

Végétation

- Réduction de la végétation au sol

Sol

- Modification de la composition du sol
- Augmentation du pH et des métaux

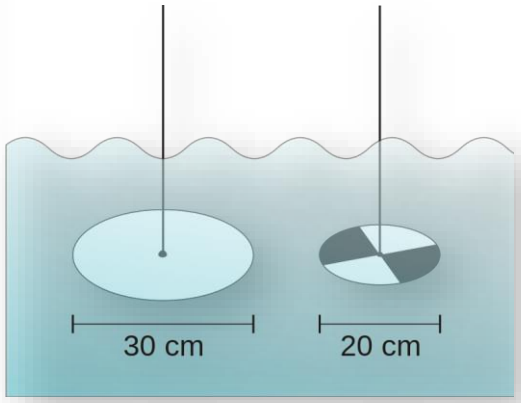
Eau

- Augmentation des débits lors des hautes eaux, de la température, des débris, des métaux et du pH
- Moins d'oxygène dans l'eau (pour les poissons)

Eau de surface : *Études proposées*

Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il des modifications des caractéristiques des cours d'eau et lacs? • Si oui, combien de temps faut-il pour revenir aux conditions antérieures?	• Lacs et cours d'eau non influencés par les activités au site. • Secteurs affectés et non affectés par le feu de forêt. • Hors de la période des glaces.	• Sonde pour mesurer les caractéristiques de l'eau.	• Année 1 (2024) • Année 3 (2026) • Année 5 (2028)











Végétation : *Effets des feux de forêt*

- **Modification du couvert de la végétation et de la diversité**
  - ↓ Lichen et mousse
  - ↑ Arbustes et herbes
  - ↓ Couvert des arbres
  - ↓ Épinette noire
- **Modification des forêts en raison des feux de forêt plus fréquents**
  - *Épinette noire* → *tremble et bouleau*
- **Absorption de métaux par les plantes**

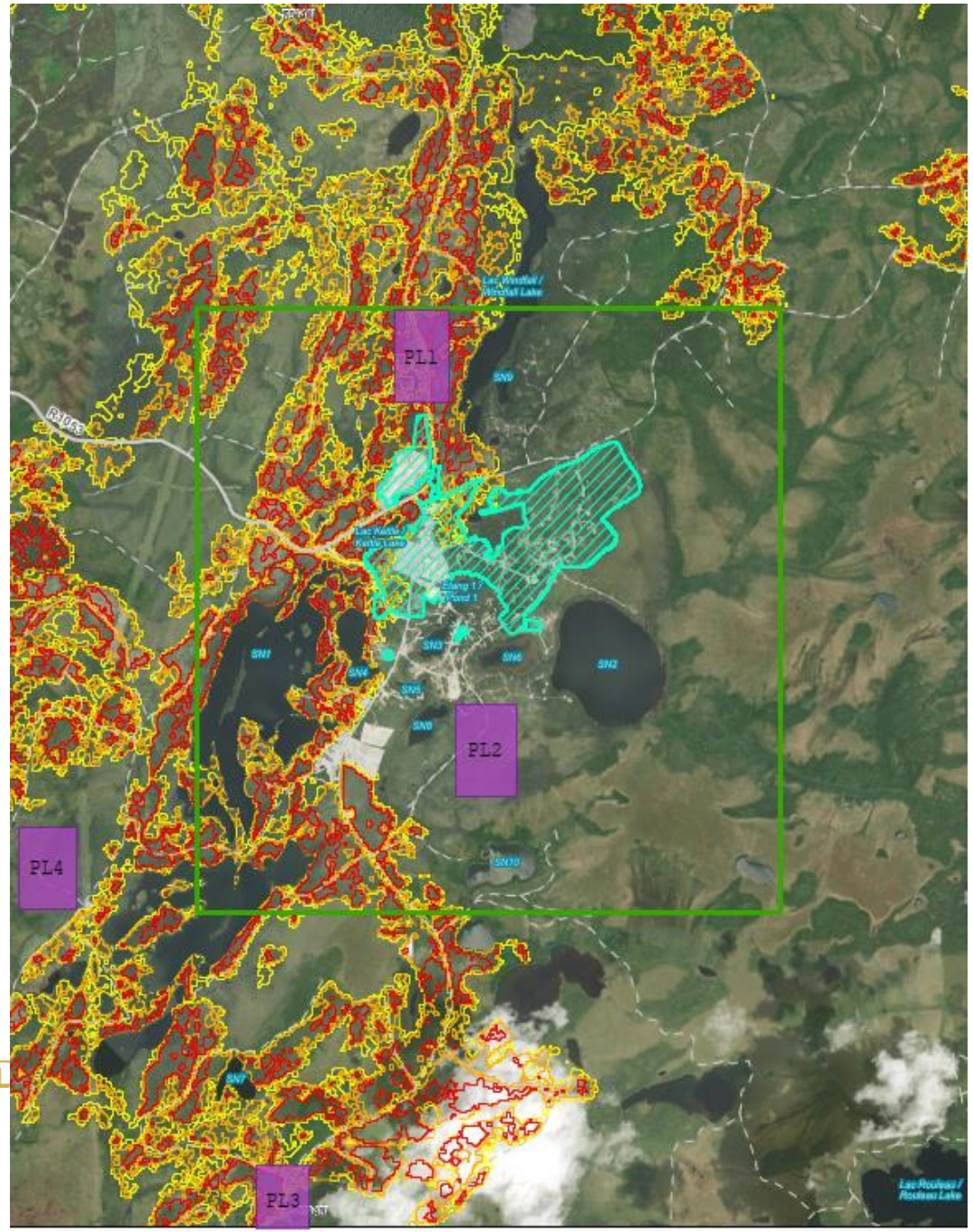
Végétation – Modification des concentrations naturelles de métaux :
Études proposées

Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il des modifications dans les concentrations naturelles de métaux dans les plantes valorisées? • *Bleuet* • *Thé du labrador*	• 4 secteurs (diapositive suivante) : • 2 près du site • 2 au sud et sud-ouest du site • Pendant l'été, au cours de la saison des bleuets	• Cueillette de feuilles et fruits • Analyse en laboratoire des concentrations de métaux	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028) • Année 9 (2032)









Végétation – Modification des concentrations naturelles de métaux : *Études proposées*

Secteurs de prélèvement

	Exposé aux vents dominants	Exposé aux activités du projet	Affecté par le feu
Près du site du projet			
Secteur 1	**X**	**X**	**X**
Secteur 2		**X**	
Au sud et sud-ouest du site du projet			
Secteur 3			**X**
Secteur 4			

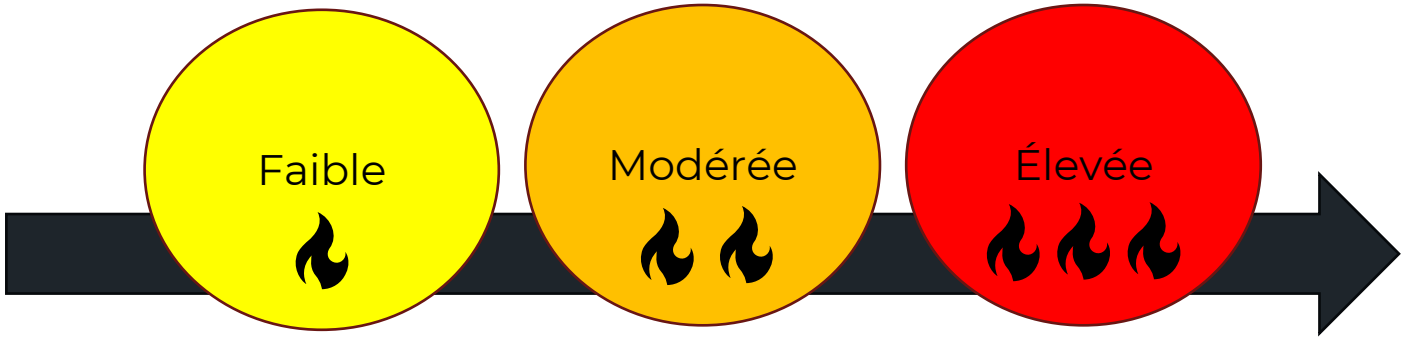




Végétation – Diversité des plantes et arbres :
Études proposées

Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il des modifications dans la diversité des plantes et arbres? • Est-ce que les types de plantes et d'arbres varient en fonction de la sévérite des feux?	• 4 secteurs durant l'été : • 1 secteur non affecté par le feu • 1 secteur avec feu de faible sévérité • 1 secteur avec feu de sévérité modérée • 1 secteur avec feu de sévérité élevée	• Observation de la végétation sur le site • Identification des arbres et plantes	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028) • Année 9 (2032)



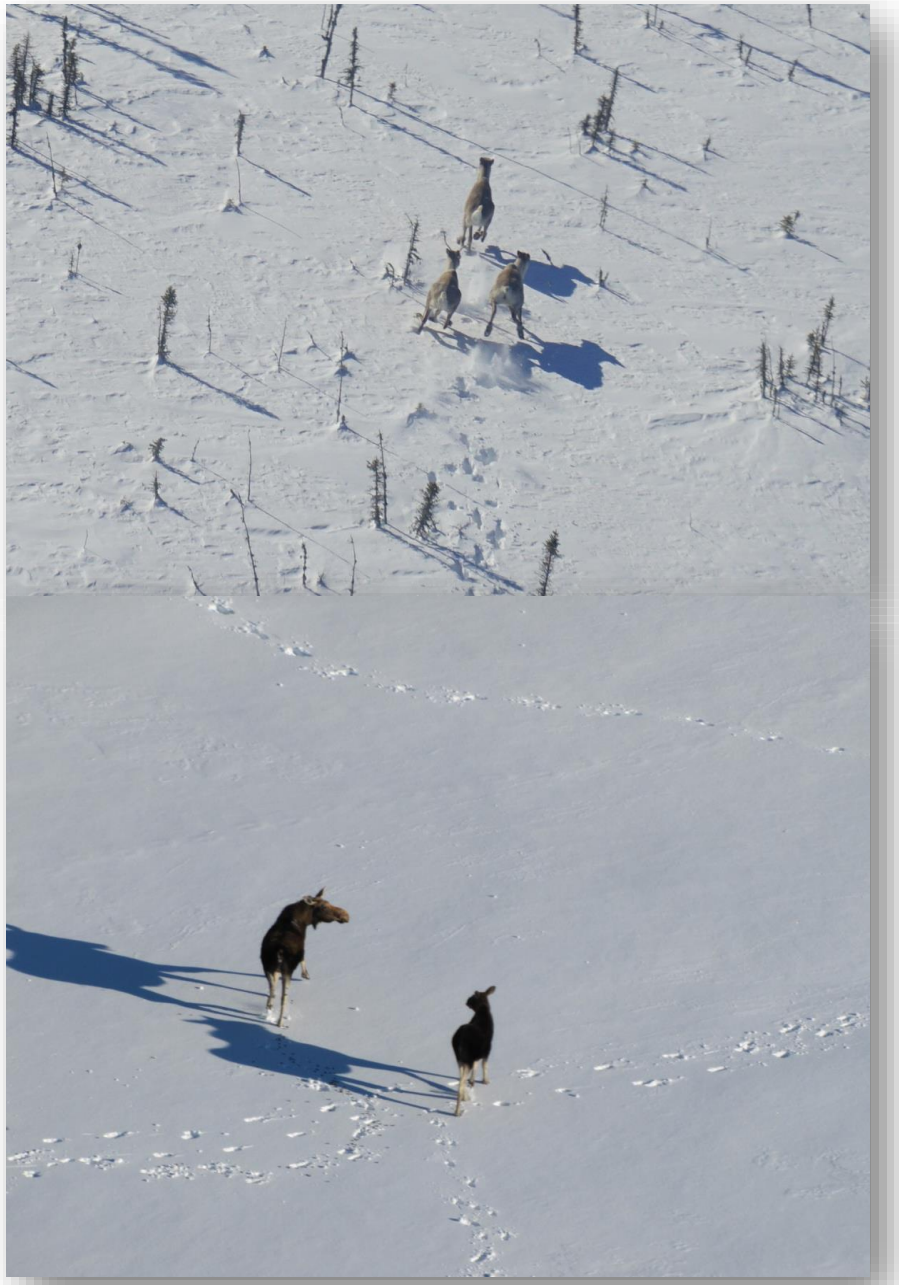


Végétation – Densité (couvert de la forêt) :
Études proposées

Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il une modification de la densité du couvert des arbres?	• Aux alentours du site	• Avec des images satellites	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028) • Année 9 (2032)







Faune terrestre :
Effets des feux de forêt

Habitat

- ⬇ Couvert des arbres
- ⬇ Lichen et mousse
- ⬆ Bois mort et chicots

Nombre d'espèces

- Premières années :
  - ⬇ oiseaux, chauves-souris, lièvres, loups et caribous
  - ⬆ micromammifères (ex. : souris) et orignaux

Type d'espèces

- Certaines espèces de chauves-souris et d'oiseaux préfèrent les secteurs de forêts ouvertes ou avec du bois mort
- Les caribous abandonnent souvent les sites brûlés (moins de nourriture)

WINDFALL GROUPE MINIER

wsp

Oiseaux :
Études proposées





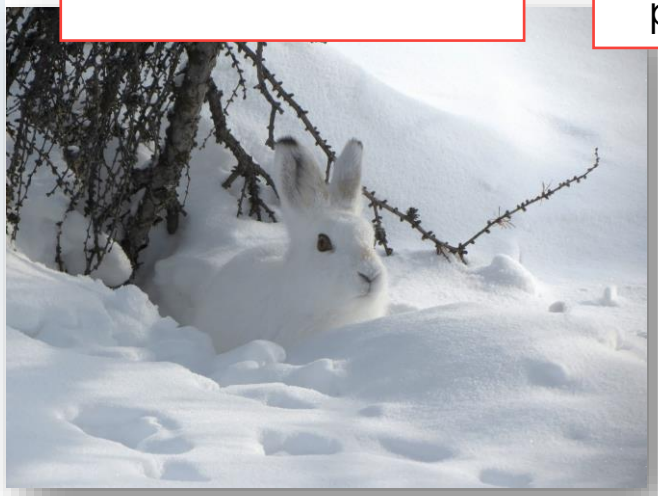


Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il des changements dans les espèces d'oiseaux utilisant le secteur? • Est-ce que les espèces d'oiseau qui étaient présentes reviennent? Combien de temps cela prend-t-il?	• Mêmes secteurs que pour la végétation (si possible) • Secteurs affectés et non affectés par le feu • Au cours d'une période de 3 semaines, au début de l'été	• Spécialistes au site	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028) • Année 9 (2032)

Lièvre :
Études proposées



Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Est-ce que les lièvres reviennent dans le secteur? • Combien de temps cela prend-t-il?	• Mêmes secteurs que pour la végétation et les oiseaux (lorsque possible) • Secteurs affectés et non affectés par le feu	• Observation de fèces (excréments) et broutage (végétation mangée)	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028)



Caribou :
Étude potentielle

- Évalue présentement la possibilité de prendre part à une étude plus approfondie du déplacement des caribous près du site Windfall (ex. colliers avec données en temps réel)

- Discussion en cours avec le ministère (MELCCFP)





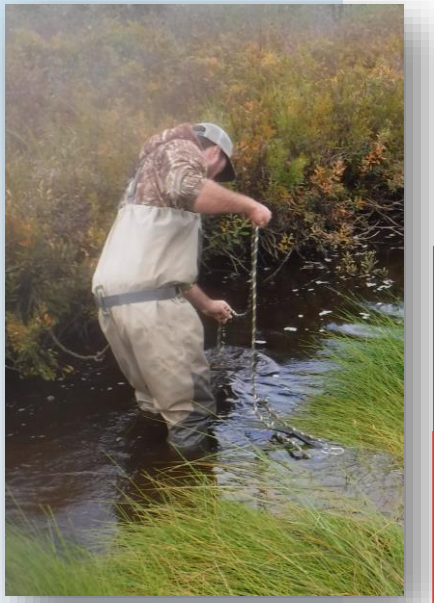


Poissons et organismes aquatiques :
Effets des feux de forêt

- Poissons principalement affectés au cours des premiers mois (détérioration de la qualité de l'eau)
- Déplacement de certaines espèces
- Certaines espèces plus tolérantes à des températures ⬆
- ⬆ quantité de petits organismes aquatiques, jusqu'à 15-20 ans après
- Rétablissement des poissons dépend de la sévérité du feu, de la régénération de la végétation et de l'ampleur du réseau hydrographique

Organismes aquatiques :
Études proposées





- Organismes aquatiques (ex. écrevisse, petits insectes aquatiques) qui vivent au fond des lacs et cours d'eau sont essentiels au sein de la chaîne alimentaire des poissons
- Modification des quantités d'organismes aquatiques influence la disponibilité de nourriture pour la faune aquatique et terrestre

Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il des modifications dans les quantités d'organismes aquatiques?	• Lacs et cours d'eau non influencés par les activités au site • Secteurs affectés et non affectés par le feu	• Prélèvement d'échantillons au fond des cours d'eau et lacs	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028)

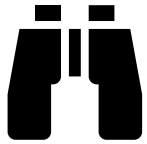
Échéancier

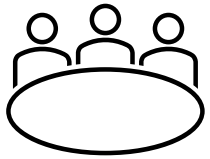
Études environnementales	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Eau de surface	x		x		x					★
Végétation : concentrations de métaux	x	x			x				x	★
Végétation : diversité des plantes et arbres	x	x			x				x	★
Végétation : Densité (couvert de la forêt)	x	x			x				x	★
Oiseau	x	x			x				x	★
Lièvre	x	x			x					★
Caribou (données en temps réel)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Organismes aquatiques	x	x			x					★

Légende :	
Inventaire terrain/suivi des données	x
Rapport final	★

Conclusion

- Fournira des données spécifiques sur les effets des feux de forêt sur l'eau de surface, la végétation et la faune près du site Windfall
- Les études proposées pourraient débuter en 2024
- L'avancement des études sera partagé et des présentations pourront être faites
- Des rapports sommaires seront disponibles en 2024, 2025 et 2028
- Le rapport final sera complété aux environs de 2033, à la fin des études









Commentaires?
Préoccupations?
Suggestions?

Merci



WINDFALL
GROUPE MINIER

wsp



PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ – AN 1

PROJET MINIER WINDFALL

Présentée par Émilie D’Astous | Mars 2025

Avec vous aujourd’hui



Émilie D'Astous, biologiste
Chargée de projet, WSP



Sarah Paradis
Conseillère en relation avec les communautés, WSP



Jean-François Belleau
Directeur relations communautaires & ESG, Goldfields Windfall

Plan de la présentation

01 **Contexte**

02 **Programme de biodiversité : objectifs et élaboration**

03 **Études environnementales sur les effets des feux de forêts**

- Eau de surface
- Végétation
- Faune terrestre
- Organismes aquatiques

04 **Discussions**



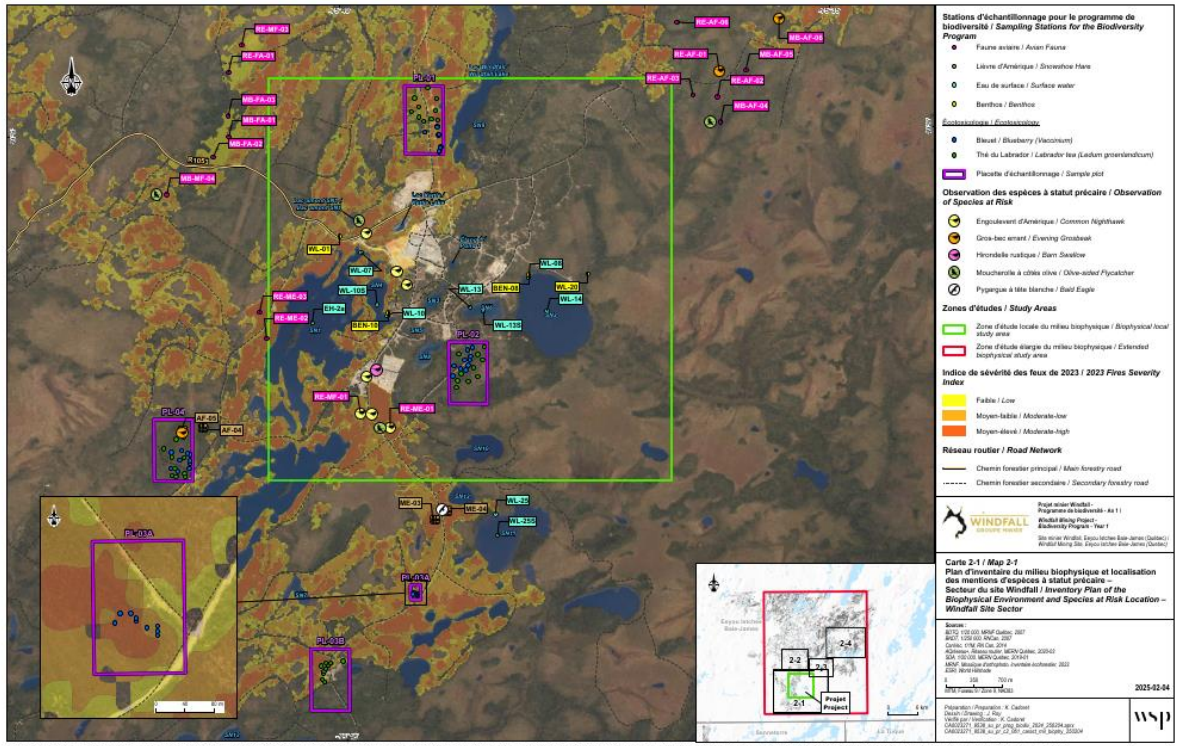
MISE EN CONTEXTE



Situation des feux de forêt dans le Nord du Québec

Feu de forêt principal

- Proximité de la limite est de Lebel-sur-Quévillon
- Hors de contrôle pendant plusieurs semaines
- Résidents évacués deux fois, communauté de Waswanipi affectée par la fumée
- Plus de 480 000 ha de forêt (SOPFEU, 2023)



Feu de forêt au projet Windfall

- Débuté le 1er juin 2023
- Plus de 110 000 ha touchés
- Arrêt des activités pendant plusieurs semaines/mois, perturbation des milieux naturels, dommages à certains équipements

Impact sur les milieux naturels et anthropiques

- Chemins forestiers : Perturbation des abords du chemin R1050, R0853, et R1053
- Camps et villégiatures : Environ 28 camps de la Première Nation des Cris de Waswanipi détruits

PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ



Un programme réfléchi et développé conjointement avec la communauté

Préoccupations de la communauté

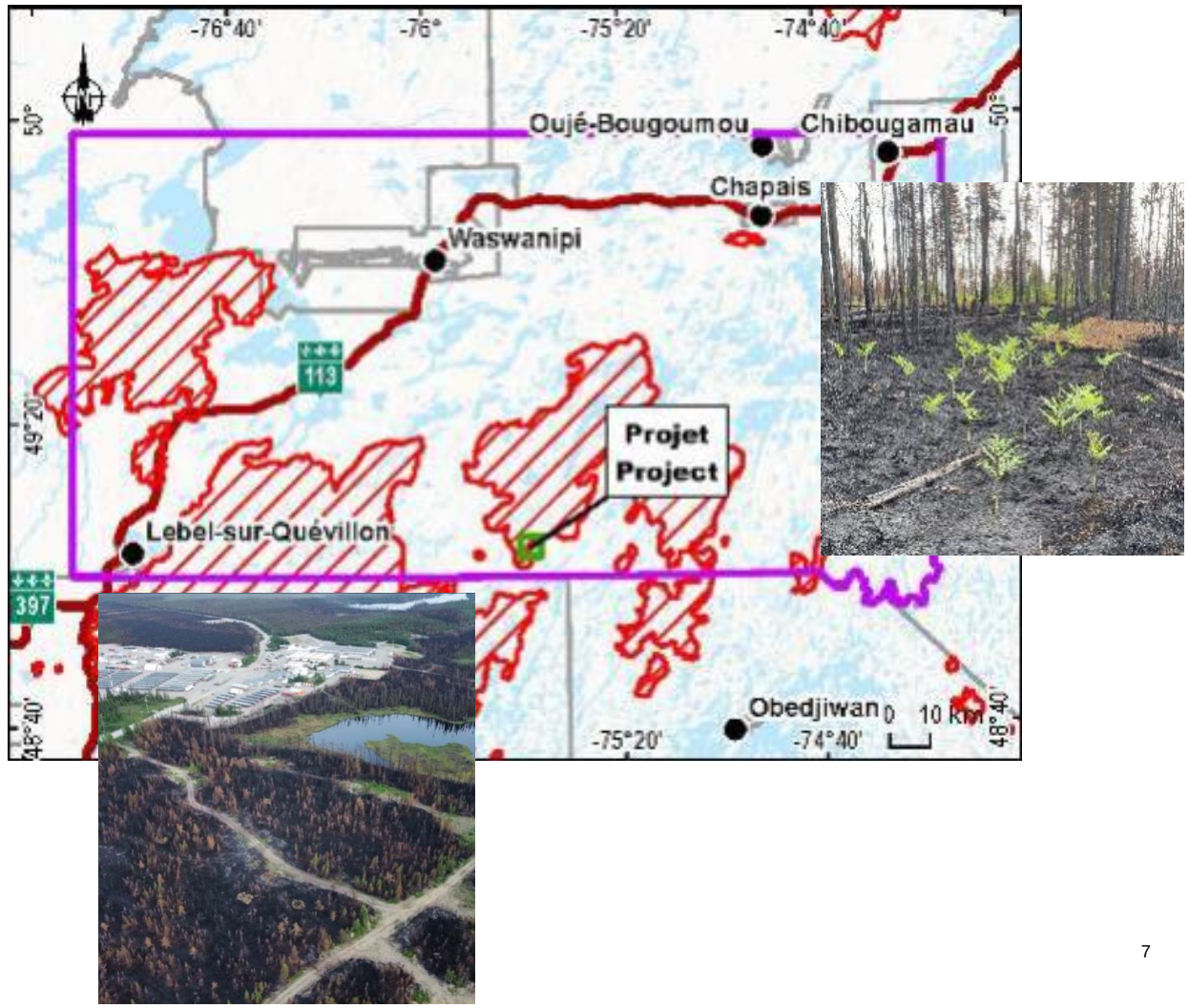
- Échanges de la communauté Crie avec les équipes de GMW pendant les feux
- Impact sur le milieu : Inquiétudes concernant les effets à long terme des feux sur la faune et la flore
- Retour à la normale : Questions sur le temps nécessaire pour la récupération de la nature

Constats et défis pour répondre aux préoccupations

- Absence d'inventaires rigoureux : difficulté à détailler les conditions avant feu
- Analyse comparative: quasi impossible sans données précises

Propositions

- Utilisation des connaissances précédentes recueillies au site Windfall au cours des années précédentes
- Objectif étant de préciser les écarts entre la situation avant et après les feux



Objectifs du programme de biodiversité

- Améliorer la compréhension de l'effet des feux de forêt sur les habitats fauniques terrestres et aquatiques dans les environs du Projet.
- Documenter les effets principaux des feux de forêt sur les milieux naturels et sur la biodiversité par le biais d'une revue de littérature.
- Identifier les effets des feux de forêt à court et moyen terme sur le milieu physique, les habitats naturels ainsi que sur la faune terrestre et aquatique (p. ex. altération de la physico-chimie de l'eau, modification de la composition des espèces végétales et fauniques, etc.) dans une zone d'étude dite élargie, c'est-à-dire un peu plus grande que la zone d'étude locale du milieu biophysique.
- Intégrer les intérêts et préoccupations des maîtres de trappe et de leur famille, ainsi que des populations locales comme les membres de la PNCW et les Quévillonnais dans le développement du programme de biodiversité.





REVUE DE LITTÉRATURE SUR LES EFFETS DES FEUX DE FÔRETS



Effets des feux de forêts



Variabilité des effets

- Dépendent des conditions initiales (végétation, faune, géologie, structure du sol, perturbations antérieures)
- Sévérité et intensité des feux

Effets sur l’eau de surface

- Augmentation du ruissellement : débits de crues et moyens
- Altération de la qualité de l'eau : MES, turbidité, métaux lourds, pH, carbone organique dissous, nutriments, oxygène dissous
- Augmentation de la température des cours d'eau et plans d’eau

Effets sur la végétation

- Réduction de la densité des arbres et du couvert de la canopée
- Modification de l'abondance et de la diversité des espèces
- Recolonisation rapide par certaines espèces pionnières, régénération lente pour d'autres (ex. lichen)
- Transition de dominance de conifères vers feuillus

Effets des feux de forêts

Effets sur la faune terrestre

- Espèces fauniques :
  - Diminution globale dans les deux premières années
  - Modification de la composition des espèces
- Mammifères :
  - Augmentation de l'abondance : micromammifères et orignaux
  - Augmentation de l'abondance du lièvre : lors de la reprise de la végétation arbustive
  - Déclin du caribou forestier : récupération lente du lichen
- Faune aviaire :
  - Augmentation de la diversité et de la richesse (3 à 5 ans après le feu)

Effets sur la faune aquatique

- Effets marqués dans les mois suivant le feu :
  - Augmentation de la température et des MES
  - Diminution de l'oxygène dissous
- Modifications persistantes : influencent la capacité de récupération des communautés aquatiques
- Croissance rapide d'algues et densité élevée de benthos : observée pendant 15 à 20 ans





ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES SUR LES FEUX DE FÔRETS

Première année de suivi et premières observations

- **Eau de surface**
- **Végétation**
- **Faune terrestre**
- **Organismes aquatiques**



Eau de surface

Méthodologie

- Quatre lacs échantillonnés (feu : SN1 et SN4 et non impacté: SN2 et SN6)

Tendances observées

- Feux n'ont pas modifié drastiquement la physico-chimie, la présence des nutriments ou des métaux
- Comparaison avec les années précédentes et les lacs de référence

Recommandations

- Suivi après une pluie torrentielle afin de valider s’il y a un effet de lessivage des nutriments ou des métaux





À partir de votre expérience sur le territoire…

- Avez-vous noté des changements de votre côté en lien avec les feux de forêts et l'eau de surface?
- Est-ce qu'il y a des changements plus marqués en fonction de la sévérité des feux?
- Après cette 1ère année, avez-vous des suggestions pour compléter ce programme en lien avec l'eau de surface?





Végétation – Peuplement et diversité

Méthodologie

- 24 stations d'inventaire (selon sévérité du feu)

Tendances observées

- Strate arborescente : espèces bien adaptées aux feux :
  - Épinette noire (cônes s'ouvrent à la chaleur)
  - Pin gris
- Strate arbustive :
  - Bleuet fausse-myrtille et kalmia à feuilles étroites
- Strate herbacée :
  - Cornouiller du Canada
- Diversité floristique : augmente inversement proportionnelle à la sévérité des feux

Recommandations

- Suivi de l'évolution des peuplements au fil du temps
- Suivi de l'évolution de la diversité floristique au fil du temps





Végétation – Écotoxicologie

Méthodologie

- 2 placettes brûlés (PL-01 et PL-03) et 2 placettes non brûlées (PL-02 et PL-04)

Tendances observées

- Il n'existe pas de seuils à respecter (critères) pour les paramètres à analyser dans les tissus de bleuets et de thé du Labrador. Aucune norme n'est établie par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) ou par le MELCCFP.

- Les analyses servent à documenter les concentrations en métaux.

- Fruits de bleuets :
  - Croissance plus vigoureuse dans les secteurs exposés aux feux de forêt
  - Concentrations similaires pour les métaux, à l'exception de valeurs légèrement plus élevées en arsenic dans les zones brûlées

- Feuilles de thé du Labrador :
  - Concentrations plus faibles dans les zones brûlées, sauf pour le molybdène (micronutriment essentiel pour la croissance des plantes) et l'arsenic

Recommandations

- Suivi de l'évolution des concentrations au fil du temps





À partir de votre expérience sur le territoire…

- Avez-vous noté des changements de votre côté en lien avec les feux de forêts et la végétation?
- Est-ce qu'il y a des changements plus marqués en fonction de la sévérité des feux?
- Trouvez-vous qu'il y a plus ou moins d'espèces?
- Est-ce que la composition en espèces semble être différente?
- Après cette 1ère année, avez-vous des suggestions pour compléter ce programme en lien avec la végétation?





Faune terrestre : avifaune

Méthodologie

- 48 stations d'écoute (selon sévérité du feu : 24 en milieu boisé, 24 en régénération)

Tendances observées

- 61 espèces de familles observées et 7 observations opportunistes
- Observations d'espèces à statut particulier :
  - Pygargue à tête blanche
  - Engoulevent d'Amérique
  - Gros-bec errant
  - Moucherolle à côtés olive
  - Quiscale rouilleux
  - Hirondelle rustique
- Diminution de la richesse, densité et abondance des oiseaux, plus marquée dans les zones brûlées sévèrement
- Présence d'espèces associées aux feux de forêts: pic à dos noir, moucherolle à côtés olive

Recommandations

- Le suivi de la richesse, densité et abondance des populations d'oiseaux dans les milieux affectés par des feux de différentes sévérités permettra d'isoler les tendances notables à long terme









Faune terrestre : lièvre d’Amérique

Méthodologie

– 10 parcelles inventoriées (5 aucun feu, 5 brûlées)

Tendances observées

– Signes de présence dans toutes les parcelles

– Observations opportunistes : 2 lièvres observés

– Signes de présence et abondance :
  - Moins fréquents dans les parcelles touchées par les feux
  - Diminution dans les premières années suivant un incendie

Recommandations

– Suivi de l’évolution des habitats post-feu et, en parallèle, les tendances de populations du lièvre d’Amérique à partir des indicateurs de densité mesurés







Faune terrestre : caribou forestier

Partenariat GMW et MELCCFP (2024)

- Objectifs :
  - Documenter l'utilisation du territoire par les caribous forestiers
  - Visualiser en temps réel, sur une durée de 3 ans, la fréquentation des secteurs brûlés en 2023
- Déploiement à l'hiver 2024 de 4 colliers télémétriques
- Selon l'entente établie, les données ne peuvent pas être partagées
- Sur le terrain :
  - Observation de façon opportuniste en juin 2024 en bordure d'un chemin forestier, à environ 7 km du projet d'exploration avancée Windfall.







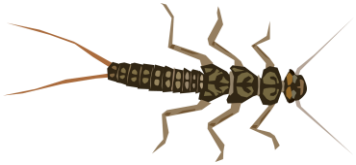
À partir de votre expérience sur le territoire…

- Avez-vous noté des changements de votre côté en lien avec les feux de forêts et la faune terrestre?
- Est-ce qu’il y a des changements plus marqués en fonction de la sévérité des feux?
- Trouvez-vous qu'il y a plus ou moins d'espèces?
- Est-ce que la composition en espèces semble être différente?
- Après cette 1ère année, avez-vous des suggestions pour compléter ce programme en lien avec la faune terrestre?



Organismes aquatiques : benthos

Méthodologie



- 2 cours d'eau 2 lacs inventoriés
  - Feu : cours d'eau CE-01 et lac SN4
  - Non impacté : cours d'eau SN2-T1 et lac SN2





Tendances observées

- Plans d'eau impactés : abondance et richesse plus élevées

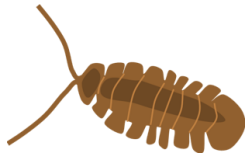


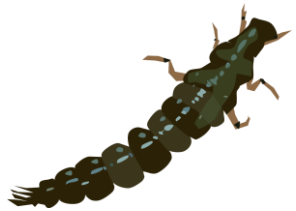


Recommandations

- Le suivi de la richesse, densité et abondance des communautés benthiques dans les milieux affectés par des feux permettra de mettre en évidence les effets à long terme









À partir de votre expérience sur le territoire…

- Avez-vous noté des changements de votre côté en lien avec les feux de forêts et les organismes aquatiques ou ceux qui s'en nourrissent (oiseaux, poissons, grenouilles)?
- Est-ce qu'il y a des changements plus marqués en fonction de la sévérité des feux?
- Est-ce que vous avez observé des changements au niveau de la pêche?
- Après cette 1ère année, avez-vous des suggestions pour compléter ce programme en lien avec les organismes aquatiques?







Prochaines étapes

- Recueillir vos commentaires
- Échanger avec vous sur les résultats et les changements que vous avez vu sur le territoire depuis les feux
- Bonifier le programme en fonction de votre rétroaction pour l'an 2 du suivi à l'été 2025

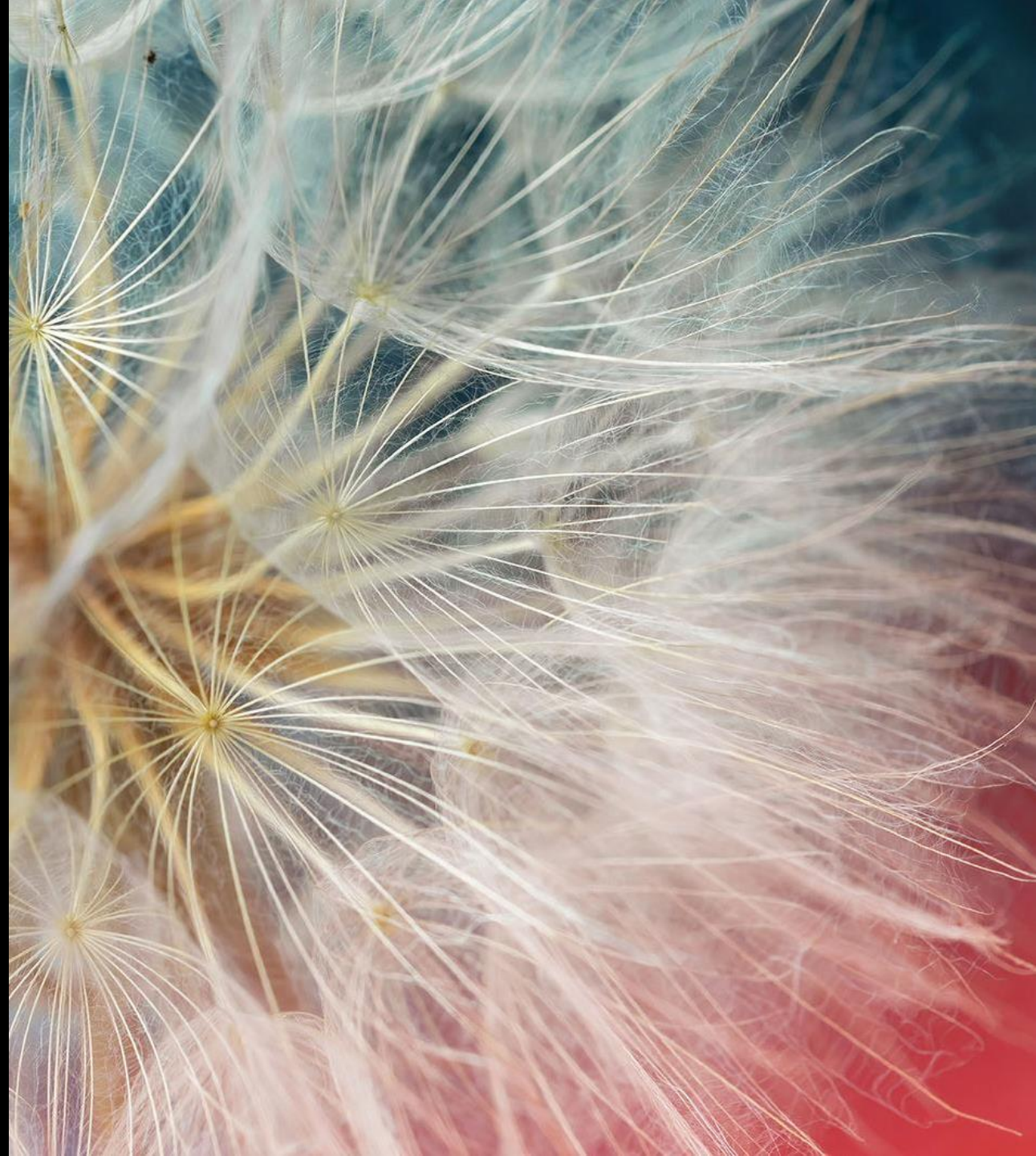








ÉCHANGES



ANNEXE

D

DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

AVANT REBOISEMENT



PHOTO 1



PHOTO 2



PHOTO 3



PHOTO 4



PHOTO 5



PHOTO 6

APPRÈS REBOISEMENT



PHOTO 7



PHOTO 8



PHOTO 9



PHOTO 10



PHOTO 11



PHOTO 12



PHOTO 13



PHOTO 14



PHOTO 15



PHOTO 16



PHOTO 17



PHOTO 18



PHOTO 19



PHOTO 20

ANNEXE

RQC2-28-2

PROGRAMME DE SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ - RÉSULTATS AN 1

GROUPE MINIER WINDFALL INC.

PROJET MINIER WINDFALL

PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ – AN 1

TERRITOIRE D'EEYOU ISTCHEE BAIE-JAMES

JUILLET 2025

RÉFÉRENCE WSP : CA0023271.9538

VERSION FINALE



GROUPE MINIER WINDFALL INC.

PROJET MINIER WINDFALL

PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ – AN 1

TERRITOIRE D'EEYOU ISTCHEE BAIE-JAMES

VERSION FINALE

RÉFÉRENCE WSP : CA0023271.9538

JUILLET 2025

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

TÉLÉPHONE : +1-418-623-2254
TÉLÉCOPIEUR : +1-418-624-1857

WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Catherine Villeneuve, biologiste M.Sc. — 7 juillet 2025

Date



Karel Cadoret, microbiologiste, M.Sc. — 7 juillet 2025

Date



Mathieu Ferland, biologiste — 7 juillet 2025

Date

RÉVISÉ PAR



Émilie D'Astous, biologiste M.Sc.
Chargée de projet — 7 juillet 2025

Date



Marie-Hélène Brisson, biologiste
Directrice de projet — 7 juillet 2025

Date

LIMITATIONS

WSP Canada Inc. (WSP) a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire Groupe minier Windfall inc., conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de terminer ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, comme indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

CLIENT

GROUPE MINIER WINDFALL INC.

Vice-Présidente, Environnement et relations communautaires	Andréanne Boisvert, géographe, M.A.
Coordonnatrice autorisations environnementales	Isabelle Vallois, biologiste, M.Sc.
Directeur Environnement	Maxime Baillargeon, microbiologiste
Coordonnateur Environnement	Mathias Lamerant, biologiste, M. Env.
Directeur Relations communautaires & ESG	Jean-François Belleau, B.Sc.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Marie-Hélène Brisson, biologiste
Analyse et rédaction	Émilie D'Astous, biologiste M. Sc. Karel Cadoret, microbiologiste M.Sc. Catherine Villeneuve, biologiste M. Sc. Mathieu Ferland, biologiste M. Sc.
Inventaires	Catherine Villeneuve, biologiste M. Sc. Sébastien Faucher, biologiste Mathieu Ferland, biologiste Noémie Gervais-Marsolais, biologiste Julien Vanson, technicien de la faune Kristof Mercier, technicien de la faune
Présentation des résultats aux communautés hôtes du projet	Émilie D'Astous, biologiste M. Sc. Sara Paradis, conseillère en relation avec les communautés, M.A.
Cartographie et géomatique	Jonathan Roy, technicien en cartographie et géomatique
Édition	Linette Poulin Cathia Gamache

RÉFÉRENCE À CITER

WSP. 2025. Projet minier Windfall. Programme de biodiversité – An 1. Territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Rapport produit pour Groupe minier Windfall inc. Référence WSP : CA0023271.9538. 97 pages et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction 1
1.1 Mise en contexte du projet 1
1.2 Situation des feux de forêt dans le Nord-du-Québec 1
1.3 Objectifs du programme de biodiversité 5
1.4 Zone d'étude 6

2 Revue de littérature sur les effets des feux de forêt sur les milieux naturels 17

3 Présentation des résultats du programme de biodiversité (an 1) 19

4 Études environnementales sur les effets des feux de forêt 21
4.1 Eau de surface 22
4.1.1 Objectifs et hypothèses 22
4.1.2 Méthodologie 22
4.1.3 Résultats 24
4.2 Végétation et milieux humides 35
4.2.1 Écotoxicologie des plantes valorisées par les utilisateurs du territoire 35
4.2.2 Évolution des peuplements forestiers 41
4.2.3 Diversité des espèces végétales 53
4.3 Faune terrestre 57
4.3.1 Faune aviaire 57
4.3.2 Lièvre d'Amérique 67
4.3.3 Grande faune 77
4.4 Benthos 78
4.4.1 Objectifs et hypothèses 78
4.4.2 Méthodologie 79
4.4.3 Résultats 81

5 Conclusion 89
5.1 Eau de surface 89
5.2 Végétation et milieux humides 89
5.2.1 Écotoxicologie des plantes valorisées par les utilisateurs du territoire 89
5.2.2 Évolution des peuplements forestiers 89
5.2.3 Diversité des espèces végétales 90
5.3 Faune terrestre 90

5.3.1 Faune aviaire 90
5.3.2 Lièvre d'Amérique 90
5.3.3 Grande faune 91
5.4 Benthos 91

Références bibliographiques 93

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

Tableaux

Tableau 1 Calendrier de suivi pour le programme de biodiversité 21
Tableau 2 Sommaire des échantillons d'eau de surface récoltés 22
Tableau 3 Paramètres analysés pour l'eau de surface 23
Tableau 4 Mesures physicochimiques prises in situ lors des campagnes d'échantillonnage de 2016, 2017, 2021 et 2024 27
Tableau 5 Paramètres physicochimiques et ions majeurs au lac SN1 en 2016, 2021 et 2024 utilisés comme comparatifs pour l'état de référence 29
Tableau 6 Paramètres physicochimiques et ions majeurs du lac SN2 en 2016, 2021 et 2024 utilisés comme comparatif pour l'état de référence 29
Tableau 7 Paramètres physicochimiques et ions du lac SN4 en 2017, 2021, 2023 et 2024 utilisés comme comparatif pour l'état de référence 31
Tableau 8 Paramètres physicochimiques et ions du lac SN6 en 2021 et 2024 comme comparatif pour l'état de référence 31
Tableau 9 Répartition des placettes d'échantillonnage des plantes par type de milieu 35
Tableau 10 Liste des paramètres analysés pour les échantillons de tissus foliaires et baies 36
Tableau 11 Caractéristiques et localisation des placettes de suivi de la végétation 42
Tableau 12 Code des perturbations et interventions d'origine 43
Tableau 13 Code des perturbations et interventions partielles 44
Tableau 14 Densité du peuplement ou de l'étage 45
Tableau 15 Hauteur du peuplement ou de l'étage 46
Tableau 16 Code des classes d'âge selon la structure des peuplements 47
Tableau 17 Caractéristiques des peuplements forestiers par station 51
Tableau 18 Composition floristique dominante des différents peuplements en fonction de l'intensité des feux 55
Tableau 19 Moyenne des recouvrements absolus des différentes strates en fonction de la sévérité du feu 57

Tableau 20 Répartition des stations d'inventaire par type de milieu pour la faune aviaire 58
Tableau 21 Espèces d'oiseaux observées lors des inventaires de 2024 61
Tableau 22 Richesse spécifique moyenne et cumulative d'oiseaux terrestres selon le type de milieu et l'occurrence de feu 63
Tableau 23 Richesse spécifique moyenne et cumulative d'oiseaux terrestres selon le type de milieu et le niveau de sévérité du feu 64
Tableau 24 Estimation de l'abondance et de la densité moyenne des oiseaux terrestres selon le type de milieu et l'occurrence de feu 65
Tableau 25 Estimation de l'abondance et de la densité moyenne des oiseaux terrestres selon le type de milieu et le niveau de sévérité du feu 65
Tableau 26 Répartition des parcelles d'inventaire par type de milieu pour le lièvre d'Amérique 67
Tableau 27 Indices moyens de sévérité du feu évalués pour chaque strate des stations affectées par le feu 72
Tableau 28 Caractéristiques de l'habitat du lièvre d'Amérique par parcelle 72
Tableau 29 Distribution des crottins de lièvre d'Amérique par parcelle 73
Tableau 30 Ramilles par espèce d'arbre ou d'arbuste 74
Tableau 31 Brout de feuillus pour chaque parcelle 75
Tableau 32 Résumé des échantillons récoltés pour le benthos en août 2024 79
Tableau 33 Caractéristiques physicochimiques moyennes et végétation des sous-stations d'échantillonnage du benthos 82
Tableau 34 Statistiques descriptives pour les communautés benthiques dans les lacs 83
Tableau 35 Statistiques descriptives pour les communautés benthiques dans les cours d'eau 83

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

Figures

Figure 1 Corrélation entre les niveaux de sévérité du feu déterminés par télédétection et les indices de sévérité mesurés sur le terrain aux stations d'inventaires de végétation, d'avifaune et de lièvre d'Amérique 48

Figure 2 Disposition des stations d'échantillonnage pour le décompte des crottins et la description de l'habitat 68

Figure 3 Structures observées sur les ramilles (Potvin, 1995) 70

Figure 4 Couvert vertical et densité de crottins de lièvre d'Amérique par parcelle 74

Figure 5 Densité de crottins par rapport à la densité de ramilles pour chaque parcelle 76

Figure 6 Abondance relative (%) des embranchements de benthos retrouvés dans les cours d'eau des zones de références (SN2-T1) et d'exposition au feu (CE01) 84

Figure 7 Abondance relative (%) des embranchements de benthos retrouvés dans les lacs des zones de références (SN2) et d'exposition au feu (SN4) 85

Figure 8 Abondance relative (%) des ordres d'insecte retrouvés dans les lacs de la zone de référence (SN2) et d'exposition au feu (SN4) 86

Figure 9 Abondance relative (%) des ordres d'insectes retrouvés dans les cours d'eau de la zone de référence (SN2-T1) et d'exposition au feu (CE01) 86

Cartes

Carte 1 Localisation du site à l'étude 3

Carte 2-1 Plan d'inventaire du milieu biophysique et localisation des mentions d'espèces à statut précaire – Secteur du site Windfall 7

Carte 2-2 Plan d'inventaire du milieu biophysique et localisation des mentions d'espèces à statut précaire – Nord du site Windfall 9

Carte 2-3 Plan d'inventaire du milieu biophysique et localisation des mentions d'espèces à statut précaire – Nord-est du site Windfall 11

Carte 2-4 Plan d'inventaire du milieu biophysique et localisation des mentions d'espèces à statut précaire – Est de la zone d'étude élargie 13

Carte 2-5 Plan d’inventaire du milieu biophysique et localisation des mentions d’espèces à statut précaire – Nord-ouest de la zone d’étude élargie 15

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

Annexes

A **Revue de littérature – Effet des feux de forêt sur les habitats fauniques**

B **Résumé des consultations**

C **Présentation PowerPoint du programme de biodiversité (2023)**

D **Présentation PowerPoint des résultats du programme de biodiversité (an 1) (2025)**

E **Eau de surface**

E-1 Certificats d'analyse de l'eau de surface du Laboratoire Bureau Véritas

E-2 Résultats de l'échantillonnage de l'eau de surface

E-3 Rapport photographique de l'échantillonnage de l'eau de surface

F **Végétation et milieux humides**

F-1 Certificats d'analyse du Laboratoire Bureau Véritas – Écotoxicologie des plantes

F-2 Statistiques descriptives des échantillons récoltés – Écotoxicologie des plantes

F-3 Rapport photographique de l'échantillonnage – Écotoxicologie des plantes

F-4 Extraction de l'indice de sévérité de feu de forêt sur le site Windfall : Notes sur la méthodologie

F-5 Fiche d'évaluation de sévérité des feux au terrain

F-6 Gabarit d'intensité des feux utilisé pour déterminer l'intensité du feu

F-7 Fiche de caractérisation des stations de végétation

F-8 Diversité végétale

G **Faune terrestre**

G-1 Rapport photographique de l'inventaire des oiseaux terrestres

G-2 Conditions d'observation lors des inventaires des oiseaux terrestres

G-3 Caractéristiques de l'habitat à proximité des stations d'écoute

G-4 Densité et abondance des oiseaux terrestreS recensés

G-5 Rapport photographique des signes de présence du lièvre d'Amérique

G-6 Fiche d'inventaire des signes de présence du lièvre d'Amérique

H **Benthos**

H-1 Analyse des échantillons de Benthos en laboratoire (GDG Environnement Ltée)

H-2 Statistiques descriptives pour l'analyse du benthos

H-3 Rapport photographique des inventaires de benthos

1 Introduction

1.1 Mise en contexte du projet

En tant que société d'exploration minière et de mise en valeur de propriétés de ressources de métaux précieux, Groupe Minier Windfall inc. (GMW) souhaite mettre en exploitation un complexe minier comprenant une mine souterraine, afin d'y extraire de l'or et de procéder à son traitement sur place.

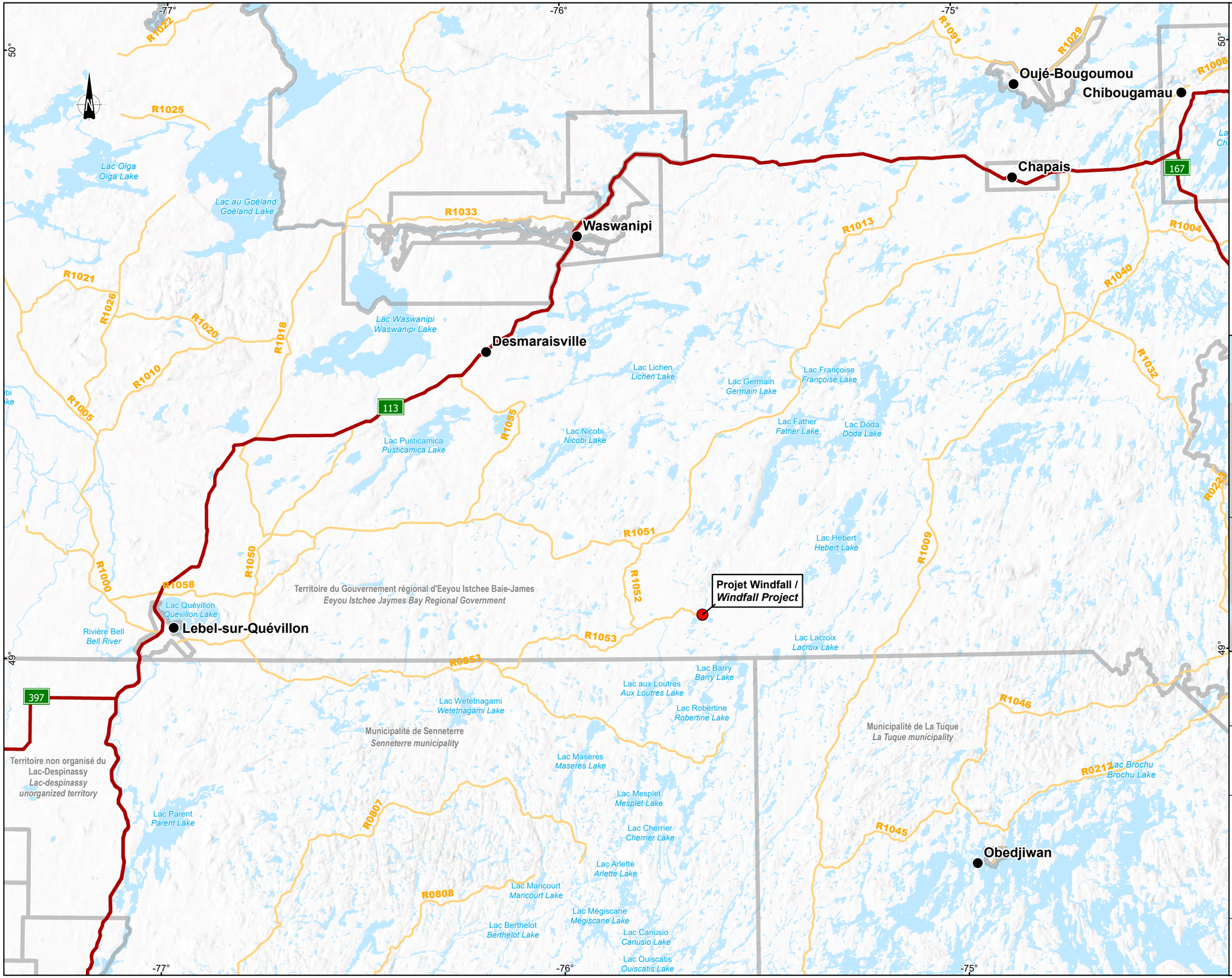
Le projet minier Windfall (le Projet) est situé au nord du 49e parallèle dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur des terres de la catégorie III du territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Le site minier se trouve à environ 270 km de la ville de Val-d'Or et à 115 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon (carte 1), une région reconnue pour ses gisements d'or, de cuivre et de zinc.

Le Projet est soumis à la procédure provinciale d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement en vertu de l'article 153 du chapitre II de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE; L.R.Q., c. Q 2), qui documente les dispositions applicables à la région de la Baie-James et du Nord québécois, en lien avec la convention du même nom. Conformément à cette procédure, l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) a été déposée au ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) en mars 2023. Le Projet n'est pas assujetti à une évaluation environnementale fédérale sous la Loi sur l'évaluation d'impact (L.C., 2019, ch. 28, art. 1) en application du Règlement sur les activités concrètes (art. 18, alinéa c), puisque la production prévue de cette nouvelle mine d'or est de moins de 5 000 tonnes par jour (t/jour).

Bien que le Projet ne soit pas soumis au Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques (L.R.Q., C. Q-2, r. 9.1) considérant qu'il se situe au nord du 49e parallèle, GMW s'est efforcé d'intégrer la démarche « éviter-minimiser-compenser » tout au long de l'élaboration du projet. L'analyse des variantes et les mesures d'atténuation élaborées dans le cadre de l'ÉIE ont, dans un premier temps, visé l'évitement et la minimisation des impacts sur les milieux humides et hydriques. Le présent programme de biodiversité s'inscrit dans la finalité de cette démarche, en agissant comme « Plan de compensation des milieux humides et hydriques », milieux qui n'ont pu être évités par le projet dans un objectif d'atteindre le principe d'aucune perte nette sur la biodiversité. Les activités d'acquisition de connaissances et de suivis au niveau de l'habitat aquatique qui font partie du programme de biodiversité visent aussi à compenser les pertes indirectes sur l'habitat du poisson qui pourraient être engendrées par le projet.

1.2 Situation des feux de forêt dans le Nord-du-Québec

En juillet 2023, la superficie de forêts affectée par les feux au Canada était plus de 10 fois supérieure à la moyenne d'hectares brûlés par décennie (Bergeron et Martel, 2023). Le Québec était à ce moment la province canadienne la plus touchée par les feux de forêt. Le mois de juin a été le plus aride des 100 dernières années au Québec, avec 49 mm de pluie (MELCCFP, 2023). Le site Windfall a été encore plus sec avec moins de 30 mm de pluie à la station météorologique du site, dont 20 mm dans les trois dernières journées du mois. Ces périodes de sécheresse hors du commun ont ainsi créé des conditions favorables au déclenchement de sévères feux de forêt. Dans le Nord-du-Québec, ce sont des millions d'hectares de forêt qui ont été ravagés par des feux au cours de l'été 2023.



Composante du projet / *Project Component*

Localisation du Projet Windfall / *Windfall Project location*

Limite administrative / *Administrative boundary*

Municipalité ou territoire équivalent (TE) / *Municipality or Equivalent Territory (ET)*

Réseau routier / *Road Network*

Route principale / *Main road*

Chemin forestier principal / *Main forestry road*

Hydrographie / *Hydrography*

Plan d'eau / *Waterbody*

**Projet minier Windfall -
Programme de biodiversité - An 1 /**
***Windfall Mining Project -
Biodiversity Program - Year 1***

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 1 / *Map 1*
Localisation du site à l'étude / *Study Site Location*

Sources :
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
CanVec+, 1/250 000, RN Can, 2014
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
BDGA, 1/5 000 000, MRN Québec, 2012
ESRI, World Hillshade

0 6,5 13 km
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2025-07-17

Préparation / Preparation : K. Cadoret
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : K. Cadoret
CA0023271_9538_su_pr_prog_biodiv_2024_250717.aprx
CA0023271_9538_su_pr_c1_066_loc_site_250717

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

Le territoire entourant la ville de Lebel-sur-Quévillon et la communauté crie de Waswanipi a été lourdement impacté par des feux de forêt d'envergure. Un feu à proximité de la limite est de la ville de Lebel-sur-Quévillon a été considéré hors de contrôle pendant plusieurs semaines, forçant l'évacuation des résidents à deux reprises, de même que de la communauté de Waswanipi incommodée par la fumée des feux. Au total, ce feu a affecté plus de 480 000 ha de forêt (SOPFEU, 2023). Une importante proportion des milieux naturels et anthropiques aux abords du chemin forestier menant au Projet (chemin R1050 [R1000] jusqu'au kilomètre 12, chemin R0853 [R5000] jusqu'au kilomètre 66, puis chemin R1053 [R6000] jusqu'au kilomètre 112 - Windfall) a ainsi été perturbée. Plusieurs camps et lieux de villégiatures ont été ravagés par les flammes, incluant environ 28 camps appartenant à des membres de la Première Nation des Cris de Waswanipi (PNCW) (communication personnelle, 2023).

Le Projet s'est également trouvé au cœur d'un feu de forêt d'une superficie totale de plus de 110 000 ha qui a démarré au nord du site le 1er juin 2023 (SOPFEU, 2023). En plus de provoquer l'arrêt des activités pendant plusieurs semaines, voire des mois, ce feu a significativement perturbé les milieux naturels sur l'ensemble de la portion ouest du site. Certains équipements du Projet ont été endommagés (toile de dôme, contenu dans des conteneurs, etc.), mais les principaux bâtiments servant aux travaux d'exploration avancée (échantillonnage en vrac) sont demeurés intacts (campement, carothèques, dômes d'entreposage, unité de traitement de l'eau, garage, etc.).

L'élévation globale des températures, les variations du régime de précipitations, les plus longues périodes de sécheresse ainsi que la modification de la composition et de la répartition des espèces végétales qui caractérisent les changements climatiques sont notamment en cause de l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des feux de forêt. Dans ce contexte où les changements climatiques sont susceptibles d'influencer le régime des feux de forêt et de contribuer à la fréquence et à la sévérité des feux de forêt, il apparaît pertinent d'identifier les effets principaux de ceux-ci sur les milieux naturels dans l'objectif de faire progresser les connaissances sur le sujet et de mitiger les impacts lorsque possible.

Ce programme a été réfléchi et développé conjointement avec les membres de la communauté qui ont eu des échanges avec l'équipe de GMW durant les feux. Certains Cris étaient préoccupés par l'impact des feux sur la faune et sur le « retour à la normale », à savoir combien de temps prendra la nature pour se remettre de cet événement. Compte tenu de l'absence d'inventaires rigoureux permettant de détailler les conditions avant feu sur le territoire, l'analyse comparative s'avérait quasi impossible. Ainsi, il a été proposé d'utiliser les connaissances recueillies au cours des années précédentes au site Windfall pour préciser les écarts entre la situation avant et après les feux.

1.3 Objectifs du programme de biodiversité

Le programme de biodiversité a pour objectif principal de compenser la perte de milieux humides et hydriques occasionnée par le Projet par le biais d'un programme aligné avec le contexte actuel et répondant aux préoccupations de la communauté autochtone concernée par le Projet. Ses objectifs spécifiques sont les suivants :

- Améliorer la compréhension de l'effet des feux de forêt sur les habitats fauniques terrestres et aquatiques dans les environs du Projet.
- Documenter les effets principaux des feux de forêt sur les milieux naturels et sur la biodiversité par le biais d'une revue de littérature.
- Identifier les effets des feux de forêt à court et moyen terme sur le milieu physique, les habitats naturels ainsi que sur la faune terrestre et aquatique (p. ex. altération de la physicochimie de l'eau, modification de la composition des espèces végétales et fauniques, etc.) dans une zone d'étude dite élargie, c'est-à-dire un peu plus grande que la zone d'étude locale du milieu biophysique.

- Intégrer les intérêts et préoccupations des maîtres de trappe et de leur famille, ainsi que des populations locales comme les membres de la PNCW et les Quévillonnais dans le développement du programme de biodiversité.

L'élaboration du programme de biodiversité s'inscrit dans un processus de consultation continu auprès des membres de la PNCW et des Quévillonnais et sera donc adaptée en fonction de la rétroaction de la population locale.

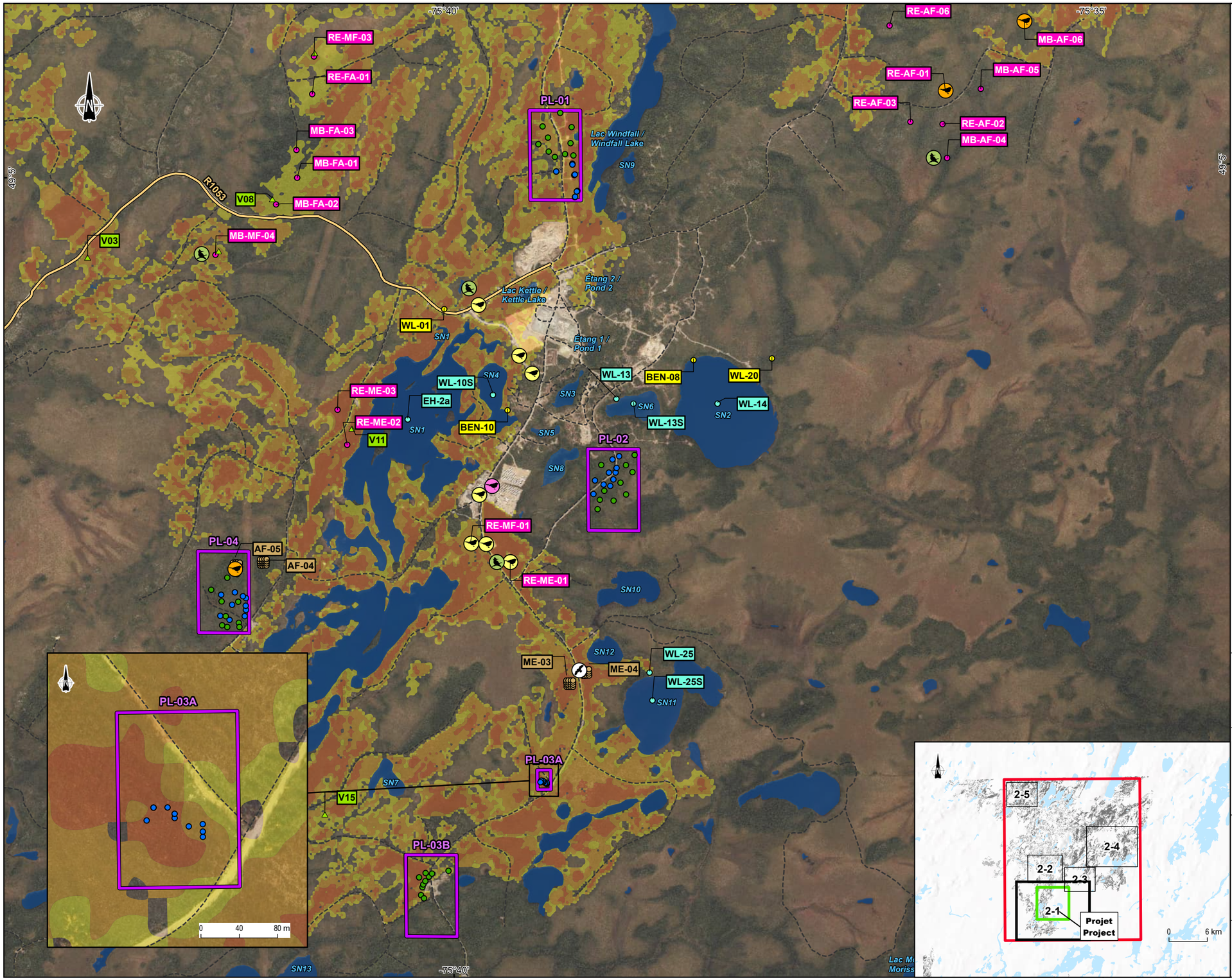
Il propose, d'une part, des études complémentaires pour documenter les effets des modifications des milieux terrestres, humides et hydriques sur la faune et cherche, d'autre part, à répondre aux préoccupations formulées par la communauté autochtone concernée par le Projet.

Les quatre principaux volets du programme de biodiversité sont les suivants :

1. Revue de littérature sur les effets des feux de forêt sur les milieux naturels (annexe A).
2. Études environnementales complémentaires sur les composantes où des effets sont attendus et/ou valorisées par les membres de la PNCW :
    a. eau de surface;
    b. végétation et milieux humides (écotoxicologie, diversité et évolution des peuplements forestiers);
    c. faune terrestre (faune aviaire, lièvre d'Amérique [*Lepus americanus*] et caribou forestier [*Rangifer tarandus*]);
    d. benthos.
3. Résumé des consultations auprès des populations locales (annexes B et C).
4. Présentation des résultats du programme de biodiversité aux communautés hôtes du projet (an 1) (annexe D).

1.4 Zone d'étude

La zone d'étude élargie retenue pour documenter les effets des feux de forêt sur les composantes biophysiques ciblées couvre une superficie approximative de 53 560 ha (535,6 km^2). Elle englobe la zone d'étude locale du milieu biophysique utilisée pour établir l'état de référence lors l'ÉIE, mais couvre aussi des secteurs non impactés par les feux de forêt en dehors de la zone d'influence des activités d'exploration avancée du Projet (hors de l'axe des vents dominants). Les cartes 2-1 à 2-5 présentent le plan de caractérisation du milieu biophysique à l'intérieur de la zone d'étude élargie.



Stations d'échantillonnage pour le programme de biodiversité / *Sampling Stations for the Biodiversity Program*

- Faune aviaire / *Avian Fauna*
- Lièvre d'Amérique / *Snowshoe Hare*
- Eau de surface / *Surface water*
- Benthos / *Benthos*
- Végétation / *Vegetation*

Écotoxicologie / *Ecotoxicology*

- Bleuet / *Blueberry (Vaccinium)*
- Thé du Labrador / *Labrador tea (Ledum groenlandicum)*
- Placette d'échantillonnage / *Sample plot*

Observation des espèces à statut précaire / *Observation of Species at Risk*

- Engoulevent d'Amérique / *Common Nighthawk*
- Gros-bec errant / *Evening Grosbeak*
- Hirondelle rustique / *Barn Swallow*
- Moucherolle à côtés olive / *Olive-sided Flycatcher*
- Pygargue à tête blanche / *Bald Eagle*

Zones d'études / *Study Areas*

- Zone d'étude locale du milieu biophysique / *Biophysical local study area*
- Zone d'étude élargie du milieu biophysique / *Extended biophysical study area*

Indice de sévérité des feux de 2023 / *2023 Fires Severity Index*

- Faible / *Low*
- Moyen-faible / *Moderate-low*
- Moyen-élevé / *Moderate-high*

Réseau routier / *Road Network*

- Chemin forestier principal / *Main forestry road*
- Chemin forestier secondaire / *Secondary forestry road*

Projet minier Windfall - Programme de biodiversité - An 1 /
Windfall Mining Project - Biodiversity Program - Year 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) / *Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)*

Carte 2-1 / *Map 2-1*
Plan d'inventaire du milieu biophysique et localisation des mentions d'espèces à statut précaire – Secteur du site Windfall / *Inventory Plan of the Biophysical Environment and Species at Risk Location – Windfall Site Sector*

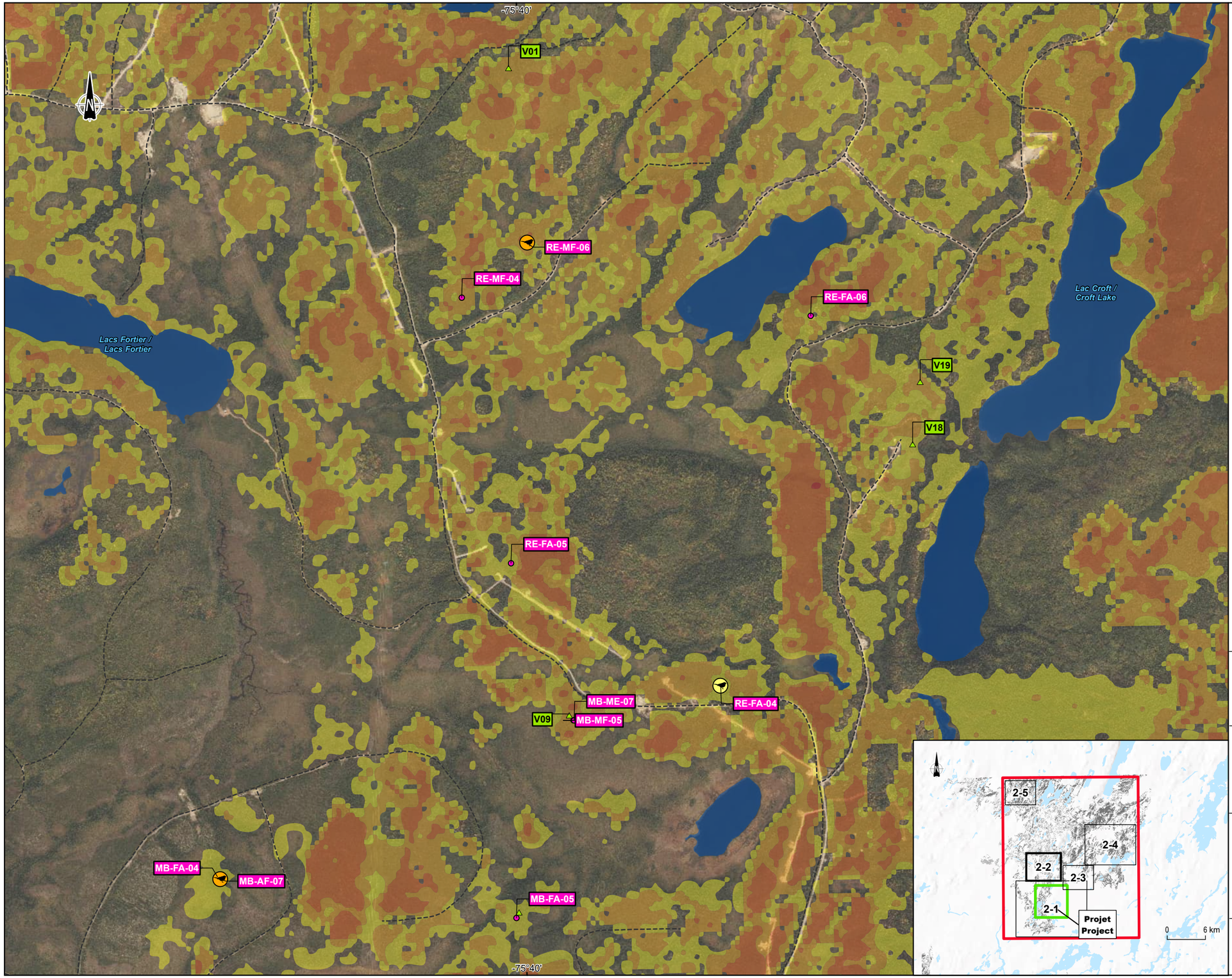
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
BNDT, 1/250 000, RNCan, 2007
CanVec, 1/1M, RN Can, 2014
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2019-01
MRNF, Mosaïque d'orthophoto. inventaire écoforestier, 2023
ESRI, World Hillshade

0 350 700 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2025-07-25

Préparation / Preparation : K. Cadoret
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : K. Cadoret
CA0023271_9538_su_pr_prog_biodiv_2024_250725.aprx
CA0023271_9538_su_pr_c2_112_caract_mil_biophy_250725

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Stations d'échantillonnage pour le programme de biodiversité / *Sampling Stations for the Biodiversity Program*

- Faune aviaire / *Avian Fauna*
- Végétation / *Vegetation*

Observation des espèces à statut précaire / *Observation of Species at Risk*

- Engoulevent d'Amérique / *Common Nighthawk*
- Gros-bec errant / *Evening Grosbeak*

Zones d'études / *Study Areas*

- Zone d'étude locale du milieu biophysique / *Biophysical local study area*
- Zone d'étude élargie du milieu biophysique / *Extended biophysical study area*

Indice de sévérité des feux de 2023 / *2023 Fires Severity Index*

- Faible / *Low*
- Moyen-faible / *Moderate-low*
- Moyen-élevé / *Moderate-high*
- Élevé / *High*

Réseau routier / *Road Network*

- Chemin forestier secondaire / *Secondary forestry road*

Projet minier Windfall - Programme de biodiversité - An 1 /
Windfall Mining Project - Biodiversity Program - Year 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 2-2 / *Map 2-2*
Plan d'inventaire du milieu biophysique et localisation des mentions d'espèces à statut précaire – Nord du site Windfall / *Inventory Plan of the Biophysical Environment and Species at Risk Location – North of the Windfall Site*

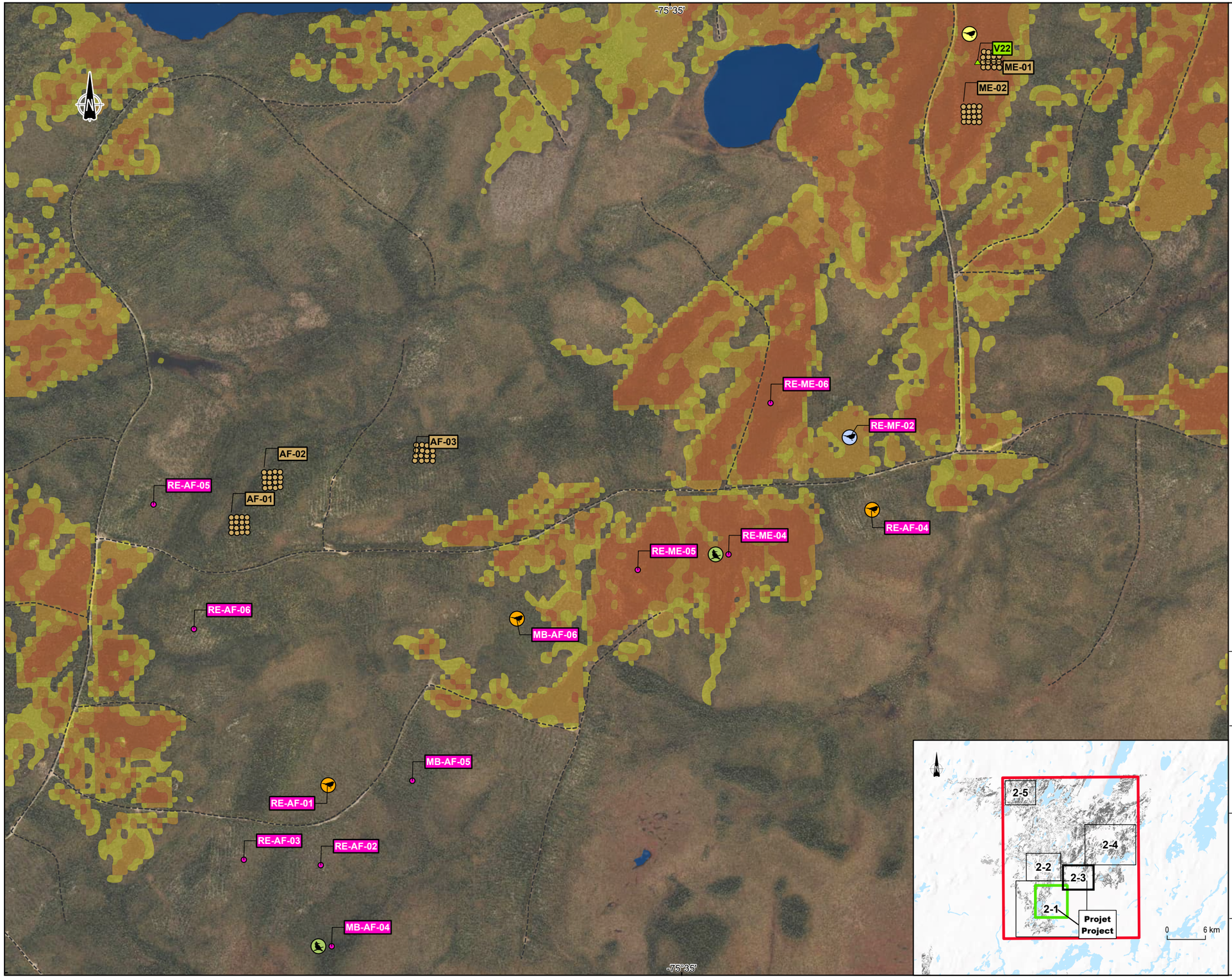
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
BNDT, 1/250 000, RNCan, 2007
CanVec, 1/1M, RN Can, 2014
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2019-01
MRNF, Mosaïque d'orthophoto. inventaire écoforestier, 2023
ESRI, World Hillshade

0 160 320 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2025-07-25

Préparation / Preparation : K. Cadoret
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : K. Cadoret
CA0023271_9538_su_pr_prog_biodiv_2024_250725.aprx
CA0023271_9538_su_pr_c2_112_caract_mil_biophy_250725

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Stations d'échantillonnage pour le programme de biodiversité / *Sampling Stations for the Biodiversity Program*

- Faune aviaire / *Avian Fauna*
- Lièvre d'Amérique / *Snowshoe Hare*
- Végétation / *Vegetation*

Observation des espèces à statut précaire / *Observation of Species at Risk*

- Engoulevent d'Amérique / *Common Nighthawk*
- Gros-bec errant / *Evening Grosbeak*
- Moucherolle à côtés olive / *Olive-sided Flycatcher*
- Quiscale rouilleux / *Rusty Blackbird*

Zones d'études / *Study Areas*

- Zone d'étude locale du milieu biophysique / *Biophysical local study area*
- Zone d'étude élargie du milieu biophysique / *Extended biophysical study area*

Indice de sévérité des feux de 2023 / *2023 Fires Severity Index*

- Faible / *Low*
- Moyen-faible / *Moderate-low*
- Moyen-élevé / *Moderate-high*

Réseau routier / *Road Network*

- Chemin forestier secondaire / *Secondary forestry road*

Projet minier Windfall - Programme de biodiversité - An 1 /
Windfall Mining Project - Biodiversity Program - Year 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 2-3 / *Map 2-3*
Plan d'inventaire du milieu biophysique et localisation des mentions d'espèces à statut précaire – Nord-est du site Windfall / *Inventory Plan of the Biophysical Environment and Species at Risk Location – Northeast of the Windfall Site*

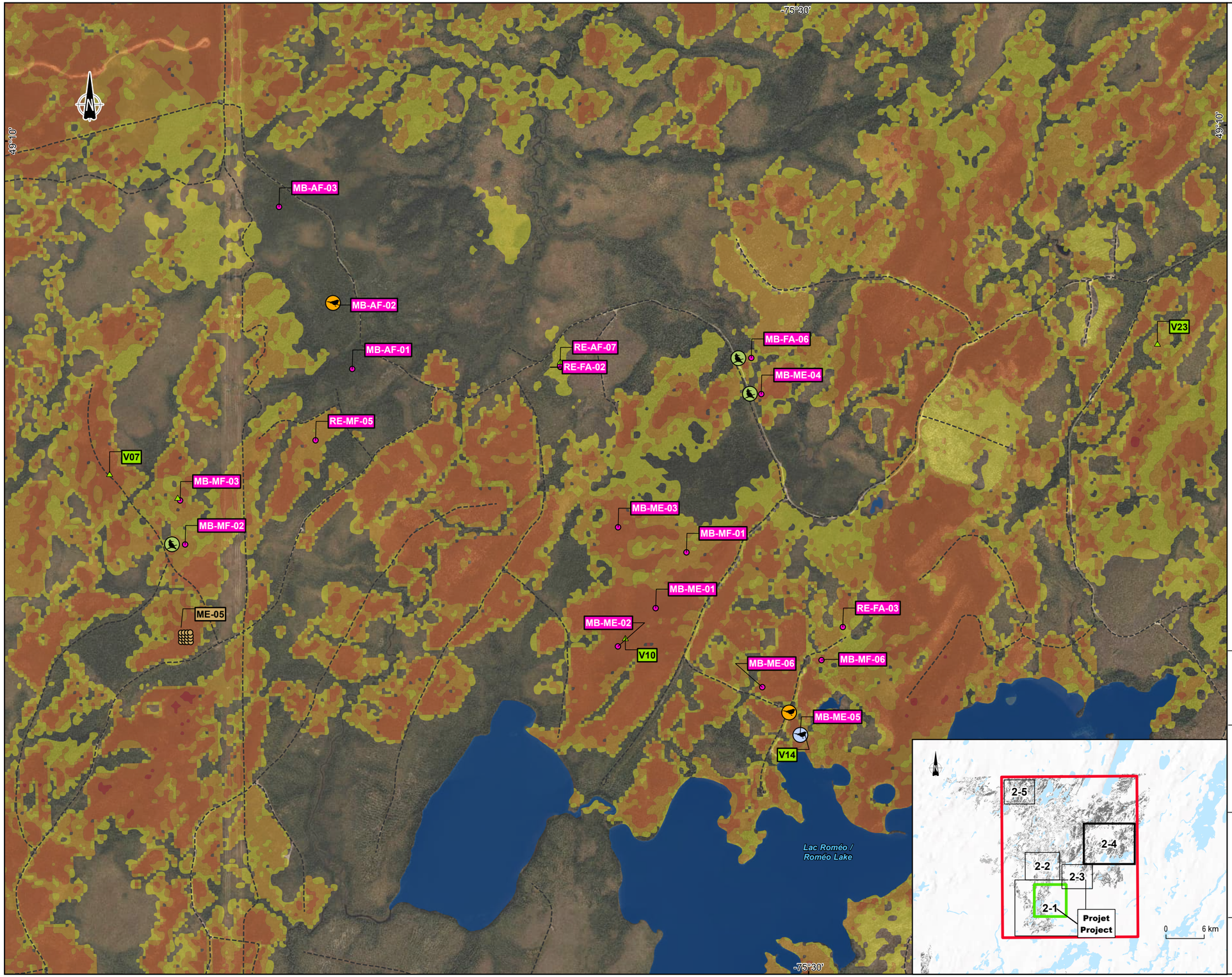
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
BNDT, 1/250 000, RNCan, 2007
CanVec, 1/1M, RN Can, 2014
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2019-01
MRNF, Mosaïque d'orthophoto. inventaire écoforestier, 2023
ESRI, World Hillshade

0 140 280 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2025-07-25

Préparation / Preparation : K. Cadoret
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : K. Cadoret
CA0023271_9538_su_pr_prog_biodiv_2024_250725.aprx
CA0023271_9538_su_pr_c2_112_caract_mil_biophy_250725

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Stations d'échantillonnage pour le programme de biodiversité / *Sampling Stations for the Biodiversity Program*

- Faune aviaire / *Avian Fauna*
- Lièvre d'Amérique / *Snowshoe Hare*
- Végétation / *Vegetation*

Observation des espèces à statut précaire / *Observation of Species at Risk*

- Gros-bec errant / *Evening Grosbeak*
- Moucherolle à côtés olive / *Olive-sided Flycatcher*
- Quiscale rouilleux / *Rusty Blackbird*

Zones d'études / *Study Areas*

- Zone d'étude locale du milieu biophysique / *Biophysical local study area*
- Zone d'étude élargie du milieu biophysique / *Extended biophysical study area*

Indice de sévérité des feux de 2023 / *2023 Fires Severity Index*

- Faible / *Low*
- Moyen-faible / *Moderate-low*
- Moyen-élevé / *Moderate-high*
- Élevé / *High*

Réseau routier / *Road Network*

- Chemin forestier secondaire / *Secondary forestry road*

Projet minier Windfall - Programme de biodiversité - An 1 /
Windfall Mining Project - Biodiversity Program - Year 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 2-4 / *Map 2-4*
Plan d'inventaire du milieu biophysique et localisation des mentions d'espèces à statut précaire – Est de la zone d'étude élargie / *Inventory Plan of the Biophysical Environment and Species at Risk Location – East of the Extended Study Area*

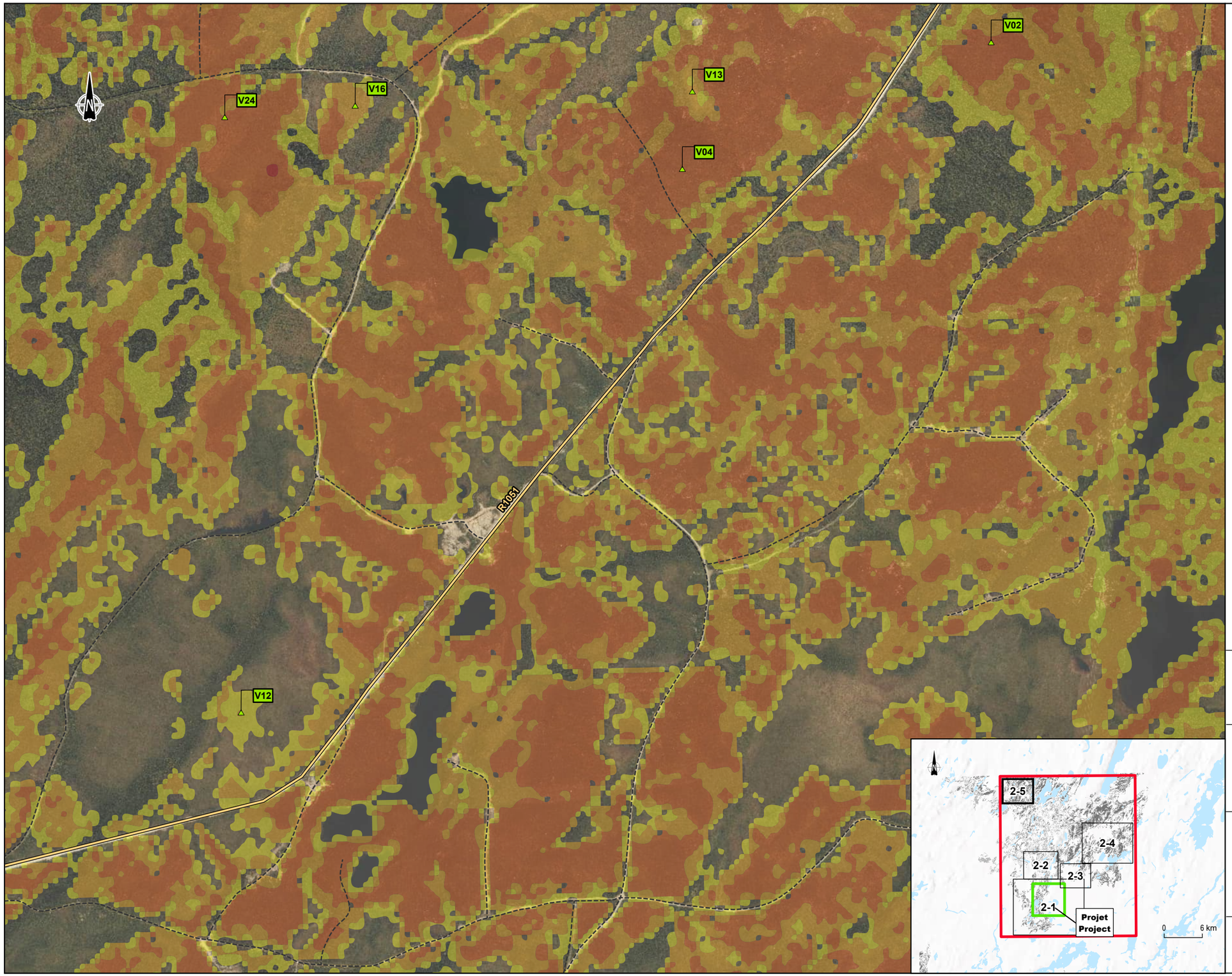
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
BNDT, 1/250 000, RNCan, 2007
CanVec, 1/1M, RN Can, 2014
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2019-01
MRNF, Mosaïque d'orthophoto. inventaire écoforestier, 2023
ESRI, World Hillshade

0 240 480 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2025-07-25

Préparation / Preparation : K. Cadoret
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : K. Cadoret
CA0023271_9538_su_pr_prog_biodiv_2024_250725.aprx
CA0023271_9538_su_pr_c2_112_caract_mil_biophy_250725

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Stations d'échantillonnage pour le programme de biodiversité / *Sampling Stations for the Biodiversity Program*

- Végétation / *Vegetation*

Zones d'études / *Study Areas*

- Zone d'étude locale du milieu biophysique / *Biophysical local study area*
- Zone d'étude élargie du milieu biophysique / *Extended biophysical study area*

Indice de sévérité des feux de 2023 / *2023 Fires Severity Index*

- Faible / *Low*
- Moyen-faible / *Moderate-low*
- Moyen-élevé / *Moderate-high*
- Élevé / *High*

Réseau routier / *Road Network*

- Chemin forestier principal / *Main forestry road*
- Chemin forestier secondaire / *Secondary forestry road*

Projet minier Windfall - Programme de biodiversité - An 1 /
Windfall Mining Project - Biodiversity Program - Year 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 2-5 / *Map 2-5*
Plan d'inventaire du milieu biophysique et localisation des mentions d'espèces à statut précaire – Nord-ouest de la zone d'étude élargie / *Inventory Plan of the Biophysical Environment and Species at Risk Location – Northwest of the Extended Study Area*

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
BNDT, 1/250 000, RNCan, 2007
CanVec, 1/1M, RN Can, 2014
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2019-01
MRNF, Mosaïque d'orthophoto. inventaire écoforestier, 2023
ESRI, World Hillshade

0 140 280 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2025-07-25

Préparation / Preparation : K. Cadoret
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : K. Cadoret
CA0023271_9538_su_pr_prog_biodiv_2024_250725.aprx
CA0023271_9538_su_pr_c2_112_caract_mil_biophy_250725

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

2 Revue de littérature sur les effets des feux de forêt sur les milieux naturels

Les changements climatiques sont susceptibles d'accroître la fréquence et la sévérité des feux de forêt, du fait de l'augmentation globale des températures, de l'allongement des périodes de sécheresse et de la modification de la composition des espèces végétales. La région du Nord-du-Québec, et particulièrement le secteur de Lebel-sur-Quévillon, a été fortement impactée par des feux de forêt d'envergure à l'été 2023. Dans le contexte où cette région, dominée par la forêt boréale, risque d'être de plus en plus affectée par des feux, il importe d'identifier les effets principaux des feux de forêt sur les milieux naturels pour mieux comprendre le contexte d'insertion du Projet. La présente revue de littérature est une première étape du programme de biodiversité de GMW, qui vise à documenter ces effets afin d'identifier les composantes qui devraient faire l'objet d'études environnementales complémentaires aux environs du site du Projet.

Selon la littérature consultée, l'amplitude des effets des feux de forêt est très variable en fonction des conditions initiales du milieu (végétation, faune, géologie et structure du sol, perturbations antérieures, etc.), de la sévérité et de l'intensité des feux. Les tendances observées permettent toutefois d'identifier des effets généraux sur le sol, l'eau de surface, la végétation ainsi que la faune terrestre et aquatique.

Les feux de forêt peuvent altérer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Le dénudement des sols et la déposition de cendres peuvent, d'une part, contribuer à l'imperméabilisation et à la compaction des sols, accentuant les phénomènes de ruissellement et d'érosion. La déposition d'une couche de cendre de même que la combustion de la végétation et de la matière organique peuvent, d'autre part, conduire à une augmentation du pH, à la modification des réserves de nutriments (N, P, K, K_2O) et à l'augmentation de la concentration des métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Mn, Mg, Zn, Fe, Al, Si, Ni, Co, As) dans le sol.

L'augmentation du ruissellement est susceptible d'augmenter les débits de crues et les débits moyens dans les cours d'eau des zones affectées. Le ruissellement, combiné à l'érosion des sols ainsi qu'à l'apport de cendres et de débris ligneux, peut également altérer la qualité de l'eau de surface. Les effets répertoriés concernent l'augmentation des MES et de la turbidité, de la concentration des métaux lourds, du pH, du carbone organique dissous et des certains nutriments ainsi que la diminution de l'oxygène dissous. Les feux de forêt peuvent par ailleurs provoquer une augmentation de la température des cours d'eau et plans d'eau à court terme après le passage du feu, et à moyen terme du fait de la diminution du couvert végétal. L'ampleur des effets sur l'eau de surface dépend de la superficie du bassin versant et de l'importance du réseau hydrographique.

Les effets des feux de forêt sur la végétation sont fortement liés à la sévérité des feux. Les premiers effets constatés sont la réduction de la densité des arbres et du couvert de la canopée ainsi que la modification de l'abondance et de la diversité des espèces. Certaines espèces pionnières peuvent rapidement recoloniser les sites brûlés, alors que d'autres espèces sont moins résilientes et prendront plus de temps à se régénérer (p. ex. lichen). Dans la forêt boréale, les jeunes stades de succession sont dominés par les feuillus (peuplier faux-tremble et bouleau). Dans le contexte où les feux de forêt sont de plus en plus intenses et sévères et où les conditions sont plus sèches et chaudes, une transition d'une dominance de conifères vers une dominance de feuillus est observée en Amérique du Nord. Certaines études indiquent, à ce sujet, une perte de résilience de l'épinette noire. Finalement, l'augmentation des concentrations et de la biodisponibilité des métaux dans le sol peut accroître l'adsorption et l'absorption des métaux par les plantes.

La modification des habitats affecte la faune terrestre en fonction des différents cycles de succession. De manière générale, une diminution globale du nombre d'espèces est observée dans les deux premières années. L'altération des habitats entraîne, comme pour la végétation, une modification de la composition des espèces. Les premières années suivant le feu, l'abondance de micromammifères et d'orignaux est plus élevée. Les micromammifères profitent notamment de la reprise rapide des herbacées et des abris créés par les débris ligneux. Les orignaux sont quant à eux rapidement de retour sur les sites perturbés (quelques mois plus tard) pour profiter de l'importante quantité de fourrage. Une diminution de la richesse et de l'abondance des oiseaux, des chiroptères, des lièvres, des canidés, des mustélidés et des caribous est toutefois observée au cours des premières années suivant le feu. La diversité et la richesse de la faune aviaire augmentent généralement de 3 à 5 ans après le feu. L'abondance du lièvre augmente pour sa part au fil de la reprise de la végétation de la strate arbustive, lorsqu'un couvert adéquat est rétabli. Le caribou forestier a quant à lui tendance à délaisser les sites brûlés en raison du long temps de récupération du lichen, sa principale source de nourriture.

Les effets sur la faune aquatique sont plus marqués dans les mois suivant le feu, notamment en raison de l'augmentation de la température et des matières en suspension (MES) ainsi que de la diminution de l'oxygène dissous. Les modifications qui persistent dans le temps sont celles qui influeront toutefois davantage sur la capacité de récupération des communautés aquatiques. En raison des plus grands apports de nutriments, une croissance rapide d'algues et de la densité des communautés de benthos est généralement observée. Cette densité élevée de benthos peut perdurer pendant 15 à 20 ans. L'intégralité de la revue de littérature sur les effets des feux de forêt sur les habitats fauniques est présentée à l'annexe A.

3 Présentation des résultats du programme de biodiversité (an 1)

En mars 2025, les résultats du programme de biodiversité (an 1) ont été présentés aux communautés hôtes du projet (annexe D). L'objectif était d'informer les populations locales des résultats et de recueillir leur rétroaction et leurs observations locales afin d'ajuster ou de bonifier le programme pour les années subséquentes, dans la mesure du possible. Pour ce faire, une première séance d'information publique a eu lieu dans la communauté de la Première Nation crie de Waswanipi le 25 mars 2025, et une seconde à Lebel-sur-Quévillon le 26 mars 2025. La rétroaction rapportée lors de ces séances d'informations est présentée dans les sections respectives. La formule employée pour les deux séances se voulait participative. Après chaque composante présentée, des questions spécifiques étaient posées aux participants afin de vérifier si les résultats de WSP corroboraient avec leurs observations sur le territoire et de valider la pertinence et l'exhaustivité des paramètres étudiés.

4 Études environnementales sur les effets des feux de forêt

Les études environnementales complémentaires du programme de biodiversité visent à documenter les effets des feux de forêt sur les composantes de l'environnement valorisées ou susceptibles d'être affectées aux environs du site du Projet. Les composantes retenues ont été discutées avec des membres de la PNCW, ainsi qu'avec des conseillers municipaux de Lebel-sur-Quévillon. Les commentaires, intérêts, suggestions et préoccupations ont ainsi été entendus et considérés lors d'une rencontre tenue avec la PCNW à Waswanipi le 6 novembre 2023 et lors de la participation à une séance du conseil municipal élargi de Lebel-sur-Quévillon le 8 novembre 2023 (annexe B).

Lors de la consultation avec la communauté de Waswanipi, certains membres ont mentionné l'intérêt d'étudier le lynx en parallèle avec le lièvre d'Amérique. Considérant que le lynx est l'un des prédateurs principaux du lièvre, l'inventaire du lièvre permettra d'évaluer de manière indirecte la potentielle présence du lynx dans les différents milieux étudiés. Il a ainsi été décidé de ne pas intégrer d'inventaire spécifique au lynx pour le moment, mais de réévaluer la pertinence en fonction des résultats, lorsque le programme de biodiversité sera mis en œuvre.

De plus, les résultats des séances d'information et de participation publique réalisées les 25 et 26 mars 2025 ont également été intégrés dans les sections correspondantes.

Le calendrier de suivis par composante est présenté au tableau 1.

Tableau 1 Calendrier de suivi pour le programme de biodiversité

Thématique	Composante	Année de suivi
Eau de surface	Eau de surface	Année 1 : 2024 Année 3 : 2025 Année 5 : 2028
Végétation et milieux humides	Écotoxicologie des plantes valorisées par les utilisateurs du territoire	Année 1 : 2024 Année 2 : 2025 Année 5 : 2028 Année 9 : 2032
	Évolution des peuplements forestiers	Année 1 : 2024 Année 2 : 2025 Année 5 : 2028 Année 9 : 2032
	Diversité des espèces végétales	Année 1 : 2024 Année 2 : 2025 Année 5 : 2028 Année 9 : 2032
Faune terrestre	Faune aviaire	Année 1 : 2024 Année 2 : 2025 Année 5 : 2028 Année 9 : 2032
	Lièvre d'Amérique	Année 1 : 2024 Année 2 : 2025 Année 3 : 2026 Année 5 : 2028
	Caribou	En continu
Benthos	Benthos	Année 1 : 2024 Année 2 : 2025 Année 5 : 2028

4.1 Eau de surface

4.1.1 Objectifs et hypothèses

Le programme de suivi de l'eau de surface vise à évaluer l'effet des feux de forêt sur la qualité de celle-ci. Certains de ces effets sont l'augmentation de la turbidité, de la température, du pH et de certains métaux, ainsi que la diminution de l'oxygène dissous; ils sont causés par le ruissellement, l'érosion des sols et la déposition de cendres dans les cours d'eau et plans d'eau. Des prélèvements ont déjà été effectués sur le site du Projet pour établir l'état de référence dans le cadre de l'ÉIE. L'analyse des modifications des paramètres physicochimiques de l'eau de surface permettra, notamment, d'évaluer si une dégradation de la qualité de l'habitat de la faune aquatique est observable et dans quels délais les conditions initiales de l'eau de surface peuvent se rétablir.

4.1.2 Méthodologie

4.1.2.1 Relevés de terrain

Quatre sites d'échantillonnage ont été sélectionnés pour le programme de biodiversité, chacun situé dans les lacs SN1, SN2, SN4 et SN6 (tableau 2, carte 2-1). Parmi ceux-ci, les lacs SN1 et SN4 sont localisés dans un secteur ayant été impacté par le feu. Les plans d'eau sélectionnés dans le cadre du programme de biodiversité se situent tous hors du réseau impacté par l'effluent du projet minier Windfall, ce qui permet de distinguer les effets du feu de ceux découlant des activités du Projet.

Tableau 2 Sommaire des échantillons d'eau de surface récoltés

Lacs	Secteur impacté par le feu	Localisation géographique		Année d'inventaire
		Bord du lac	Centre du lac	
SN1	Oui	**WL-07** 49,070057'N; 75,663483'O	**EH-2a** 49,062227'N; 75,671844'O	2016, 2017, 2024
SN4		**WL-10** 49,062909'N; 75,659127'O		2017, 2021, 2024
SN2	Non	**WL-08** 49,066980'N; 75,635028'O	**WL-14** 49,063282'N; 75,632003'O	2016, 2024
SN6		**WL-13** 49,063772'N; 75,644786'O		2021, 2024

Deux méthodologies d'inventaire distinctes ont été utilisées dans le cadre de cette étude. La première consiste en une prise de données *in situ* des paramètres physicochimiques de base au bord des lacs visés par le suivi. Cet inventaire a été réalisé sur une base mensuelle, soit le 18 mai, le 1er juin, le 7 juillet, le 21 août, le 15 septembre et le 13 octobre 2024. Les paramètres faisant l'objet du suivi sont la température (°C), la concentration en oxygène dissous (% et mg/L), la conductivité (µS/cm) et le pH. Ces derniers ont été mesurés à l'aide d'une sonde multiparamètres (YSI).

La seconde méthodologie consiste en la prise d'échantillons d'eau au centre des lacs visés par le programme de suivi. Ce relevé a été réalisé une seule fois au mois d'août 2024. Lors de cette campagne, les paramètres *in situ* décrits précédemment ont également été mesurés. Les mesures et les échantillons d'eau ont été récoltés dans les lacs ciblés, à environ 30 cm sous la surface de l'eau. Comme une thermocline a été observée au lac SN1, les mesures ont été prises au-dessus (EH-2a-A) et en dessous de celle-ci (EH-2a-B).

Pour les échantillons reliés à la microbiologie, à la physicochimie de base et nutriments, aux anions et cations et aux paramètres spécifiques au projet, l'eau de surface a été prélevée à l'aide d'une bouteille de grand format sans agent de conservation. Les diverses bouteilles fournies par le laboratoire ont par la suite été remplies. Pour les métaux traces, l'eau a été récoltée dans une bouteille de prélèvement préalablement conditionnée à l'eau du milieu, puis l'eau a été transvidée dans les tubes contenant de l'acide nitrique et de l'acide chlorhydrique. Les méthodes décrites dans le *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux traces* (MELCC, 2021) ont été suivies. Un duplicata et un blanc de terrain ont été prélevés à l'une des stations. Les paramètres analysés sont présentés au tableau 3.

Des précautions ont été prises pour éviter la contamination des échantillons. Ainsi, les parties intérieures des bouteilles et des bouchons n'ont pas été touchées directement, les bouchons ont été vissés hermétiquement, les grosses particules telles que les feuilles ou les détritus n'ont pas été prélevés avec les échantillons d'eau et le fond des cours d'eau n'a pas touché les bouteilles afin d'éviter la mise en suspension de sédiments.

Une fois l'échantillonnage terminé, les bouteilles ont été déposées dans des glacières à une température d'environ 4 °C. Les échantillons ont été envoyés le jour suivant par le livreur de GMW au terminus, puis vers le laboratoire accrédité Bureau Veritas pour un délai visé en dessous de 48 h.

La liste des paramètres qui ont été analysés selon le *Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial du milieu aquatique avant l'implantation d'un projet industriel* (MDDELCC, 2017) est présentée au tableau 3.

Tableau 3 Paramètres analysés pour l'eau de surface

Microbiologie		
Coliformes fécaux		
Physicochimie de base et nutriments		
Alcalinité	Solides dissous totaux	Nitrites-Nitrates
Dureté	Turbidité	Phosphore total (basse limite)
Matières en suspension	Azote ammoniacal	Nitrites-Nitrates
Conductivité	Azote total	
Anions et cations		
Bromures	Fluorures	Sodium
Calcium	Magnésium	Sulfates
Chlorures	Potassium	
Métaux traces		
Aluminium	Cadmium	Nickel
Antimoine	Chrome total	Plomb
Argent	Cobalt	Sélénium
Arsenic	Cuivre	Strontium
Baryum	Fer	Uranium
Béryllium	Manganèse Mercure	Vanadium
Bore	Molybdène	Zinc
Spécifiques au projet		
Cyanures totaux	Radium 226	Hydrocarbures pétroliers C_{10}-C_{50}

4.1.2.2 Statistiques et critères

Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection reportée (LDR) ont été transformées en la moitié de cette limite. Les moyennes, les valeurs maximales et minimales ainsi que l'écart-type ont été calculés pour chaque paramètre analysé.

Les résultats des analyses ont été comparés aux critères de qualité de l'eau de surface proposés par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) (MELCC, 2022) :

- Prévention de la contamination, eau et organismes aquatiques (CPC[EO]);
- Protection de la vie aquatique, effet chronique (CVAC);
- Protection de la vie aquatique, effet aigu (CVAA).

Finalement, les concentrations obtenues dans le cadre du programme de biodiversité ont été comparées avec celles de l'état de référence qui ont été analysées dans le cadre de l'ÉIE.

4.1.3 Résultats

4.1.3.1 Inventaires réalisés au terrain

Contrôle qualité

Les certificats d'analyses du laboratoire Bureau Veritas sont disponibles à l'annexe E-1.

Répétabilité des analyses

Afin d'évaluer la répétabilité des analyses lors du même terrain, le coefficient de variation (rapport entre l'écart-type et la moyenne) du duplicata a été calculé.

Les coefficients de variation (CV) obtenue sur le duplicata WL-DUP avec WL-10 sont inférieurs à 15 % pour la majorité des paramètres, ce qui témoigne d'une bonne reproductibilité.

Cependant, certaines variations de plus de 15 % ont été observées pour les paramètres suivants :

- Azote ammoniacal;
- Phosphore;
- Sélénium,

Pour l'azote ammoniacal, le phosphore et le sélénium, les coefficients de variation étaient respectivement d'environ 86 %, 131 % et 141 %. La concentration de l'échantillon original ou du duplicata de ces analyses est sous les limites de détection rapportées, ce qui génère des coefficients de variation élevés. L'ensemble de CV est présenté aux tableaux présentés à l'annexe E-2.

Vérification de la contamination des échantillons

Lors de la campagne de terrain, un blanc de terrain et un blanc de transport ont été analysés afin de déterminer si les échantillons ont pu être contaminés durant les manipulations au terrain ou lors de leur transport vers le laboratoire. De plus, les laboratoires analytiques ont procédé à l'analyse de blanc de méthode afin de confirmer qu'aucune contamination n'a été introduite lors des analyses. Ces analyses sont effectuées dans le cadre du processus de contrôle qualité du laboratoire.

Le blanc de méthode détient des concentrations de fluorure (0,014 mg/L), mais pour des analyses à basse limite, une concentration équivalente à au plus deux fois la limite de détection rapportée (0,010 mg/L) est jugée acceptable. Des traces de zinc ont aussi été détectées dans le blanc de méthode. Le laboratoire a ainsi augmenté la limite de détection pour ce paramètre.

Le blanc de terrain comportait une contamination au niveau de l'antimoine (0,060 µg/L, LDR 0,0050 µg/L), du bore (0,41 µg/L, LDR 0,30 µg/L), du cobalt (0,011 µg/L, LDR 0,080 µg/L), du manganèse (0,032 µg/L, LDR 0,030 µg/L) et finalement du nickel (0,17 µg/L, LDR 0,030 µg/L). Les concentrations analysées étant très précises, une contamination peut facilement être intégrée, puis détectée. Lors des manipulations au terrain, et malgré les précautions prises, le vent ou la manipulation des bouchons peuvent être la cause de cette contamination. Ces contaminations n'ont pas influencé le dépassement des critères.

Pour le blanc de transport, aucune trace de contamination n'a été détectée. Le détail des analyses effectué sur les blancs est présenté à l'annexe E-1.

Paramètres *in situ* et analyses en laboratoire

PH

Les mesures physicochimiques réalisées *in situ* à l'aide d'une sonde multiparamètres révèlent des dépassements de critères de la qualité de l'eau. En effet, pour la majorité de l'année (mai à octobre), le pH du lac SN2 (non impacté) était sous le critère CVAC (limite optimale 6,5 à 9,0) avec une médiane de 5,91 (± 0,57). Pour le lac SN6 (non impacté), une médiane de 6,28 (± 0,87) a été obtenue. Du côté des lacs situés dans la zone impactée par les feux, leurs valeurs de pH sont plus élevées avec des médianes de 6,79 (± 0,57) pour le lac SN1 et de 6,55 (± 0,41) pour le lac SN4. Les résultats détaillés obtenus pour les paramètres *in situ* ainsi que pour les analyses au laboratoire sont présentés aux tableaux 1 à 4 de l'annexe E-2.

Si on compare les résultats obtenus en 2024 avec ceux des années précédentes pour les mêmes lacs et durant les mêmes périodes (mois), l'impact des feux sur le pH est davantage difficile à confirmer (tableau 4). Par exemple, l'analyse des paramètres de base effectuée en 2017 pour le lac SN1 (WSP, 2023a) présentait, pour les mois de juillet et août, des valeurs de pH de 6,59 et 6,51. En 2024, les valeurs de pH pour ces mêmes mois étaient respectivement de 6,17 (juillet), puis de 6,13 et de 7,09 (deux campagnes en août). Du côté du lac SN4, les valeurs obtenues pour les mois de juillet et août en 2017 étaient de 6,57 et 5,73 comparativement à 6,13 (juillet), puis de 6,63 et de 6,33 (deux campagnes en août) en 2024.

Ainsi, des changements au niveau du pH (hausse) pour le mois d'août ont été observés dans le lac SN1 et SN4. En dépit du fait que dans certains cas, les feux de forêt peuvent avoir pour effet une diminution des valeurs de pH dans les lacs, l'augmentation de cette valeur, causée par les cendres alcalines, demeure le scénario le plus fréquent (Dahm et coll., 2015).

Oxygène dissous

Les feux de forêt peuvent avoir pour effet de diminuer indirectement l'oxygène dissous des plans d'eau (Dahm et coll., 2015). Certaines variations drastiques ont été observées entre les valeurs disponibles des années avant et après le feu. En effet, en 2024, la plus faible concentration d'oxygène dissous mesurée à la station WL-07, située au bord du lac SN1, était en août avec 4,10 mg/L, suivi de 5,17 mg/l en septembre, avant de remonter à 10,13 mg/L en octobre. Cette même station, échantillonnée au mois d'août dans les années antérieures, détenait plutôt des concentrations de 9,20 mg/L (2016) et 7,90 mg/L (2017) (tableau 4). Toutefois, la même tendance se retrouve aux lacs non impactés par les feux, soit pour la station WL-08 dans laquelle la concentration était autour de 7,40 mg/L en août 2016, puis de 3,84 mg/L en août 2024, pour ensuite atteindre 9,61 mg/L en octobre 2024. La même observation, soit une concentration faible en août suivie d'une augmentation à des concentrations similaires aux années précédentes pour les mois suivants, est notée pour la station WL-13 (non impactée). Seule la station WL-10 (impactée par les feux) obtient des concentrations stables et similaires pour les mois avant et après 2023. Ainsi, l'impact des feux sur l'oxygène dissous ne semble pas être le facteur principal de ces variations de concentrations d'oxygène dissous, car ces variations sont retrouvées autant dans le secteur de référence que celui impacté par le feu.

Température

Du côté de la température, pour le mois d'août, les stations de références et impactées par les feux détiennent des températures similaires aux années antérieures.

Turbidité et matières en suspension

En général, les feux de forêt sont synonymes d'augmentation de la turbidité des eaux de surfaces. Ce phénomène est souvent causé par les pluies qui augmentent le ruissellement vers les plans d'eau et érodent le sol et les cendres produites par les incendies (Hohner, 2019). Toutefois, les résultats ne semblent pas suivre cette tendance, car les valeurs de turbidité obtenues en 2024 dans les lacs SN1 (station EH-2a) et SN4 (station WL-10) sont très similaires à celles obtenues avant le feu (tableau 5 et tableau 7). De plus, pour l'année 2024, la turbidité obtenue aux stations de référence (SN6 et SN2) est plus élevée comparativement à celles des stations impactées par les feux. En effet, les lacs SN2 (station WL-14, tableau 6) et SN6 (station WL-13, tableau 8) ont respectivement une valeur de turbidité de 2,5 NTU et 1,0 NTU contrairement à des valeurs plus faibles respectivement de 0,73 NTU et 0,56 NTU aux lacs SN4 (Station WL-10) et SN1 (station EH-2a).

Au niveau des matières en suspension (MES) au lac SN1, des valeurs sous la LDR (< 2 mg/L) pour les stations EH-2a et EH-2b ont été obtenues au début du mois de septembre 2010. En 2024, les stations EH-2a et EH-2b ont aussi des valeurs sous la LDR. Pour le lac SN4, la valeur de MES obtenue en 2017 a atteint 5 mg/L, alors que celle obtenue en 2024 est située sous la LDR. Pour le mois d'août, les stations de références localisées dans les lacs SN2 et SN6 présentent des valeurs de MES comparables quoique légèrement plus élevées. En effet, le lac SN2 a une concentration de MES de 3 mg/L en 2024, de 1,1 mg/L en 2021 et de 2 mg/L en août 2016. Le lac SN6 a une concentration de MES de 2 mg/L en 2024, suivi de 1,7 mg/L en 2021. Cette variation pour les MES est négligeable.

À la lumière des résultats obtenus pour les MES et la turbidité, aucune tendance n'est perçue concernant les phénomènes d'érosion des sols dénudés par le feu qui augmenteraient la quantité de MES dans les cours d'eau, de même que la turbidité (Moody et coll., 2013). Une hypothèse pouvant expliquer des valeurs relativement similaires aux conditions initiales (avant le feu) est la repousse de la végétation qui pourrait, à court terme, avoir permis la réduction de l'érosion et l'immobilisation des métaux et des nutriments dans les sols (Jager et coll., 2021).

Tableau 4 Mesures physicochimiques prises in situ lors des campagnes d'échantillonnage de 2016, 2017, 2021 et 2024

Nom de la station (lac)	Paramètre	2016	2017		2021						2024					
		Août	Juillet	Août	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Mai	Juin	Juillet	Mi-Août	Septembre	Octobre
WL-07 (SN1) – Impactée par le feu	Température (°C)	21,70	19,70	20,50	15,40	-	-	-	-	-	13,81	16,17	19,80	20,26	19,69	10,89
	Oxygène dissous (%)	105	-	-	93,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oxygène dissous (mg/L)	9,20	7,41	7,90	9,36	-	-	-	-	-	7,80	9,20	8,70	4,10	5,17	10,13
	pH	7,80	6,59	6,51	5,83	-	-	-	-	-	7,42	6,48	6,17	7,09	7,23	7,29
	Conductivité (µS/cm)	16	14,7	14,5	14,8	-	-	-	-	-	26	16	14	263	22	55
WL-08 (SN2) – Non impactée par le feu	Température (°C)	21,60	-	-	-	-	-	-	-	-	9,91	17,27	20,1	17,23	18,27	9,35
	Oxygène dissous (%)	84,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
	Oxygène dissous (mg/L)	7,40	-	-	-	-	-	-	-	-	1,65	7,79	8,31	3,84	-	9,61
	pH	7,30	-	-	-	-	-	-	-	-	5,68	5,91	6,91	5,60	5,69	6,45
	Conductivité (µS/cm)	27	-	-	-	-	-	-	-	-	30	28	33	42	145	22
WL-10 (SN4) – Impactée par le feu	Température (°C)	-	19,70	20,70	-	18,50	-	-	11,60	7,50	15	15,21	21,2	18,99	20,82	9,95
	Oxygène dissous (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oxygène dissous (mg/L)	-	7,35	8,70	-	8,27	-	-	8,69	10,84	6,90	6,50	9,20	3,60	6,82	10,4
	pH	-	6,57	5,73	-	5,70	-	-	6,63	6,50	6,73	6,55	6,13	6,63	5,59	6,68
	Conductivité (µS/cm)	-	12,30	11,70	-	16,60	-	-	15,60	14,90	12,00	13,0	14,00	9,00	14,00	< 0,001
WL-13 (SN6) – Non impactée par le feu	Température (°C)	-	-	-	16,70	21,60	21,50	24,40	10,9	6,7	17,42	18,20	20,60	20,65	19,45	8,80
	Oxygène dissous (%)	-	-	-	97,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oxygène dissous (mg/L)	-	-	-	9,50	-	7,49	7,77	9,62	12,16	5,00	10,60	9,60	4,80	3,38	11,56
	pH	-	-	-	6,95	7,91	7,51	6,90	7,63	7,68	5,71	7,01	5,81	6,42	5,34	6,28
	Conductivité (µS/cm)	-	-	-	85,10	90,70	95,10	100,60	87,30	94,70	123	116	115	110	103	109

Tableau 5 **Paramètres physicochimiques et ions majeurs au lac SN1 en 2016, 2021 et 2024 utilisés comme comparatifs pour l'état de référence**

Paramètres		Unités	Lac SN1												
			WL-07							EH-2a		EH-2b	Moyenne	EH-2a	EH-2b
			2016			2017			2021	2010		2010		2024	2024
			01-06-2016	21-08-2016	26-10-2016	24-05-2017	11-07-2017	01-08-2017	25-05-2021	09-09-2010 (surface)	09-09-2010 (fond)	09-09-2010		18-08-2024	18-08-2024
Physicochimie	Carbone organique dissous (COD)	mg/L	8,3	8,5	8,4	7,9	-	9,1	8,6	9,1	8,9	8,2	8,6	8,7	7,8
	Matières en suspension (MES)	mg/L	<2,0	4	<2,0	<2,0	<2,0	7	4	<2	<2	<2	2,2	< 2	2
	Turbidité	UTN	-	-	-	0,3	2,9	2,3	0,76	0,5	1,4	2,6	1,5	0,56	0,49
Ions majeurs	Calcium	mg/L	1,72	1,69	-	1,74	1,7	1,78	-	<2,00	<2,00	<2,00	1,45	1,8	2

Tableau 6 **Paramètres physicochimiques et ions majeurs du lac SN2 en 2016, 2021 et 2024 utilisés comme comparatif pour l'état de référence**

Paramètres		Critères (CVAA; CVAC; CPC(EO) (µg/L))	Unités	Lac SN2										
				WL-08			WL-14						Moyenne	WL-14
				2016			2021							2024
				01-06-2016	21-08-2016	26-10-2016	25-05-2021	28-06-2021	27-07-2021	25-08-2021	29-09-2021	27-10-2021		18-08-2024
Physicochimie	Carbone organique dissous (COD)	-	mg/L	11,1	11,8	13,5	11	11	14	16	14	14	12,9	14,0
	Matières en suspension (MES)	-	mg/L	<2,0	2	<2,0	3	5	2,2	1,1	1,4	1,6	2,0	3
	Turbidité	-	UTN	-	-	-	0,92	1,1	1,7	1,4	2,7	3,4	1,9	2,5
Ions majeurs	Calcium	-	mg/L	3,0	4,1	-	-	3,7	4,2	5,4	5	4,6	4,3	5,00
Métaux traces	Fer	3 400; 1 300; 300	µg/L	330	577	-	-	390	610	840	1 100	900	692	750
	Mercure	1,6; 0,91; 0,0018	µg/L	0,034	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,005	< 0,002
	Plomb	Selon la dureté	µg/L	<1,0	0,07	0,2	0,16	0,23	0,22	0,41	0,45	0,33	0,29	0,21
	Manganèse	Selon la dureté	µg/L	15	8,9	14	12	13	36	59	29	26	24	37

Tableau 7 Paramètres physicochimiques et ions du lac SN4 en 2017, 2021, 2023 et 2024 utilisés comme comparatif pour l'état de référence

Paramètres		Critères (CVAA; CVAC; CPC(EO) (µg/L))	Unités	Lac SN4								
				WL-10							Moyenne	WL-10
				2017			2021			2023		2024
				24-05-2017	11-07-2017	01-08-2017	28-06-2021	30-09-2021	27-10-2021	04-10-2023		18-08-2024
Physicochimie	Carbone organique dissous (COD)	-	mg/L	6	-	6,9	5,1	4,7	4,7	4,2	5,26	4,6
	Matières en suspension (MES)	-	mg/L	<2,0	<2,0	5	4	1,1	13	1	4,82	<2,0
Ions majeurs	Turbidité	-	UTN	0,7	0,8	0,6	0,57	1,1	1,5	0,8	0,87	0,73
	Calcium	-	mg/L	1,31	1,4	1,22	1,4	1,5	1,4	1,8	1,43	1,7
Métaux traces	Mercure	1,6; 0,91; 0,0018	µg/L	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,001	<0,002

Tableau 8 Paramètres physicochimiques et ions du lac SN6 en 2021 et 2024 comme comparatif pour l'état de référence

Paramètres		Unités	Lac SN6							
			WL-13						Moyenne	WL-13
			2021							2024
			25-05-2021	29-06-2021	27-07-2021	24-08-2021	30-09-2021	27-10-2021		18-08-2024
Physicochimie	Carbone organique	mg/L	3,6	4,3	6,6	6,5	4,7	4,3	5	5,2
	Matières en suspension	mg/L	4	5	10	1,7	1,1	1,6	3,9	2
	Turbidité	UTN	0,49	1,7	1,1	0,96	0,74	1,1	1,015	1
Ions majeurs	Calcium	mg/L	-	9,3	11	13	11	11	11,06	14

Carbone dissous

Pour le carbone organique dissous (COD), les feux de forêt peuvent également conduire à une augmentation des valeurs dans les plans d'eau en raison de l'apport supplémentaire des MES et de la réaction de réduction de la couche détritique. Ce n'est pas le cas pour le lac SN1 (EH-2a), où la valeur de COD obtenue en août 2024 atteignait 8,7 mg/L comparativement à 9,1 mg/L en 2017 (tableau 5). Pour le lac SN4, c'est la même tendance. En effet, la valeur obtenue est plus faible après le feu, soit de 4,6 mg/L en août 2024 par rapport à 6,9 mg/L en août 2017 (tableau 7). Pour le lac de référence SN6, des valeurs de 5,2 mg/L (2024) et de 6,5 mg/L (2021) ont été obtenues en août (tableau 8). En ce qui concerne le lac SN2, des concentrations de 14 mg/L ont été mesurées en 2024 comparativement à 16 mg/L en 2021 (tableau 6). Ainsi, les feux de forêt n'ont pas entraîné d'augmentation significative du COD dans les lacs étudiés, avec des valeurs de COD en 2024 généralement plus faibles ou similaires à celles des années précédentes. De plus, entre les lacs de référence et ceux impactés par les feux (2024), les concentrations de COD sont similaires.

Ions majeurs

Concernant les ions majeurs, une faible concentration en calcium (selon le critère du CVAC [< 4 mg/L]) a été détectée aux stations impactées par le feu, soit les stations EH-2a et WL-10. Toutefois, ces stations avaient aussi des valeurs similaires lors des dernières années avant le feu (tableau 5 et tableau 7). Cela signifie que le milieu aquatique à ces endroits est sensible à l'acidification depuis quelques années déjà. Aux stations non impactées par le feu (WL-14 et WL-13), des concentrations moyennes de 5 mg/L (WL-14) et de 14 mg/L (WL-13) ont été mesurées. Des résultats similaires pour le calcium ont été observés pour les mêmes mois au cours des années précédentes et sont présentés au tableau 6 et au tableau 8 pour les stations WL-14 et WL-13. Les stations non impactées par le feu semblent être moins sensibles à l'acidification avec leur haute concentration de calcium comparativement aux stations impactées par le feu (annexe E-2). Ainsi, ceci semble confirmer que les feux n'ont pas eu de réel impact sur la sensibilité à l'acidification en diminuant les concentrations de calcium à l'année suivant les feux.

Concernant les autres ions majeurs et les nutriments, les concentrations restent similaires et aucun dépassement n'est noté, autant en 2024 que lors des années précédentes.

Il est important de noter que les concentrations de nutriments et de MES augmentent généralement dans l'année suivant un incendie de forêt, tandis que les pics de métaux lourds apparaissent après 1 à 2 ans (Onja, 2023). Cela indique un décalage dans la lixiviation des métaux lourds par rapport aux nutriments dans les zones touchées par l'incendie. Étant donné qu'environ un an s'est écoulé depuis le feu, il est possible que certaines concentrations de nutriments, d'ions majeurs et de MES aient déjà commencé à revenir à leurs niveaux pré-incendie.

Métaux traces

Les valeurs détectées pour le fer dépassent les critères du CPC[EO] avec une concentration de 0,75 mg/L, et ce, seulement pour la station de référence (WL-14) (annexe E-2, tableau 2). Lors des années antérieures, cette station était aussi en dépassement au niveau du fer pour chacun des échantillonnages (tableau 6). Lors de ces années, les échantillons prélevés à la station WL-14 étaient ceux avec le plus de dépassements des critères. En 2024, le manganèse et le plomb ne sont plus en dépassement à la station WL-14, comme il l'avait été dans les années avant le feu.

Entre les années 2016 et 2021, des dépassements des critères CPC[EO] et CVAC ont été détectés pour le mercure aux stations WL-14 et WL-10 (tableaux 6 et 7). Considérant que les forêts constituent un important puits de séquestration du mercure, les feux peuvent libérer ce métal par volatilisation ou par ruissellement. Toutefois, aucun dépassement au niveau du mercure n'a été mesuré (< LDR) en 2024 pour toutes les stations. Il semble donc qu'en général, les concentrations des métaux traces qui dépassaient les critères avant le feu aient diminué au lieu d'augmenter à la suite du feu.

Principales tendances observées et recommandations

Finalement, les concentrations des paramètres d'anions, des nutriments ou de métaux retrouvés au-dessus (A) ou en dessous (B) la thermocline du lac SN1 sont toutes similaires. Le feu ne semble donc pas avoir affecté la couche supérieure ou inférieure de la thermocline au niveau des paramètres analysés. Notons que les paramètres de base n'ont pas été relevés pour la sous-couche (B) de la thermocline.

À l'exception d'une légère augmentation du pH du lac SN1 après le feu, seules des différences minimes entre l'état de référence et l'état post-feu ont été observées. La plupart des différences allaient à l'encontre des théories sur les impacts potentiels des feux sur les plans d'eau, comme mentionné dans la revue de littérature présentée à l'annexe A. Il semble que les feux n'aient pas modifié de manière drastique la physicochimie et la présence des nutriments ou des métaux dans les lacs étudiés comparativement aux années précédentes et aux lacs de référence. Étant donné que la littérature rapporte de grandes modifications après des événements de crues importantes ou d'inondations, il serait pertinent de réaliser le prochain suivi après une pluie torrentielle. Pour l'instant, seule la physicochimie de base effectuée au mois de septembre a été réalisée lorsqu'il pleuvait. Les autres échantillonnages ont tous été effectués par temps ensoleillé.

4.1.3.2 Séances d'information et de participation publique

Lors de la séance d'information tenue à Waswanipi le 25 mars 2025, aucun changement n'a été rapporté par les parties prenantes présentes au niveau de l'eau de surface et en bordure des cours d'eau. Toutefois, il a été mentionné qu'une attention particulière devrait être portée aux petits ruisseaux, notamment pour prendre en considération le castor du Canada (*Castor canadensis*) et le rat musqué (*Ondatra zibethicus*) dans l'évaluation de l'impact des feux de forêt. Comme ces derniers sont des animaux semi-aquatiques, l'étude de la qualité de l'eau permet de dresser un portrait de la qualité de leurs habitats. Par ailleurs, aucune variation n'a été constatée par les participants concernant la qualité de la pêche.

Lors de la séance d'information réalisée à Lebel-sur-Quévillon le 26 mars 2025, un participant a mentionné que la couleur de l'eau avait changé depuis les feux, cette dernière étant plus foncée. Comme mentionné précédemment, les feux de forêt sont synonymes d'augmentation de la turbidité des eaux de surfaces. Ce phénomène est souvent causé par les pluies qui augmentent le ruissellement vers les plans d'eau et érodent le sol et les cendres produites par les incendies (Hohner, 2019). L'augmentation de la turbidité peut donc avoir pour conséquence de changer la couleur de l'eau, la rendant plus foncée.

Un participant a également remarqué que les algues avaient proliféré en bordure des plans d'eau touchés par les incendies. Une étude sur les plaines côtières du sud-est des États-Unis a aussi démontré une prolifération d'algues dans les plans d'eau suivant des feux de forêt (Zhang, 2017). Cette prolifération d'algues, qui est généralement de courte durée, découle de la transformation des nutriments organiques par la chaleur vers des formes inorganiques disponibles pour la végétation. Une recherche effectuée dans les Rocheuses canadiennes a démontré des résultats concordant avec ces conclusions (Emelko et coll., 2016). La modification des spéciations de phosphore (P) vers des formes plus biodisponibles avec une diminution des ratios N:P suivant un feu de forêt a eu pour effet de faciliter la prolifération d'algues dans les cours d'eau.

En ce qui a trait à la faune aquatique, un participant présent à la séance d'information de Lebel-sur-Quévillon a mentionné qu'il n'avait pas vu d'effet sur la quantité de poissons dans les plans d'eau.

4.2 Végétation et milieux humides

4.2.1 Écotoxicologie des plantes valorisées par les utilisateurs du territoire

4.2.1.1 Objectifs et hypothèses

Après un feu de forêt, l'augmentation de la concentration des métaux dans le sol et de la biodisponibilité pour les végétaux peut conduire à une augmentation de la concentration des métaux dans les plantes. L'étude écotoxicologique des plantes traditionnellement valorisées par les utilisateurs cris du territoire permettra, en ce sens, d'évaluer la teneur en métaux dans les parties consommées. En fonction des consultations tenues avec les maîtres de trappe et leurs familles dans le cadre de l'ÉIE, les deux espèces ciblées sont le bleuet (*Vaccinium* spp) et le thé du Labrador (*Rhododendron groenlandicum*).

4.2.1.2 Méthodologie

Quatre placettes d'inventaire font l'objet de programme de suivi de la biodiversité pour ce volet. La localisation des placettes a été déterminée après consultation du maître de trappe du terrain W25B et de sa famille (cartes 2-1 à 2-4). Un total de quatre placettes, deux dans la zone d'étude locale du milieu biophysique et deux hors de cette zone, a été disposé sur le territoire à l'étude. La zone d'étude locale présente une grande quantité de plants de bleuets sauvages (bleuet fausse-myrtille et bleuet à feuilles étroites). Il s'agit d'espèces floristiques dont l'habitat est favorable dans le secteur, notamment en raison des sols acides omniprésents, des lisières de forêt de conifères et des ouvertures. Les perturbations associées à la coupe forestière ou le feu contribuent d'autant plus à la reproduction de cette espèce. Dans chacune des zones, une placette n'a pas été affectée par les feux de forêt, alors que la deuxième est impactée. Le tableau 9 montre le détail de la répartition des placettes en fonction du type de milieu. Il est à noter que la placette PL-03 a été divisée en deux sections dû à des contraintes techniques rencontrées au terrain. Toutefois, les caractéristiques de PL-03 (A) et PL-03 (B) restent les mêmes avec une localisation hors de la zone d'étude locale, impactée par les feux puis hors des secteurs sujets à l'influence du site minier. Les prochains suivis conserveront la localisation initiale de la placette PL-03 mentionnée dans le programme de suivi de l'écotoxicologie des plantes.

Tableau 9 Répartition des placettes d'échantillonnage des plantes par type de milieu

Zone d'étude	Nom de la placette	Latitude	Longitude	Placette dans les secteurs sujets à l'influence du site minier	Brûlis
Zone d'étude locale du milieu biophysique	PL-01	49,081944'N	75,649722'O	Oui	Oui
	PL-02	49,053611'N	75,648333'O	Oui	Non
Hors de la zone d'étude locale du milieu biophysique	PL-03 (A)	49,031619'N	75,654797'O	Non	Oui
	PL-03 (B)	49,023731'N	75,671028'O	Non	Oui
	PL-04	49,048333'N	75,695278'O	Non	Non

Prélèvements et analyses

Au total, 72 échantillons de tissus structurels ont été prélevés, soit les feuilles pour le thé du Labrador et les fruits pour les plants de bleuets. Environ 20 g (poids humide) ont été récoltés pour chaque échantillon de tissus et de baies.

Des gants de nitrile ont été utilisés pour le prélèvement et changés entre chaque placette. Afin d'être le plus représentatif des conditions de cueillette traditionnelle, aucun instrument de coupe n'a été employé. Un premier sac hermétique de type « Ziploc » a été utilisé pour chaque prélèvement à l'intérieur de chacune des placettes, puis chaque sac a été placé dans un second sac pour prévenir la contamination extérieure. Le programme de contrôle de la qualité a permis de valider la qualité des méthodes d'échantillonnage.

Les échantillons prélevés ont été directement placés dans un congélateur portatif jusqu'à leur transport dans la ville de Québec. Ils ont ensuite été placés dans une glacière et acheminés au laboratoire par autobus. Les paramètres qui ont été analysés sont présentés au tableau 10.

Tableau 10 Liste des paramètres analysés pour les échantillons de tissus foliaires et baies

Aluminium (Al)	Cobalt (Co)	Plomb (Pb)
Antimoine (Sb)	Cuivre (Cu)	Sélénium (Se)b
Argent (Ag)	Étain (Sn)	Strontium (Sr)
Arsenic (As)	Fer (Fe)	Titane (Ti)
Baryum (Ba)	Lithium (Li)	Uranium (U)
Béryllium (Be)	Manganèse (Mn)	Vanadium (V)
Bore (B)	Mercure (Hg)	Zinc (Zn)
Cadmium (Cd)	Molybdène (Mo)	
Chrome (Cr)	Nickel (Ni)	

Les documents disponibles sur le site du MELCCFP concernant l'écotoxicologie et l'évaluation du risque ont été pris en compte pour la rédaction de ce rapport. De plus, plusieurs guides et lignes directrices ont été consultés pour la caractérisation, l'évaluation et la présentation des résultats. Ces derniers sont les suivants :

- Procédure d'évaluation du risque écotoxicologique pour la réhabilitation des terrains contaminés (CEAEQ, 1998).
- Guide supplémentaire sur l'évaluation des risques pour la santé humaine liés aux aliments d'origine locale (ÉRSHaliments) – L'évaluation des risques pour les sites contaminés fédéraux au Canada (Santé Canada, 2010).
- Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec (INSP, 2012).

4.2.1.3 Résultats

Inventaires réalisés au terrain

Les certificats analytiques fournis par le laboratoire Bureau Veritas sont disponibles à l'annexe F-1 et présentent les concentrations mesurées dans les tissus des espèces végétales de chacun des échantillons analysés.

Contrôle de la qualité

Un prélèvement en duplicata sur neuf échantillons a été réalisé, soit trois par espèce. Le prélèvement de duplicata vise à vérifier la justesse, la précision et la reproductibilité des résultats obtenus. Le tableau 1 de l'annexe F-2 montre le contrôle qualité des dupliqua. L'écart relatif entre les résultats de l'échantillon d'origine (concentration A) et son duplicata (concentration B) est utilisé afin de comparer les données obtenues. Cet écart est défini selon l'équation suivante :

$$\% \text{ Écart } = \left(\frac{\left| \text{Concentration } A - \text{Concentration } B \right|}{\text{moyenne des concentrations } A \text{ et } B} \right) \times 100$$

De manière générale, un écart inférieur à 30 % entre les prélèvements originaux et leur duplicata respectif constitue une limite acceptable selon le MELCCFP. Selon les analyses des données, le manganèse, le molybdène, le nickel, l'étain, l'argent et le strontium sont les métaux où un écart majeur est retrouvé pour la majorité des placettes (au moins cinq placettes sur les huit). Cela est probablement causé par le fait que les échantillons prélevés peuvent être hétérogènes et faire varier la concentration des métaux d'un point à un autre au sein de la même placette.

De façon plus globale, seulement l'antimoine représente un pourcentage d'écart plus petit que 30 % entre les échantillons originaux et leur dupliqua, et ce, pour toutes ses placettes. En effet, l'antimoine a obtenu des valeurs sous la LDR pour chaque échantillon.

À des concentrations très faibles, même des variations minimes peuvent apparaître comme significatives, comme pour l'argent (PL-01-1T), ayant une concentration de 0,001 mg/L comparativement à son dupliqua (0,002 mg/L). Ceci représente un écart de près de 104 %.

Finalement, certains métaux étaient présents à des niveaux inférieurs à la limite de détection des instruments utilisés. Dans ces cas, les résultats peuvent être moins fiables et montrer des variations importantes simplement parce que les instruments ne peuvent pas détecter ces faibles concentrations avec précision. C'est le cas de l'étain dont une concentration à 0,8 mg/L a été mesurée dans les tissus du thé du Labrador dans le duplicata. Dans l'échantillon original, la concentration mesurée était sous la limite de détection.

Critères

Il n'existe pas de seuils à respecter (critères) pour les paramètres analysés dans les tissus de bleuets et de thé du Labrador. En effet, aucune norme n'est actuellement établie par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) ou par le MELCCFP pour la présence de métaux dans la végétation. Au niveau alimentaire, Santé Canada a toutefois établi une norme pour la concentration maximale de mercure dans les poissons pour la consommation (0,5 à 1,0 mg/kg selon l'espèce), tant au niveau des prises de la pêche sportive que pour les produits retrouvés dans les marchés d'alimentation et les poissonneries. Dans le cas actuel, les analyses servent donc uniquement à documenter les concentrations en métaux présents dans les feuilles et les fruits des deux espèces échantillonnées.

Analyses comparatives des résultats statistiques

Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection reportée (LDR) ont été transformées en la moitié de cette limite. Les statistiques descriptives des concentrations mesurées dans les échantillons de tissus de thé du Labrador et de bleuets des placettes PL-01, PL-02, PL-03 et PL-04 sont présentées aux tableaux 2 à 9 de l'annexe F-2.

Les moyennes, les valeurs maximales et minimales ainsi que l'écart-type ont été calculés pour chaque paramètre analysé. Les résultats sont exprimés avec le même nombre de chiffres significatifs que la donnée qui en contient le moins reçue du laboratoire.

Pour chaque placette, les concentrations moyennes des métaux mesurées dans les tissus de bleuets ou du thé du Labrador affectés par le feu en comparaison avec ceux non impactés sont présentées aux tableaux 10 et 11 de l'annexe F-2. Dans ce même tableau, les rapports de concentration sont aussi indiqués selon la placette PL-01 par rapport à la placette PL-02, et ce, pour chaque espèce.

Dans la même logique, les rapports de concentration de la placette PL-03 sont comparés à ceux de la placette PL-04, et ce, pour les deux espèces de plantes.

Bleuets

Pour la placette PL-01, des concentrations moyennes avec des écarts-types élevés ont été observées pour certains paramètres. Ces derniers sont les suivants :

- manganèse (Mn) : 244,00 mg/kg (± 78,00);
- fer (Fe) : 13,60 mg/kg (± 2,06).

En ce qui concerne la placette PL-02, des concentrations moyennes avec des écarts-types élevés ont aussi été observées pour certains paramètres :

- manganèse (Mn) : 164,10 mg/kg (± 79,48);
- aluminium (Al) : 52,45 mg/kg (± 62,07);
- fer (Fe) : 47,20 mg/kg (± 45,44).

Dans la placette PL-02, une plus grande variabilité dans les concentrations moyennes est observée pour le manganèse, l'aluminium et le fer. Dans la placette PL-01, outre le manganèse, les métaux détenant les plus hautes concentrations présentent des écarts-types de faibles valeurs, ce qui suggère peu de variabilité entre les échantillons récoltés.

Le tableau 10 de l'annexe F-2 permet de comparer la concentration entre la zone impactée et de référence. La placette PL-01 (impacté par les feux) présente des concentrations 1,5 fois plus élevées pour le manganèse. Les autres paramètres ont un rapport PL-03/PL-04 sous 1,5, ce qui signifie que la concentration en métaux de la placette impactée par le feu n'a pas augmenté drastiquement à la suite des feux. De même, les concentrations obtenues à la placette PL-01 sont près de cinq fois plus faibles pour l'aluminium, suivi de 4,4 fois pour le titane, de 3,7 fois pour le plomb et de 3,5 fois pour le fer. La plus grande différence de concentration se retrouve au niveau du vanadium qui détient une concentration 17,4 fois plus élevée dans la placette non impactée (PL-02). Toutefois, la faible concentration retrouvée dans la placette PL-02 (0,078 mg/L) et la concentration située sous la LDR pour la placette PL-01 sont probablement responsables de cet écart. Les concentrations des autres métaux sont toutes assez similaires entre ces placettes. Par exemple, dans les deux placettes, les valeurs pour l'arsenic sont autour des mêmes concentrations (PL-01 : 0,0072 mg/kg et PL-02 : 0,0060 mg/kg) avec un rapport PL-01/PL-02 de 1,2.

Pour la placette PL-03, des concentrations moyennes avec des écarts-types élevés ont été observées pour certains paramètres. Ces derniers sont les suivants :

- manganèse (Mn) : 131,60 mg/kg (± 54,67);
- fer (Fe) : 12,18 mg/kg (± 1,36).

En ce qui concerne la placette PL-04, des concentrations moyennes avec des écarts-types élevés ont aussi été observées pour certains paramètres :

- manganèse (Mn) : 364,17 mg/kg (± 122,51);
- baryum (Ba) : 11,74 mg/kg (± 2,79).

Pour les placettes PL-03 et PL-04 localisées hors du milieu biophysique, l'écart-type révèle une forte variabilité seulement pour le manganèse; les autres métaux détenant un écart-type d'au maximum 2,85 pour les neuf échantillons analysés.

Les échantillons de la placette PL-03 (impactée par les feux) présentent des concentrations plus élevées (> 1,5 fois) pour l'aluminium (2,5 fois), le nickel (2,5 fois), le strontium (5,4 fois) et le cadmium (1,5 fois). Pour les autres paramètres, des valeurs plus faibles ont été obtenues comparativement à la placette non impactée par les feux (PL-04). En effet, la placette PL-03 détient une concentration 2,5 fois plus élevée que la placette PL-04 pour l'aluminium et le nickel, 5,4 fois plus élevée pour le strontium et 1,5 fois plus élevée pour l'argent et le cadmium. Les concentrations des autres métaux sont toutes assez similaires entre ces placettes, comme pour l'arsenic à la placette PL-03 avec une concentration 1,4 fois plus grande comparativement à la placette PL-04.

Outre que pour l'arsenic, la biodisponibilité des métaux et leurs absorptions par les racines (Braham et coll., 2017) ne semblent pas être un enjeu pour le moment, et ce, pour toutes les placettes. Il est important de rappeler que chez le bleuet, le manganèse et le fer y sont naturellement retrouvés (Miller et coll., 2019).

Lors de la visite de terrain, les techniciens et biologistes ayant procédé à la récolte de bleuets ont mentionné que les placettes impactées par les feux détenaient une croissance et un murissement plus rapides. En effet, les bleuets réagissent de manière plus prononcée aux feux, affichant une croissance plus vigoureuse dans les placettes impactées. Cela est notamment attribué à la réduction du couvert végétal brûlé et à la présence de cendres noires environnantes, permettant ainsi une meilleure pénétration de la lumière et une absorption accrue de la chaleur. Il est intéressant de mentionner que la technique de brûlage est encore utilisée aujourd'hui dans la province de Québec pour faciliter la régénérescence des bourgeons de bleuets. Cette technique serait aussi efficace que le fauchage mécanique, mais moins économiquement favorable (Radio-Canada, 2023). Cette technique de feux contrôlés permet alors d'éliminer les mauvaises herbes ou les insectes, de rendre de nouveaux nutriments disponibles par dégradation et d'apporter une chaleur suffisante pour faire apparaître les bourgeons sur les plants (New Brunswick Government, 2011). Ainsi, il n'est pas surprenant que les bleuets aient été visiblement plus précoces dans les zones impactées par le feu.

Thé du Labrador

Pour la placette PL-01, des concentrations moyennes avec des écarts-types élevés ont été observées pour certains paramètres. Ces derniers sont les suivants :

- manganèse (Mn) : 265,00 mg/kg (± 93,83);
- baryum (Ba) : 72,30 mg/kg (± 18,62).

En ce qui concerne la placette PL-02, des concentrations moyennes avec des écarts-types élevés ont aussi été observées pour certains paramètres :

- manganèse (Mn) : 616,00 mg/kg (± 258,62);
- baryum (Ba) : 107,30 mg/kg (± 24,98).

À l'instar des résultats obtenus pour les bleuets, une variabilité importante est obtenue au niveau du manganèse pour les deux placettes. Toutefois, les valeurs des autres métaux demeurent sous ou près d'un pourcentage d'écart de 20 %. La placette PL-01 (impactée par les feux) présente des concentrations 2 fois plus faibles que celles retrouvées dans la placette PL-02 pour certains paramètres. Ces derniers sont le chrome (3 fois), le plomb (2,5 fois), le lithium (5,6 fois), le manganèse (2,3 fois), l'argent (2 fois), le vanadium (3,4 fois) et finalement le cadmium (2,5 fois). Pour les métaux en plus grande concentration dans la placette PL-01, il y a le molybdène (4,2 fois), le strontium (1,4 fois), et l'arsenic (1,5 fois). Les concentrations des autres métaux sont toutes assez semblables entre les deux placettes. Le tableau 11 de l'annexe F-2 présente ces résultats détaillés.

Le secteur impacté par les feux (PL-01) présente des concentrations deux fois plus faibles pour au moins sept métaux, avec quelques paramètres retrouvés en concentrations plus marquées pour le molybdène et l'arsenic. Les feux de forêt peuvent grandement modifier les nutriments retrouvés dans le sol via l'oxydation, le transfert de cendres et l'érosion (Agbeshie et coll., 2022). Ainsi, cela pourrait expliquer cette différence de concentration. En effet, la disponibilité du molybdène pour la croissance des plantes dépend fortement du pH du sol, de l'étendue du drainage de l'eau et des composés organiques présents (Kaiser et coll., 2005). Les feux étant reconnus pour, entre autres, augmenter le pH du sol par l'accumulation des cendres (Ngole-Jeme, 2019); cela pourrait expliquer la concentration 4 fois plus élevée du molybdène dans la zone impactée par le feu. La haute concentration du molybdène n'est toutefois pas anormale ou inquiétante, car celui-ci est un des micronutriments essentiels au développement normal des plantes.

Pour la placette PL-03, l'analyse a révélé des concentrations moyennes (± écart-type) plus élevées pour les mêmes paramètres comparativement aux placettes PL-01 et PL-02. Ces derniers sont les suivants :

- manganèse (Mn) : 247,00 mg/kg (± 104,89);
- baryum (Ba) : 68,90 mg/kg (± 39,39).

En ce qui concerne la placette PL-04, l'analyse a révélé des concentrations moyennes (± écart-type) plus élevées pour les paramètres suivants :

- manganèse (Mn) : 803,00 mg/kg (± 357,24);
- baryum (Ba) : 69,10 mg/kg (± 12,20).

La placette PL-03 (impacté par les feux) présente des concentrations plus faibles comparativement à la placette non impactée (PL-04) pour seulement deux paramètres. Ces paramètres sont le mercure (1,5 fois) et le manganèse (3,3 fois). Toutefois, les échantillons de la placette PL-03 possèdent des valeurs au moins 4 fois plus élevées pour le molybdène (4,6 fois) et 2 fois plus élevées pour le nickel (2,9 fois), le strontium (2,2 fois) et l'arsenic (2,1 fois). Les concentrations des autres métaux sont toutes assez similaires entre ces placettes. Chez le thé du Labrador, le manganèse, l'aluminium, le fer et le zinc sont retrouvés naturellement comme métaux traces les plus abondants (Shotyk et coll., 2020).

Du côté du secteur localisé à l'extérieur de la zone d'étude locale du milieu biophysique, les plants de thé du Labrador ayant été impactés par les feux représentent des concentrations plus élevées pour au moins quatre paramètres, dont l'arsenic. Pour ce dernier paramètre, cela pourrait s'expliquer par le fait que les feux augmentent sa mobilité dans le sol. En effet, la combustion de la matière organique ou l'augmentation du pH du sol peuvent rendre l'arsenic plus disponible pour l'absorption par les plantes.

Il est intéressant de noter que les concentrations de manganèse les plus hautes au niveau des échantillons récoltés de thé du Labrador sont retrouvées dans les deux placettes non impactées par les feux. Bien que le manganèse soit naturellement retrouvé dans le thé du Labrador, une quantité critique pour atteindre des niveaux toxiques de

manganèse a été calculée à 200 mg/kg pour le soja et le maïs (El-Jaoual et coll., 1998). Bien que la comparaison entre les feuilles de thé du Labrador et ces cultures agricoles ne soit pas idéale en raison des différences de consommation, elle reste la seule référence disponible pour évaluer les niveaux toxiques de manganèse dans un contexte alimentaire. Ainsi, au niveau du thé du Labrador disponible dans la placette PL-04, la plus haute concentration moyenne en manganèse était plus de 803 mg/kg. Pour la consommation chez les humains, l'Organisation mondiale de la santé (Who, 2011) a fixé les niveaux d'apport adéquats en manganèse à 2 à 3 mg/jour. De plus, autant chez le bleuet que chez le thé du Labrador, les concentrations d'arsenic, de plomb et même de mercure retrouvées dans les échantillons sont bien en dessous des niveaux maximaux consommables. En l'absence de seuils spécifiques pour les fruits et le thé du Labrador, il est possible de se référer aux limites pour la chair des animaux de ferme, qui sont de 8 mg/kg pour l'arsenic et le plomb (ACIA, 2024), et de 0,5 mg/kg pour le mercure dans la chair de poisson selon Santé Canada. Pour cette première année de suivi, il ne semble pas avoir de paramètres ayant eu de fortes concentrations qui pourraient être alarmantes dans les plants étudiés. Toutefois, il sera intéressant de faire le suivi de l'arsenic et du manganèse qui semblent être légèrement plus élevés dans les zones impactées par le feu.

Séances d'information et de participation publiques

Lors de la séance d'information et de participation publique tenue à Waswanipi le 25 mars 2025, un participant dont l'aire de trappage avait été ravagée par les feux de forêt en 2003 a mentionné que d'après l'expérience des générations précédentes, il est préférable de ne pas récolter les bleuets après les feux, que les ours allaient les consommer.

Lors de la séance réalisée à Lebel-sur-Quévillon le 26 mars 2025, un participant a mentionné qu'il y avait beaucoup de bleuets l'été dernier (2024) comparativement aux années précédentes et que ceux-ci mûrissent plus rapidement. Selon une étude réalisée en Ontario, les feux de faible intensité pourraient avoir un impact positif sur la production de bleuets (Duchesne et Wetzel, 2004). Cet effet n'était toutefois pas visible dans les secteurs où le feu était d'intensité moyenne et élevée.

4.2.2 Évolution des peuplements forestiers

4.2.2.1 Objectifs et hypothèses

La présence de feu sur un territoire peut grandement altérer la nature et la qualité des sols conduisant à la réduction de la matière organique, à l'exposition du minéral dans le sol et à l'accumulation de cendres et de charbon sur le sol. L'objectif de ce volet est de caractériser et d'évaluer l'évolution des peuplements forestiers dans les milieux terrestres et humides à la suite d'un feu de forêt.

Il est appréhendé que la régénération arborescente en milieu terrestre sera influencée par la présence suffisante de propagules, de l'épaisseur et de la qualité de la couche de matière organique, ainsi que des conditions propices à la germination après feu. Ceci pourrait conduire à ce que les espèces arborescentes à croissances rapides s'installent à la suite des feux. Par exemple, le peuplier faux-tremble et les espèces de bouleaux pourraient se retrouver dans les parcelles détenant un sol bien drainé, alors que l'épinette noire s'établirait en présence de sites favorisant l'accumulation de matière organique. Contrairement à la strate arborée, les strates arbustive et herbacée en milieu terrestre sont influencées par les types de peuplements présents. Ainsi, à la suite de l'ouverture de la canopée et de la diminution de la densité de la strate arborescente, une densification des végétaux dans ces strates pourrait être observée (Dawe et coll., 2022).

En ce qui concerne les milieux humides, l'évolution des peuplements pourrait différer comparativement aux milieux terrestres. En effet, les milieux humides ne sont pas affectés de la même manière par les feux. Puisque la densité de la

strate arborescente est généralement plus faible et que le niveau de la nappe phréatique est plus élevé en milieux humides, un plus faible taux de recrutement dans ces milieux est appréhendé. Suivant le passage du feu dans un horizon de 3 à 5 ans, une augmentation de la proportion d'arbustes pourrait être observée (Dawe et coll., 2022). Il est à mentionner qu'au moment des inventaires réalisés en 2024, il était encore trop tôt pour déterminer quelles essences arborescentes domineront les différentes parcelles affectées par les feux.

4.2.2.2 Méthodologie

Implantation des stations

Au total, 24 stations ont été sélectionnées afin de confirmer le type de milieu attendu et l'état du site anticipé vis-à-vis l'indice de sévérité du feu (cartes 2-1 à 2-5). Les caractéristiques et localisations des parcelles sont indiquées au tableau 11.

Tableau 11 Caractéristiques et localisation des placettes de suivi de la végétation

Type de végétation	Nom de la placette	Coordonnées géographiques		Indice de sévérité du feu		Drainage	Âge
		Latitude	Longitude	Déterminé par télédétection	Déterminé sur le terrain		
Sapinière à bouleau blanc	V01	49,132260'N	75,667194'O	Faible-Moyen	Faible-Moyen	Modéré	Jeune
	V02	49,236119'N	75,688313'O	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	Bon	Intermédiaire
Pessière noire à lichens	V03	49,076192'N	75,712788'O	Faible-Moyen	Faible-Moyen	Modéré	Vieux
	V04	49,231759'N	75,705061'O	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	Modéré	Vieux
Pessière noire à mousses ou à éricacées	V05[1]	49,098543'N	75,667118'O	Faible	Faible	Modéré	Vieux
	V06[1]	49,145352'N	75,556032'O	Faible-Moyen	Faible-Moyen	Modéré	Vieux
	V07	49,146802'N	75,562119'O	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	Modéré	Vieux
	V08[1]	49,080961'N	75,688943'O	Faible	Faible	Imparfait	Vieux
	V09[1]	49,106390'N	75,663930'O	Faible-Moyen	Moyen-Élevé	Imparfait	Vieux
	V10[1]	49,136765'N	75,516050'O	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	Imparfait	Vieux
	V11[1]	49,061518'N	75,679036'O	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	Imparfait	Jeune
Pessière noire à sphaignes ouverte	V12	49,212722'N	75,729185'O	Faible	Faible	Très mauvais	Vieux
	V13	49,234495'N	75,704478'O	Faible-Moyen	Faible-Moyen	Très mauvais	Vieux
	V14[1]	49,130957'N	75,500079'O	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	Très mauvais	Vieux
Pessière noire à sphaignes	V15	49,028962'N	75,683050'O	Faible	Faible	Mauvais	Vieux
	V16	49,234117'N	75,722690'O	Faible-Moyen	Faible-Moyen	Très mauvais	Vieux
	V17[1]	49,076613'N	75,695925'O	Faible-Moyen	Faible-Moyen	Mauvais	Intermédiaire
Pessière à épinette noire	V18	49,117059'N	75,642836'O	Faible	Faible	Modéré	Vieux
	V19	49,119547'N	75,642336'O	Faible-Moyen	Faible-Moyen	Modéré	Vieux
	V20[1]	49,153074'N	75,521562'O	Faible	Aucun	Modéré	Jeune
	V21[1]	49,093253'N	75,683309'O	Faible-Moyen	Faible-Moyen	Modéré	Jeune
	V22[1]	49,114882'N	75,566848'O	Moyen-Élevé	Faible-Moyen	Bon	Jeune
Sapinière à épinette noire et sphaignes	V23	49,153659'N	75,467970'O	Faible-Moyen	Faible-Moyen	Mauvais	Intermédiaire
	V24	49,233758'N	75,729741'O	Moyen-Élevé	Moyen-Faible	Mauvais	Jeune

Note : 1 Placette localisée à proximité d'une station de suivi de la faune aviaire.

Collecte des données

Les données récoltées au terrain sont similaires à celles recueillies lors des inventaires écoforestiers réalisés par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)[1] via le document de norme de stratification écoforestière (MFFP, 2015). La méthodologie employée pour la récolte de données est détaillée dans les sections suivantes.

Perturbation d'origine ou partielle (tenant compte des feux)

Deux types de perturbations sont considérés lors de cette classification, soit une perturbation d'origine ou partielle.

Dans un peuplement, son origine est déduite par des observations caractéristiques (p. ex. présence de souches, indice d'une coupe passée). Deux types d'événements peuvent avoir contribué à éliminer plus de 75 % de la surface terrière du peuplement, soit une perturbation naturelle ou humaine. Ce type de perturbation correspond à une perturbation d'origine. Ces perturbations et interventions d'origine sont présentées au tableau 12. Si le peuplement s'est vu être affecté par une perturbation naturelle ou humaine qui a éliminé de 25 à 75 % de la surface terrière du peuplement, celle-ci est considérée comme une perturbation partielle. Ces perturbations et interventions partielles sont présentées au tableau 13.

Une perturbation ou une intervention n'est pas considérée si la surface terrière du peuplement s'est reconstituée (en tout ou en partie) depuis l'avènement de la perturbation ou de l'intervention.

Tableau 12 Code des perturbations et interventions d'origine

Perturbation d'origine	Code
Brûlis total	BR
Chablis total	CHT
Dépérissement total	DT
Épidémie grave	ES
Friche	FR[1]
Verglas grave	VER
Intervention d'origine	**Code**
Coupe par bande	CBA
Coupe avec protection des tiges à diamètres variable	CDV
Coupe d'ensemencement finale	CEF
Coupe avec protection des hautes tiges marchandes et des sols	CPH
Coupe avec protection de la régénération	CPR
Coupe avec protection des petites tiges marchandes et des sols	CPT
Coupe de récupération dans un brûlis	CRB
Récolte des tiges résiduelles et des rebuts	CRR
Coupe avec réserve de semenciers	CRS
Coupe totale	CT
Ensemencement	ENS
Élimination des tiges résiduelles	ETR

[1] À la suite de la nomination du nouveau conseil des ministres en octobre 2022, le secteur des Forêts relève désormais du ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) alors que les secteurs de la Faune et des Parcs relèvent du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

Intervention d'origine	Code
Plantation	P
Regarni de régénération pour constituer l'équivalent d'une plantation	PRR
Régénération d'une aire d'ébranchage	REA
Régénération de site d'infrastructure abandonnée	RIA
Récupération en vertu d'un plan spécial d'aménagement	RPS

Note : 1 Inclut les terres agricoles abandonnées partiellement couvertes de végétation pionnière.
Source : MFFP, 2015.

Tableau 13 Code des perturbations et interventions partielles

Perturbation partielle	Code
Brûlis partiel	BRP
Chablis partiel	CHP
Dépérissement partiel	DP
Épidémie légère	EL
Verglas partiel	VEP
Intervention partielle	**Code**
Coupe d'assainissement	CA
Coupe d'amélioration	CAM
Coupe en damier	CD
Coupe à diamètre limite	CDL
Coupe partielle et épidémie légère	CE
Coupe de préjardinage	CEA
Coupe de jardinage	CJ
Coupe de jardinage par pied d'arbre ou groupe d'arbres	CJG
Coupe de jardinage avec régénération par parquets	CJP
Coupe de jardinage avec trouées	CJT
Conversion de peuplement	CON
Coupe partielle	CP
Coupe progressive d'ensemencement (résineux)	CPC
Coupe progressive d'ensemencement (feuillu)	CPF
Coupe partielle photo-interprétée	CPI
Coupe progressive d'ensemencement (mélangé)	CPM
Coupe progressive d'ensemencement	CPS
Coupe par trouées	CTR
Dégagement de la régénération naturelle ou de plantation	DEG
Coupe à diamètre limite avec dégagement des arbres à venir	DLD
Éclaircie commerciale	EC
Éclaircie commerciale d'étalement	ECE
Récolte dans les lisières boisées	ECL
Enrichissement	ENR

Intervention partielle	Code
Ensemencement partiel	ENP
Éclaircie précommerciale	EPC
Éclaircie sélective individuelle	ESI
Récolte dans les bandes vertes	RBV
Regarni de régénération	RR

Source : MFFP, 2015.

Classe de densité

La classe de densité est une estimation de la projection des cimes des arbres sur la surface du sol. Celle-ci est exprimée en intervalle de pourcentage comme présenté au tableau 14. La densité du couvert a seulement été estimée avec les arbres d'une hauteur d'au moins 4 m. La densité de chaque strate est estimée dans les résultats de la diversité des espèces végétales, soit la section 3.2.3.2. Notons que l'estimation du couvert prend en compte les arbres affectés par le feu. Le pourcentage de couvert arborescent des essences encore vivantes après le passage du feu est présenté à la section 3.2.3.2.

Tableau 14 Densité du peuplement ou de l'étage

Valeur estimée (%)	Intervalle couvert (%)
95	90 à 100
85	80 à 89
75	70 à 79
65	60 à 69
55	50 à 59
45	40 à 49
35	30 à 39
25[1]	20 à 29
15	10 à 19
5	0 à 10

Note : 1 Selon le guide Norme de stratification écoforestière, le plus bas intervalle couvert est entre 20 à 29 %. Toutefois, dans le cadre de la présente étude, la valeur a été estimée jusqu'à un couvert de 5 %, modifiant ainsi l'intervalle couvert.
Source : MFFP, 2015.

Classe de hauteur

La hauteur d'un peuplement de structure régulière ou irrégulière est déterminée par la hauteur moyenne de la majorité des tiges dominantes et codominantes qui le composent. Le tableau 15 présente les différentes valeurs estimées en mètres pour la hauteur d'un peuplement.

Tableau 15 Hauteur du peuplement ou de l'étage

Valeur estimée (m)[1]	Intervalle couvert (m)	Valeur estimée (m)	Intervalle couvert (m)
> 29	Poursuivre la séquence	15	14,5 à 15,4
		14	13,5 à 14,4
29	28,5 à 29,4	13	12,5 à 13,4
28	27,5 à 28,4	12	11,5 à 12,4
27	26,5 à 27,4	11	10,5 à 11,4
26	25,5 à 26,4	10	9,5 à 10,4
25	24,5 à 25,4	9	8,5 à 9,4
24	23,5 à 24,4	8	7,5 à 8,4
23	22,5 à 23,4 m	7	6,5 à 7,4 m
22	De 21,5 à 22,4 m	6	5,5 à 6,4 m
21	De 20,5 à 21,4 m	5	4,5 à 5,4 m
20	De 19,5 à 20,4 m	4	3,5 m à 4,4 m
19	De 18,5 à 19,4 m	3	2,5 m à 3,4 m
18	De 17,5 à 18,4 m	2	1,5 m à 2,4 m
17	De 16,5 à 17,4 m	1	0,5 à 1,4 m
16	De 15,5 à 16,4 m	0	0,1 à 0,4 m

Source : MFFP, 2015.
Notes : 1 Il s'agit de la valeur estimée sur le terrain.
2 La valeur estimée sur le terrain couvre cet intervalle.

Classe d'âge et structure du peuplement

La structure et l'âge d'un peuplement sont intimement liés. En effet, les différentes structures de peuplement aident à déterminer si les tiges qui le composent sont du même âge (équien) ou d'âges différents (inéquien). Afin de déterminer l'âge, l'équipe s'est équipée d'une petite sciotte manuelle afin de pouvoir couper un arbre représentatif du peuplement et de compter les cernes de ce dernier pour estimer l'âge des peuplements. L'évaluation de la classe d'âge et structure du peuplement s'est faite avec les arbres affectés et non affectés par le feu.

Peuplement équien de structure régulière

Un peuplement équien de structure régulière correspond à un peuplement dont les tiges dominantes et codominantes sont d'une seule classe d'âge et qu'elles appartiennent à un seul étage.

Peuplement inéquien de structure régulière

Un peuplement inéquien mature (7 m et plus) est considéré comme régulier lorsque la plupart des arbres dominants et codominants sont du même niveau, mais d'âges différents (au moins trois classes d'âge). Les jeunes peuplements inéquiens réguliers (JIN) ont moins de 80 ans et contiennent des arbres de tous âges, mais les très vieux (plus de 80 ans) sont rares (moins de 25 % de la surface). Les vieux peuplements inéquiens réguliers (VIN) ont plus de 80 ans et sont principalement composés de vieux arbres (au moins 25 % de la surface).

Peuplement inéquien de structure irrégulière

Un peuplement est considéré comme irrégulier lorsque la différence de hauteur entre les arbres est d'au moins 8 m, ou supérieure à la moitié de la hauteur des plus grands arbres (14 m et plus). Les jeunes peuplements irréguliers (JIR) ont moins de 80 ans et contiennent des arbres de tous âges, jusqu'à un maximum de 80 ans. Les vieux peuplements irréguliers (VIR) ont plus de 80 ans et sont principalement composés d'arbres âgés de plus de 80 ans, représentant au moins 25 % de la surface.

Peuplement de structure étagée

Un peuplement est considéré comme étagé lorsqu'il présente deux niveaux d'arbres distincts, séparés par au moins 5 m, et chaque niveau couvre au moins 25 % de la surface. L'étage inférieur doit mesurer au minimum 7 m, ce qui implique que l'étage supérieur doit au minimum mesurer 12 m. Le tableau 16 présente les différents codes des classes d'âge selon la structure des peuplements.

Tableau 16 Code des classes d'âge selon la structure des peuplements

Structure du peuplement	Classe d'âge					
	De 0 à 20 ans	De 21 à 40 ans	De 41 à 60 ans	De 61 à 80 ans	De 81 à 100 ans	101 ans et plus
Régulière (peuplement équien)	10	30	50	70	90	120
	Jeune (origine ≤ 80 ans)				Vieux (origine > 80 ans)	
Régulière (peuplement inéquien)	JIN				VIN	
Irrégulière	JIR				VIR	
Étagée						
Étage supérieur	10	30	50	70	90	120
	JIN				VIN	
Étage inférieur	10	30	50	70	90	120

Source : MFFP, 2015.

Éléments d'habitats pour la faune

Des éléments d'habitats pour la faune ont aussi été notés dans chaque parcelle afin de présenter les possibles habitats après feu. Ces éléments sont :

- l'abondance des chicots (%);
- la qualité d'habitat pour la grande faune (alimentation, abri).

Caractérisation de la sévérité du feu

Une caractérisation de la sévérité du feu a été réalisée à chaque station qui fait l'objet du suivi. Le CBI (*Composite Burn Index*) est une méthode quantitative pour évaluer la sévérité des feux de forêt sur les écosystèmes en mesurant les dommages causés à différentes strates de la végétation (Key et Benson, 2006). Cette méthode est couramment utilisée, car elle permet d'intégrer des données de télédétection ou des observations sur le terrain, ce qui en fait un outil polyvalent pour les études écologiques (Miller et coll., 2023). Récemment, des chercheurs ont mis en œuvre le CBI pour évaluer la sévérité des feux de forêt au Québec (Danneyrolles et coll., 2024). L'adoption du CBI garantit la collecte de données cohérentes, facilitant ainsi leur intégration dans des analyses futures. Dans le cadre de cette étude, l'indice de sévérité du feu a d'abord été calculé par télédétection pour déterminer l'emplacement des stations (annexe F-4). Il a ensuite été validé sur le terrain. Les fiches d'évaluation de la sévérité du feu sont présentées à l'annexe F-5.

À chaque station, une zone circulaire d'un rayon de 30 m a été considérée. L'objectif principal est de faire des interprétations raisonnables sur des facteurs d'évaluation pour chaque strate, puis de les combiner pour obtenir des évaluations composites qui récapitulent la sévérité du feu sur la parcelle totale, le sous-bois et la canopée. Ces strates ont été divisées selon la hiérarchie suivante :

- Sous-bois :
  - substrat;
  - herbes, petits arbustes et arbres de moins de 1 m;
  - arbustes entre 1 et 5 m.
- Canopée :
  - arbres intermédiaires (sous-canopée);
  - gros arbres (arbres dominants/codominants, haute canopée).

À la suite de la récolte des données, le pourcentage de la parcelle brûlée, les conditions pré-incendie et les facteurs de croissance favorables post-feu ont été estimés. Par la suite, une évaluation des facteurs a été réalisée pour chacune des cinq strates de végétation et les résultats de cette évaluation sont consignés dans une fiche de terrain.

Puisque les seuils de valeurs pour classer l'indice de sévérité du feu différaient entre la méthode d'analyse par télédétection et d'évaluation sur le terrain, l'échelle a été ajustée pour mieux les mettre en commun. Les indices de sévérité ont été validés en représentant la corrélation entre les niveaux de sévérité de feu déterminés par télédétection et les CBI mesurés sur le terrain à l'aide d'un diagramme en boîte à moustaches (figure 1). À partir de la distribution des indices mesurés sur le terrain, les seuils limites ont été identifiés pour chaque niveau de sévérité du feu soit : aucun (0,00), faible (0,01 à 1,30), moyen-faible (1,31 à 2,50) et moyen-élevé (2,51 à 3,00). Les données aberrantes ou extrêmes ont ensuite été reclassées dans la catégorie appropriée.

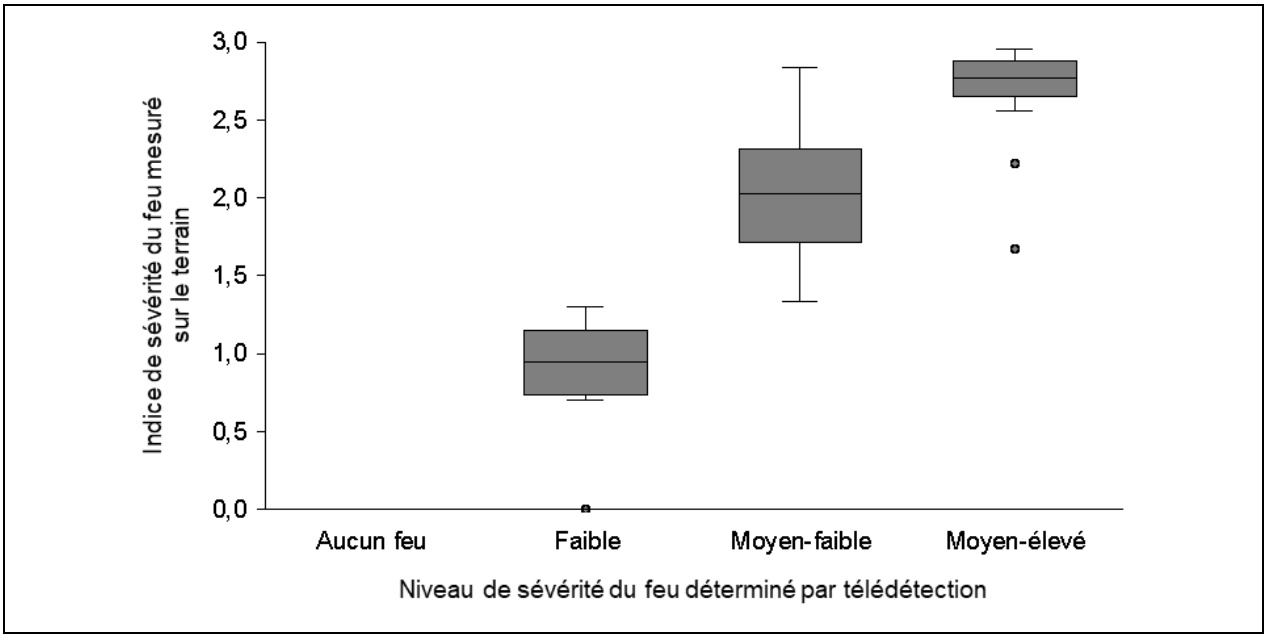


Figure 1 **Corrélation entre les niveaux de sévérité du feu déterminés par télédétection et les indices de sévérité mesurés sur le terrain aux stations d'inventaires de végétation, d'avifaune et de lièvre d'Amérique**

4.2.2.3 *Résultats*

Inventaires réalisés au terrain

Le tableau 17 présente les différents éléments qui caractérisent le peuplement de chaque station inventoriée. L'annexe F-6 présente le gabarit d'intensité des feux qui a permis de déterminer l'intensité du feu à chaque station de végétation. À la suite de la validation sur le terrain (figure 1), quatre stations d'inventaire de végétation ont vu leur niveau de sévérité de feu réévalué. Aucun signe de feu n'était présent à la station V20, initialement classée au niveau de sévérité du feu « Faible ». Deux stations initialement évaluées avec un niveau de sévérité du feu « Moyen-Élevé », V22 et V24, ont été reclassées au niveau « Moyen-Faible ». Enfin, la station V09 est passée de « Moyen-Faible » à « Moyen-Élevé », bien que l'indice de sévérité n'ait pas été très éloigné du seuil limite.

Il est important de noter que les données sur la densité, la hauteur, la structure et l'âge des peuplements ont été récoltées à partir de toutes les tiges (incluant les tiges mortes). Il est intéressant de noter que la plupart des endroits où du sol à nu a été observé sont dans des peuplements où le feu était d'un niveau de sévérité « Moyen-Élevé » et « Élevé ». Il s'agit donc probablement d'un effet de l'intensité du feu, lequel aurait brûlé une majorité de la matière organique folique, et ainsi aurait eu pour conséquence de dénuder le sol à certains endroits.

Les résultats des prochains suivis permettront de suivre l'évolution du peuplement au travers du temps.

Séances d'information et de participation publiques

Lors de la séance d'information et de participation publique menée à Waswanipi, il a été noté que la végétation s'est développée rapidement après les feux. Un participant dont les terres ont été brûlées en 2003 a indiqué que la forêt incendiée se régénère plus rapidement si elle n'est pas récoltée. Il a également mentionné qu'une forêt de pins prend 80 à 100 ans pour se regénérer à sa hauteur d'origine.

Concernant la séance réalisée à Lebel-sur-Quévillon le 26 mars 2025, aucune information n'a été mentionnée relativement à cet aspect.

Tableau 17 Caractéristiques des peuplements forestiers par station

Station	Indice de sévérité du feu		Présence de litière au sol (%)	Présence de sol nu (%)	Présence d'eau (%)	Présence de roches et affleurements (%)	Perturbations et interventions[1]	Classe de densité	Classe de hauteur (m)	Structure et âge[2]	DPH moyen (cm)	Éléments d'habitats pour la faune
	Déterminé par télédétection	Déterminé sur le terrain										
V01	Faible-Moyen	Faible-Moyen	90	5	0	5	BR	5	4	Équienne – 30	6	-
V02	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	90	5	0	5	BR	75	13	Équienne – 70	22	Le diamètre des troncs d'arbres commence à être intéressant pour plusieurs espèces de pics.
V03	Faible-Moyen	Faible-Moyen	75	25	0	0	BR	35	13	JIN – 50	8	Quelques repousses de végétation pour les orignaux (nourriture).
V04	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	75	20	0	5	BR	35	15	VIN – 70	12	Quelques repousses de végétation pour les orignaux (nourriture).
V05	Faible	Faible	95	0	0	5	BRP	55	14	Équienne – 70	13	Abris potentiels pour les orignaux et autres espèces fauniques.
V06	Faible-Moyen	Faible-Moyen	95	5	0	0	BR	65	16	Équienne – 50	15	Quelques repousses de végétation pour les orignaux (nourriture).
V07	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	90	5	0	5	BR	45	14	Équienne – 70	12	-
V08	Faible	Faible	100	0	0	0	BRP, CHP	65	17	Équienne – 70	20	Le diamètre des troncs commence à être intéressant, plusieurs espèces de pics et abris intéressants pour l'orignal.
V09	Faible-Moyen	Moyen-Élevé	95	9	1	0	BR	55	14	Équienne – 120	15	-
V10	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	80	10	0	10	BR, CHP, CT	15	10	Équienne – 70	8	-
V11	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	95	5	0	0	BR	5	3	Équienne – 10	6	-
V12	Faible	Faible	100	0	0	0	BRP	15	3	JIN – 50	6	-
V13	Faible-Moyen	Faible-Moyen	100	0	0	0	BR	15	4	Équienne – 90	8	-
V14	Moyen-Élevé	Moyen-Élevé	100	0	0	0	BR	35	8	Équienne – 90	8	-
V15	Faible	Faible	90	15	1	0	BRP	15	8	VIN – 130	8	Milieu peu perturbé, probable présence de grande faune.
V16	Faible-Moyen	Faible-Moyen	70	20	5	5	BR, CT	5	9	Équienne – 110	7	-
V17	Faible-Moyen	Faible-Moyen	95	5	0	0	BR	25	6	JIN – 30	10	Abris pour diverses espèces d'oiseaux et de grande faune.
V18	Faible	Faible	95	5	0	0	BRP	25	17	Irrégulière – 90	20	Abris pour diverses espèces d'oiseaux et de grande faune, quelques repousses de végétation pour les orignaux (nourriture).
V19	Faible-Moyen	Faible-Moyen	90	10	0	0	BRP, CT	5	6	S. O.	12	-
V20	Faible	Aucun	100	0	0	0	S. O.	35	5	JIN – 10	7	Forêt non affectée par le feu, donc habitats propices pour plusieurs espèces de la faune.
V21	Faible-Moyen	Faible-Moyen	80	15	0	5	BR	5	3	Équienne – 10	5	-
V22	Moyen-Élevé	Faible-Moyen	75	15	0	10	BR	35	6	Équienne – 30	8	-
V23	Faible-Moyen	Faible-Moyen	100	0	0	0	BRP, CHP	25	9	Équienne – 30	10	-
V24	Moyen-Élevé	Faible-Moyen	75	20	0	5	BR	5	4	Équienne – 10	6	-

Notes : 1 BR : Brûlis total; BRP : Brûlis partiel; CHP : Chablis partiel; CT : Coupe totale.
2 JIN : Jeune inéquien; VIN : Vieux inéquien.

4.2.3 Diversité des espèces végétales

4.2.3.1 Objectifs et hypothèses

L'objectif est de caractériser les différents milieux affectés par les feux afin d'observer la diversité des espèces végétales qui s'y trouvent. Ces données seront ensuite comparées avec celles recueillies en 2021 dans des peuplements similaires. Dans la première année suivant les feux, il est appréhendé que la diversité des espèces diminuera dans les milieux affectés par les feux de forêt (Marozas et coll., 2013).

4.2.3.2 Méthodologie

En plus de la caractérisation de l'évolution des peuplements forestiers, une caractérisation biologique a été réalisée dans les mêmes parcelles présentées au tableau 11. Celle-ci permet de présenter la diversité des espèces végétales dominantes en fonction du peuplement et de l'intensité des feux. Les moyennes de recouvrement végétal pour chaque strate en fonction de l'intensité des feux observés au terrain sont présentées à la section 3.2.3.2.

Les 24 stations ont aussi fait l'objet d'une caractérisation biologique réalisée conformément aux exigences du document du MELCCFP intitulé *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional* (Lachance et coll., 2021).

Sur le terrain, les groupements végétaux ont été identifiés et caractérisés par la réalisation de parcelles de caractérisation représentatives des unités homogènes de végétation étudiées. Une parcelle de caractérisation permet de décrire la végétation, le sol et l'hydrologie du milieu concerné. Elle contient également d'autres renseignements relatifs aux conditions abiotiques et aux perturbations anthropiques (fossés de drainage, zones déboisées, remblais, etc.) ou naturelles. Celle-ci possède un rayon variable en fonction de la végétation inventoriée, soit 10 m de rayon pour la strate arborescente, 5 m pour la strate arbustive et 5 m ou moins pour la strate des espèces non ligneuses, selon la diversité et la densité de la végétation. Enfin, la fiche comprend une section qui fait la synthèse du diagnostic posé sur les composantes de la végétation, du sol et de l'hydrologie, qui définissent le statut humide d'un milieu. Il s'agit de la combinaison d'un ou des critères suivants : dominance d'espèces végétales facultatives ou obligées des milieux humides, présence de sols hydromorphes, présence d'indicateurs hydrologiques. Soulignons que pour ce relevé spécifique, le but n'était pas d'établir la présence ou l'absence d'un milieu humide, mais de récolter de l'information sur la diversité des espèces végétales. Au niveau botanique, la liste des plantes obligées et réputées facultatives des milieux humides du guide *d'identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional* (Lachance et coll., 2021) sert de référence pour déterminer le statut hydrique des espèces.

Chaque relevé floristique a été réalisé à l'endroit le plus représentatif du milieu. Pour vérifier la présence de tourbe et connaître la composition du sol, un relevé pédologique a été pris dans chaque milieu humide à l'aide d'une tarière. Ce prélèvement a été fait à proximité du relevé floristique. Lors du relevé pédologique, la couleur, la texture, la présence de sol organique (et du type de sol organique) ainsi que la présence de mouchetures (profondeur et contraste) ont été observées et notées dans la fiche de caractérisation. Ce relevé a également permis de déterminer le drainage du milieu en utilisant la clé simplifiée d'évaluation du drainage du guide de Lachance et coll. (2021).

La caractérisation des milieux humides a été réalisée de la façon suivante :

- évaluation du recouvrement des espèces végétales présentes, par strate de végétation;
- caractérisation détaillée des sols;

- identification des indicateurs hydrologiques primaires et secondaires;
- description des perturbations naturelles et anthropiques, si présentes;
- présence ou absence d'un lien avec un cours d'eau ou un plan d'eau.

Une attention particulière a été portée à la présence d'espèces à statut particulier et d'espèces végétales exotiques envahissantes dans tous les milieux humides visités. Les observations opportunistes d'espèces animales (observations directes, chants, traces, fèces, terriers, etc.) ont par ailleurs été notées.

Les fiches complètes de caractérisation des stations de végétation se trouvent à l'annexe F-7.

4.2.3.3 Résultats

Inventaires réalisés au terrain

En général, l'épinette noire est l'espèce arborescente la plus récurrente dans les peuplements (tableau 18). Cette dernière se retrouve principalement dans les endroits où le feu était d'un indice de sévérité de « Faible–Moyen », de même que dans la seule parcelle où le feu n'a eu aucun effet. Il est à noter que les espèces arborescentes observées sont celles qui ont survécu au feu. Généralement, ce sont plus souvent l'épinette noire et le pin gris qui sont le mieux adaptés au feu, car leurs cônes s'ouvrent sous l'action de la chaleur, permettant à l'espèce de s'installer plus rapidement sur les surfaces affectées par les feux (Greene et coll., 1999). Pour connaître les différentes espèces arborescentes qui s'installeront, il faudra attendre quelques années. Du côté de la strate arbustive, deux espèces dominent les différents peuplements, soit le bleuet fausse-myrtille et le kalmia à feuilles étroites. Ces deux espèces semblent dominer le tapis arbustif après le passage des feux. Comme étant déjà des espèces présentes avant feu, il n'est pas surprenant de les retrouver en majorité en sous-étage. En ce qui concerne le bleuet, après le passage de feu, le sol s'acidifie et de nouvelles tiges sont produites à partir des rhizomes. La plante bénéficie d'un apport important de minéraux provenant des cendres des arbres, ce qui pourrait expliquer pourquoi le bleuet continue de pousser dans les zones affectées par les incendies. Dans la strate non ligneuse, une plus grande variété d'espèces végétales sont présentes dans les différents peuplements. Le cornouiller du Canada et la sphaigne sont cependant les espèces ou groupes d'espèces les plus représentées. De façon générale, une augmentation de la diversité floristique inversement proportionnelle à la sévérité des feux. Cette même tendance est observée au tableau 19 avec le recouvrement moyen absolu des différentes strates végétales.

Au total, dans les 24 stations inventoriées, quatre espèces végétales arborescentes ont été recensées, 29 espèces dans la strate arbustive et 32 espèces dans la strate non ligneuse. Comparativement aux inventaires floristiques réalisés en 2021 (avant le feu), en périphérie du site minier de Windfall, 9 espèces végétales arborescentes, 40 espèces arbustives et 55 espèces non ligneuses ont été comptabilisées. Les 22 parcelles sélectionnées pour comparer la diversité spécifique ont été choisies de manière aléatoire et correspondent au même type de peuplement ou à des peuplements similaires. La diversité spécifique est moindre dans les peuplements affectés par les feux comparativement à ceux qui sont intacts. Il s'agit d'un résultat qui était attendu après le passage des feux. L'annexe F-8 présente la liste complète de toutes les espèces végétales observées lors de l'inventaire floristique de 2024 et 2021 (pour les parcelles sélectionnées uniquement).

Les résultats des prochains suivis permettront de suivre l'évolution de la diversité floristique au travers du temps.

Tableau 18 Composition floristique dominante des différents peuplements en fonction de l'intensité des feux

Type de peuplement	Composante floristique	Indice de sévérité des feux/composition floristique dominante			
		Aucun feu	Faible-Moyen	Moyen-Élevé	Élevé
Sapinière à bouleau blanc (V01, V02)	Arborescent	-	S. O.	S. O.	-
	Arbustif		Kalmia à feuilles étroites (*Kalmia angustifolia* var. *angustifolia*), Bleuet fausse-myrtille *(Vaccinium myrtilloides)*	Cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica*)	
	Non ligneux		Fougère-aigle commune (*Pteridium aqualinium),* Cornouiller du Canada (*Cornus canadensis*), Sphaigne (*Sphagnum* sp.)	Épilobe à feuilles étroites (*Chamaenerion angustifolium* subsp. *angustifolium*), Cornouiller du Canada	
Pessière noire à lichens (V03, V04)	Arborescent	-	-	S. O.	S. O.
	Arbustif			Bleuet fausse-myrtille	Bleuet fausse-myrtille, Kalmia à feuilles étroites
	Non ligneux			Maïanthème du Canada (*Maianthemum canadense* subsp. *canadense*), Cornouiller du Canada	S. O.
Pessière noire à mousses ou éricacées (V05, V06, V07, V08, V09, V10, V11)	Arborescent	-	Épinette noire (*Picea mariana)*	S. O.	
	Arbustif		Bleuet fausse-myrtille, Bleuet à feuilles étroites (*Vaccinium angustifolium*), Linnée boréale (*Linnaea borealis*)	Kalmia à feuilles étroites	Bleuet fausse-myrtille, Thé du Labrador (*Rhododendron groenlandicum*), Kalmia à feuilles étroites
	Non ligneux		Cornouiller du Canada, Maïanthème du Canada, Sphaigne	-	[1]Oryzopsis du Canada (*Piptatherum canadense*)[1], Épilobe à feuilles étroites, Carex brunâtre (*Carex brunnescens*), Carex à bec étalé (*Carex projecta*), Calamagrostide du Canada (*Calamagrostis canadensis*), Gadellier couché (*Ribes glandulosum*), Smilacine trifoliée (*Maianthemum trifolium*), Linaigrette à feuilles étroites (*Eriophorum angustifolium* subsp. *angustifolium*)
Pessière noire à sphaignes ouvertes (V12, V13, V14)	Arborescent	-	S. O.	-	S. O.
	Arbustif		Thé du Labrador, Cassandre caliculé (*Chamaedaphne calyculata*), Kalmia à feuilles d'andromède (*Kalmia polifolia*), Épinette noire, Bleuet fausse-myrtille		Thé du Labrador, Bleuet fausse-myrtille
	Non ligneux		Sphaigne, Carex oligosperme (*Carex oligosperma*)		S. O.
Pessière noire à sphaignes (V15, V16, V17)	Arborescent	-	Épinette noire	S. O.	-
	Arbustif		Cassandre caliculé, Épinette noire, Thé du Labrador	Bleuet fausse-myrtille	
	Non ligneux		Sphaigne	Carex trisperme (*Carex trisperma*), Sphaigne	
Sapinière à épinette noire (V18, V19, V20, V21, V22)	Arborescent	Épinette noire, Bouleau à papier (*Betula papyrifera*)	Épinette noire	S. O.	-
	Arbustif	Kalmia à feuilles étroites, Bleuet fausse-myrtille	Renouée à nœuds ciliés (*Fallopia cilinodis*), Cerisier de Pennsylvanie, Bleuet fausse-myrtille, Kalmia à feuilles étroites	Bleuet fausse-myrtille, Kalmia à feuilles étroites	
	Non ligneux	Aralie à tige nue (*Aralia nudicaulis*), Cornouiller du Canada	Cornouiller du Canada	Épilobe à feuilles étroites, Cornouiller du Canada, Dryoptère spinuleuse (*Dryopteris carthusiana*)	
Sapinière à épinette noire et sphaignes (V23, V24)	Arborescent	-	Épinette noire	S. O.	-
	Arbustif		Thé du Labrador Bleuet fausse-myrtille, Kalmia à feuilles étroites	Bleuet fausse-myrtille	
	Non ligneux		Sphaigne, Smilacine trifoliée	S. O.	

Notes : 1 Espèce détenant un recouvrement absolu de moins de 10 %.

Tableau 19 Moyenne des recouvrements absolus des différentes strates en fonction de la sévérité du feu

Indice de sévérité du feu	Moyenne du recouvrement arborescent absolu (%)	Moyenne du recouvrement arbustif absolu (%)	Moyenne du recouvrement non ligneux absolu (%)
Aucun effet	30	116[1]	12
Faible-Moyen	23	71	48
Moyen-Élevé	0	70	9
Élevé	0	54	14

Note : 1 La valeur de recouvrement arbustif absolu s'explique par une forte concentration d'espèces présentes dans la strate arbustive dont les recouvrements se chevauchent.

Séances d'information et de participation publique

Au cours de la séance d'information et de participation publique organisée à Waswanipi le 25 mars 2025, un participant a constaté qu'un grand nombre d'arbres était tombé au sol, provoquant une accumulation importante. Il a également remarqué que les racines des arbres étaient davantage à découvert, qu'il y avait des plantes différentes et plus de diversités qu'à l'habitude. Un second participant a toutefois mentionné que pour sa part, il est trop tôt pour statuer s'il y a plus de plantes qu'à l'habitude ou non.

Enfin, un participant a indiqué que l'un de ses amis, qui cueille des champignons, avait mentionné que ces derniers étaient différents depuis les feux. En effet, lorsque les conditions environnementales sont adéquates, notamment avec des feux suffisamment intenses pour brûler le sol en profondeur, il est possible que des morilles se développent.

Lors de la séance réalisée à Lebel-sur-Quévillon le 26 mars 2025, aucune information n'a été mentionnée relativement à cet aspect.

4.3 Faune terrestre

4.3.1 Faune aviaire

4.3.1.1 Objectifs et hypothèses

L'un des effets répertoriés des feux de forêt sur la faune aviaire est la diminution de la richesse et de l'abondance au cours des premières années suivant l'incendie (Greenberg et coll., 2023). À court terme, les feux de forêt peuvent entraîner des pertes significatives d'habitat, affectant ainsi la disponibilité des ressources alimentaires et des sites de nidification pour de nombreuses espèces d'oiseaux. La diversité des espèces peut également différer en fonction des modifications des habitats et des préférences des espèces, certaines étant plus résilientes ou favorisées que d'autres par ce type de perturbation (Smucker et coll., 2005).

L'objectif principal des inventaires d'avifaune était de valider l'effet des feux de forêt ayant sévi sur le territoire en 2023 sur les communautés de la faune aviaire. Ces inventaires ont permis d'évaluer la richesse spécifique, de la densité et de l'abondance des communautés aviaires, et de suivre ces paramètres à long terme au fil du cycle de régénération post-incendie. Une attention particulière a été également portée aux espèces à statut particulier.

4.3.1.2 Méthodologie

Implantation des stations

Les stations d'inventaire, au nombre de 48 soit par 24 stations par type d'habitat (milieu boisé et régénération), ont été visitées afin de déterminer leur utilisation par la faune aviaire (tableau 20, cartes 2-1 à 2-4). Pour chaque indice de sévérité du feu (aucun feu, faible, faible-moyen et moyen-élevé), six stations ont été prévues. L'indice de sévérité a ensuite été révisé en fonction de l'habitat réel observé sur le terrain. Des photos des stations sont présentées à l'annexe G-1.

Tableau 20 Répartition des stations d'inventaire par type de milieu pour la faune aviaire

Type d'habitat	Nom de la station	Coordonnées géographiques		Indice de sévérité du feu observé au terrain
		Latitude	Longitude	
Milieu boisé	MB-AF-01	49,153057'N	75,540198'O	Aucun feu
	MB-AF-02	49,156923'N	75,541878'O	Aucun feu
	MB-AF-03	49,162617'N	75,546628'O	Aucun feu
	MB-AF-04	49,084143'N	75,602103'O	Aucun feu
	MB-AF-05	49,089900'N	75,597707'O	Aucun feu
	MB-AF-06	49,095605'N	75,591956'O	Aucun feu
	MB-AF-07 (MB-FA-04)	49,100164'N	75,685285'O	Aucun Feu
	MB-FA-01	49,083109'N	75,685718'O	Faible
	MB-FA-02	49,080854'N	75,688393'O	Faible
	MB-FA-03	49,085424'N	75,685771'O	Faible
	MB-FA-05	49,098488'N	75,667249'O	Faible
	MB-FA-06	49,153360'N	75,504370'O	Faible
	MB-MF-01	49,141509'N	75,510104'O	Faible-Moyen
	MB-MF-02	49,142850'N	75,555385'O	Faible-Moyen
	MB-MF-03	49,145498'N	75,555755'O	Faible-Moyen
	MB-MF-04	49,076721'N	75,696376'O	Faible-Moyen
	MB-MF-06	49,135564'N	75.498457'O	Faible-Moyen
	MB-ME-01	49,138750'N	75,513225'O	Moyen-Élevé
	MB-ME-02	49,136181'N	75,515364'O	Moyen-Élevé
	MB-ME-03	49,144338'N	75,517177'O	Moyen-Élevé
	MB-ME-04	49,151262'N	75,503373'O	Moyen-Élevé
	MB-ME-05	49,131180'N	75,500461'O	Moyen-Élevé
	MB-ME-06	49,134014'N	75,503583'O	Moyen-Élevé
	MB-ME-07 (MB-MF-05)	49,106350'N	75,663635'O	Faible-Moyen

Type d'habitat	Nom de la station	Coordonnées géographiques		Indice de sévérité du feu observé au terrain
		Latitude	Longitude	
Régénération	RE-AF-01	49,089820'N	75,602198'O	Aucun feu
	RE-AF-02	49,086968'N	75,602602'O	Aucun feu
	RE-AF-03	49,087213'N	75,606751'O	Aucun feu
	RE-AF-04	49,099289'N	75,572807'O	Aucun feu
	RE-AF-05	49,099756'N	75,611407'O	Aucun feu
	RE-AF-06	49.095349'N	75,609291'O	Aucun feu
	RE-AF-07 (RE-FA-02)	49,153026'N	75,521586'O	Aucun feu
	RE-FA-01	49,090295'N	75,685657'O	Faible
	RE-FA-03	49,137530'N	75,496360'O	Faible
	RE-FA-04	49,107669'N	75,654708'O	Faible
	RE-FA-05	49,112642'N	75,667304'O	Faible
	RE-FA-06	49,122300'N	75,648850'O	Faible
	RE-MF-01	49,052040'N	75,663850'O	Faible-Moyen
	RE-MF-02	49,101851'N	75,573973'O	Faible-Moyen
	RE-MF-03	49,093320'N	75,683376'O	Faible-Moyen
	RE-MF-04	49.123231'N	75,670086'O	Faible-Moyen
	RE-MF-05	49,148869'N	75,543602'O	Faible-Moyen
	RE-MF-06	49,125447'N	75,666175'O	Faible-Moyen
	RE-ME-01	49,050440'N	75,658850'O	Moyen-Élevé
	RE-ME-02	49,060551'N	75,679682'O	Moyen-Élevé
	RE-ME-03	49,063471'N	75,680841'O	Moyen-Élevé
	RE-ME-04	49,097780'N	75,580519'O	Moyen-Élevé
	RE-ME-05	49,097281'N	75,585434'O	Moyen-Élevé
	RE-ME-06	49,103167'N	75,578152'O	Moyen-Élevé

Note : Les noms de stations entre parenthèses indiquent les noms initiaux attribués aux stations avant leur reclassement, basé sur la validation de l'indice de sévérité du feu sur le terrain.

Collecte des données

Deux méthodes de dénombrement ont été employées, soit le dénombrement à rayon limité (DRL) et l'indice ponctuel d'abondance (IPA) (Environnement Canada, 1997).

Dénombrement à rayon limité (DRL)

La méthode du DRL consiste à dénombrer tous les oiseaux vus et entendus à partir d'un point fixe, dans un certain rayon et pendant une période donnée (Bibby et Burgess, 1992; Ralph et coll., 1995). Dans la présente étude, les oiseaux ont été recensés pendant 15 minutes à l'intérieur d'un rayon de 75 m. Afin d'assurer l'indépendance des données recueillies, chaque station était distante d'au moins 300 m.

Les stations ont été inventoriées une seule fois, et ce, entre 4 h 32 et 9 h 17 du 18 au 23 juin 2024. Afin d'atténuer l'effet de l'observateur sur l'activité des oiseaux, chaque dénombrement était précédé d'une pause de deux minutes. Les dénombrements ont été réalisés lors de journées où les conditions étaient optimales, c'est-à-dire sans averse et par vent faible. Les données portant sur les conditions météorologiques sont présentées à l'annexe G-2.

Lors des dénombrements, deux individus de la même espèce ont été considérés comme différents lorsqu'ils étaient vus ou entendus simultanément, s'ils se répondaient ou encore si des caractères morphologiques les distinguaient. De plus, à la fin de chaque période d'écoute, la repasse de chant a été utilisée afin d'augmenter la probabilité de détection d'espèces rares ou discrètes, d'espèces à statut particulier ou de nouveaux comportements de nidification. Lors des déplacements entre les stations, toutes les observations de nouvelles espèces, d'espèces peu fréquentes ou à statut précaire ont également été notées. Avant, pendant et après les dénombrements, de même que pendant les déplacements, les observateurs ont porté une attention particulière aux comportements des oiseaux afin de déterminer leur statut de nidification selon les codes de l'AONQ (AONQ, 2024). Par la suite, ces codes ont été associés à un des statuts de nidification suivants, dont les signes les plus fréquents sont :

- Observé : Espèce observée dans la zone d'étude en dehors de sa période de nidification ou de son habitat ou ne détenant pas de comportement nicheur.
- Possible : Espèce observée ou émettant un chant pendant sa période de reproduction dans un habitat propice.
- Probable : Couple observé, comportement nuptial entre un mâle et une femelle, oiseaux visitant un site probable de nidification, comportement agité ou cris d'alarme, construction d'un nid par un pic ou un troglodyte.
- Confirmée : Construction d'un nid (sauf pour les pics et troglodytes), oiseaux tentant de détourner l'attention du nid ou des jeunes en simulant une blessure, nid vide ayant été utilisé pendant la période en cours, jeune ayant récemment quitté le nid, adulte transportant un sac fécal ou de la nourriture, nid contenant des œufs ou des jeunes.

Le nombre d'équivalents-couples (ÉC), c'est-à-dire les couples nicheurs potentiels, a été calculé à partir du rayon à l'intérieur duquel le dénombrement a été effectué (75 m). Un mâle chanteur, un pic tambourinant, un couple et un adulte se dirigeant vers un nid ou accompagné de jeunes ont été considérés comme un ÉC. Un individu silencieux ou émettant un cri de contact équivaut à un demi-ÉC (0,5). Les individus se déplaçant au-dessus de la station ont été exclus de ce calcul. Les densités ont par la suite été ramenées en nombre d'équivalents-couples par hectare (ÉC/ha). De plus, la fréquence d'observation ou constance a été calculée en divisant le nombre de stations où une espèce a été détectée par le nombre total de stations inventoriées à l'intérieur d'un rayon de 75 m.

Indice ponctuel d'abondance (IPA)

La méthode de l'IPA a été utilisée concurremment à celle des DRL (Blondel et coll., 1981). Contrairement à la méthode précédente, celle-ci n'impose aucune limite quant à la distance du dénombrement. Son avantage réside dans le fait qu'elle couvre beaucoup plus d'espace que la méthode du DRL. Elle permet donc de recenser les espèces qui possèdent un plus grand territoire, qui sont plus rares ou plus discrètes.

Végétation et classement des stations d'écoute

Les 48 stations ont été classées dans deux types d'habitats, soit les milieux boisés et les milieux en régénération (cartes 2-1 à 2-4, tableau 20). La classification a été basée sur les données issues de la cartographie écoforestière de même que les données de caractérisation récoltées en 2016 et 2021 dans le cadre de l'ÉIE du Projet. Il s'agit donc du type de milieu dans lequel se trouvait la station d'écoute avant les feux qui ont sévi en 2023.

Des données sommaires sur l'habitat ont été recueillies pour chaque station d'écoute afin de mettre à jour la caractérisation de l'habitat. Ainsi, la composition du couvert forestier, la hauteur du peuplement, la densité, le recouvrement et la composition des strates arborescentes et arbustives, la visibilité et la quantité d'arbres morts (debout et renversé) ont été notés (annexe G-3). Des photos de chaque station ont également été prises afin de documenter l'habitat présent à chaque station d'écoute (annexe G-1).

Sévérité du feu

Une caractérisation de la sévérité du feu a été réalisée à chaque station qui fait l'objet du suivi. La méthode employée est celle décrite dans le volet végétation à la section 3.2.2.1 « Méthodologie » et sous-section « Caractérisation de la sévérité du feu ».

4.3.1.3 Résultats

Inventaires réalisés au terrain

Portrait général

Un total de 61 espèces de 27 familles a été observé au cours des inventaires en 2024 (tableau 21). Parmi celles-ci, sept espèces ont été observées uniquement de façon opportuniste en dehors des inventaires aux stations d'écoute.

Pour l'ensemble des espèces répertoriées, le statut de nidification a été confirmé pour cinq espèces, a été jugé probable pour 13 et possible pour 33 autres espèces. Le statut de nidification du chevalier solitaire (*Tringa solitaria*) a d'ailleurs pu être évalué à probable à la suite de l'observation opportuniste de l'espèce. En effet, l'individu observé présentait un comportement d'alarme. De plus, 10 espèces ont été observées dans les zones ciblées par les inventaires et à proximité, sans qu'un statut de nidification ne puisse leur être attribué.

Six espèces d'oiseaux à statut particulier ont été répertoriées au cours des inventaires, soit le pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*), l'engoulevent d'Amérique (*Chordeiles minor*), le gros-bec errant (*Hesperiphona vespertina*), le moucherolle à côtés olive (*Contopus cooperi*), le quiscale rouilleux (*Euphagus carolinus*) et l'hirondelle rustique (*Hirundo rustica*). Parmi ces espèces, deux n'avaient pas été détectées lors des inventaires de 2016, 2017 et 2021 (WSP, 2023b). En effet, en 2024, le gros-bec errant a été observé à plusieurs reprises aux stations d'écoute et de façon opportuniste, tandis que l'hirondelle rustique a été aperçue autour des bâtiments du camp.

Tableau 21 Espèces d'oiseaux observées lors des inventaires de 2024

Famille	Espèce	Nom latin	Indice de nidification
Accipitridés	Épervier brun*	*Accipiter striatus*	X
	Buse à queue rousse	*Buteo jamaicensis*	PROB
	Pygargue à tête blanche*	***Haliaeetus leucocephalus***	**X**
Bombycillidés	Jaseur d'Amérique	*Bombycilla cedrorum*	POSS
Caprimulgidés	**Engoulevent d'Amérique**	***Chordeiles minor***	**POSS**
Certhiidés	Grimpereau brun	*Certhia americana*	POSS
Charadriidés	Pluvier kildir*	*Charadrius vociferus*	X
Corvidés	Grand Corbeau	*Corvus corax*	PROB
	Mésangeai du Canada	*Perisoreus canadensis*	POSS
Cuculidés	Coulicou à bec noir	*Coccyzus erythropthalmus*	POSS
Falconidés	Crécerelle d'Amérique*	*Falco sparverius*	X
	Faucon émerillon	*Falco columbarius*	POSS
Fringillidés	Bec-croisé bifascié	*Loxia leucoptera*	X
	Gros-bec errant	***Coccothraustes vespertinus***	**X**
	Roselin pourpré	*Haemorhous purpureus*	POSS
	Tarin des pins	*Spinus pinus*	POSS
Gaviidés	Plongeon huard	*Gavia immer*	POSS
Gruidés	Grue du Canada	*Antigone canadensis*	X

Famille	Espèce	Nom latin	Indice de nidification
Hirundinidés	**Hirondelle rustique***	***Hirundo rustica***	**X**
Ictéridés	Quiscale rouilleux	*Euphagus carolinus*	PROB
Laridés	Mouette de Bonaparte*	*Chroicocephalus philadelphia*	X
Paridés	Mésange à tête brune	*Poecile hudsonicus*	CONF
Parulidés	Paruline à calotte noire	*Cardellina pusilla*	POSS
	Paruline à couronne rousse	*Setophaga palmarum*	PROB
	Paruline à croupion jaune	*Setophaga coronata*	PROB
	Paruline à joues grises	*Leiothlypis ruficapilla*	POSS
	Paruline à poitrine baie	*Setophaga castanea*	POSS
	Paruline à tête cendrée	*Setophaga magnolia*	POSS
	Paruline des ruisseaux	*Parkesia noveboracensis*	POSS
	Paruline flamboyante	*Setophaga ruticilla*	POSS
	Paruline masquée	*Geothlypis trichas*	POSS
	Paruline obscure	*Leiothlypis peregrina*	CONF
	Paruline tigrée	*Setophaga tigrina*	POSS
	Paruline triste	*Geothlypis philadelphia*	POSS
Passerellidés	Bruant à gorge blanche	*Zonotrichia albicollis*	CONF
	Bruant de Lincoln	*Melospiza lincolnii*	POSS
	Bruant des marais	*Melospiza georgiana*	POSS
	Junco ardoisé	*Junco hyemalis*	CONF
Phasianidés	Tétras du Canada*	*Falcipennis canadensis*	X
	Gélinotte huppée*	*Bonasa umbellus*	CONF
Picidés	Pic à dos noir	*Picoides arcticus*	PROB
	Pic à dos rayé	*Picoides dorsalis*	POSS
	Pic flamboyant	*Colaptes auratus*	POSS
	Pic maculé	*Sphyrapicus varius*	POSS
Régulidés	Roitelet à couronne dorée	*Regulus satrapa*	POSS
	Roitelet à couronne rubis	*Regulus calendula*	PROB
Scolopacidés	Chevalier solitaire	*Tringa solitaria*	PROB
	Grand Chevalier	*Tringa melanoleuca*	PROB
Sittidés	Sittelle à poitrine rousse	*Sitta canadensis*	PROB
Troglodytidés	Troglodyte des forêts	*Troglodytes hiemalis*	POSS
Turdidés	Grive à dos olive	*Catharus ustulatus*	POSS
	Grive solitaire	*Catharus guttatus*	PROB
	Merle d'Amérique	*Turdus migratorius*	POSS
	Merlebleu de l'Est	*Sialia sialis*	PROB
Tyrannidés	**Moucherolle à côtés olive**	***Contopus cooperi***	**POSS**
	Moucherolle à ventre jaune	*Empidonax flaviventris*	POSS
	Moucherolle des aulnes	*Empidonax alnorum*	POSS
	Moucherolle tchébec	*Empidonax minimus*	POSS
Viréonidés	Viréo à tête bleue	*Vireo solitarius*	POSS
	Viréo aux yeux rouges	*Vireo olivaceus*	POSS
	Viréo de Philadelphie	*Vireo philadelphicus*	PROB

Note : Les espèces avec un astérisque ont été observées que de manière opportuniste seulement.
Les espèces en caractères gras sont des espèces à statut précaire.
Statut de nidification : CONF : confirmé, PROB : probable, POSS : possible, X : espèce observée sans qu'un statut de nidification ne puisse lui être attribué.

L'ensemble des résultats montrent une diminution de la richesse, de la densité et de l'abondance des oiseaux dans les stations affectées par les feux, particulièrement dans celles brûlées plus sévèrement. Ces observations sont cohérentes avec d'autres études sur les effets des feux de forêt sur les populations d'oiseaux, qui indiquent également une baisse de ces paramètres immédiatement après un incendie. Cependant, on peut s'attendre à ce que la richesse, l'abondance et la diversité des oiseaux augmentent au fil des années suivantes, en particulier dans les zones les plus sévèrement touchées, où elles peuvent même surpasser celles des milieux non brûlés (Greenberg et coll., 2023).

De plus, différentes espèces réagissent différemment aux perturbations causées par les incendies (Smucker et coll., 2005). Le pic à dos noir (*Picoides arcticus*), le moucherolle à côtés olive (*Contopus cooperi*) et le mésangeai du Canada (*Perisoreus canadensis*) sont des exemples d'espèces qui bénéficient des insectes xylophages ou des milieux ouverts créés par les feux (Sorenson, 2024). Effectivement, les 17 mentions de pic à dos noir ont uniquement été enregistrées dans des stations en milieux brûlés. C'est également le cas pour les quatre mentions de merlebleu de l'Est (*Sialia sialis*), une espèce qui préfère les habitats ouverts (Gowaty et Plissner, 2020). À l'inverse, les espèces qui préconisent les forêts matures, comme la paruline tigrée (*Setophaga tigrina*), le grimpereau brun (*Certhia americana*) et la paruline du Canada (*Cardellina canadensis*), voient leurs habitats perturbés par les feux de forêt.

Sévérité du feu

À la suite de la validation sur le terrain (figure 1 à la section 3.2.2), trois stations d'inventaires d'avifaune ont vu leur niveau de sévérité de feu réévalué. Deux stations, initialement évaluées avec un niveau de sévérité du feu « Faible », ont été reclassées comme n'ayant subi aucun feu (MB-FA-04 renommée MB-AF-07 et RE-FA-02 renommée RE-AF-07). Par ailleurs, une station, dont le niveau de sévérité avait été évalué à « Moyen-Faible », a été réévaluée à « Moyen-Élevé » à la suite de la validation terrain (MB-MF-05 renommée MB-ME-07).

Richesse spécifique

La richesse spécifique moyenne d'oiseaux terrestres s'est avérée être la plus faible dans les milieux en régénération comparativement aux milieux boisés, et ce, tant au niveau de la méthode du DRL que celle l'IPA (tableau 22). Ces résultats sont semblables aux résultats d'inventaires menés en 2016 et 2021, où les peuplements en régénération tendaient vers une richesse spécifique plus basse (WSP, 2023b). Dans les deux types de milieux, les stations affectées par les feux présentaient une richesse spécifique moyenne plus faible que celles où aucun feu n'avait sévi.

Au niveau de la richesse spécifique cumulative, le nombre d'espèces varie entre 11 et 28 selon la méthode du DRL et entre 23 et 39 selon la méthode de l'IPA.

Tableau 22 Richesse spécifique moyenne et cumulative d'oiseaux terrestres selon le type de milieu et l'occurrence de feu

Type d'habitat	Feu	Nombre de stations d'écoute	DRL[1]			IPA[2]		
			Moyenne	Écart-type	Cumulative	Moyenne	Écart-type	Cumulative[3]
Boisé	Aucun feu	7	6,29	3,25	21	10,86	2,12	28
	Feu	17	5,00	2,32	26	9,12	3,10	34
Régénération	Aucun feu	7	5,14	1,95	11	10,29	2,43	23
	Feu	17	4,59	2,27	28	9,29	1,79	39
Total		**48**	**5,06**	**2,39**	**38**	**9,60**	**2,47**	**47**

Notes : 1 DRL : méthode de dénombrement à rayon limité.
2 IPA : méthode de l'indice ponctuel d'abondance.
3 La richesse cumulative totale correspond au nombre d'espèces observées dans les 48 stations inventoriées.
Les valeurs de moyennes et d'écarts-types sont calculées sur l'ensemble des stations, tous habitats confondus.

En comparant les différents niveaux d'indices de sévérité de feu, il a été observé que la richesse spécifique moyenne des oiseaux terrestres diminue généralement à mesure que la sévérité des feux augmente, dans les milieux boisés comme ceux en régénération (tableau 23).

Tableau 23 Richesse spécifique moyenne et cumulative d'oiseaux terrestres selon le type de milieu et le niveau de sévérité du feu

Type d'habitat	Sévérité du feu	Nombre de stations d'écoute	DRL[1]			IPA[2]		
			Moyenne	Écart-type	Cumulative	Moyenne	Écart-type	Cumulative[3]
Boisé	Aucun feu	7	6,29	3,25	21	10,86	2,12	28
	Faible	5	5,60	1,52	16	8,80	3,49	21
	Faible-moyen	5	5,00	2,55	16	8,40	2,30	23
	Moyen-élevé	7	4,57	2,82	16	9,86	3,58	27
Régénération	Aucun feu	7	5,14	1,95	11	10,29	2,43	23
	Faible	5	6,40	1,95	18	9,60	1,95	25
	Faible-moyen	6	4,17	1,33	17	9,33	1,97	30
	Moyen-élevé	6	3,50	2,59	15	9,00	1,79	25
Total		**48**	**5,06**	**2,39**	**38**	**9,60**	**2,47**	**47**

Notes : 1 DRL : méthode de dénombrement à rayon limité.
2 IPA : méthode de l'indice ponctuel d'abondance.
3 La richesse cumulative totale correspond au nombre d'espèces observées dans les 48 stations inventoriées.
Les valeurs de moyennes et d'écarts-types sont calculées sur l'ensemble des stations, tous habitats confondus.

Densité et abondance

Selon la méthode du DRL, la densité moyenne la plus élevée (4,73 ÉC/ha) a été trouvée dans les peuplements en régénération sans feu, suivi par les milieux boisés sans feu (4,37 ÉC/ha) (tableau 24). Sur le plan de la méthode de l'IPA, les abondances les plus élevées ont plutôt été observées dans tous les milieux en régénération, sans feu (21,36 ÉC) et avec feu (18,74 ÉC). Dans les milieux boisés, l'abondance est légèrement plus élevée aux stations affectées par les feux.

Cette variabilité pourrait s'expliquer par le faire que les peuplements en régénération ou affectés par les feux sont plus ouverts, ce qui permet d'entendre les oiseaux à de grandes distances. Ceci a pour conséquence d'influencer les valeurs d'abondance (méthode de l'IPA). Le fait que les peuplements jeunes et matures soient morcelés et entrecoupés de peuplements en régénération peut aussi avoir un impact sur ces résultats.

En comparant les sites non brûlés de 2024 avec ceux inventoriés en 2016, 2017 et 2021 (WSP, 2023b), on constate que les estimations de la densité et de l'abondance sont légèrement plus élevées. Cette augmentation pourrait s'expliquer par le déplacement des oiseaux, nichant habituellement dans les sites affectés par les feux, vers les milieux non brûlés. Ce déplacement entraînerait une hausse de la densité et de l'abondance d'oiseaux dans ces zones non touchées par les incendies. Globalement, la densité moyenne de l'entièreté de la zone d'inventaire en 2024 (3,70 ÉC/ha), incluant les sites brûlés, se situe tout de même entre celles des inventaires de 2016 et 2017 (3,27 ÉC/ha) et de 2021 (4,19 ÉC/ha).

Tableau 24 Estimation de l'abondance et de la densité moyenne des oiseaux terrestres selon le type de milieu et l'occurrence de feu

Type d'habitat	Feu	DRL[1]		IPA[2]	
		Densité moyenne (ÉC/ha)	Écart-type	Abondance moyenne (ÉC)	Écart-type
Boisé	Aucun feu	4,37	2,76	17,50	5,13
	Feu	3,31	1,80	17,94	4,91
Régénération	Aucun feu	4,73	2,36	21,36	3,15
	Feu	3,40	1,63	18,74	4,07
Total		**3,70**	**2,00**	**18,66**	**4,47**

Notes : 1 DRL : méthode de dénombrement à rayon limité.
2 IPA : méthode de l'indice ponctuel d'abondance.
Les valeurs de moyennes et d'écarts-types sont calculées sur l'ensemble des stations, tous habitats confondus.

Tout comme pour la richesse, la densité moyenne présente une tendance à la baisse à mesure que la sévérité de feu augmente lorsqu'on compare les différents niveaux d'indices de sévérité de feu (tableau 25). Cette tendance n'est pas aussi marquée au niveau de l'abondance. Encore une fois, cela peut s'expliquer par le fait que les milieux plus affectés par les feux sont plus ouverts, donc que les chants d'oiseaux y sont entendus à de plus grandes distances.

Tableau 25 Estimation de l'abondance et de la densité moyenne des oiseaux terrestres selon le type de milieu et le niveau de sévérité du feu

Type d'habitat	Indice de sévérité du feu	DRL[1]		IPA[2]	
		Densité moyenne (ÉC/ha)	Écart-type	Abondance moyenne (ÉC)	Écart-type
Boisé	Aucun feu	4,37	2,76	17,50	5.13
	Faible	4,02	1,55	16,50	7.87
	Faible-moyen	3,11	1,65	17,70	3.51
	Moyen-élevé	2,95	2,15	19,14	3.36
Régénération	Aucun feu	4,73	2,36	21,36	3.15
	Faible	4,24	1,20	17,80	5.26
	Faible-moyen	3,02	1,31	18,25	4.05
	Moyen-élevé	3,07	2,16	20,00	3.38
Total		**3,70**	**2,00**	**18,66**	**4,47**

Notes : 1 DRL : méthode de dénombrement à rayon limité.
2 IPA : méthode de l'indice ponctuel d'abondance.
Les valeurs de moyennes et d'écarts-types sont calculées sur l'ensemble des stations, tous habitats confondus.

La densité et l'abondance des oiseaux terrestres recensés dans chaque type d'habitat sont présentées à l'annexe G-4. Les espèces observées en plus grandes densité et abondance, en fonction de l'occurrence de feu, sont soulignées ci-dessous. Une attention est également portée aux espèces détectées uniquement dans certains types d'habitats.

Boisé sans feu

Les espèces détenant les densités et constances les plus élevées dans les milieux boisés sans feu sont la paruline obscure (*Leiothlypis peregrina*, 0,65 ÉC/ha, 57,1 %), la paruline à joues grises (*Geothlypis poliocephala*, 0,57 ÉC/ha, 71,4 %), le roitelet à couronne dorée (*Regulus satrapa*, 0,44 ÉC/ha, 71,4 %) et le bruant à gorge blanche (*Zonotrichia albicollis*, 0,36 ÉC/ha, 28,6 %).

Au niveau de l'IPA, le bruant à gorge blanche (5,07 ÉC, 100,0 %), la paruline à joues grises (1,86 ÉC, 100,0 %) et la paruline obscure (1,57 ÉC, 85,7 %) ont également obtenu les valeurs plus élevées, suivis par la grive solitaire (*Catharus guttatus*, 1,14 ÉC, 71,4 %). Deux espèces ont été observées uniquement dans ce type d'habitat, soit le pic à dos rayé (*Picoides dorsalis*) et la paruline à calotte noire (*Setophaga striata*). Toutefois, chacune de ces deux espèces a été observée une seule fois.

Boisé avec feu

Dans les milieux boisés avec feu, le bruant à gorge blanche est de loin l'espèce dominante, tant au niveau du DRL (0,58 ÉC/ha, 64,7 %) que de l'IPA (7,5 ÉC, 100,0 %). Ensuite suit le junco ardoisé (*Junco hyemalis*), avec des paramètres élevés au niveau du DRL (0,45 ÉC/ha, 52,9 %) et de l'IPA (1,74 ÉC, 76,5 %). Quatre espèces ont été observées uniquement dans ce type d'habitat lors des inventaires. Il s'agit du bruant des marais (*Passerculus sandwichensis*), de la mésange à tête brune (*Poecile hudsonicus*), de la paruline tigrée (*Setophaga tigrina*) et du chevalier solitaire (*Tringa solitaria*). Cependant, toutes ces espèces ont été observées à des densités sous 0,08 ÉC/ha.

Régénération sans feu

Le bruant à gorge blanche (1,46 ÉC/ha, 85,7 %; 9,29 ÉC, 100,0 %), la paruline obscure (0,89 ÉC/ha, 71,4 %; 1,71 ÉC, 85,7 %), le junco ardoisé (0,49 ÉC/ha, 71,4 %; 1,00 ÉC, 85,7 %) et la paruline à joues grises (0,49 ÉC/ha, 57,1 %; 1,71 ÉC, 85,7 %) sont parmi les espèces détenant les densités et abondances les plus élevées dans les milieux en régénération sans feu. Au niveau de l'IPA s'ajoute la grive solitaire (1,07 ÉC, 85,7 %). Aucune espèce n'a été notée uniquement dans cet habitat.

Régénération avec feu

Comme dans les milieux en régénération sans feu, le bruant à gorge blanche (0,73 ÉC/ha, 70,6 %; 8,12 ÉC, 100,0 %), le junco ardoisé (0,52 ÉC/ha, 64,7 %; 1,68 ÉC, 82,4 %) et la paruline obscure (0,30 ÉC/ha, 35,3 %; 0,71 ÉC, 47,1 %) sont parmi les espèces qui dominent dans les milieux en régénération avec feu, tant au niveau du DRL que de l'IPA. Au niveau de l'IPA, s'ajoute la grive solitaire (1,47 ÉC, 88,2 %). Cinq espèces ont été observées uniquement dans cet habitat, soit l'engoulevent d'Amérique (*Chordeiles minor*), le viréo aux yeux rouges (*Vireo olivaceus*), la paruline à poitrine baie (*Setophaga castanea*), le pic maculé (*Sphyrapicus varius*) et la paruline triste (*Geothlypis philadelphia*). Toutefois, ces trois dernières espèces n'ont été observées qu'à une seule reprise chacune. De plus, d'autres viréos non identifiés à l'espèce, qui pourraient être des viréos aux yeux rouges ou des viréos de Philadelphie (*Vireo philadelphicus*), ont été observés dans d'autres habitats.

Séances d'information et de participation publiques

Au cours de la séance d'information et de participation publique organisée à Waswanipi le 25 mars 2025, il a été rapporté qu'il y avait moins de goélands, mais davantage de pygargues à tête blanche qui se nourrissent des goélands. En outre, un nombre réduit d'hirondelles a été observé depuis les incendies. Les feux de forêt peuvent avoir un impact sur les habitats de nidifications de certaines espèces d'oiseaux, en particulier sur les espèces forestières. Par exemple, certains habitats de reproduction peuvent être détruits par les incendies. Cependant, ces éléments peuvent également avoir des effets bénéfiques, comme la création d'habitats favorables tels que les arbres mort (chicots) où l'espèce peut construire son nid.

Parmi les autres observations rapportées, certains participants ont remarqué qu'il y avait davantage de lagopèdes qu'à l'habitude. En effet, il a été constaté qu'un nombre accru de lagopèdes a été observé durant l'hiver 2024-2025, comparativement à la période précédant les incendies.

Un participant a par ailleurs mentionné que c'est la première fois qu'il en voit dans le périmètre même de la communauté de Waswanipi. Leur présence avait été constatée en bordure de la route auparavant, mais jamais en aussi grand nombre. La présence de nourriture comme des bourgeons de saules et de bouleaux (Gouvernement du Québec, 2025b), dont la repousse a pu être favorisée par les feux dans certains secteurs, pourrait en partie expliquer ce phénomène.

Lors de la séance tenue à Lebel-sur-Quévillon le 26 mars 2025, le même constat a été fait au niveau de l'augmentation de la présence des lagopèdes à la suite des feux de forêt.

4.3.2 Lièvre d'Amérique

4.3.2.1 Objectifs et hypothèses

À l'instar de la faune aviaire, les feux de forêt peuvent entraîner une diminution de l'abondance des lièvres d'Amérique dans les premières années suivant un incendie. Les incendies modifient considérablement les habitats, réduisant la disponibilité des ressources alimentaires et des abris, ce qui peut affecter la survie et la reproduction des lièvres.

L'objectif principal de cette étude sur le lièvre d'Amérique est d'évaluer l'effet des feux sur leur densité. Les inventaires ont permis de mesurer la densité de crottins et de brout, fournissant ainsi un indicateur de la densité de l'espèce. Ces données serviront de référence initiale et permettront de suivre l'évolution des densités de lièvres d'Amérique durant le programme de suivi, au fil du cycle de régénération post-incendie.

4.3.2.2 Méthodologie

Implantation des stations

Les parcelles d'inventaire, au nombre de 10, ont été visitées afin de déterminer leur utilisation par le lièvre d'Amérique. Cinq parcelles ont été disposées dans des habitats non brûlés et cinq dans des habitats brûlés détenant un indice de sévérité « Moyen-élevé », le critère le plus élevé (tableau 26, cartes 2-1 à 2-4). Les inventaires ont été réalisés entre le 17 et le 25 juin 2024. Des photos des stations sont présentées à l'annexe G-5 (photos 1 à 10).

Tableau 26 Répartition des parcelles d'inventaire par type de milieu pour le lièvre d'Amérique

Nom de la parcelle	Latitude de la station A1	Longitude de la station A1	Indice de sévérité du feu
AF-01	49,098754'N	75,607238'O	Aucun feu
AF-02	49,100310'N	75,605402'O	Aucun feu
AF-03	49,101218'N	75,597337'O	Aucun feu
AF-04	49,050375'N	75,690990'O	Aucun feu
AF-05	49,050102'N	75,694487'O	Aucun feu
ME-01	49,114831'N	75,566536'O	Moyen-Élevé
ME-02	49,112921'N	75,567619'O	Moyen-Élevé
ME-03	49,039862'N	75,651797'O	Moyen-Élevé
ME-04	49,040785'N	75,649740'O	Moyen-Élevé
ME-05	49,137123'N	75,555884'O	Moyen-Élevé

Les stations ont été localisées en fonction des habitats potentiels de lièvres d'Amérique dans le secteur. Les données disponibles en termes de peuplements forestiers disponibles avant les feux ont été utilisées. Ainsi, les zones priorisées sont celles avec présences de forêts ayant subi des perturbations, notamment des coupes forestières âgées de 10 à 30 ans. La régénération forestière après la coupe génère habituellement de la nourriture pour le lièvre d'Amérique. Les plantations ont été exclues de la section, puisque ces dernières mènent généralement à la création de peuplements homogènes peu favorables à la présence du lièvre d'Amérique par manque de nourriture en sous-étage (Cheveau et coll., 2021). Les zones de trappe du lièvre d'Amérique, ciblées par la communauté crie ont également été priorisées lorsque possible, c'est-à-dire lorsqu'il y avait la présence de peuplements contigus permettant l'établissement d'une parcelle d'inventaire dans un milieu homogène (habitat ou classe de sévérité du feu).

À chaque parcelle d'inventaire, 16 stations distancées de 20 m sous forme de grille ont été disposées (figure 2a). Les stations ont été placées et orientées selon la figure 2b, le point GPS de la parcelle représentant la station A1. La grille est donc alignée selon les points cardinaux. Une analyse du site a été effectuée une fois sur place pour sélectionner le positionnement exact de la grille en fonction des observations sur le terrain.

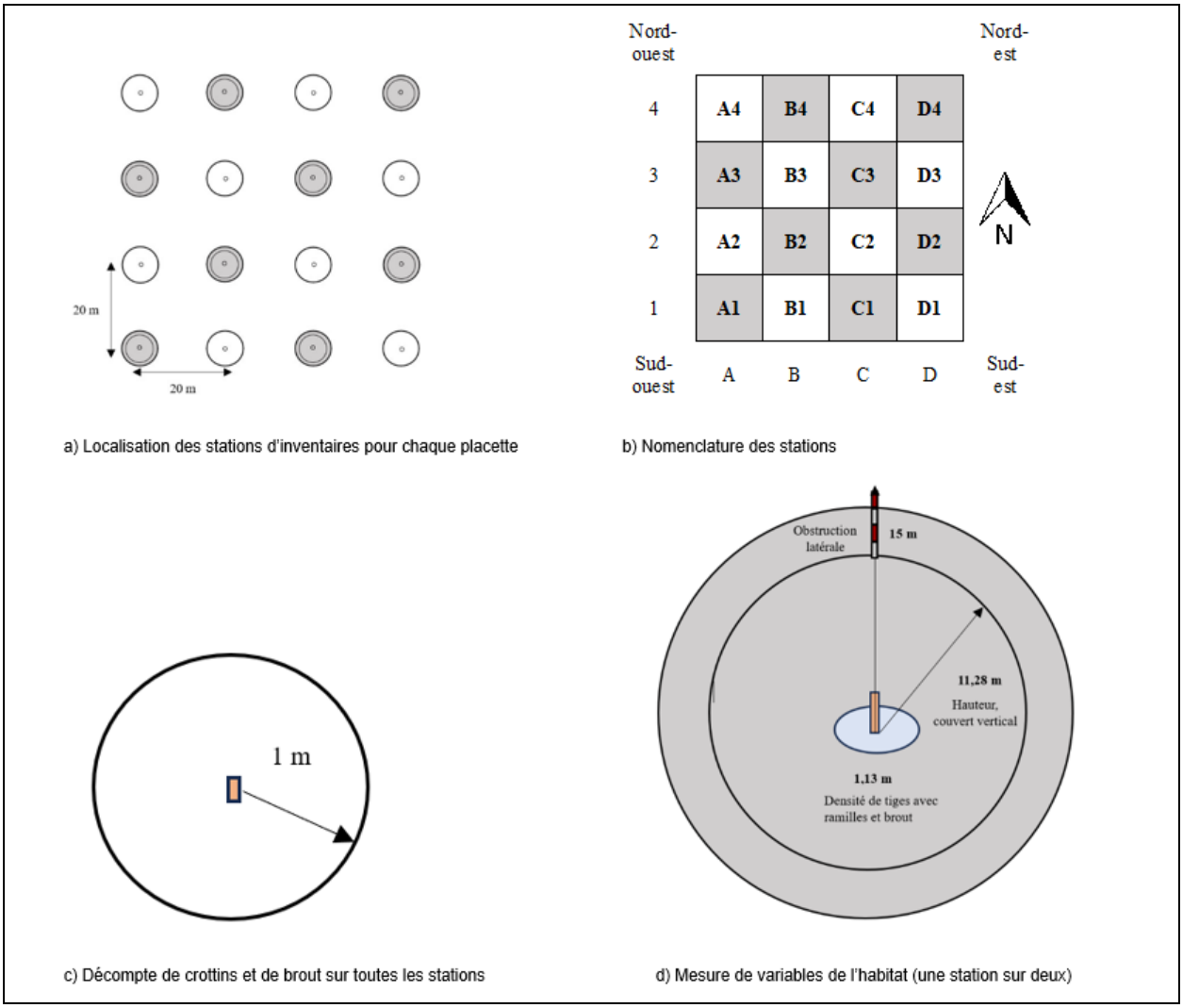


Figure 2 **Disposition des stations d'échantillonnage pour le décompte des crottins et la description de l'habitat**

Un piquet a été planté au centre de chaque station et le poteau a été identifié au crayon permanent en suivant le format WSP_[nom de la parcelle]_[nom alphanumérique de la station] (photo 11 de l'annexe G-5). Par exemple, à la parcelle P01 et la station A1, le poteau a été identifié comme suit : WSP_P01_A1. Un point GPS a ensuite été pris et nommé de la même manière que le poteau.

Après avoir récolté les informations requises, la prochaine station a ensuite été établie en se déplaçant de 20 m le long des points cardinaux.

Collecte de données

La méthodologie utilisée est inspirée de quelques études ayant été réalisées au Québec sur le lièvre d'Amérique (Potvin, 1995; Cusson et coll., 2001; Godbout et coll., 2001; Blanchette et coll., 2003; Hodson, 2011).

Caractérisation de l'habitat

Les mesures de brouts et les variables d'habitat propres au lièvre d'Amérique ont été effectuées sur la moitié des stations, soit celles colorées en grises sur les figures 2a et 2b. Pour ce faire, quatre variables ont été étudiées. Les rayons, illustrés sur le schéma établi à la figure 2d, ont été centrés sur le même poteau qui a servi à dénombrer les fèces de lièvres. Ces informations sont notées sur la fiche fournie à l'annexe G-6.

Hauteur de la végétation

La hauteur dominante de l'étage principal a été mesurée dans un rayon de 11,28 m (400 m^2), sans prendre en compte les arbres morts puisqu'ils offrent peu ou pas de couvert de protection.

Densité du couvert vertical

La densité de recouvrement par type d'essence (feuillus ou résineux) a été évaluée dans un rayon de 11,28 m (400 m^2), sans prendre en compte les arbres morts puisqu'ils offrent peu ou pas de couvert de protection. Pour chaque strate (arbres dominants et sous-étage), la densité a été estimée par un observateur quatre fois à chaque point cardinal se regardant vers le piquet selon les cotes suivantes : 0 : 0 %; 1 : 0-20 %; 2 : 1-40 %; 3 : 41-60 %; 4 : 61-80 %; 5 : 81-100 %.

Obstruction du couvert latéral

L'obstruction latérale a été estimée à l'aide d'un drapeau de 0,3 m de largeur sur 2,0 m de hauteur divisé en quatre sections (planche à profil). L'observateur s'est tenu au centre de la station, tandis que le drapeau a été disposé à une distance de 15 m. Le pourcentage du drapeau obstrué a été noté pour chaque section en fonction des cotes suivantes : 0 : 0 %; 1 : 0-20 %; 2 : 21-40 %; 3 : 41-60 %; 4 : 61-80 %; 5 : 81-100 %. Ceci a été fait à chaque point cardinal. Les arbres morts, les souches et autres obstructions non vivantes ont été prises en compte, car ils constituent tout de même un couvert de protection.

Sévérité du feu

Une caractérisation de la sévérité du feu a été réalisée à chaque parcelle qui fait l'objet du suivi. La méthode employée est celle décrite dans le volet végétation à la section 3.2.2.1 « Méthodologie » et sous-section « Caractérisation de la sévérité du feu ». À chaque parcelle, la sévérité du feu a été évaluée à une des stations centrales inventoriées pour les crottins et le brout, c'est-à-dire B2 ou C3.

Recherche et comptage de crottins

La parcelle a été mesurée à l'aide d'une corde de 1 m fixée au poteau. En portant des gants, toutes les crottes situées à l'intérieur du rayon de 1 m autour du poteau ont été comptées et enlevées. Seules les crottes de l'année en cours ont été comptées. Ces crottes sont de couleur brune et on peut y distinguer la présence de matériel brun pâle au centre (photos 12 et 13 de l'annexe G-5). Les crottes de plus d'un an, qui vont du gris foncé au noir et ont une couleur uniforme (photo 14 de l'annexe G-5), n'ont pas été comptées, mais sont également retirées. Le nombre total de crottes récentes est noté sur la fiche fournie à l'annexe G-6.

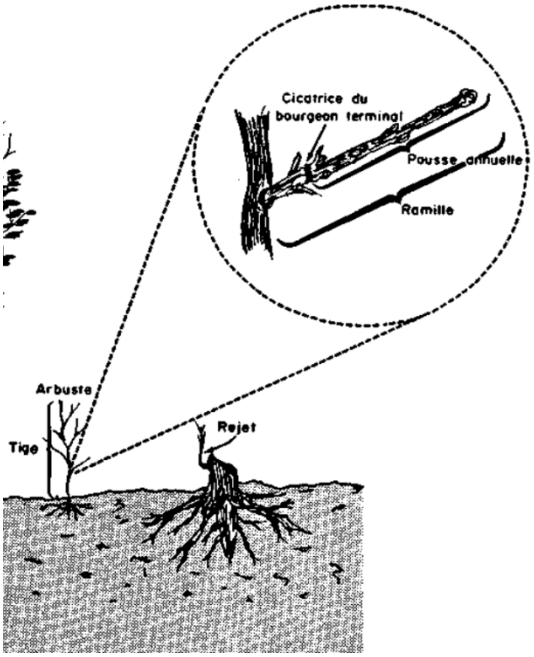
La densité de crottins moyenne (crottins/m²) a été calculée pour chaque parcelle à l'aide de la formule suivante :

$$\frac{\sum c}{16 \times 3{,}14 m^2}$$

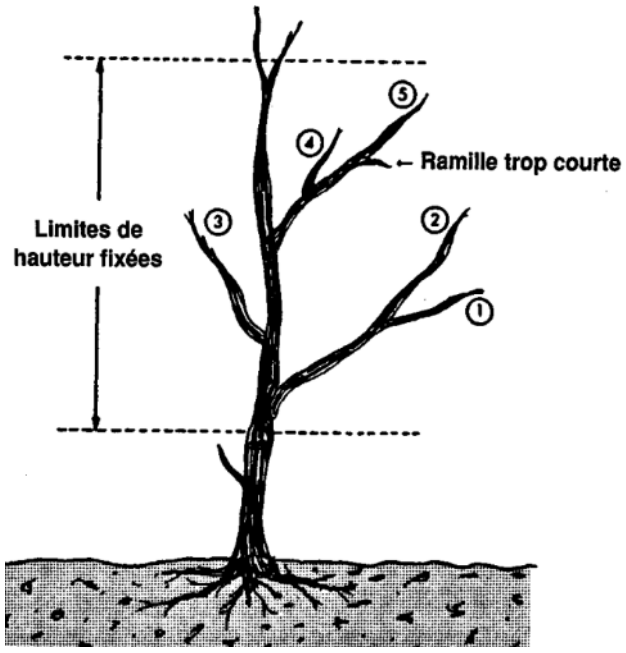
où $\sum c$ représente la somme de crottins comptés aux 16 stations de la parcelle.

Brout

Le nombre de tiges (figure 3a) ayant au moins une ramille (figure 3a) disponible dans un rayon de 1,13 m (4 m^2) a été compté. Ces ramilles ont une longueur d'au moins 5 cm et sont localisées entre 0,5 et 2,0 m de hauteur (figure 3b). Toute tige dont plus de la moitié du pied se trouve à l'intérieur de la parcelle qui offre au moins une ramille disponible entre les limites de hauteur établies a été considérée.



a) Termes techniques



b) Comptage de ramilles

Figure 3 Structures observées sur les ramilles (Potvin, 1995)

L’essence a été notée et l’identification de la tige a été réalisée, à savoir si la tige est un rejet, c’est-à-dire une pousse adventive de la souche d'un arbre (figure 3a). Les indices de mutilation (complètement dépourvue de nourriture disponible en raison d’un broutement ou comportant une tige ou branche principale qui a été cassée) ou de mort (morte à cause d’un broutement) ont également été notés.

Le nombre de ramilles broutées par un lièvre, broutées par un cervidé et non broutées a été noté. Les ramilles broutées par le lièvre sont taillées de façon nette et en biseau (photo 15 de l’annexe G-5), tandis que celles broutées par les cervidés donnent l’impression d’avoir été brisées et présentent des extrémités effilochées (photo 16 de l’annexe G-5). Seules les traces de broutement de l’hiver précédent ont été prises en compte. Les extrémités des ramilles broutées lors des hivers précédents ont une teinte grise et la ramille a tendance à être très cassante (photo 17 de l’annexe G-5).

La densité de ramille moyenne (ramilles/m²) a été calculée pour chaque parcelle à l’aide de la formule suivante :

$$\frac{\sum r}{8 \times 4\ m^2}$$

où $\sum r$ représente la somme de ramilles totales comptées aux 8 stations inventoriées de la parcelle.

La proportion de ramilles broutées par le lièvre (%) a été calculée pour chaque parcelle à l’aide de la formule suivante :

$$\frac{\sum l}{\sum r} \times 100\ \%$$

où $\sum l$ représente la somme de ramilles broutées par le lièvre comptées aux huit stations inventoriées de la parcelle.

où $\sum r$ représente la somme de ramilles totales comptées aux 8 stations inventoriées de la parcelle.

4.3.2.3 Résultats

Inventaires réalisés au terrain

Des signes de présence de lièvre ont été constatés à toutes les 10 parcelles inventoriées. De plus, deux lièvres d’Amérique ont été observés de manière opportuniste en route vers les stations d’inventaire (photo 18 de l’annexe G-5). L’un se trouvait sur le chemin vis-à-vis de la parcelle AF-03 et l’autre sur le chemin vis-à-vis de la station d’inventaire d’avifaune MB-FA-06.

Bien que des signes de présence tels que le crottin ou le brout soient observables, ils sont beaucoup moins fréquents dans les parcelles touchées par les feux. Les feux de forêt peuvent entraîner une diminution de l’abondance des lièvres d’Amérique dans les premières années suivant un incendie. Cependant, leur densité augmente progressivement avec la régénération des jeunes pousses, qui fournissent à la fois nourriture et abri. La densité de lièvres atteint un pic environ 25 ans après un feu (Olson et coll., 2023). En effet, le lièvre d’Amérique est généralement plus rare dans les jeunes peuplements et les forêts matures et plus abondant dans les peuplements de mi-succession (Fisher et Wilkinson, 2005).

Caractérisation de l'habitat

L'évaluation de la sévérité du feu sur le terrain a confirmé que toutes les parcelles inventoriées se trouvent dans des milieux présentant un indice de sévérité « moyen-élevé » (tableau 27; figure 1 à la section 3.2.2). Les indices de sévérité du feu calculés varient entre 2,56 et 2,90.

Tableau 27 Indices moyens de sévérité du feu évalués pour chaque strate des stations affectées par le feu

Parcelle	Strates							
	Strate A	Strate B	Strate C	Strate D	Strate E	Moyenne sous-étage (A+B+C)	Moyenne canopée (D+E)	Moyenne totale
ME-01	2,25	2,75	2,75	2,50	S. O.	2,58	2,50	2,56
ME-02	2,83	2,88	2,83	2,90	S. O.	2,85	2,90	2,86
ME-03	2,83	3,00	2,88	S. O.	S. O.	2,90	S. O.	2,90
ME-04	3,00	2,88	3,00	2,70	S. O.	2,96	2,70	2,89
ME-05	3,00	3,00	3,00	2,60	2,50	3,00	2,55	2,82
Moyenne	**2,78**	**2,90**	**2,89**	**2,68**	**2,50**	**2,86**	**2,66**	**2,81**
Écart-type	**0,31**	**0,10**	**0,11**	**0,17**	**S. O.**	**0,17**	**0,18**	**0,14**

Comme attendu, les paramètres d'habitat mesurés sont plus faibles dans les milieux impactés par les feux (tableau 28). Étant donné le faible nombre d'arbres vivants dans les parcelles brûlées, la hauteur moyenne des arbres et la densité du couvert vertical sont très faibles aux stations brûlées. Les troncs restants à la suite d'un feu offrent tout de même une certaine obstruction latérale, expliquant des valeurs un peu plus élevées pour l'obstruction latérale des parcelles brûlées comparativement aux autres variables.

Tableau 28 Caractéristiques de l'habitat du lièvre d'Amérique par parcelle

Indice de sévérité de feu	Parcelle	Hauteur moyenne[1]				Densité moyenne du couvert vertical[1, 2]						Obstruction latérale moyenne[2]	
		Arbres dominants		Sous-étage		Feuillus		Résineux		Toutes les essences			
		Moy.	ÉT	Moy.	ÉT	Moy.	ÉT	Moy.	ÉT	Moy.	ÉT	Moy.	ÉT
Aucun	AF-01	5,20	6,62	2,67	3,15	1,94	1,39	2,38	1,26	2,16	1,34	4,98	0,20
	AF-02	5,56	5,83	2,75	3,15	1,81	0,74	2,59	0,71	2,20	0,82	4,90	0,45
	AF-03	3,75	3,94	1,19	1,80	1,69	1,09	2,63	0,75	2,16	1,04	4,74	0,77
	AF-04	6,69	7,14	2,81	3,10	1,13	0,55	3,44	0,76	2,28	1,34	4,96	0,23
	AF-05	6,00	6,48	3,06	3,26	1,50	0,84	3,19	0,93	2,34	1,22	5,00	0,00
	Total	**5,44**	**1,10**	**2,50**	**0,75**	**1,61**	**0,32**	**2,84**	**0,45**	**2,23**	**0,08**	**4,92**	**0,10**
Moyen-élevé	ME-01	0,44	1,75	0,00	0,00	0,06	0,25	0,06	0,25	0,06	0,24	2,82	1,51
	ME-02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,31	1,40
	ME-03	0,31	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,88	0,08	0,63	1,71	1,18
	ME-04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,56	1,27
	ME-05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,27	1,47
	Total	**0,15**	**0,21**	**0,00**	**0,00**	**0,01**	**0,03**	**0,04**	**0,07**	**0,03**	**0,04**	**2,14**	**0,51**

Notes : 1 Lorsqu'aucun arbre vivant n'était présent, la hauteur moyenne et la densité du couvert vertical étaient notées 0 à des fins de calculs.
2 Classes : 0 : 0%, 1 : 1-20 %, 2 : 21-40 %, 3 : 41-60 %, 4 : 61-80 %, 5 : 81-100 %.
Moy. = Moyenne; ÉT = Écart-type.

Recherche et comptage de crottins

La densité de crottins est plus élevée dans les parcelles sans feu comparativement aux parcelles brûlées avec des moyennes respectives de 3,70 crottins/m^2 (± 1,36) et 0,78 crottin/m^2 (± 0,53) (tableau 29).

Tableau 29 Distribution des crottins de lièvre d'Amérique par parcelle

Catégorie de sévérité de feu	Parcelle	Nombre de crottins[1]			Nombre de stations sans crottin[1]	Densité de crottins (crottins/m²)
		Somme	Moyenne	Écart-type		
Aucun	AF-01	212	13,25	15,66	1	4,22
	AF-02	145	9,06	6,19	0	2,88
	AF-03	87	5,44	6,68	3	1,73
	AF-04	246	15,38	15,53	1	4,89
	AF-05	240	15,00	18,48	1	4,77
	Total[2]	**930**	**11,63**	**4,27**	**6**	**3,70**
Moyenne-élevée	ME-01	41	2,56	3,35	7	0,82
	ME-02	65	4,06	4,97	2	1,29
	ME-03	16	1,00	2,71	13	0,32
	ME-04	9	0,56	1,21	12	0,18
	ME-05	66	4,13	6,90	6	1,31
	Total[2]	**197**	**2,46**	**1,67**	**40**	**0,78**

Notes : 1 Par parcelle d'échantillonnage, incluant les 16 stations inventoriées.
2 Les moyennes et écarts-types des 5 parcelles de chaque catégorie ont été calculés à partir des moyennes de chaque parcelle.

Les densités calculées fournissent un indicateur des densités de population de lièvre d'Amérique dans chaque secteur. On retrouve les plus fortes densités de crottins (4,89 et 4,77 crottins/m^2) aux stations AF-04 et AF-05, où le couvert vertical est dominé par les résineux (figure 4). En effet, les essences résineuses, qui conservent leur feuillage en hiver, offrent au lièvre d'Amérique un couvert hivernal de protection contre les prédateurs (Blanchette et coll., 2003). En revanche, un couvert avec une plus grande proportion d'essences feuillues, comme aux stations AF-01 et AF-02, peut également favoriser le lièvre d'Amérique. La présence de feuillus est corrélée avec celle de tiges portant des ramilles (Blanchette et coll., 2003), ce qui se traduit par une abondance accrue de nourriture.

Toutefois, lors de l'inventaire, en particulier dans les secteurs sans feu, il était parfois difficile de déterminer si une crotte provenait de l'année en cours. Il est possible que d'anciennes crottes aient été comptées sur les sites sans feu, ce qui a biaisé les résultats de cette première année de suivi. Cela pourrait entraîner des valeurs aberrantes qui pourraient apparaître incohérentes dans la tendance observée au cours des prochains suivis. Cependant, puisque tous les crottins ont été retirés des parcelles, les décomptes à partir de la prochaine année de suivi seront plus fiables pour évaluer le nombre de crottins de l'année.

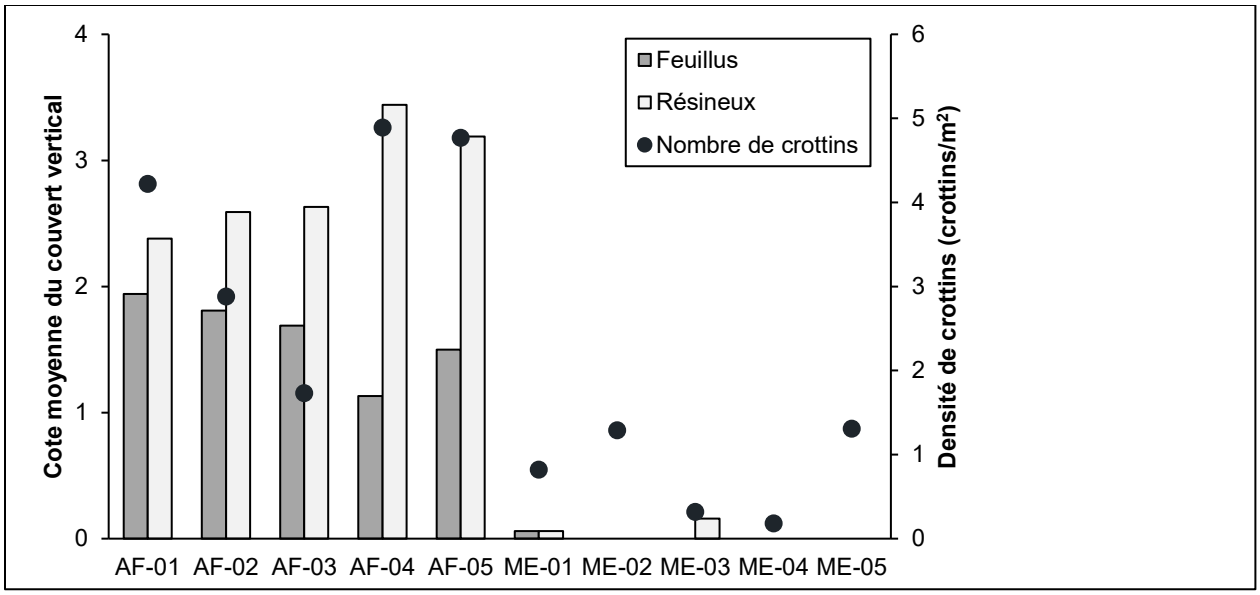


Figure 4 **Couvert vertical et densité de crottins de lièvre d'Amérique par parcelle**

Brout

L'essence la plus consommée par le lièvre d'Amérique est le bouleau à papier (*Betula papyrifera*), avec presque 30 % des ramilles disponibles de cette essence ayant été broutées (tableau 30). La littérature démontre l'importance du bouleau à papier dans l'alimentation du lièvre d'Amérique (Newbury et Simon, 2005), et la tendance observée dans cette étude le confirme. Les autres essences privilégiées par le lièvre d'Amérique dans la zone d'inventaire sont l'aulne rugueux (*Alnus incana* subsp. *rugosa*; 8,54 % des ramilles disponibles broutées), l'aulne crispé (*Alnus viridis* subsp. *crispa*; 7,69 %) et le sorbier d'Amérique (*Sorbus americana*; 7,55 %).

Tableau 30 **Ramilles par espèce d'arbre ou d'arbuste**

Type	Essence	Nombre de ramilles				Proportion de ramilles broutées par le lièvre d'Amérique (%)
		Broutées par le lièvre d'Amérique	Broutées par des cervidés	Non broutées	Total	
Feuillus	Bouleau à papier	38	0	90	128	29,69
	Aulne rugueux	17	0	182	199	8,54
	Aulne crispé	24	0	288	312	7,69
	Sorbier d'Amérique	4	1	48	53	7,55
	Cerisier de Pennsylvanie	4	6	74	84	4,76
	Cornouiller stolonifère	1	0	22	23	4,35
	Saule humble	0	12	46	31	0,00
	Thé du labrador	0	0	221	221	0,00
	Kalmia à feuilles étroites	0	0	160	160	0,00
	Amélanchier sp,	0	0	107	107	0,00
	Némopanthe mucroné	0	0	96	96	0,00
	Viorne cassinoïde	0	0	42	42	0,00

Type	Essence	Nombre de ramilles				Proportion de ramilles broutées par le lièvre d'Amérique (%)
		Broutées par le lièvre d'Amérique	Broutées par des cervidés	Non broutées	Total	
	Inconnue	0	0	16	16	0,00
	Bleuet à feuilles étroites	0	0	10	10	0,00
	Cerisier de Virginie	0	0	4	4	0,00
	Total	**88**	**19**	**1 406**	**1 486**	**5,92**
Résineux	Sapin baumier	2	0	839	841	0,24
	Épinette noire	0	0	622	622	0
	Pin gris	0	0	0	0	S. O.
	Total	**2**	**0**	**1 461**	**1 463**	**0,14**

En raison de la difficulté à évaluer de manière comparable le nombre de ramilles entre les essences résineuses et feuillues, et étant donné que les essences résineuses ont été très peu broutées par le lièvre d'Amérique, le sapin baumier, l'épinette noire et le pin gris ont été exclus de l'analyse de densité de ramilles (tableau 31). La densité moyenne de ramilles de feuillus dans les parcelles sans feu est de 8,43 ramilles/m^2, comparativement à 1,03 ramille/m^2 dans les parcelles affectées par les feux de forêt. Aucune tige de bouleau n'a été observée dans les parcelles brûlées.

Tableau 31 Brout de feuillus pour chaque parcelle

Indice de sévérité de feu	Parcelle	Nombre de ramilles				Densité de ramilles (ramilles/m^2)		Proportion de ramilles broutées par le lièvre d'Amérique (%)
		Broutées par le lièvre d'Amérique	Broutées par des cervidés	Non broutées	Total	Bouleau	Tous feuillus	
Aucun	AF-01	35	0	421	456	2,66	14,25	7,68
	AF-02	13	0	243	256	0,84	8,00	5,08
	AF-03	18	1	416	435	0,03	13,59	4,14
	AF-04	2	0	94	96	0,13	3,00	2,08
	AF-05	17	0	88	105	0,34	3,28	16,19
	Total	**85**	**1**	**1 262**	**1 348**	**0,80 (± 1,08)[1]**	**8,43 (± 5,40)[1]**	**7,03 (± 5,50)[1]**
Moyen-Élevée	ME-01	2	0	44	46	0,00	1,44	4,35
	ME-02	1	6	47	54	0,00	1,69	1,85
	ME-03	0	1	13	14	0,00	0,44	0,00
	ME-04	0	11	40	51	0,00	1,59	0,00
	ME-05	0	0	0	0	0,00	0,00	S. O.
	Total	**3**	**18**	**144**	**165**	**0,00 (± 0,00)[1]**	**1,03 (± 0,76)[1]**	**1,55 (± 2,06)[1]**

Notes : 1 Moyenne (± écart-type).
S. O. (Sans objet) signifie qu'il n'y avait aucune ramille. Cette parcelle a été exclue des calculs de moyenne.

Bien que la parcelle AF-03 compte une grande densité de ramilles de feuillus (13,59 ramilles/m^2), la densité de bouleau y est très faible (0,03 ramille/m^2). Cela peut expliquer la faible densité de crottins (1,73 crottin/m^2) retrouvée dans cette parcelle (figure 5). À l'inverse, dans la parcelle AF-01, les densités de ramilles de bouleau (2,66 ramilles/m^2) et de feuillus en général (14,25 ramilles/m^2) sont toutes deux très élevées, ce qui correspond à la densité élevée de crottins dans cette parcelle (4,22 crottins/m^2).

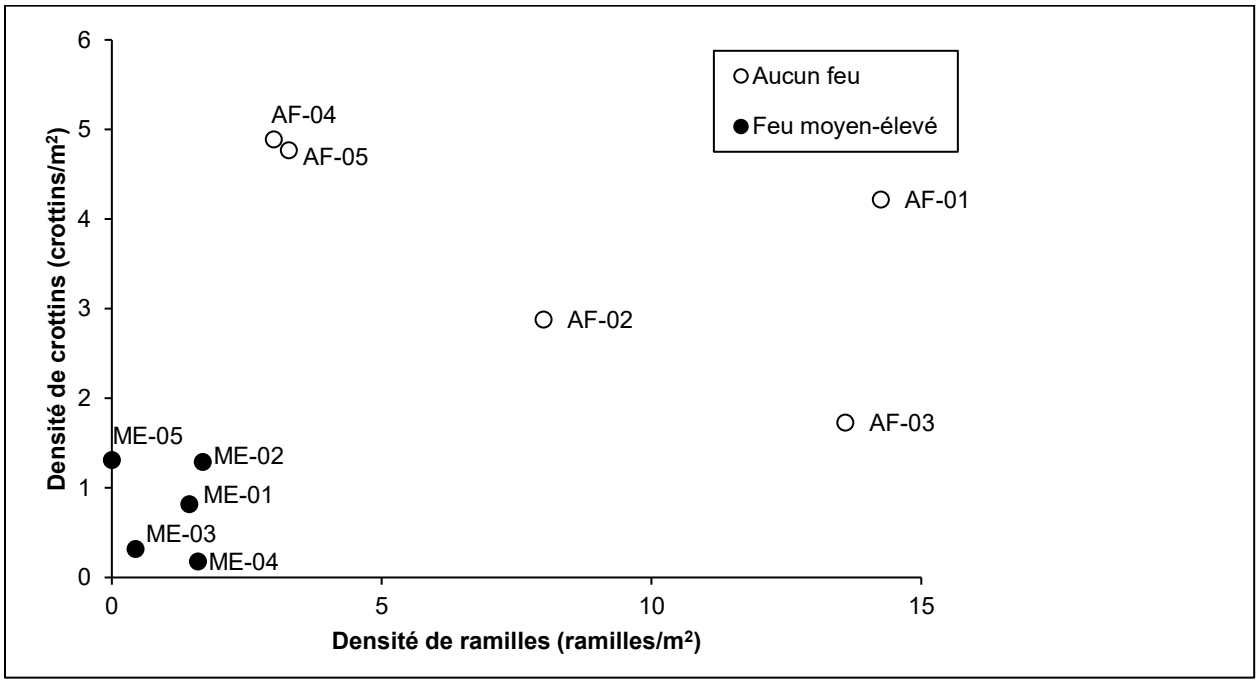


Figure 5 **Densité de crottins par rapport à la densité de ramilles pour chaque parcelle**

Séances d'information et de participation publique

Lors de la séance d'information et de participation publique tenue à Waswanipi le 25 mars 2025, un participant a indiqué que la faune, en particulier le caribou forestier et l'ours noir, est revenue sur son terrain de trappage 20 ans après les feux de 2003. Il mentionne que la végétation qui se regénère entraîne le retour des animaux.

Un intervenant dont 75 % de l'aire de trappage a brûlé lors des feux de 2023 a signalé avoir observé une baisse significative de la population de lièvres. Parallèlement à cette intervention, ce dernier, accompagné d'un autre participant, a mentionné qu'ils avaient observé ensemble plus d'une soixantaine de lièvres le long de la route 5000 en direction du Projet lors d'une fin de journée de l'été 2024. Ils se demandaient s'ils avaient été témoins d'un nouveau comportement migratoire de cette espèce.

Lors de la séance réalisée à Lebel-sur-Quévillon le 26 mars 2025, un participant a mentionné qu'il y avait beaucoup plus de lièvres d'Amérique depuis les feux de forêt. Un second participant a indiqué qu'il a observé beaucoup de lièvres cet hiver (2024-2025) dans le coin du lac Waswanipi et de Desmaraisville. Ce dernier s'interrogeait sur la possibilité que cette observation soit due aux feux de forêt. Un participant a apporté le fait que les populations de lièvres d'Amérique sont sujettes à des cycles et que les cycles des renards et les lièvres sont observés en alternance.

Selon Keith et Surrendi (1971), le lièvre d'Amérique éviterait l'utilisation des secteurs incendiés lors des deux premières années suivant les feux de forêt. Selon une étude de Hutchens et Hodges (2019), l'abondance du lièvre d'Amérique est plus variée dans les grandes parcelles brûlées, où elle est soit absente ou très élevée. Les parcelles de forêt non affectées ou légèrement brûlées à l'intérieur de grande zone de feux facilitent le déplacement des lièvres vers des sites en régénération présentant une bonne densité de semis, favorisant ainsi leur abondance. La densité des jeunes arbres est en ce sens positivement corrélée à l'abondance de lièvre. En contrepartie, l'abondance du lièvre d'Amérique est faible dans les petites ou moyennes zones brûlées. La disponibilité d'habitats non perturbés adjacents à ces petites zones peut en partie expliquer le phénomène (Hutchen et Hodges, 2019).

4.3.3 Grande faune

Inventaires réalisés au terrain

Lors des inventaires visant l'avifaune et le lièvre d'Amérique, un caribou forestier solitaire a été observé de façon opportuniste le 23 juin 2024 à 12 h 17 en bordure d'un chemin forestier, à environ 7 km du projet d'exploration avancée Windfall. La présence du caribou forestier est documentée dans ce secteur.

À cet effet, GMW et le MELCCFP ont conclu une entente de partenariat en 2024. L'objectif est de documenter l'utilisation du territoire par les caribous forestiers de la population Assinica, sous-population Surprise. Plus particulièrement, le projet vise à mieux documenter les corridors utilisés par la sous-population Surprise lors de leurs déplacements entre le cœur de la population Assinica, situé dans le secteur de la réserve du parc Assinica, et le territoire principalement utilisé par la sous-population Surprise, à proximité de Windfall. Le projet vise entre autres à identifier les massifs forestiers d'importance pour cette sous-population qui contribuent au maintien du corridor de connectivité entre ces deux secteurs et qui sont présentement utilisés par les caribous forestiers. Le projet vise également à mieux comprendre la temporalité et la spatialité des déplacements du caribou forestier à proximité du futur site minier Windfall afin d'identifier de potentielles mesures à mettre en place dans le but d'atténuer les impacts, le cas échéant, des activités réalisées au futur site minier sur le caribou forestier. Ce partenariat constitue donc une des mesures mises en place par GMW pour limiter son impact sur le caribou.

Afin d'obtenir ces informations, quatre colliers télémétriques avec une programmation adaptée au besoin (fréquence de localisation élevée dans les périodes de déplacement et autres périodes visées) ont été déployés à l'hiver 2024 pour une durée de vie estimée à trois ans.

Les données recueillies par les colliers télémétriques permettront également de visualiser en temps réel la fréquentation des secteurs brûlés en 2023 par le caribou sur une durée de trois ans.

Séances d'information et de participation publique

Au cours de la séance d'information et de participation publique menée à Waswanipi le 25 mars 2025, il a été mentionné qu'il y avait davantage d'orignaux depuis les feux de forêts. Cependant, une diminution des observations d'ours noirs a été notée. Un participant dont le terrain de trappage a brûlé en 2003 a mentionné que la faune (caribou forestier et ours noir) est revenue après 20 ans. Selon ce dernier, comme la végétation se regénère, les animaux reviennent.

Lors de la séance réalisée à Lebel-sur-Quévillon le 26 mars 2025, un participant a mentionné qu'il avait vu des pistes d'orignaux dans les brulis, en particulier dans les secteurs où la reprise de végétation est présente (vert tendre).

Les orignaux présentent généralement une plus grande abondance peu de temps après les feux de forêt, qui diminue dans les stades de succession ultérieurs (Fisher et Wilkinson, 2005). Cette augmentation de l'abondance s'explique notamment du fait de la plus grande disponibilité de fourrage (semis de feuillus, arbustes et herbacées) dans les jeunes stades de succession. Les feux augmentent aussi la productivité et ont donc un impact sur la qualité du fourrage (Fredriksson et coll., 2023).

Selon une étude réalisée en Alaska par MacCracken et Vierreck (1990), des orignaux ont été observés sur un site brûlé seulement quelques mois après un feu de forêt et y sont demeurés dans les quatre années suivantes. Certains orignaux qui avaient une exposition limitée à des sites brûlés avant le feu ont par ailleurs élargi leur domaine vital pour y inclure des milieux affectés par le feu. Les peuplements de peupliers faux-trembles affectés par le feu présentaient une abondance de fourrage deux mois après l'incendie, qui était près de 10 fois plus élevée que dans les peuplements matures d'épinettes et de bouleaux.

Une autre étude effectuée dans le nord de la Suède a par ailleurs démontré que la disponibilité du fourrage était plus élevée sur des sites brûlés que sur des milieux non perturbés (Fredriksson et coll., 2023). Selon les résultats des recherches, les modifications sur la composition et la quantité de fourrage ont persisté pendant au moins 12 ans après le feu de forêt. Le broutage par les orignaux était plus important au cours de cette période.

Les orignaux peuvent en contrepartie être affectés par la plus grande exposition aux prédateurs dans les habitats plus ouverts (p. ex. jeunes stades de succession), ce qui peut influer sur leur taux de survie et de reproduction pendant les premières années suivant un feu. Les taux de survie et de reproduction sont ainsi plus élevés dans les stades de mi-succession que dans le stade d'initiation (Fisher et Wilkinson, 2005).

En ce qui concerne le caribou forestier, ce dernier se nourrit principalement de lichen. Le lichen a une faible résilience aux feux de forêt et un temps de régénération très long. Selon leur sévérité, les feux de forêt ont généralement tendance à inhiber la croissance du lichen. Même si le caribou se nourrit aussi de végétation arbustive durant l'été, qui est plus abondante dans les secteurs brûlés, le manque de lichen comme source de nourriture hivernale pousse souvent le caribou à éviter les zones brûlées. Le bois mort qui s'accumule au sol sur les sites brûlés agit aussi comme barrière aux déplacements de la grande faune (Fisher et Wilkinson, 2005). Selon une étude d'Arsenault et coll. (1997), la consommation de lichen par les caribous est plus importante dans les peuplements de plus de 50 ans que dans les peuplements âgés de 1 à 15 ans et de 31 à 50 ans. La végétation serait ainsi plus propice au retour du caribou au cours du stade d'aggradation (26-75 ans). La présence des caribous semble toutefois être plus importante encore dans les forêts de plus de 90 ans.

Enfin, pour ce qui est de l'ours noir, ce dernier a besoin d'habitats diversifiés pour s'y établir. Ainsi, les feux de forêts pourraient être propices, car les ouvertures créées par les incendies favorisent la croissance de bleuets desquels se nourrissent l'espèce (Fisher et Wilkinson, 2005). Toutefois, l'ours noir a besoin d'habitats présentant un couvert forestier localisé à proximité de ses zones d'alimentation. Ainsi, il va se déplacer en bordure de la forêt et utiliser les brûlis pour s'alimenter le moment venu.

4.4 Benthos

4.4.1 Objectifs et hypothèses

Les feux de forêt peuvent avoir pour effet d'augmenter la densité et de modifier la composition des communautés de macroinvertébrés benthiques (benthos).

La modification des communautés de benthos entraîne des répercussions sur la chaîne alimentaire, notamment sur la faune aquatique. Comme pour l'eau de surface, des prélèvements ont déjà été effectués sur le site du projet minier Windfall pour établir l'état de référence dans le cadre de l'ÉIE. Pour le programme de biodiversité, les stations où des données ont déjà été prélevées ont été ciblées. Les échantillons récoltés dans des zones impactées par le feu sont comparés aux zones non impactées par le feu, puis comparés à l'état de référence de 2017.

4.4.2 Méthodologie

4.4.2.1 Données récoltées au terrain

Quatre stations d'échantillonnage ont été sélectionnées dans la zone d'étude locale du milieu biophysique. Le choix des stations s'est fait en fonction de la disponibilité des données antérieures, de la zone d'influence de l'effluent minier du Projet et des secteurs affectés ou non affectés par les feux de forêt. Les plans d'eau sélectionnés se situent tous hors du réseau impacté par l'effluent afin d'être en mesure de distinguer les effets du feu de ceux découlant des activités minières. Deux stations se trouvent dans des secteurs affectés par les feux alors que les deux autres sont localisés dans des secteurs non affectés. Le tableau 32 présente les coordonnées géographiques ainsi que les années de prélèvement antérieures des stations de benthos.

Tableau 32 Résumé des échantillons récoltés pour le benthos en août 2024

Lacs/cours d'eau	Secteur impacté par le feu	Localisation	Nom des sous-stations	Année d'inventaire
Cours d'eau CE-01	Oui	**WL-01** 49,071515'N; 75,667003'O	WL-01-2024-A WL-01-2024-B WL-01-2024-C	2024
Lac SN4	Oui	**BEN-10** 49,062919'N; 75,659003'O	BEN-10-2024-A BEN-10-2024-B BEN-10-2024-C	2017, 2024
Lac SN2	Non	**BEN-08** 49,066989'N; 75,635031'O	BEN-08-2024-A BEN-08-2024-B BEN-08-2024-C	2017, 2024
Cours d'eau SN2-T1	Non	**WL-20** 49,067041'N; 75,624945'O	WL-20-2024-A WL-20-2024-B WL-20-2024-C	2024

Un protocole d'échantillonnage a été utilisé pour standardiser le prélèvement des spécimens dans l'environnement. Trois sous-échantillons ont été prélevés à chacune des sous-stations à l'aide d'une benne Ponar (6 po). Une fois prélevés, les échantillons ont été filtrés sur un tamis de 500 µm, transférés dans des bocaux à couvercle étanche identifiés au numéro de la station et conservés dans une solution éthylique 85 % jusqu'à leur traitement au laboratoire GDG Environnement Ltée (ci-après GDG). À chaque station, des photos des échantillons et de l'habitat ont été prises.

Les mesures suivantes ont été prises à chacune des sous-stations, à 30 cm sous la surface de l'eau :

- température de l'eau, oxygène dissous, pH, conductivité avec la sonde YSI;
- profondeur de l'eau;
- type et densité des algues ou des plantes aquatiques;
- type de substrat.

Les paramètres physicochimiques seront comparés aux critères de la qualité de l'eau de la Prévention de la contamination, eau et organismes aquatiques (CPC[EO]) et de la Protection de la vie aquatique, effet aigu (CVAA).

4.4.2.2 Analyses au laboratoire

Les détails des analyses en laboratoires sont présentés dans le rapport final de GDG à l'annexe H-1. Au total, 12 échantillons de benthos ont été analysés, soit trois par station. En résumé, les sous-stations ont été rassemblées au laboratoire afin de former un échantillon composite par station. L'échantillon composite a ensuite été trié au binoculaire afin d'identifier les organismes jusqu'au niveau de la famille.

Plus précisément, les échantillons ont été rincés à l'eau dans des tamis superposés ayant des ouvertures de mailles de 4 000, 2 000, 1 000 et 500 µm, puis les organismes ont été dénombrés et regroupés selon les grands groupes taxonomiques.

Un contrôle de qualité du tri a été effectué par le laboratoire sur un des échantillons et consiste en un tri des matières organiques résiduelles par une personne autre que le trieur d'origine. L'évaluation taxonomique des organismes benthiques a été effectuée à partir de plusieurs clés d'identification, dont celles citées dans Merrit et coll. (2008) et dans Thorp et Covich (2010). Toutes les autres références taxonomiques utilisées sont présentées dans le rapport final de GDG.

4.4.2.3 Calculs de diversité

La première étape de l'analyse des données consiste à calculer des descripteurs univariés, c'est-à-dire des indices qui ont pour but de résumer les données de benthos en une valeur unique. Les descripteurs univariés suivants sont calculés pour chaque station d'échantillonnage :

- la densité (nombre d'organismes/m²);
- la richesse taxonomique (nombre de taxons);
- l'indice de régularité de Simpson (équitabilité);
- le coefficient de Bray-Curtis (dissimilarité);
- le rapport EPTC/C (ratio de l'abondance des éphémèroptère-plécoptères-trichoptère-coléoptères sur l'abondance des Chironomidae).

La **densité** des invertébrés (nombre d'invertébrés/m^2) a été calculée en divisant l'abondance totale des organismes benthiques à chaque station par la superficie échantillonnée (~0,069 m^2), afin d'exprimer les abondances en nombre d'organismes par unité de surface.

La **richesse taxonomique** correspond au nombre de taxons (famille ou autre) capturés pour chaque échantillon.

L'**équitabilité** (E) a été calculée au moyen de l'équation :

$$E = 1/\sum_{i=1}^{S}(p_i)^2/S$$

où p_i est la proportion de l'espèce i dans l'échantillon et S est le nombre de taxons dans l'échantillon. Cet indice varie sur une échelle allant d'environ 0, pour un échantillon composé de plusieurs espèces dont l'abondance est extrêmement inégale, à 1 pour un échantillon dans lequel toutes les espèces ont une abondance égale.

Le **coefficient de Bray-Curtis** a été calculé au moyen de l'équation :

$$BC = \frac{\sum_{i=1}^{s} | y_{i1} - y_{i2} |}{\sum_{i=1}^{s} (y_{i1} + y_{i2})}$$

où S est le nombre total de taxons, y_{i1} est le nombre de spécimens du taxon i à la station 1 et y_{i2} est le nombre médian de spécimens du taxon i dans la zone de référence. Le coefficient de Bray-Curtis peut varier de 0 à 1, la valeur 0 indiquant que deux sites ont des communautés benthiques identiques et la valeur 1 indiquant des communautés totalement différentes.

Le **rapport EPTC/C** a de plus été calculé. Celui-ci se définit comme une représentation numérique de la qualité de l'habitat basée sur la présence et l'abondance d'espèces sensibles aux perturbations environnementales. Le rapport EPTC/C représente le nombre total d'invertébrés appartenant aux ordres des éphéméroptères, des plécoptères, des trichoptères et des coléoptères (EPTC) par rapport au nombre total d'invertébrés appartenant à la famille des chironomidés (C). Les taxons appartenant aux ordres EPTC sont considérés comme majoritairement sensibles à la pollution, tandis que les chironomidés sont considérés comme plutôt tolérants. Un plus faible rapport EPTC/C peut donc indiquer que la communauté benthique subit un stress environnemental (Mandaville, 2002).

4.4.2.4 Statistiques

Étant donné le nombre limité de stations (deux pour la zone exposée et deux pour la zone de référence), aucune statistique valide n'a pu être réalisée. Toutefois, les informations basées sur l'identification taxonomique, la densité et les paramètres physicochimiques fournissent une indication de la réponse des communautés et mettent en évidence les tendances à la suite des feux.

4.4.3 Résultats

4.4.3.1 Inventaires réalisés au terrain

Physicochimie et substrat

Les mesures prises *in situ* ainsi que les caractéristiques des stations sont présentées au tableau 33 et à l'annexe H-2. Concernant le substrat observé aux différentes stations, celui-ci est présenté à l'annexe H-2. En résumé, les stations présentaient du limon et du sable en proportions variables, sauf à la sous-station BEN-08 qui est constituée à 100 % de limon. La majorité des coups de benne contenait des débris de végétaux, ligneux ou organiques, alors que de la végétation aquatique était présente seulement pour quatre des douze sous-stations. Les stations présentent un certain degré de variabilité qui est toutefois difficilement quantifiable.

Tableau 33 Caractéristiques physicochimiques moyennes et végétation des sous-stations d'échantillonnage du benthos

Plan d'eau	Sous-station	Impacté par le feu	Valeurs moyennes (±écart-type)					Végétation aquatique
			Profondeur d'eau (cm)	Température (°C)	O_2 (mg/L)	pH	Conductivité (µS/cm)	
Lac SN4	BEN-10	Oui	133,33 (± 41,63)	22,40 (± 0,57)	9,38 (± 0,27)	5,95 (± 0,15)	21,23 (± 0,31)	Isoète (100 %)
Cours d'eau CE01	WL-01	Oui	70,00 (± 10,00)	18,23 (± 1,50)	8,16 (± 0,44)	6,07 (± 0,12)	30,33 (± 4,83)	Rubanier, myriophylle (10 %)
Lac SN2	BEN-08	Non	100,00 (± 0,00)	20,17 (± 0,31)	9,81 (± 0,95)	6,52 (± 0,20)	39,57 (± 0,47)	Rubanier et nymphea (30 %)
Cours d'eau SN2-EI	WL-20	Non	113,33 (± 23,09)	15,90 (± 0,56)	5,75 (± 1,24)	5,80 (± 0,11)	42,60 (± 0,20)	Aucune

Densité et composition de la communauté

Les statistiques descriptives des communautés benthiques dans les lacs sont présentées au tableau 34. En ce qui concerne la densité du benthos retrouvée dans le lac SN4, celle-ci est au moins 2,8 fois plus grande avec 10 287 organismes/m^2 comparativement à 3 722 organismes/m^2 dans la zone de référence (SN2). Ceci contraste avec les résultats de l'état de référence (2017) où une densité totale de 447 organismes/m^2 avait été calculée au lac SN2, puis de 740 organismes/m^2 dans le lac SN4 (WSP, 2023c). L'analyse des résultats démontre une densité significativement plus élevée dans les secteurs brûlés. Il s'agit d'un effet potentiel des feux observé dans la littérature selon l'étude de Mellon et coll. (2008). D'ailleurs, une étude de Scrimgeour et coll. (2001) mentionne que le retour à une densité d'organisme benthique pré-feu peut prendre de 15 à 20 ans.

La même tendance est présente pour la richesse, où celle-ci est plus élevée dans les échantillons récoltés en 2024. En effet, au lac SN4 (zone impactée), 10 taxons supplémentaires ont été détectés comparativement aux résultats de 2017. Une richesse taxonomique élevée est habituellement indicatrice de la bonne santé d'un cours d'eau. Toutefois, étant donné qu'une augmentation drastique de la richesse taxonomique (8 à 20) est aussi présente dans la zone non impactée par les feux (SN2), il est difficile d'affirmer que ceux-ci sont la cause de cette diversification des espèces.

En ce qui concerne la diversité de Simpson, le lac SN4 possède le plus petit indice. Cela peut signifier que bien que le nombre total d'espèces (richesse taxonomique) ait augmenté après le feu, les valeurs d'abondance des taxons sont davantage débalancées dans la zone impactée comparativement à la zone de référence. Par conséquent, un nombre restreint de taxons occupe la majorité des abondances. Pour la zone de référence, les résultats de richesse et de diversité de Simpson sont plus élevés qu'en 2017. Cela pourrait confirmer que la diversité relative des espèces s'est améliorée de façon naturelle au fil des années dans les zones non touchées par les feux.

Quant à l'indice de Bray-Curtis, ce dernier est de 0,75 dans la zone impactée et de 0,26 dans la zone de référence. Cela suggère que les communautés retrouvées dans la zone impactée sont plus dissemblables par rapport à celles de la zone de référence.

Tableau 34 Statistiques descriptives pour les communautés benthiques dans les lacs

Année d'inventaire	Densité (nombre d'organismes/m²)	Richesse (Nombre de taxons)	Diversité – Simpson	E-Simpson	Bray-Curtis	EPTC/C
2024	**Zone de référence (SN2 : BEN-08)**					
	3 722	20	0,83	0,30	0,26	0,97
	Zone impactée par le feu (SN4 : BEN-10)					
	10 287	27	0,43	0,57	0,75	0,09
2017	**SN2**					
	447	8	0,76	0,53	-	0,12
	SN4					
	740	17	0,71	0,20	-	0,07

L'indice EPTC/C a été calculé à 0,97 dans la zone de référence et à 0,09 dans la zone impactée par les feux. Il est à noter qu'aucun coléoptère ou plécoptère n'a été recensé en 2024. Un rapport EPTC/C faible de 0,09 indique généralement une mauvaise qualité de l'eau, car les EPTC sont sensibles à la pollution, tandis que les Chironomidae y sont plus tolérants (Luoto, 2011). Toutefois, les mesures physicochimiques de l'eau dans le lac SN4 n'ont révélé aucune perturbation de l'environnement (section 3.4.3.1). Comparativement à 2017, le ratio est similaire avec 0,12 (2024) et 0,07 (2017). Il semblerait que les feux n'aient donc pas eu d'impact drastique sur le lac SN4 pouvant modifier cet indice. Il est intéressant de voir que dans le lac SN2, échantillonné en 2024, l'indice EPTC/C est beaucoup plus élevé qu'en 2017 (WSP, 2023c).

Au niveau des cours d'eau, la caractérisation des communautés benthiques n'a pas été réalisée lors de l'état de référence. Ainsi, seulement une comparaison entre la zone de référence et impactée en 2024 peut être réalisée (tableau 35). Dans le cours d'eau SN2-T1 situé dans la zone de référence, la densité est de 866 organismes/m^2, tandis que dans le cours d'eau CE01, localisé dans la zone impactée par le feu, elle est beaucoup plus élevée (2 308 organismes/m^2). Pour la richesse taxonomique, la tendance se poursuit en comptant neuf espèces dans la zone de référence, alors que la zone impactée par le feu en compte treize. Cette augmentation du nombre d'espèces dans la zone impactée peut être en raison de nouvelles niches écologiques créées par le feu.

Tableau 35 Statistiques descriptives pour les communautés benthiques dans les cours d'eau

Densité (Nombre d'organismes/m²)	Richesse (Nombre de taxons)	Diversité – Simpson	E-Simpson	Bray-Curtis	EPTC/C
Zone de référence (SN2-E : WL-20)					
866	9	0,80	0,55	0,49	0,50
Zone impactée par le feu (CE-01 : WL-01)					
2 308	13	0,53	0,47	0,48	0,10

Pour l'indice de diversité de Simpson, un indice de 0,80 dans la zone de référence (SN2-T1) indique une diversité élevée, tandis qu'un indice de 0,53 dans la zone impactée par le feu montre une diversité plus faible, où une plus faible proportion d'organismes domine.

Pour l'indice de Bray-Curis, les valeurs proches de 0,49 et 0,48 pour les deux zones indiquent que, malgré les différences de densité et de richesse, la composition des espèces reste relativement similaire entre les deux zones.

Finalement, l'indice EPTC/C présente une faible proportion des espèces sensibles dans le cours d'eau CE01, laissant les chironomidés dominer. N'ayant pas de données disponibles avant 2024 sur les communautés benthiques sur les cours d'eau CE01 et SN2-T1, il est difficile d'affirmer si les feux ont joué un rôle dans ce faible ratio.

La figure 6 présente la composition relative des communautés benthiques au niveau de l'embranchement. Dans les deux lacs et les deux cours d'eau échantillonnés, l'embranchement des arthropodes est celui qui présente la composition relative la plus élevée. Cette dominance marquée des arthropodes avait déjà été notée dans l'état de référence du site Windfall (WSP, 2023c). Les mollusques sont plus importants en termes d'abondance relative dans la zone de référence (SN2-T1 : 8,3 %; SN2 :12,8 %) comparativement à la zone impactée (CE01 : 3,8 %; SN4 : 4,9 %).

En 2017, les mollusques et les annélides étaient les groupes les plus abondants, notamment dans le lac SN2.
En 2024, les annélides sont aussi très présents dans la zone de référence (SN2-T1 et SN2). Toutefois, dans les zones impactées, ces dernières sont absentes (CE01) ou en très faibles présences (SN4).

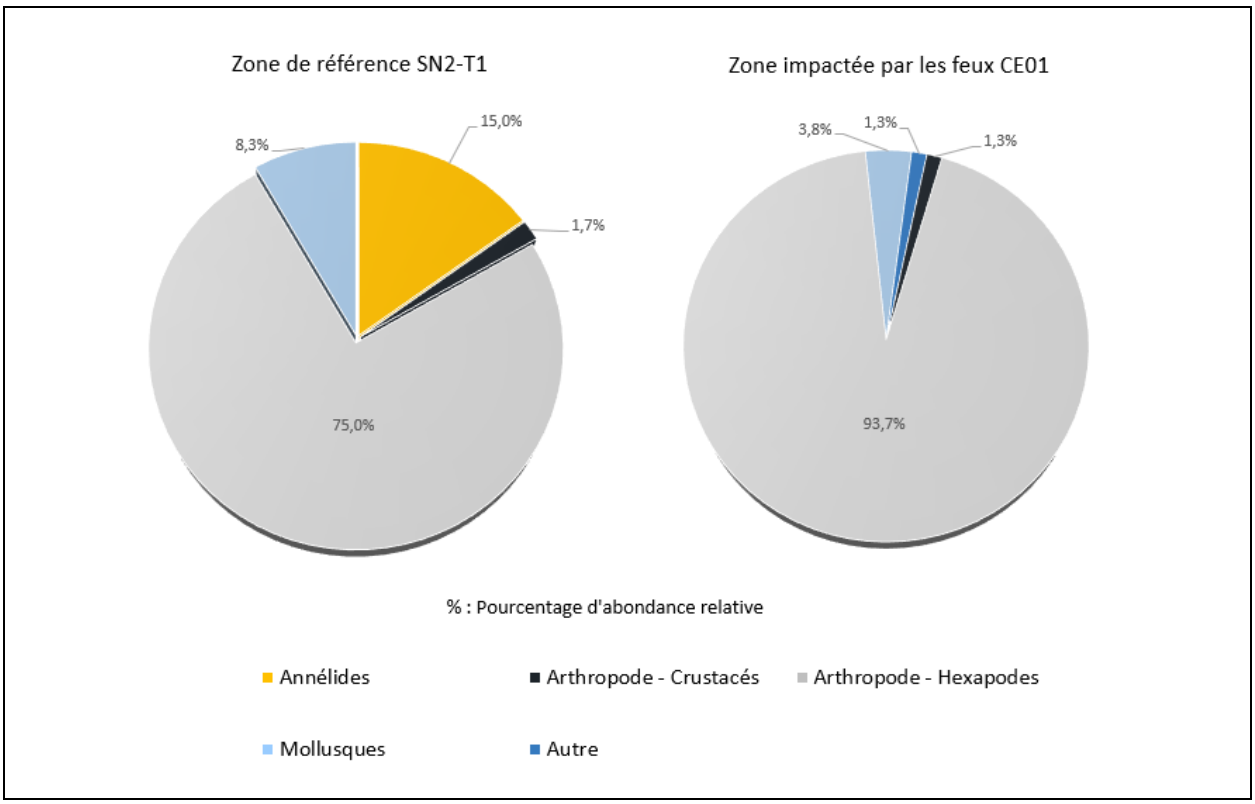


Figure 6 **Abondance relative (%) des embranchements de benthos retrouvés dans les cours d'eau des zones de références (SN2-T1) et d'exposition au feu (CE01)**

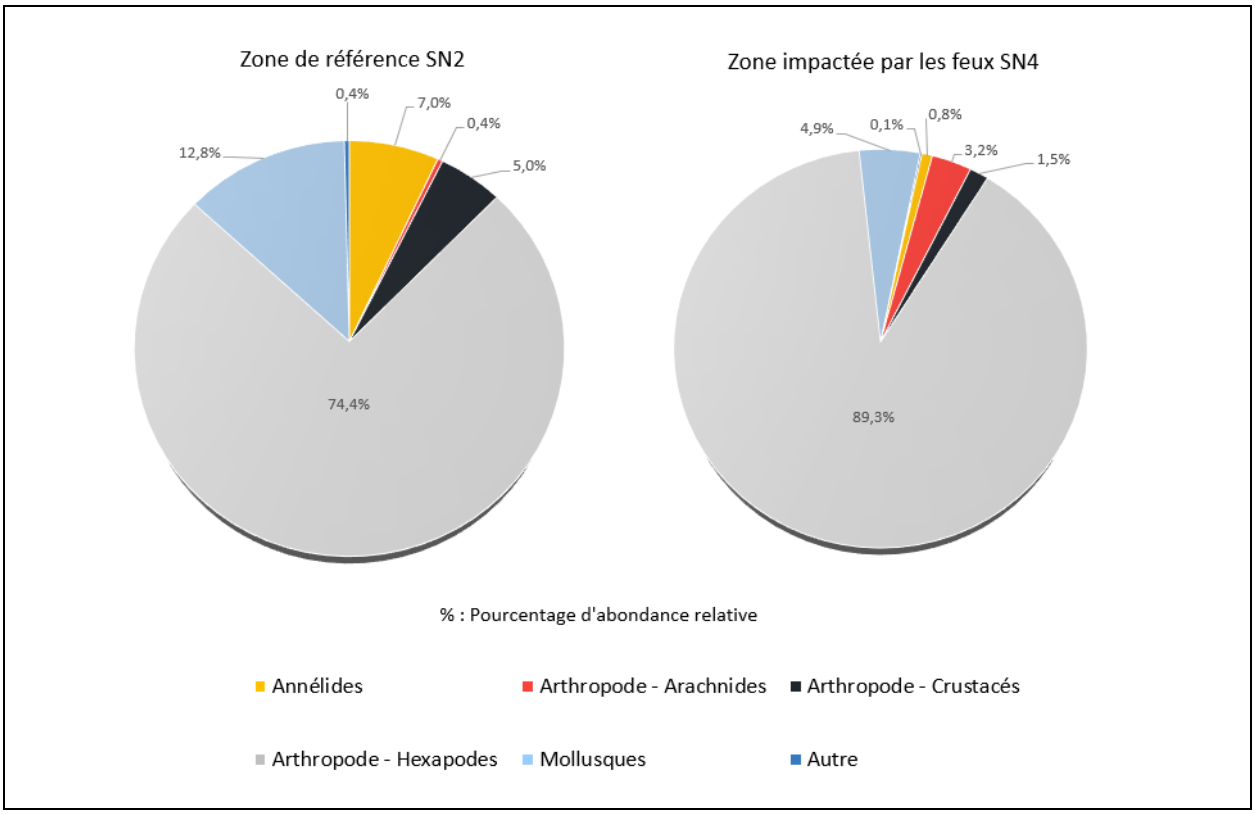


Figure 7 **Abondance relative (%) des embranchements de benthos retrouvés dans les lacs des zones de références (SN2) et d'exposition au feu (SN4)**

De façon plus précise, les figures 8 et 9 représentent les ordres du sous-embranchement des hexapodes (les insectes). Les ordres les plus abondants dans les zones exposées aux feux sont les Nematocera (essentiellement la famille des Chironomidae), aussi connues comme ayant une forte résistance aux perturbations de leur environnement. Au contraire, les espèces sensibles aux variations comme les Ephemeroptera occupent une proportion plus élevée dans les zones de références contrairement aux zones impactées.

En 2017, pour le lac SN4 et SN2, l'ordre le plus sensible aux perturbations était les Trichoptera (WSP, 2023c). Malgré le feu de 2023, cet ordre sensible de la communauté benthique est toujours retrouvé dans ces lacs. Plus précisément, les familles benthiques les plus sensibles et toujours présentes en 2024 sont les groupes des Hydroptilidae (lac SN4 : 0,3 %), des Leptoceridae (lac SN4 : 3,1 %; lac SN2 : 2,33 %) et des Phryganeidae (lac SN4 : 0,40 %). La présence de ces taxons, étant intolérants à la présence de pollution organique (Mandaville, 2002), indique que le lac SN4, malgré les feux, leur offre une qualité d'habitat adéquate. Ces familles n'ont toutefois pas été retrouvées dans les cours d'eau en 2024.

Les éphéméroptères regroupent aussi plusieurs organismes qui sont reconnus pour être sensibles à la qualité de l'eau. Trois familles considérées sensibles à la qualité de l'eau ont été répertoriées, soit les familles des Baetidae (lac SN2 : 0,38 %), des Leptophlebiidae (lac SN4 : 0,70 %) et des Ephemeridae (lac SN4 : 0,30 %; cours CE01 : 1,30 %; lac SN2 : 17,05 %; SN2-T1 : 5,0 %) (Mandaville, 2002). Les Ephemeridae présentes montrent que les lacs et les cours d'eau détiennent une bonne qualité d'eau et d'habitats.

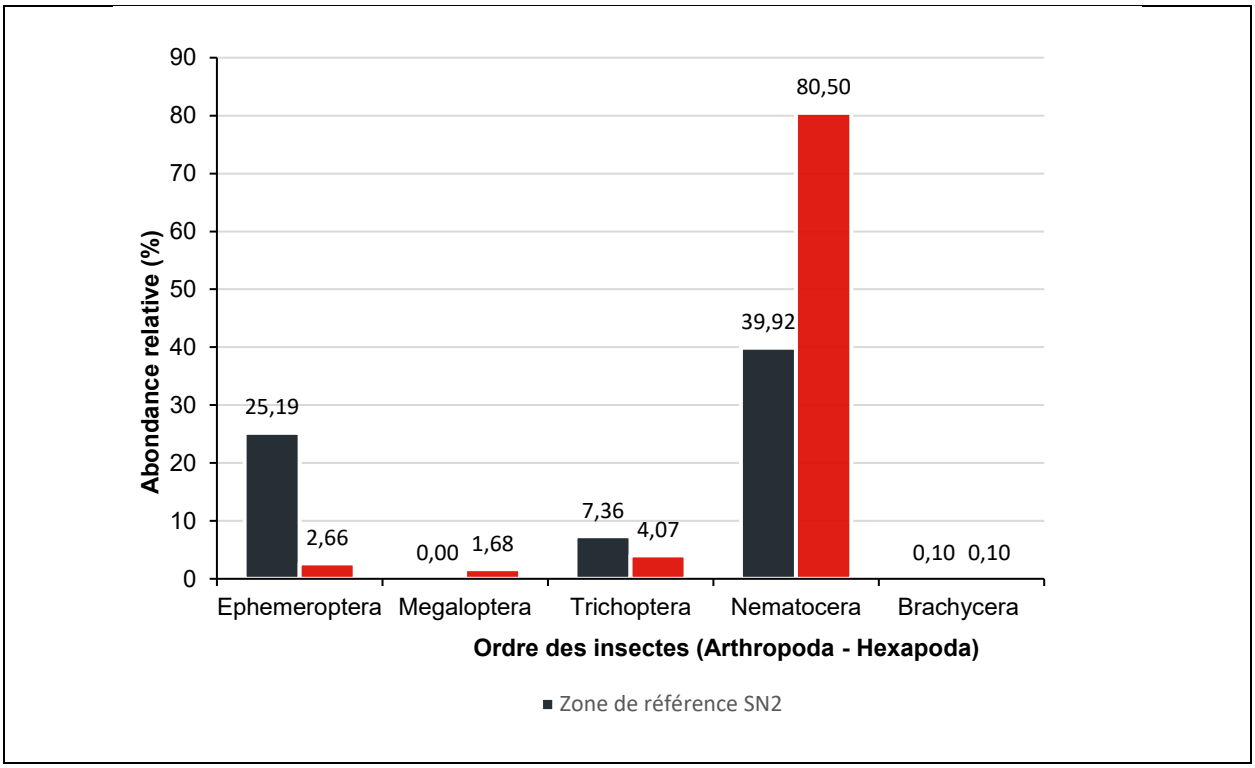


Figure 8 **Abondance relative (%) des ordres d'insecte retrouvés dans les lacs de la zone de référence (SN2) et d'exposition au feu (SN4)**

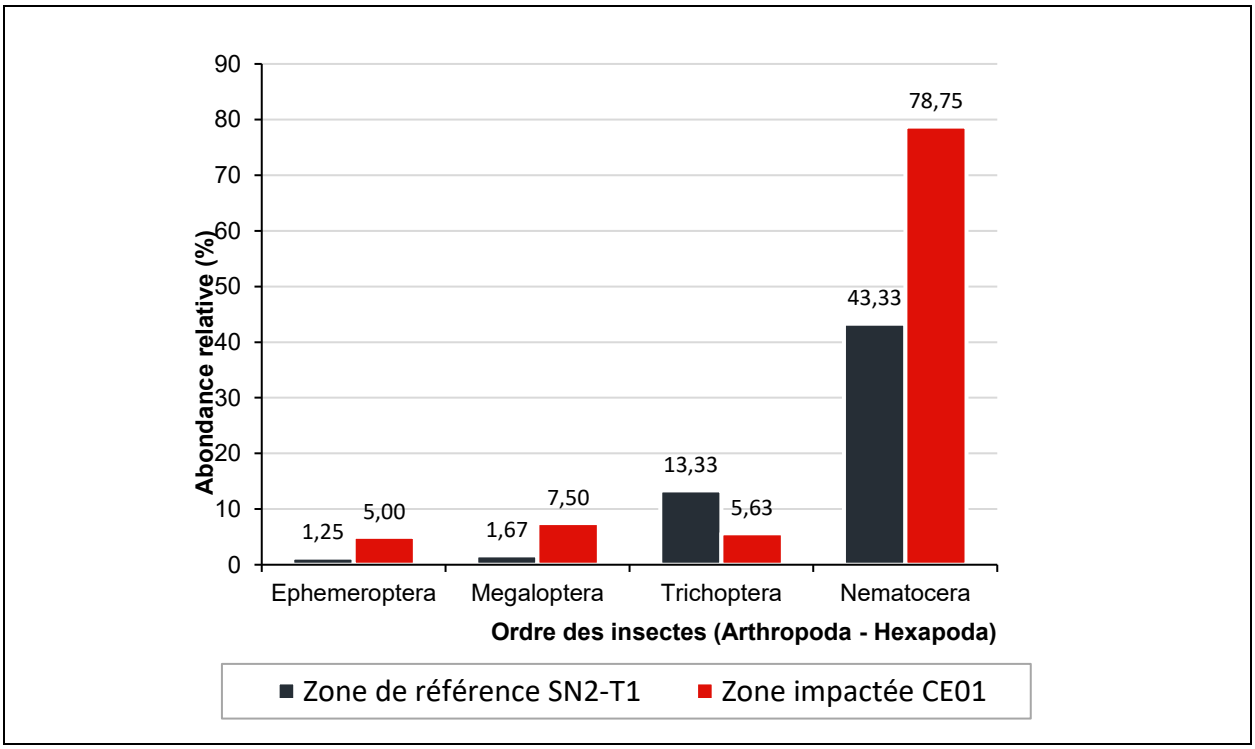


Figure 9 **Abondance relative (%) des ordres d'insectes retrouvés dans les cours d'eau de la zone de référence (SN2-T1) et d'exposition au feu (CE01)**

À la lumière de ces résultats, il est possible que l'intensité des feux ait été suffisamment modérée pour éviter des changements dans la qualité de l'eau de l'habitat du benthos (section 3.4.3.1). En effet, aucune différence notable en ce qui concerne les paramètres physicochimiques de l'eau n'a été observée entre les zones impactées et non impactées. Au niveau des communautés benthiques, une densité et une richesse plus élevées ont été répertoriées dans la zone impactée par les feux, une tendance ayant déjà été reconnue dans la littérature scientifique (Mellon et coll., 2008). Comparativement à 2017, l'abondance des taxons dans le lac SN4 présente une plus grande inégalité, ce qui semble constituer l'impact principal des feux. Dans le lac SN2, échantillonné en 2024, l'indice EPTC/C est beaucoup plus élevé qu'en 2017.

4.4.3.2 Séances d'information et de participation publique

Lors des séances d'information et de participation menées à Waswanipi le 25 mars et à Lebel-sur-Quévillon le 26 mars 2025, aucun changement n'a été noté au niveau des communautés de benthos. Toutefois, étant donné la taille des organismes, il est difficile de voir un réel changement, si tel est le cas, par simples observations visuelles.

En revanche, il a été signalé par un participant de Waswanipi que davantage de limaces ont été aperçues près du lac aux Goélands, localisé entre Waswanipi et Matagami. Selon une étude menée à l'Université du Québec en Outaouais, certaines perturbations seraient favorables à la présence d'une espèce de limace introduite (*Arion fuscus*) (Gouvernement du Québec, 2025a). En effet, cette dernière prolifèrerait davantage dans les milieux perturbés, ce qui sous-entendrait que ces milieux sont favorables à sa prolifération. De plus, comme certains incendies de forêts peuvent réduire temporairement le nombre de prédateurs, ceci pourrait s'avérer être favorable pour ce gastéropode. De nombreux insectes ont également été observés en forêt après les feux. En effet, après des feux de forêts, plusieurs types d'insectes peuvent s'installer dans les zones touchées. C'est le cas notamment des insectes xylophages, scolytes et défoliateurs qui se nourrissent respectivement des troncs, de l'écorce et des feuilles et bourgeons.

5 Conclusion

En conclusion, les données récoltées à l'année 1 du suivi ont permis de mieux comprendre l'impact réel des feux de forêt sur le milieu récepteur. L'apport des résidents du territoire a permis de bonifier l'analyse et les observations fortuites. Par ailleurs, il semble y avoir un intérêt de la part des participants (autant à Waswanipi et à Lebel-sur-Quévillon) d'être tenus informés des résultats subséquents. Notons aussi un intérêt des participants à être impliqués dans les activités d'inventaire si cela s'avérait possible.

5.1 Eau de surface

En ce qui concerne l'eau de surface, l'analyse des modifications des paramètres physicochimiques permet d'évaluer qu'aucune dégradation significative de la qualité de l'habitat de la faune aquatique n'est observable. De plus, soit l'impact des feux était minime, soit les délais de retour aux conditions initiales de l'eau de surface étaient d'un an et moins. Seulement le pH mesuré au lac SN1 a diminué de façon plus significative comparativement à la campagne effectuée avant les feux, soit en 2017. Sachant que les pluies torrentielles peuvent grandement affecter la physicochimie des plans d'eau en y important les débris des sols en brûlis, il serait intéressant de faire le prochain suivi à la suite d'une journée pluvieuse.

5.2 Végétation et milieux humides

5.2.1 Écotoxicologie des plantes valorisées par les utilisateurs du territoire

Les plants de bleuets observés en 2024 lors de la récolte des fruits montraient une croissance plus vigoureuse dans les secteurs exposés aux feux de forêt. Concernant les concentrations de métaux analysées, les fruits des bleuets localisés dans les zones brûlées montrent des valeurs légèrement plus élevées pour l'arsenic. Toutefois, la biodisponibilité des autres métaux ne semble pas problématique pour cette première année du suivi. Pour les feuilles de thé du Labrador, les valeurs analysées montrent des concentrations plus faibles dans les zones exposées aux feux pour plusieurs métaux, sauf pour le molybdène et l'arsenic. En résumé, la composition en métaux des plantes semble avoir subi une légère modification, mais les niveaux observés ne posent pas de risque immédiat pour la santé humaine. Un suivi continu des concentrations de certains métaux sera utile pour évaluer les niveaux de concentration au fil des années.

5.2.2 Évolution des peuplements forestiers

Les inventaires visant à étudier l'évolution des peuplements forestiers en 2024 ont permis de récolter des données sur 24 différents sites et d'évaluer l'impact du feu de 2023 sur ces milieux. La détermination de la sévérité des feux faite à partir de la cartographie correspond en majorité à celle observée au terrain, car seulement trois stations ont vu leur niveau de sévérité changer. Tous les sites ont été impactés par les feux, à l'exception du site V20 dont aucune présence de feu n'a été détectée sur le site.

Quelques sites avaient été impactés par la coupe forestière avant le passage du feu. L'évolution des peuplements sera d'autant plus intéressante dans les années 5 et 9 du suivi, permettant d'observer la tendance évolutionnelle des peuplements.

5.2.3 Diversité des espèces végétales

Lors de l'inventaire de l'évolution des peuplements forestiers, une caractérisation complète des différents sites a été faite afin d'y inventorier, entre autres, la diversité floristique se trouvant sur les différents milieux terrestres et humides à la suite du passage du feu de 2023. Lors des inventaires réalisés en 2021, ce sont neuf espèces végétales arborescentes, 40 espèces arbustives et 55 espèces non ligneuses qui ont été recensées au terrain. À la suite du passage du feu, les inventaires de 2024 ont permis d'identifier quatre espèces végétales arborescentes, 29 espèces arbustives et 32 espèces non ligneuses. Ces résultats étaient attendus à la suite des perturbations sur le territoire. Il sera intéressant de voir la diversité spécifique dans les années à venir ce qui nous permettra, d'une part, d'observer quels types d'espèces arborescentes s'installeront dans les endroits perturbés et, d'autre part, de voir si la diversité spécifique de chaque strate évolue dans le temps à la suite du passage du feu.

5.3 Faune terrestre

5.3.1 Faune aviaire

Les inventaires d'avifaune de 2024 ont recensé un total de 61 espèces d'oiseaux. Les feux de forêt ont eu un impact varié sur leur richesse, densité et abondance, avec une réduction notable dans les zones plus sévèrement touchées. Les peuplements en régénération sans feu montrent les densités et abondances les plus élevées. Certaines espèces, comme le pic à dos noir, profitent des conditions post-incendie, tandis que d'autres, préférant les forêts matures, sont perturbées. Le suivi de la richesse, densité et abondance des populations d'oiseaux dans les milieux affectés par des feux de différentes sévérités permettra d'isoler les tendances notables à long terme.

5.3.2 Lièvre d'Amérique

Les résultats de cette étude montrent que la présence du lièvre d'Amérique est influencée par les feux de forêt et la composition de l'habitat. Les essences feuillues, particulièrement le bouleau à papier, jouent un rôle crucial dans l'alimentation du lièvre d'Amérique, tandis que les essences résineuses offrent une protection hivernale. Les parcelles non touchées par les feux présentent une densité plus élevée de crottins, indiquant une population de lièvres plus abondante. Cependant, des signes de présence de lièvres sont observés dans les parcelles brûlées également.

Bien que les feux de forêt réduisent temporairement l'abondance des lièvres, on peut s'attendre à ce qu'elle augmente avec la régénération de la végétation vers des peuplements de mi-succession. Les prochaines années de suivi permettront de suivre l'évolution des habitats post-feu et, en parallèle, les tendances de populations du lièvre d'Amérique à partir des indicateurs de densité mesurés.

5.3.3 Grande faune

Lors des inventaires visant l'avifaune et le lièvre d'Amérique, un caribou forestier solitaire a été observé de façon opportuniste le 23 juin 2024 à 12 h 17 en bordure d'un chemin forestier, à environ 7 km du projet d'exploration avancée Windfall. La présence du caribou forestier est documentée dans ce secteur. GMW et le MELCCFP ont conclu une entente de partenariat en 2024 permettant ainsi l'utilisation des données de colliers télémétriques de caribous, au nombre de quatre, localisés dans le secteur. Les données recueillies permettront également de visualiser en temps réel si les secteurs brûlés en 2023 sont utilisés par le caribou forestier sur une durée de trois ans.

5.4 Benthos

De façon générale une abondance et une richesse plus élevées ont été répertoriées dans les plans d'eau impactés contrairement à la zone de référence. Du côté des communautés benthiques du lac SN4, le feu semble avoir débalancé la répartition des espèces avec une dominance marquée de l'embranchement des hexapodes. Le suivi de la richesse, densité et abondance des communautés benthiques dans les milieux affectés par des feux permettra de mettre en évidence les effets à long terme.

Références bibliographiques

ATLAS DES OISEAUX NICHEURS DU QUÉBEC. (AONQ). 2024. *Indices de nidification (explications)*. Regroupement Québec Oiseaux, Service canadien de la faune d'Environnement Canada et Études d'Oiseaux Canada. Québec, Canada. En ligne : https://www.atlasoiseaux. qc.ca/explications_indices_fr.jsp.

AGBESHIE, AA., ABUGRE, S., ATTA-DARKWA, T. et R. AWUAH. 2022. *A review of the effects of forest fire on soil properties*. J. For. Res. 33, 1 419 p.

AGENCE CANADIENNE D'INSPECTION DES ALIMENTS (ACIA). (2024). *Tableaux des niveaux maximaux de contaminants dans les aliments du bétail. Incorporé par renvoi dans le Règlement de 2024 sur les aliments du bétail*. En ligne : https://inspection.canada.ca/fr/tableaux-niveaux-maximaux-contaminants-aliments-du-betail. Consulté le 30 octobre 2024.

ARSENEAULT, D., VILLENEUVE, N., BOISNEAU, C., LEBLANC, Y. et J. DESHAYE. 1997. *Estimating lichen biomass and caribou grazing on the wintering grounds of northern Quebec: an application of fire history and Landsat data*. Journal of Applied Ecology, vol.34, p. 65–78.

BERGERON, E. et M.-È. MARTEL. 2023. *Dix fois plus d'hectares ont brûlé au Canada en 2023 que sur toute une décennie. Le Devoir, 6 juillet 2023*. En ligne : https://www.ledevoir.com/environnement/794141/dix-fois-plus-d-hectares-ont-brule-au-canada-en-2023-que-sur-toute-une-decennie. Consulté le 12 septembre 2023.

BLANCHETTE, P., S. DESJARDINS, M. POIRIER, J. LEGRIS et P. LARUE. 2003. *Utilisation par le lièvre d'Amérique de peuplements traités par éclaircie précommerciale dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune et de la pessière à mousses*. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune. 63 p.

BLONDEL, J., C., FERRY et B. FROCHOT. 1981. *Point counts with unlimited distance*. In: Ralph C.J., Scott J.M. (eds.). Estimating numbers of terrestrial birds. Study in Avian Biology, 6: 414-420.

BIBBY, C.J. et N. BURGESS. 1992. *Bird Census Techniques*. Academic Press, London. 257 p.

BRAHAM, J., DOWLING, K. et S. FLORENTINE. 2017. *The Unquantified Risk of Post-Fire Metal Concentration in Soil: a Review*. Water, Air, & Soil Pollution, 228, 175. doi: 10.1007/s11270-017-3338-0

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (CEAEQ). 1998. *Procédure d'évaluation du risque écotoxicologique pour la réhabilitation des terrains contaminés.* Ministère de l'Environnement et de la Faune, gouvernement du Québec. En ligne : https://www.ceaeq.gouv.qc.ca/ecotoxicologie/pere/pere.pdf. Consulté le 1er octobre 2024.

CHEVEAU, M., LAURIAN, C. et P. BLANCHETTE. 2021. *Guide d'aménagement de l'habitat du lièvre d'Amérique au Québec*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune, et Fondation de la faune du Québec, Québec. 60 p.

CUSSON, M., M.-H. ST-LAURENT, J. FERRON et A. CARON. 2001. *Utilisation à court terme de trois types de forêt résiduelle par le lièvre d'Amérique (Lepus americanus) en forêt boréale*. Rimouski, Université du Québec à Rimouski pour le ministère des Ressources naturelles du Québec et la Société de la faune et des parcs du Québec, code diffusion 2001-3080. 81 p.

DANNEYROLLES, V., C. SMETANKA, R. FOURNIER, J. BOUCHER, L. GUINDON, K. WALDRON, J.-F. BOURDON, D. BONFILS, M. BEAUDOIN, J. IBARZABAL, S. ROSSI et Y. BOUCHER. 2024. *Assessing spatial patterns of burn severity for guiding post-fire salvage logging in boreal forests of Eastern Canada*. Forest Ecology and Management. 556, 9 p.

DAWE, D.A., PARISIEN, M-A., VAN DONGEN, A. et WHITMAN, E. 2022. *Initial succession after wildfire in dry boreal forests of northernwestern North America*. Plant Ecology: An International Journal, vol. 223 (7), p. 789-809

DUCHESNE, L.C. et S. WETZEL. 2004. *Effect of fire intensity and depth of burn on Lowbush Blueberry, Vaccinium angustifolium, and Velvet Leaf Blueberry, Vaccinium myrtilloides, production in eastern Ontario*. Canadian Field-Naturalist. 118(2): 195-200.

EL-JAOUAL, T., et D.A COX. 1998. *Manganese toxicity in plants*. Journal of Plant Nutrition, 21(2), 353–386. doi: 10.1080/01904169809365409

ENVIRONNEMENT CANADA. 1997. *Guide pour l'évaluation des impacts sur les oiseaux*. Région du Québec. Division des évaluations environnementales et Service canadien de la faune. 55 p.

FISHER, J. et L. WILKINSON. 2005. *The response of mammals to forest fire and timber harvest in the north american boreal forest*. Mammal Review, vol.35 (1), p. 51–81.

FREDRIKSSON, E., WALLGREN, M. et LÖFROTH, T. 2023. *Wildfire and prescribed burning impact moose forage availability and browsing levels in the northern boreal forest*. Scandinavian Journal of Forest Research, vol.38 (1), p. 58–69.

GREENE, D.F., J.C. ZASADA, L. SIROIS, D. KNEESHAW, H. MORIN, I. CHARRON et M.J. SIMARD, 1999. *A review of the regeneration dynamics of North American boreal forest tree species.* Can. J. For. Res. (29(6): 824-39

GREENBERG, C.H., C.E. MOORMAN, K.J. ELLIOTT, K. MARTIN, M. HOPEY et P.V. CALDWELL. 2023. *Breeding bird abundance and species diversity greatest in high-severity wildfire patches in central hardwood forests.* Forest Ecology and Management. 519, 19 p.

GODBOUT, G., M. POIRIER et R. LAFOND. 2001. *Méthode de caractérisation du cycle d'abondance du lièvre à l'aide du dénombrement de crottins, à des fins de gestion des animaux à fourrure*. Société de la faune et des parcs du Québec. Direction du développement de la faune et Direction de l'aménagement de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue. Québec. 50 p.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. 2025a. *Les limaces, révélatrices de l'invasion biologique*. En ligne : https://www.scientifique-en-chef.gouv.qc.ca/impact-recherche/les-limaces-revelatrices-de-linvasion-biologique/. Consulté le 16 juin 2025.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. 2025b. *Lagopède des saules*. En ligne : https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/faune/animaux-sauvages-quebec/fiches-especes-fauniques/lagopede-saules#c253321. Consulté le 16 juin 2025.

GOWATY, P.A. et J.H. PLISSNER. 2020. *Eastern Bluebird (Sialia sialis), version 1.0.* Dans Birds of the World (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. En ligne : https://doi.org/10.2173/bow.easblu.01. Consulté le 6 novembre 2024.

HODSON, J. 2011. *Sélection d'habitat du lièvre d'Amérique en forêt boréale irrégulière aménagée*. Thèse présentée à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval dans le cadre du programme de doctorat en biologie pour l'obtention du grade de Phiolosophiae Doctor (PhD). 188 p. et annexes.

HOHNER, A.K., RHOADES, C.C., WILKERSON, P. et F.L. ROSARIO-ORTIZ. 2019. *Wildfires Alter Forest Watersheds and Threaten Drinking Water Quality*. Accounts of Chemical Research, 52(5), 1234-1244. doi: 10.1021/acs.accounts.8b00670.

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC. (INSP). 2012. *Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec.* En ligne : https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/1440_lignesdirectrealevarisquetoxicoorigenvirosantehum.pdf. Consulté le 1er octobre 2024.

JAGER, H.I., LONG, J.W., MALISON, R.L., MURPHY, B.P., RUST, A., SILVA, L.G.M., SOLLMANN, R., STEEL, Z.L., BOWEN, M.D., DUNHAM, J.B., EBERSOLE, J.L., ET FLITCROFT, R.L. 2021. *Resilience of terrestrial and aquatic fauna to historical and future wildfire regimes in western North America*. Ecology and Evolution, 11(18), 12259–12284. doi : 10.1002/ece3.8026

KAISER, B.N., GRIDLEY, K.L., NGAIRE BRADY, J., PHILLIPS, T. et S.D. TYERMAN. 2005. *The role of molybdenum in agricultural plant production*. Annals of botany, 96(5), 745–754 p.

KEY, C.H. et N.C. BENSON. 2006. *Landscape Assessment (LA) - Sampling and Analysis Methods*. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD.

LACHANCE, D., G. FORTIN et G. DUFOUR TREMBLAY. 2021. *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional – version décembre 2021*. Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction adjointe de la conservation des milieux humides, 70 p. + annexes. En ligne : https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rives/guide-identif-dellimit-milieux-humides.pdf.

LUOTO, T.P. 2011. *The relationship between water quality and chironomid distribution in Finland—A new assemblage-based tool for assessments of long-term nutrient dynamics*. Ecological Indicators, 11(2), 255-262. Doi : 10.1016/j.ecolind.2010.05.002

MACCRACKEN, J.G. et VIERECK, L.A. 1990. *Browse regrowth and use by moose after fire in interior Alaska (USA)*. Northwest Science, vol.64, p. 11–18.

MANDAVILLE, S.M. 2002. *Benthic macroinvertabrate in freshwater – Taxa tolerance values, metrics, and protocols*. Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax. 128 p.

MAROZAS, V., ARMOLAITIS, K.S. et ALEINIKOVIENE, J. 2013. *Changes of ground vegetation, soil chemical properties and microbiota following the surface fires in Scots pin forests.* Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, vol. 21 (1), p. 67-75

MELLON, C.D., WIPFLI, M.S. et J.L LI. 2008. *Effects of forest fire on headwater stream macroinvertebrate communities in eastern.* Washington, U.S.A. Freshwater Biology, 53: 2331-2343. https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02039.x

MERRIT, R.W., CUMMINS, K.W. et M.B. BERG. 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Journal of the North American Benthological Society, 28(1), 266-267. doi : 10.1899/28.1BR.266.

MOODY, J.A., SHAKESBY, R.A., ROBICHAUD, P.R., CANNON, S.H. et D.A. MARTIN. 2013. *Current research issues related to post-wildfire runoff and erosion processes*. Earth-Science Reviews, vol. 122, 2013, p. 10-37. doi : 10.1016/j.earscirev.2013.03.004.

MILLER, K., FEUCHT, W. et M. SCHMID. 2019. *Bioactive Compounds of Strawberry and Blueberry and Their Potential Health Effects Based on Human Intervention Studies: A Brief Overview*. Nutrients, 11(7), p. 1510. doi : 10.3390/nu11071510.

MILLER C.W., HAYRVEY B.J., KANE V.R., MOSKAI L.M. et E. ALVARADO. 2023. *Different approaches make comparing studies of burn severity challenging : a review of methods used to link remotely sensed data with the Composite Burn Index.* International Journal of Wildland Fire. 32 (4), 449-475

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2022. *Critères de qualité de l'eau de surface*. www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres/criteres-eau-surface.pdf. Consulté le 9 octobre 2024.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP). 2013. *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2013*. Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN 978-2-550-69169-3 (PDF), 2e édition : 88 p. (incluant 6 annexes).

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP). 2023. *Faits saillants*. En ligne : https://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2023/juin.htm#:~:text=Le%20total%20de%20pluie%20mensuel,au%20total%20de%20juin%201995. Consulté le 9 novembre 2023.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2021. *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux traces.* Mise à jour de 2021, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-90530-1, 27 p.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017. *Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial du milieu aquatique avant l'implantation d'un projet industriel*. Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-79556-8, 12 p. et annexes.

NEW BRUNSWICK GOVERNMENT. 2011. *Pruning wild blueberry fields - Wild blueberry Fact Sheet A.5.0.* Department of Agriculture, Aquaculture and Fisheries 4 p.

NEWBURY, T.L. et N.P.P. SIMON. 2005. *The effects of clearcutting on snowshoe hare (Lepus americanus) relative abundance in central Labrador*. Forest Ecology and Management. 210(1), 131-142 p.

NGOLE-JEME, VM. 2019. *Fire-Induced Changes in Soil and Implications on Soil Sorption Capacity and Remediation Methods*. Applied Sciences. 9(17):3447.

OLSON, L.E., CROTTEAU, J.S., FOX, S., HANVEY, G., HOLBROOK, J.D., JACKSON, S. et J.R. SQUIRES. 2023. *Effects of compound disturbance on Canada lynx and snowshoe hare: Wildfire and forest management influence timing and intensity of use*. Forest Ecology and Management. 530, 18 p.

RAOELISON, O.D., VALENCA, R., LEE, A., KARIM, S., WEBSTER, J. P., POULIN, B. A., et S.K. MOHANTY. 2023. *Wildfire impacts on surface water quality parameters: Cause of data variability and reporting needs*. Environmental Pollution, vol. 317, 120713. doi: 10.1016/j.envpol.2022.120713.)

POTVIN, F. 1995. *L'inventaire du brout: revue des méthodes et description des deux techniques*. Québec. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats. 56 p. et annexes.

RADIO-CANADA. *Une étude conclut que brûler les champs de bleuets n'accroît pas la production de fruits*. 12 mai 2023. En ligne : https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1979302/entreprise-affaires-pratique-etude-champs-efficacite-bleuet-lac-saint-jean. Consulté le 4 novembre 2024.

RALPH, C.J., J.R. SAUER et S. DROEGE. 1995. *Monitoring Bird Populations by Point Counts*. Albany, USA. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-149. 190 p.

SANTÉ CANADA. 2010. *Guide supplémentaire sur l'évaluation des risques pour la santé humaine liés aux aliments d'origine locale (ÉRSHaliments) – L'évaluation des risques pour les sites contaminés fédéraux au Canada.* Division des sites contaminés et Direction de la sécurité des milieux. 21 p. et ann. En ligne : http://www.hc-sc.gc.ca/index_f.html. Consulté le 25 septembre 2024.

SOCIÉTÉ DE PROTECTION DES FORÊTS CONTRE LE FEU (SOPFEU). 2023. *Accueil*. En ligne : https://sopfeu.qc.ca/. Consulté le 12 septembre 2023.

SHOTYK, W., JAVED, M. B., et T. NOERNBERG. 2020. *Trace elements in Labrador Tea (Rhododendron groenlandicum): How predominant sources to the plants impact the chemical composition of hot water extracts*. Environmental Research, vol. 183, 109272. doi : 10.1016/j.envres.2020.109272.

SMUCKER, K.M., HUTTO, R. et B. STEELE. 2005. *Changes in bird abundance after wildfire: Importance of fire severity and time since fire*. 15, p. 1535-1549.

SORENSON, G. 2024. *Birds in the line of fire: how boreal birds respond to forest fires. Oiseaux Canada*. En ligne : https://www.birdscanada.org/birds-in-the-line-of-fire-how-boreal-birds-respond-to-forest-fires. Consulté le 31 octobre 2024.

THORP, J.H. et A.P. COVICH. 2010. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates, Third edition*. Elsevier Science. 1 088 pp. doi : 10.1016/C2009-0-02669-5.

WHO, 2011. *Manganese in Drinking-water*. Manganese Drink. Backgr. Doc. Dev. WHO Guidel. Drink. water Qual.

WSP. 2023a. *Projet minier Windfall. Rapport sectoriel – Eau de surface et sédiments.* Rapport produit pour Minière Osisko Inc. 90 p. et annexes.

WSP. 2023b. *Projet minier Windfall. Rapport sectoriel – Faune aviaire*. Rapport produit pour Minière Osisko inc. 70 p. et annexes.

WSP. 2023c. *Projet minier Windfall. Rapport sectoriel – ichtyofaune et benthos*. Rapport produit pour minière Osisko Inc. 98 pages et annexes.

ZHANG. W. 2017. *Effects of Prescribed Forest Fire on Water Quality and Aquatic Biota in the Southeastern United States*. Theses, Clemson University. 82 p. et annexes.

ANNEXE

A

REVUE DE LITTÉRATURE – EFFET DES FEUX DE FORÊT SUR LES HABITATS FAUNIQUES

GROUPE MINIER WINDFALL

PROJET MINIER WINDFALL

REVUE DE LITTÉRATURE - EFFET DES FEUX DE FORÊTS SUR LES HABITATS FAUNIQUES

NOVEMBRE 2023
RÉFÉRENCE WSP : CA0004658.7070



GROUPE MINIER WINDFALL

PROJET MINIER WINDFALL

REVUE DE LITTÉRATURE - EFFET DES FEUX DE FORÊTS SUR LES HABITATS FAUNIQUES

RÉFÉRENCE WSP : CA0004658.7070

NOVEMBRE 2023

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

T : +1-418-780-9444
F : +1-418-780-9434

WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Émilie Deschênes Dénommé, M. Env.
Chargée de projet

16 novembre 2023
Date

RÉVISÉ PAR



Marie-Hélène Brisson, biologiste
Directrice de projet

16 novembre 2023
Date

LIMITATIONS

WSP Canada Inc. (« WSP ») a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire Groupe Minier Windfall, conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de terminer ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, comme indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

CLIENT

GROUPE MINIER WINDFALL

Vice-présidente, Environnement et Relations communautaires	Andréanne Boisvert, géographe, M.A.
Directrice Environnement	Vanessa Millette, géographe, M. Sc. Env.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Marie-Hélène Brisson, biologiste
Chargée de projet	Émilie Deschênes Dénommé, M. Env.
Traitement de texte et édition	Linette Poulin

RÉFÉRENCE À CITER

WSP. 2023. Projet Minier Windfall. Revue de littérature - Effet des feux de forêts sur les habitats fauniques. Rapport produit pour Groupe Minier Windfall. Référence WSP : CA0004658.7070. 35 pages et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction 1

1.1 Mise en contexte du projet 1

1.2 Situation des feux de forêt 1

1.3 Objectifs du mandat 2

2 Méthodologie 7

2.1 Paramètres généraux 7

2.2 Paramètres spécifiques 7

3 Résultats et discussions 9

3.1 Effets des feux de forêt sur le milieu physique 9

3.1.1 Sols 9

3.1.2 Hydrologie 12

3.1.3 Qualité de l'eau de surface 13

3.2 Effets des feux de forêt sur la végétation et les milieux humides 15

3.2.1 Perturbation de la végétation 15

3.2.2 Recolonisation et cycles de succession des espèces 17

3.3 Effets des feux de forêt sur la faune terrestre et les habitats 20

3.3.1 Effets généraux des feux de forêt sur la faune terrestre 20

3.3.2 Effets spécifiques des feux de forêt sur les espèces terrestres 22

3.4 Effets des feux de forêt sur la faune aquatique, le benthos et les habitats 26

3.4.1 Modification des habitats aquatiques 26

3.4.2 Benthos 27

3.4.3 Faune aquatique 27

4 Conclusion 29

Références bibliographiques 31

Carte

Carte 1-1 Indice de sévérité des feux de forêts 2023 5

1 Introduction

1.1 Mise en contexte du projet

En tant que société d'exploration minière et de mise en valeur de propriétés de ressources de métaux précieux, Groupe Minier Windfall (GMW) souhaite mettre en exploitation un complexe minier comprenant une mine souterraine, afin d'y extraire de l'or et de procéder à son traitement sur place.

Le projet minier Windfall (le Projet) est situé au nord du 49e parallèle dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur des terres de la catégorie III du territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Le site minier se trouve à environ 270 km de la ville de Val-d'Or et à 115 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon (carte 1) par la route, une région reconnue pour ses gisements d'or, de cuivre et de zinc.

Le Projet est soumis à la procédure provinciale d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement en vertu de l'article 153 du chapitre II de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE; L.R.Q., c. Q 2), qui documente les dispositions applicables à la région de la Baie-James et du Nord québécois, en lien avec la convention du même nom. Le Projet n'était pas assujetti à une évaluation environnementale fédérale sous la Loi sur l'évaluation d'impact (L.C., 2019, ch. 28, art. 1) en application du Règlement sur les activités concrètes (art. 18, alinéa c), puisque la production prévue de cette nouvelle mine d'or est de moins de 5 000 tonnes par jour (t/jour).

1.2 Situation des feux de forêt

En juillet 2023, la superficie de forêts affectée par les feux au Canada était plus de 10 fois supérieure à la moyenne d'hectares brûlés par décennie (Bergeron et Martel, 2023). Le Québec était à ce moment la province canadienne la plus touchée par les feux de forêt. Le mois de juin a été le plus aride des cent dernières années au Québec avec 49 mm de pluie (MELCCFP[1], 2023). Le site Windfall a été encore plus sec avec moins de 30 mm de pluie à la station météorologique du site, dont 20 mm dans les trois dernières journées du mois. Ces périodes de sécheresse hors du commun ont créé des conditions favorables au déclenchement de sévères feux de forêt. Dans le Nord-du-Québec, ce sont des millions d'hectares de forêt qui ont été ravagés par des feux au cours de l'été 2023.

Le territoire entourant la ville de Lebel-sur-Quévillon et la communauté crie de Waswanipi a été lourdement impacté par des feux de forêt d'envergure. Un feu à proximité de la limite *est* de la ville a été considéré hors de contrôle pendant plusieurs semaines, forçant l'évacuation des résidents à deux reprises, de même que de la communauté de Waswanipi incommodée par la fumée des feux. Au total, ce feu a affecté plus de 480 000 hectares (ha) de forêt (SOPFEU, 2023). Une importante proportion des milieux naturels et anthropiques aux abords du chemin forestier menant au Projet (chemin R1050 [R1000] jusqu'au kilomètre 12, chemin R0853 [R5000] jusqu'au kilomètre 66, puis chemin R1053 [R6000] jusqu'au kilomètre 112 - Windfall) a ainsi été perturbée. Plusieurs camps et lieux de villégiatures ont été ravagés par l'incendie, incluant environ 28 camps appartenant à des membres de la Première Nation des Cris de Waswanipi (PNCW) (communication personnelle, 2023).

[1] Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs.
Anciennement le ministère de l'Environnement du Québec (MENV), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).

Le Projet s'est également trouvé au cœur d'un feu de forêt d'une superficie totale de plus de 110 000 ha qui a démarré au nord du site le 1er juin 2023 (SOPFEU, 2023). En plus de provoquer l'arrêt des activités pendant plusieurs semaines, ce feu a significativement perturbé les milieux naturels sur l'ensemble de la portion ouest du site. Certains équipements du Projet ont été endommagés (toile de dôme, contenu dans des conteneurs, etc.), mais les principaux bâtiments servant aux travaux d'exploration avancée (échantillonnage en vrac) sont demeurés intacts (campement, carothèques, dômes d'entreposage, unité de traitement de l'eau, garage, etc.). Une diminution des sources d'approvisionnement d'eau souterraine (eau potable) a par ailleurs été observée au site. Un des puits d'eau potable utilisés a été complètement asséché.

L'élévation globale des températures, les variations du régime de précipitations, les plus longues périodes de sécheresse ainsi que la modification de la composition et de la répartition des espèces végétales qui caractérisent les changements climatiques sont notamment en cause de l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des feux de forêt. Dans ce contexte où les changements climatiques sont susceptibles d'influencer le régime des feux de forêt et de contribuer à la fréquence et à la sévérité des feux de forêt, il apparaît pertinent d'identifier les effets principaux de ceux-ci sur les milieux naturels dans l'objectif de faire progresser les connaissances sur le sujet et de mitiger les impacts lorsque possible.

1.3 Objectifs du mandat

Considérant la proportion importante de milieux naturels perturbés dans la zone d'étude locale du milieu biophysique du Projet (carte 1-1), ainsi que les risques d'augmentation de la fréquence et de l'ampleur des feux de forêt en raison des changements climatiques, GMW a mandaté WSP Canada Inc. (WSP) pour effectuer une revue de littérature sur les effets des feux de forêt sur les habitats fauniques terrestres et aquatiques.

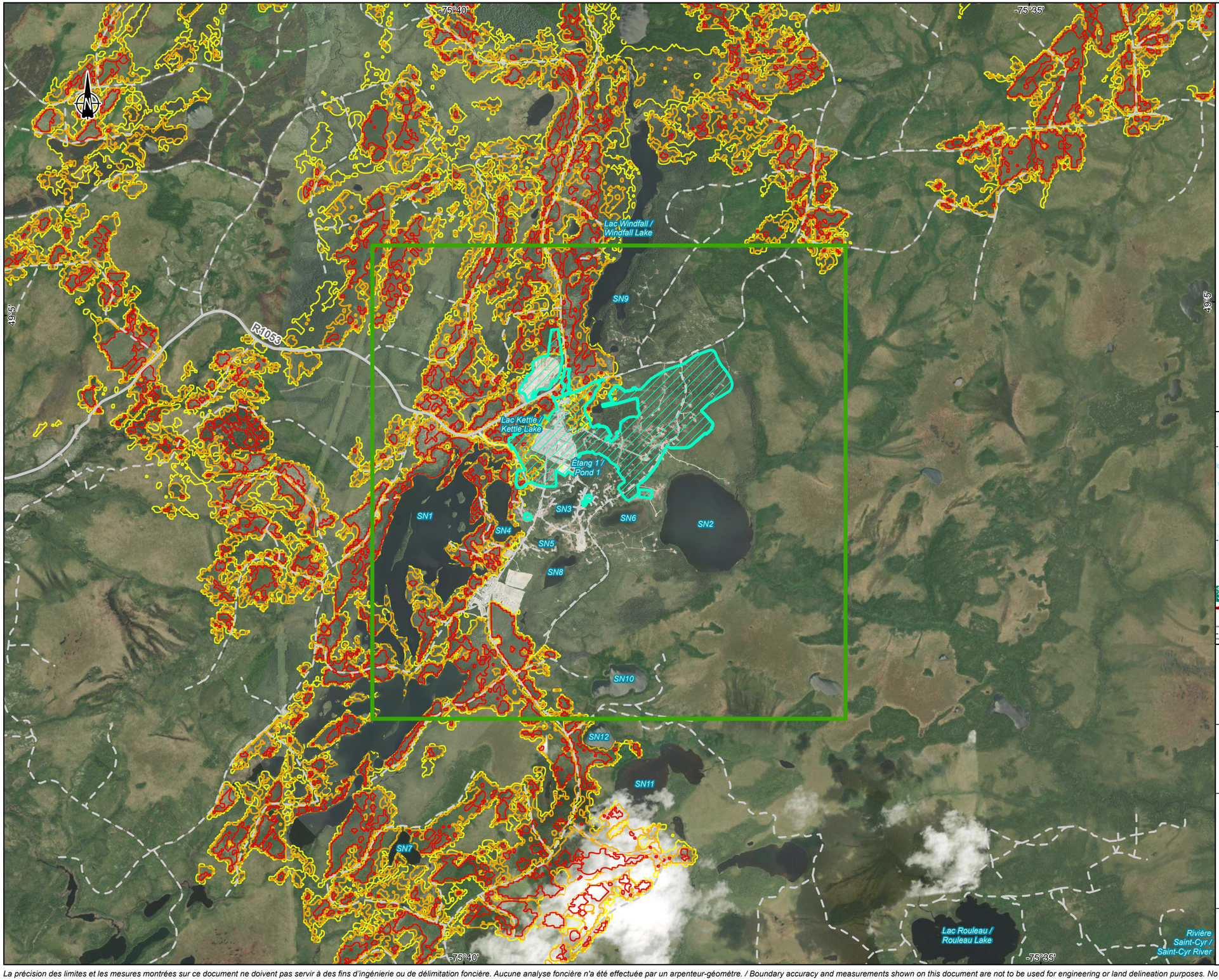
Les échanges qui ont eu lieu entre GMW et les utilisateurs du territoire/membres de la communauté crie durant la période active des feux de forêt ont mené au mandat de revue de la littérature sur les feux. Dans le but de fournir des réponses aux questions qui ont été adressées à l'équipe de GMW, il est ressorti qu'il était important de mieux comprendre les possibles impacts des feux et de les communiquer aux utilisateurs.

Cette revue de littérature s'inscrit comme premier volet du programme de biodiversité que GMW souhaite implanter. Le programme de biodiversité de GMW se veut un programme de compensation pour la perte qu'occasionnera le Projet sur le milieu naturel. En effet, selon l'empreinte du Projet, c'est 64,94 ha d'habitat en milieu terrestre qui sera perdu (64,29 ha d'empiètement permanent et 0,65 ha d'empiètement temporaire) et 48,16 ha en milieux humides et hydriques (47,20 ha d'empiètement permanent et 0,96 ha d'empiètement temporaire) à l'intérieur de la zone d'étude du Projet. À l'extérieur de la zone d'étude locale du milieu biophysique, l'aménagement de banc d'emprunt induira une perte de 19,96 ha de milieux terrestres. Bien que le Projet ne soit pas assujetti au Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques (L.R.Q., C. Q-2, r. 9.1) considérant qu'il se situe au nord du 49e parallèle, GMW tient à faire sa part en compensant par le biais de recherche pour l'acquisition de connaissances scientifiques, tout en proposant des moyens pour favoriser la reprise de la biodiversité. Ainsi, le programme de biodiversité a pour objectif, notamment, de mieux comprendre les effets des feux de forêt sur les habitats fauniques terrestres et aquatiques par le biais de cette revue de littérature et d'études environnementales complémentaires, mais aussi de voir comment il est possible de préserver ou de contribuer à la protection de la biodiversité.

La revue de littérature permettra de comprendre ce qui se passe pour la faune et les habitats quand survient un feu de forêt. Elle vise à documenter le processus et la vitesse de régénération de la végétation ainsi que le temps requis pour le retour de la faune, en fonction des espèces. Une meilleure compréhension des effets, tant sur le milieu physique que sur le milieu biologique, est ainsi attendue.

Les objectifs spécifiques de la revue de littérature sont les suivants :

- documenter l'effet des feux de forêt sur le milieu physique (sol et eau de surface);
- documenter l'effet des feux de forêt et de la modification du milieu physique sur la faune terrestre et aquatique, ainsi que sur les habitats.



Limite administrative / *Administrative boundary*

Zone d'étude du milieu biophysique / *Biophysical study area*

Zone d'étude régionale / *Regional study area*

Zone d'empiètement des infrastructures projetées / *Footprint of planned infrastructures*

Limite approximative des feux de 2023 / Approximate limit of the 2023 fires (SOPFEU, 2023)

Indice de sévérité des feux 2023 / *2023 Fires Severity Index*

Faible / *Low*

Moyenne-faible / *Moderate-low*

Modéré-élevé / *Moderate-high*

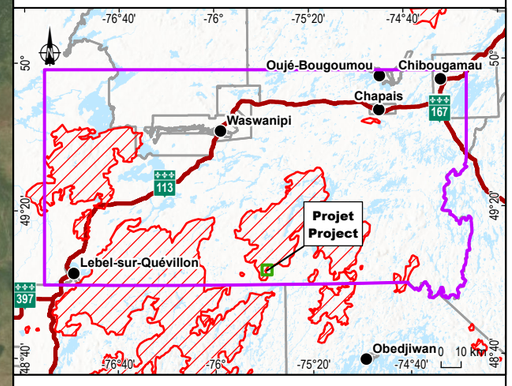
Élevé / *High*

Réseau routier / *Road Network*

Route principale / *Main road*

Chemin forestier principal / *Main forestry road*

Chemin forestier secondaire / *Secondary forestry path*



WINDFALL GROUPE MINIER

Projet minier Windfall - Addenda 1 - Réponses aux recommandations et commentaires du MELCCFP /
Windfall Mining Project - Addendum 1 - Responses to MELCCFP Recommendations and comments

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) / *Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)*

Carte 1-1 / *Map 1-1*
Indice de sévérité des feux de forêts 2023 / *2023 Fires Severity Index*

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
BNDT, 1/250 000, RNCan, 2007
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2019-01
SOPFEU, Carte interactive, Feux éteints, 2023
Osisko, Orthophotographie du site, résolution de 20 cm, 2022
ESRI, World Imagery, Résolution de 0,5 m, 2012-06

0 0,43 0,86 km
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-11-21

Préparation / Preparation : M.-H. Brisson
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : M.-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C1-1_254_SeveriteFeu_231121.aprx
CA0004658_7070_MAJ_C1-1_254_SeveriteFeu_231121

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

2 Méthodologie

2.1 Paramètres généraux

La présente revue de littérature couvre les articles scientifiques et la littérature publiés durant la période 1990-2023. La recherche inclut les documents publiés en anglais et en français.

La recherche est structurée par paliers et comporte les niveaux de mots-clés suivants :

- Termes génériques ;
- Termes spécifiques à chaque composante.

Chaque palier comporte une série de mots-clés séparée par le terme booléen « OU » et chacun de ces paliers est relié par le terme booléen « ET ». Les mots-clés du premier palier sont les mêmes pour toutes les composantes. Les requêtes en anglais sont présentées au tableau 2-1.

Tableau 2-1 Requête en anglais pour le premier palier de la revue de littérature

Catégorie	Requête
Termes génériques	(Forest Fire OR Wildfire OR Fire Regime OR Fire Adaptation)

2.2 Paramètres spécifiques

La revue de littérature pour les composantes spécifiques suit la méthodologie d'une revue systématique. Dans un premier temps, la requête en palier a été effectuée à l'aide des moteurs de recherche spécialisés. Ensuite, les résumés ont été révisés afin de ne sélectionner que les documents pertinents. Finalement, les documents ont été lus et synthétisés. Les mots-clés spécifiques qui s'ajoutent au premier niveau de la section 2.1 sont présentés au tableau 2-2.

Tableau 2-2 Requête en anglais pour le deuxième palier de la revue de littérature

Catégorie	Requête
Milieu physique	(Soil Quality OR Water Quality OR River Geomorphology OR Runoff OR Erosion OR Soil Sterilization)
Végétation et milieux humides	(Plant Disturbance OR Flora Disturbance OR Vegetation Destruction OR Species Competition OR Pioneer Species OR Native Species OR Vegetation Recovery OR Plant Recovery OR Resprouting OR Postfire Recruitment)
Faune terrestre et habitat	(Terrestrial Wildlife Habitat OR Terrestrial Fauna Habitat OR Terrestrial Wildlife* OR Terrestrial Fauna* OR Native Species OR Terrestrial Wildlife Diversity OR Terrestrial Fauna Diversity OR Terrestrial Wildlife Abundance OR Terrestrial Fauna Abundance OR Terrestrial Wildlife Movement)
Faune aquatique et habitat	(Aquatic Wildlife Habitat OR Aquatic Fauna Habitat OR Fish Habitat OR Fish* OR Aquatic Wildlife* OR Aquatic Fauna* OR Native Species OR Aquatic Wildlife Diversity OR Aquatic Fauna Diversity OR Fish Diversity OR Aquatic Wildlife Abundance OR Aquatic Fauna Abundance OR Fish Abundance OR Aquatic Wildlife Movement OR Aquatic Fauna Movement OR Fish Movement)

3 Résultats et discussions

3.1 Effets des feux de forêt sur le milieu physique

Les conditions du milieu biologique, de même que la biodiversité, sont étroitement liées aux composantes du milieu physique. Pour évaluer les effets de feux de forêt sur la végétation et la faune, il est ainsi nécessaire d'identifier les modifications du milieu physique qui sont générées par les feux.

3.1.1 Sols

3.1.1.1 Propriétés physiques

Les feux de forêt peuvent modifier les propriétés physiques des sols. L'ampleur des altérations est toutefois fonction de la stabilité inhérente des propriétés affectées ainsi que des températures auxquelles elles sont soumises. La structure du sol et sa perméabilité peuvent être altérées à des températures relativement basses, mais en fonction de sa minéralogie, la texture du sol est seulement susceptible d'être modifiée à des températures très élevées. Les principales propriétés physiques du sol pouvant être impactées par les feux de forêt sont la texture du sol, la structure et la porosité (Neary *et al*., 2005). La modification des propriétés physiques des sols peut accentuer les phénomènes de ruissellement de surface et d'érosion.

La texture du sol est caractérisée par un assemblage de constituants inorganiques qui se trouve dans la fraction minérale du sol. Elle est fonction, notamment, de la proportion de particules de sable (0,05 à 2 mm de diamètre), de silt (0,005 à 0,05 mm de diamètre) et d'argile (moins de 0,002 mm de diamètre). Les composantes inorganiques présentent un seuil de résistance élevé aux hautes températures et sont généralement peu affectées par les feux de forêt. L'argile peut toutefois se modifier lorsque la surface du sol minéral est soumise à des températures élevées (400 °C), ce qui peut conduire à un affaissement de la structure du sol. Il est à noter que lors d'un feu de forêt d'intensité élevée, les températures peuvent atteindre plus de 500 °C (Neary *et al*., 2005).

La structure du sol est relative à la disposition des particules primaires en agrégats selon différents arrangements. L'humus joue un rôle central dans la structure du sol en agissant comme complexe liant avec les particules minérales pour former des agrégats. La structure du sol a pour principales fonctions de faciliter l'infiltration et la percolation de l'eau dans le profil du sol, ce qui limite le ruissellement de surface et l'érosion. L'agencement de la matière organique et des particules minérales contribue à la capacité d'adsorption de cations et à la capacité de rétention des nutriments dans le sol (Neary *et al*., 2005).

Les feux de forêt peuvent significativement affecter la structure du sol. Considérant que la matière organique se concentre près de la surface, elle est grandement exposée à la chaleur produite lors de la combustion des parties aériennes de la végétation. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des feux de forêt peut conduire à la réduction de la matière organique dans le sol et à l'exposition du sol minéral.

La transformation de la matière organique par le feu s'accompagne, d'autre part, d'une diminution de l'épaisseur de la couche de terre arable ainsi que d'une modification des réserves de nutriments et de la structure de cette couche.

Selon une étude réalisée en Russie (Krasnoshchekov *et al.*, 2013), la structure de la couche de terre arable sous le couvert d'une forêt de pins non perturbée est composée de débris de végétaux (70 %), d'aiguilles (5,4 %), de feuilles (0,3 %), d'herbes (3,6 %) et de fractions grossières (branches, écorces) (20,7 %). En contrepartie, il a été observé que la couche de terre arable dans une forêt de pins affectée par un feu présentait une plus grande proportion d'aiguilles (20 %) et les fractions grossières étaient largement dominantes (40 %). Des feuilles (0,4 %) et de l'herbe (2,5 %) étaient toujours présentes, alors qu'une proportion de charbon (4,5 %) et de poussières (32,6 %) s'ajoutait à la composition de cette couche de sol.

La valeur seuil de modification de la matière organique se situe à des températures plutôt basses. Des températures entre 50 et 60 °C entraînent la destruction d'une part importante des microorganismes du sol, ce qui réduit la quantité et la taille des espaces interstitiels dans le sol (DeBano, 1990). La diminution de ces espaces interstitiels abaisse les taux d'infiltration et de percolation de l'eau dans le profil de sol. À des températures de plus de 200 °C, la matière organique est distillée alors qu'à plus de 350 °C, elle est carbonisée. La combustion de la matière organique peut aussi conduire à un état de sol hydrofuge du fait de la compaction du sol, accentuant la diminution de l'infiltration. En déplaçant les particules de sol en surface et la cendre accumulée, les pluies abondantes contribuent aussi à l'obstruction des pores du sol et à sa compaction. Le ruissellement de surface peut s'en trouver augmenté, accentuant ainsi l'érosion de surface (Neary *et al*., 2005; Jager *et al*., 2021).

L'accumulation de cendre modifie également les propriétés physiques du sol. Les résultats des études sur le sujet divergent toutefois. Comme mentionné aux paragraphes précédents, l'incorporation de cendres peut obstruer les pores du sol et réduire le taux d'infiltration et la percolation (Neary *et al*., 2005; Bodi et *al*., 2012). En contrepartie, une étude conclut que l'addition de cendres dans le sol peut aussi augmenter la rétention de l'eau en favorisant une homogénéisation sur une certaine portion du paysage (Ebel *et al*., 2012). Il a aussi été démontré qu'une couche de cendre de plus de 5 mm d'épaisseur pouvait réduire l'imperméabilité du sol en augmentant la pression hydraulique et le contact entre l'eau et le sol. Le phénomène de ruissellement peut donc soit être accentué ou réduit par l'effet d'accumulation de la cendre, en fonction de l'épaisseur de la couche, du type de sol et des conditions météorologiques (Neary *et al*., 2005).

En plus d'induire des effets sur la perméabilité du sol, les feux de forêt augmentent la proportion de sols dénudés et diminuent le couvert de la canopée, ce qui laisse les sols davantage exposés aux intempéries (Moody et *al*., 2013). Ces facteurs combinés contribuent également à l'augmentation du ruissellement de surface et de l'érosion.

L'amplitude des modifications des propriétés physiques du sol est fonction de plusieurs facteurs, incluant le seuil de température des propriétés du sol et l'intensité des feux de forêt.

3.1.1.2 Propriétés chimiques et biologiques

Propriétés chimiques

La modification des propriétés chimiques du sol est grandement fonction de l'intensité des feux de forêt et de la température atteinte. Les feux de faible intensité affectent majoritairement la partie aérienne de la végétation et exercent une influence minime sur les propriétés chimiques des sols. Ils peuvent néanmoins provoquer une légère augmentation du pH, des nutriments et de certains métaux lourds (Khanna *et al.,* 1994; Marozas *et al*., 2013). Les feux de forêt d'intensité modérée ou élevée ont pour leur part des conséquences plus marquées sur la composition chimique du sol. Ils sont plus susceptibles d'affecter les composantes inorganiques du sol à une température de plus de 500 °C (Khanna *et al.,* 1994).

Ils peuvent augmenter le pH, augmenter ou diminuer les réserves et spéciations des nutriments et augmenter significativement la concentration de métaux lourds dans le sol (Mackenzie *et al.*, 2004; Certini, 2005).

Les modifications chimiques engendrées par les feux de forêt dépendent, notamment, de la quantité totale de combustible brûlé, du type de combustible et du degré de combustion. Le degré de combustion de la matière organique influence les réserves de nutriments qui pourront soit se volatiliser ou être transformés dans une forme hautement profitable pour les microorganismes et la végétation. L'azote (N) est l'un des nutriments les plus affectés par le feu. Il se volatilise à des températures relativement basses. (Neary *et al*., 2005). Plusieurs études ont toutefois démontré une augmentation des concentrations d'azote (N) à moyen terme, de quatre à cinq ans après le feu (Marozas *et al*., 2013; Krasnoshchekov et *al.*, 2013).

Une haute combustion (450 °C) peut aussi fortement réduire les concentrations de carbone organique dans les cendres et augmenter la portion minérale. La fraction minérale restante est susceptible de présenter un pH élevé en solution. L'incorporation des cendres dans le sol peut ainsi temporairement augmenter le pH et modifier la concentration de nutriments (Bodi *et al.,* 2014). L'augmentation du pH est souvent plus marquée immédiatement après un feu d'intensité élevée, lorsqu'une combustion complète est réalisée et que les cendres sont fortement basiques (oxydes, hydroxydes et carbonates de potassium [K], calcium [Ca] et magnésium [Mg]) (Mitic *et al.,* 2015). Le pH peut cependant diminuer après les premières précipitations en raison de l'effet de dissolution et de lessivage. Il est à noter que les métaux sont plus solubles dans un environnement acide, avec des valeurs de pH basses.

Des études ont noté une augmentation significative de calcium (Ca), de magnésium (Mg) et de potassium (K), ainsi qu'une faible hausse de sodium (Na), d'aluminium (Al), de fer (Fe), de manganèse (Mn), de zinc (Zn) et de silicium (Si) après la déposition d'une couche de cendre au sol (Andreu *et al.,* 1996; Pereira *et al.,* 2013; Khanna *et al.,* 1994). En contrepartie, les cendres entraînées par le vent et le ruissellement peuvent induire une réduction des nutriments totaux dans l'écosystème (Raison *et al.,* 2009).

Selon une étude réalisée en Lithuanie dans des peuplements de pins sylvestres (*pinus sylvestris*), des feux de surface de faible intensité n'ont démontré qu'une légère augmentation du pH et de l'azote (N) dans la matière organique, ainsi que de l'oxyde de potassium (K_2O) et de certains métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Mn, Zn et Fe) dans la portion minérale (Marozas *et al*., 2013). Au cours de la première année suivant le feu, la concentration d'azote (N) dans la matière organique était plus faible au site brûlé qu'à l'emplacement de référence (non perturbé). Quatre ans plus tard, la concentration d'azote (N) au site affecté par le feu était toutefois plus élevée qu'au point de référence et excédait les concentrations de l'état initial (avant le feu). En concordance avec ces résultats, le ratio C/N était plus élevé la première année et plus faible quatre ans après le feu. La concentration d'oxyde de potassium (K_2O) était pour sa part légèrement plus élevée après le feu, tant à l'année 1 qu'à l'année 4. Une augmentation de la concentration de certains métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Mn, ZN et Fe) a été également observée dans la portion minérale de terre arable (0-5 cm) après le feu. Selon Marozas *et al*. (2013), la modification des propriétés chimiques du sol était toutefois peu significative.

Une autre étude réalisée dans une forêt de pins en Russie, au sud-ouest de la région Baikal, a démontré une augmentation de la concentration d'azote (N) et de métaux lourds (Fe, Al, Ca, Mg et Mn) dans le sol cinq ans après un feu de forêt d'intensité modérée. En contrepartie, les réserves de phosphore (P) et de potassium (K) avaient diminué (Krasnoshchekov et *al.*, 2013).

Plus récemment, Popovych et Gapalo (2021) ont effectué une étude sur la concentration de métaux lourds dans les sols suivant des feux dans des forêts de pins sylvestres (*pinus sylvestris*) et dans des prairies en Ukraine. Dans les quatre zones échantillonnées, les plus hautes concentrations de métaux lourds de formes mobiles étaient pour le nickel (Ni), le manganèse (Mn), le cobalt (Co), le cadmium (Cd) et l'arsenic (As). Ces hautes concentrations de métaux lourds se trouvaient dans les couches supérieures du sol.

Finalement, selon des recherches effectuées par Mitic *et al.* (2015) sur les effets des feux de forêt sur le sol et la concentration de métaux dans les plantes en Serbie, la majorité des échantillons de sols prélevés démontrait une augmentation des métaux dans le sol, sauf pour le cadmium (Cd).

Propriétés biologiques

L'effet des feux de forêt sur les microorganismes du sol dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'intensité du feu, des caractéristiques initiales du site et de la composition des communautés avant le feu (Neary et *al.*, 2005). Considérant que la survie des microorganismes dépend directement de la composition et des systèmes du sol, l'un des aspects les plus déterminants est l'exposition à la chaleur (intensité et profondeur) de la portion organique qui modifie les propriétés physiques et chimiques du sol. Les feux de forêt peuvent induire des changements sur les populations microbiennes du sol en raison de la modification de la teneur en eau du sol et de l'augmentation de nutriments provenant de la combustion de la couche organique (Neary *et al*., 1999). La récupération et la recolonisation des microorganismes après un feu de forêt peuvent d'autre part varier en fonction de la qualité et de la quantité du substrat ainsi que du recrutement dans les écosystèmes environnants. Dans le cas de perturbations sévères, le recrutement de la flore et de la faune du sol à partir des écosystèmes voisins est généralement essentiel au rétablissement des communautés de microorganismes. Finalement, il convient de noter que la biomasse microbienne est aussi influencée par les saisons, alors que des quantités plus importantes sont observées au printemps. Les suivis des communautés microbiennes du sol après un feu de forêt doivent donc considérer ce facteur (Mabuhay *et al*., 2006).

Selon une étude de Mabuhay *et al*. (2006) effectuée au Japon, l'activité microbienne était plus élevée cinq mois après un feu de forêt. L'activité était toutefois plus faible dans les années ultérieures. Une des conclusions de l'étude était que 11 ans après le feu, la biomasse microbienne du sol était loin d'être retournée à des niveaux similaires aux conditions initiales.

3.1.2 Hydrologie

Les feux de forêt peuvent entraîner des modifications hydrologiques de l'approvisionnement en eau, notamment en raison de la mise à nu des sols, de l'imperméabilisation des sols et de la diminution de la canopée (interception de la pluie) qui affectent le ruissellement de surface (Bodí *et al.*, 2014; Ebel *et al.,* 2022). Conséquemment, l'augmentation du ruissellement élève le risque de crues soudaines en fonction des conditions météorologiques (Conedera *et al.,* 2003; Ebel *et al.,* 2022). Plus largement, les feux de forêt peuvent affecter les rendements annuels de l'eau, les débits moyens et de crues de même que les évènements d'inondation (Neary *et al*., 2001).

Le principal effet des feux de forêt sur l'hydrologie est l'augmentation marquée des débits de crues qui peuvent être jusqu'à 100 fois plus élevés que les débits de crues préalablement enregistrés. L'ampleur de l'augmentation des débits de crues est fonction de la sévérité des feux de forêt, des superficies affectées et de la taille des bassins versants. La hausse des débits de crues peut significativement affecter les conditions physiques des cours d'eau en augmentant l'érosion des berges (Neary *et al*., 2001).

À plus long terme, les effets des feux de forêt sur l'hydrologie dépendent de l'intensité des précipitations qui peuvent induire une affluence de débris dans les rivières, notamment des débris de bois et des sédiments, particulièrement dans les secteurs qui présentent des pentes abruptes (Jager *et al.,* 2021).

Les apports de matériaux larges comme les débris de bois peuvent par ailleurs créer des bassins en aval qui contribuent à la déposition des sédiments, formant ainsi des plaines d'inondation et des terrasses (Benda *et al*., 2004). À plus long terme, ces modifications hydrogéomorphologiques peuvent ralentir les débits moyens et créer des refuges pour la faune aquatique (Jager *et al*., 2021).

La vitesse de régénération de la végétation influence la récupération des conditions hydrologiques en induisant un retour à la normale des taux d'infiltration, des débits moyens et de débits de crues (Kunze et Stednick, 2006; Heath et al., 2014; Nolan et al., 2015; Ebel et al., 2022).

3.1.3 Qualité de l'eau de surface

La qualité de l'eau de surface des plans d'eau et cours d'eau peut être significativement altérée par les feux de forêt. Les effets les plus immédiats sont l'augmentation de la température de l'eau et des apports de sédiments et cendres, ainsi qu'une modification des paramètres physicochimiques de l'eau de surface (Jager *et al.,* 2021). L'importance des effets sur la qualité de l'eau est également fonction de la sévérité des feux de forêt, mais pas nécessairement de l'intensité. La sévérité fait référence à la quantité ou superficie de végétation brûlée, alors que l'intensité réfère plutôt à la température atteinte. Ainsi, les feux plus sévères consomment davantage de combustibles, libérant davantage de nutriments et dénudant de plus grandes superficies de sol sujet à l'érosion (Neary *et al*., 2005).

3.1.3.1 Augmentation de la température de l'eau

Lors de feux de forêt sévères, la température des petits cours d'eau et plans d'eau peut s'élever rapidement. Dans certains cas, la fumée peut toutefois modérer l'augmentation de la température, en réduisant le rayonnement solaire. Selon certaines études, l'augmentation de la température dans les plans d'eau des secteurs affectés par les feux peut se maintenir durant plusieurs années en raison de la diminution de la végétation riveraine et du couvert de la canopée (Dunham et al., 2007; Schultz et al., 2017).

3.1.3.2 Augmentation des débris, des matières en suspension et de la turbidité

Un des effets presque immédiats des feux de forêt est la déposition de cendres et de débris dans les eaux de surface. De grandes quantités de cendres et de particules peuvent être transportées dans les cours d'eau et se déposer dans les zones d'eau plus stagnante en aval (Jager *et al*., 2021). Les évènements de fortes précipitations peuvent ultérieurement accélérer le phénomène d'érosion des sols dénudés par le feu et ainsi augmenter la quantité de matières en suspension (MES) dans les cours d'eau, de même que la turbidité (Moody *et al.,* 2013). Une étude effectuée dans l'état du Nouveau-Mexique aux États-Unis suivant un feu de forêt de 63 400 ha d'intensité modérée à sévère a par ailleurs démontré que des inondations subséquentes ont provoqué des montées importantes de turbidité (jusqu'à 2500 NTU) (Dahm et *al.*, 2015).

3.1.3.3 Modification des paramètres chimiques de l'eau de surface

Comme mentionné à la section 3.1.1. Les feux de forêt peuvent augmenter les concentrations de métaux et nutriments dans le sol (Jager *et al*., 2021; Ebel *et al.*, 2022). Le ruissellement de surface amplifié transporte des métaux et des nutriments vers les cours d'eau et plans d'eau. Les cendres déposées et les particules de sols détachées par l'érosion contribuent d'autre part à la hausse des métaux et des nutriments dans l'eau de surface. La sévérité des feux de forêt conditionne en partie la charge de métaux dissous et totaux dans les cours d'eau.
Les feux de forêt sévères détruisent une très grande proportion de la végétation et de la matière organique, accentuant les phénomènes d'érosion et de ruissellement, en plus de diminuer l'immobilisation des métaux dans le sol et l'assimilation par les plantes. Le retour de la végétation suivant un feu de forêt influence ainsi le temps de récupération de la chimie des eaux de surface. Les concentrations de contaminants peuvent diminuer avec la reprise des végétaux qui réduisent l'érosion et immobilisent les métaux et nutriments dans les sols (Jager *et al*., 2021).

Le mercure (Hg) fait partie de la liste des métaux pouvant présenter une augmentation de concentration dans les cours d'eau et plans d'eau après un feu de forêt. La présence de mercure dans l'habitat du poisson est une source de préoccupation puisque sous sa forme méthylée, le méthylmercure (MeHg) se bioaccumule dans la chair du poisson et pose un risque de consommation pour les utilisateurs du territoire. Considérant que les forêts sont un important puits de séquestration du Hg, les feux peuvent libérer du mercure par volatilisation ou par ruissellement. Bien qu'une proportion significative du Hg se volatilise dans l'atmosphère, les cendres en contiennent souvent d'importantes quantités qui pourront se retrouver dans les cours d'eau, par ruissellement de surface ou par l'érosion éolienne (Li et *al.*, 2022). Selon une étude effectuée dans un lac en aval du réseau hydrologique lors d'un feu de forêt dans la province d'Alberta au Canada, une augmentation de la bioaccumulation de MeHg a été observée dans l'écosystème aquatique (Kelly *et al*., 2006). Les auteurs soutiennent que les résultats de l'étude démontrent que la cendre générée par des feux de forêt de faible intensité peut avoir des effets importants sur le cycle du mercure dans l'environnement aquatique.

Les études examinant l'influence des feux de forêt sur le pH de l'eau présentent des conclusions divergentes. Sur certains sites, une hausse du pH a été constatée alors que sur d'autres, c'est plutôt une diminution du pH qui est enregistrée. La hausse du pH, qui concorde avec les propriétés basiques de la cendre, est toutefois plus souvent répertoriée (Dahm *et al*., 2015). Dans le cas des recherches effectuées par Dahm *et al.* (2015), une baisse du pH a été observée suivant des évènements de crues après le feu de forêt de Las Conchas au Nouveau-Mexique. Selon les chercheurs, la baisse du pH peut s'expliquer par des périodes de turbidité très élevées où des quantités importantes de carbone noir étaient présentes dans le cours d'eau, provoquant une réaction biochimique en chaîne.

Les feux de forêt peuvent également conduire à une augmentation de carbone organique dissous (COD) dans les cours d'eau et les plans d'eau en raison de l'apport supplémentaire de MES et de la réaction de réduction de la couche détritique. Des recherches dans le sud-est des États-Unis ont permis d'observer que l'augmentation de COD à la suite d'un feu de forêt était plus marquée après un évènement de fortes précipitations (Zang, 2017). L'étude de Dham (2015) réalisée au Nouveau-Mexique a par ailleurs démontré que des évènements d'inondation peuvent conduire à une baisse importante de l'oxygène dissous dans l'eau de surface. Cette baisse d'oxygène dissous peut être associée à une plus grande demande chimique ou biologique. Les cendres se retrouvant dans l'eau peuvent contenir, notamment, des sulfures et des métaux réduits qui réagissent avec l'oxygène dissous, augmentant ainsi la demande chimique en oxygène. D'autre part, des quantités significatives de matières organiques partiellement oxydées par les feux de forêt peuvent se retrouver dans les cours d'eau et plan d'eau. La décomposition aérobie du COD par les microorganismes peut engendrer de fortes baisses d'oxygène dissous (Dahm *et al*., 2015).

Selon une étude examinant les effets des feux de forêt sur 121 sites à travers le monde (Hampton *et al.*, 2022), une augmentation des concentrations de carbone (C), d'azote (N) et de phosphore (P) dans les cours d'eau a été constatée pour la majorité des sites. Pour 90 % des sites, les suivis ont été réalisés sur une période de 5 ans ou moins. Les résultats de cette méta-analyse ont par ailleurs démontré que le feu est susceptible d'altérer les spéciations de l'azote (N) et du phosphore (P) en augmentant en moyenne de 40 à 60 % la proportion de N et P en forme inorganique soluble. Les ratios C:N et C:P ont pour leur part diminué de 60 à 70 %. Une corrélation entre les périodes de crues et l'augmentation du phosphore (P) dans les cours d'eau après des feux de forêt a aussi été observée. La plupart des sites étudiés ont d'autre part répertorié une augmentation des concentrations de nitrates (NO_3^-), d'ammonium (NH_4^+), de phosphate (PO_4^{3-}), de carbone organique dissous (COD) et de MES. Selon Hampton *et al.* (2022), il est difficile d'évaluer le temps de récupération de la qualité de l'eau suivant un feu de forêt puisque la majorité des études sont effectuées sur de courtes périodes.

Une étude sur les plaines côtières du sud-est des États-Unis a aussi démontré une prolifération d'algues dans les plans d'eau suivant des feux de forêt (Zang, 2017). Cette prolifération d'algues, qui est généralement de courte durée, découle de la transformation des nutriments organiques par la chaleur vers des formes inorganiques disponibles pour la végétation. Une recherche effectuée dans les Rocheuses canadiennes a démontré des résultats concordant avec ces conclusions (Emelko *et al*., 2016). La modification des spéciations de phosphore (P) vers des formes plus biodisponibles avec une diminution des ratios N:P suivant un feu de forêt a eu pour effet de faciliter la prolifération d'algues dans les cours d'eau.

En fonction de la sévérité des feux de forêt, des études ont démontré que la qualité de l'eau pouvait se rétablir entre 1 et 3 ans après le feu ou, dans d'autres cas, perdurer pendant plus de 10 ans (Rust *et al*., 2018; Rust *et al*., 2019). Selon Rust *et al.* (2018), les charges d'azote (N) dissous et de phosphore (P) dissous sont demeurées élevées pour au moins 5 ans après environ 30 % des feux de forêt étudiés dans l'ouest des États-Unis. Des altérations à long terme de la qualité de l'eau ont été rapportées lorsque la sévérité des feux était très élevée, lorsque la proportion de matière organique dans les sols était élevée avant les feux et que la végétation a pris du temps à se remettre.

3.2 Effets des feux de forêt sur la végétation et les milieux humides

3.2.1 Perturbation de la végétation

L'impact des feux de forêt sur la végétation et les milieux humides dépend, comme pour les sols (section 3.1.1), de la sévérité et de l'intensité des feux. D'un côté, la sévérité des feux de forêt influence la superficie du couvert végétal qui sera affecté. L'intensité a pour sa part des effets sur les propriétés chimiques des sols et sur l'absorption et l'adsorption de métaux et nutriments par les plantes.

3.2.1.1 Pérennité des espèces, abondance et diversité

Les feux de surface, qui sont généralement de faible intensité, affectent principalement l'assemblage des espèces végétales au sol. Ils peuvent favoriser le développement d'une flore herbacée et augmenter la concentration de nutriments disponibles dans le sol à court terme (Jayen *et al.*, 2006).

Selon l'étude de Marozas *et al.* (2013) dans des peuplements de pins sylvestres (*pinus sylvestris*) en Lituanie, le nombre moyen d'espèces par mètre carré a diminué significativement au cours de la première année suivant un feu de forêt de surface de faible sévérité. En contrepartie, le nombre moyen d'espèces a augmenté au cours des années subséquentes pour atteindre un niveau plus élevé que le site de référence (non affecté) à la quatrième année suivant le feu.

Les feux de terre qui atteignent la couche de terre arable sont pour leur part considérés comme un des facteurs les plus destructeurs de la dynamique des forêts de pins. Ce type de feu, qui affecte le sol plus en profondeur, peut provoquer un dessèchement des arbres et altérer leur capacité vitale, en fonction de l'ampleur des dommages causés. Selon une étude réalisée en Russie, la capacité vitale des arbres peut être affaiblie au niveau de la croissance et du développement jusqu'à 5 ans après un feu (Krasnoshchekov *et al.,* 2013). Les conclusions de cette recherche ont permis de constater que la couronne des arbres de petites et moyennes tailles était toujours endommagée après 5 ans. Le meilleur indicateur de la capacité vitale des arbres demeure toutefois fonction de leur croissance. Selon les anneaux de croissance des arbres de petites et moyennes tailles étudiés, leur capacité vitale était nettement inférieure aux arbres se trouvant dans les zones non perturbées (Krasnoshchekov *et al.,* 2013).

Miller *et al.* (2018) ont quant à eux étudié l'impact des feux sur les communautés de lichens dans les forêts de conifères en Californie, aux États-Unis. Les résultats de leurs recherches démontrent que l'abondance et la diversité de lichens sont significativement affectées par des feux de sévérité modérée et élevée. Quinze (15) ans après le feu, le lichen avait très peu recolonisé les sites où le substrat avait brûlé. En contrepartie, les feux de faible sévérité sont peu susceptibles d'avoir des effets notables sur les communautés de lichens.

Les feux de forêt de faible sévérité peuvent entraîner la réduction de la densité d'arbres. Ce phénomène est fréquemment observé dans les forêts d'épinettes noires de l'est de l'Amérique du Nord. Dans cette région, les feux de forêt se répétant à courts intervalles peuvent limiter la disponibilité des graines et favoriser les transitions de forêt à canopée fermée vers des forêts ouvertes (Baltzer *et al.*, 2021; Jager *et al.*, 2021). La réduction de la densité des peuplements peut toutefois être favorable à un accroissement de la diversité des lichens (Miller *et al*., 2018).

3.2.1.2 Absorption et adsorption de métaux et nutriments par les plantes

Comme abordé à la section 3.1.1, les feux de forêt, particulièrement ceux d'intensité élevée, sont susceptibles d'altérer les propriétés chimiques du sol. Les principaux effets sont l'augmentation de la concentration des métaux lourds dans le sol, ainsi que la modification des réserves et des formes de nutriments.

Les métaux présents dans le sol peuvent être absorbés ou adsorbés par les plantes. Les résultats d'une étude en Serbie (Mitic *et al.,* 2015) ont notamment démontré une plus grande concentration de métaux dans les plantes suivant un feu de forêt en comparaison des sites non exposés. Le feu est susceptible de causer une légère augmentation de la biodisponibilité des métaux pour les plantes du fait des réactions biotiques et abiotiques d'oxydoréduction qui sont engendrées. Ces réactions contrôlent l'état d'oxydation des éléments et donc leur mobilité.

Certains métaux qui interviennent dans des réactions d'oxydoréduction sont nécessaires à la croissance et à la reproduction des plantes. Ils participent à plusieurs processus biologiques, y compris aux réactions de respiration et de photosynthèse. Le cuivre et le zinc sont notamment des micronutriments importants pour les plantes lorsqu'ils sont présents en faibles quantités dans les sols (Mitic *et al.,* 2015). Les hautes concentrations de métaux sont toutefois toxiques pour les végétaux ainsi que pour les utilisateurs du territoire, qui peuvent consommer certaines parties des plantes contaminées.

Des nutriments essentiels pour la croissance des végétaux, comme l'azote (N) et le phosphore (P), peuvent par ailleurs être transformés en forme plus facilement assimilable pour les plantes quand les feux de forêt ont pour effet d'augmenter le pH d'un sol antérieurement plus acide. Cette modification du pH et de la disponibilité des nutriments qui accroit la fertilité du sol peut ainsi favoriser la croissance des plantes (Mitic *et al.,* 2015).

3.2.2 Recolonisation et cycles de succession des espèces

3.2.2.1 Mécanismes de recolonisation

Après un feu de forêt, différents mécanismes interviennent pour engendrer la recolonisation d'un site par les espèces végétales les plus résilientes. Les deux principaux sont la reprise des tissus survivants et le recrutement de semis. La reprise des tissus est caractérisée par la faculté de la plante de produire de nouvelles pousses à partir de bourgeons dormants, et ce, même après l'entière combustion des tiges. Le recrutement de semis se caractérise par la capacité des espèces de générer des semences résistantes au feu qui germent après un incendie. Les graines peuvent se trouver dans la canopée ou être emmagasinées dans le sol (Pausas et Keeley, 2014). Le recrutement de semis dans les années suivant un feu de forêt est un facteur déterminant dans la composition des forêts matures boréales (Baltzer *et al*., 2021).

3.2.2.2 Cycles de succession et dominance des espèces dans la forêt boréale

Milieux terrestres

L'augmentation de la fréquence et de la sévérité des feux de forêt du fait de la modification des conditions climatiques influence les cycles de succession, ainsi que la dominance des espèces. Dans la forêt boréale, la transition d'une dominance de conifères vers une dominance de feuillus est de plus en plus observée en raison de la modification du régime de feu (Jager *et al.*, 2021; Baltzer *et al.*, 2021; Dawe *et al.*, 2022).

Le cycle de succession dans la forêt boréale débute normalement avec la régénération du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*), pour transitionner vers le pin entre 30 et 80 ans après le feu. La dominance revient ainsi normalement aux conifères au fil des années. La plus grande proportion de conifères rend toutefois la forêt plus sujette aux feux. La dominance du pin persiste quand les intervalles entre les feux sont plus longs (Jager *et al.*, 2021). Dans le contexte actuel où les feux sont plus fréquents et plus sévères, le remplacement des conifères se fait plutôt au profit du peuplier faux-tremble, du peuplier baumier (*Populus balsamifera L.)* et des espèces de bouleau (*Betula*) (Jager *et al.*, 2021; Baltzer *et al.*, 2021). Dans certains cas, la réduction du manteau de neige et le stress hydrique occasionnés par les températures plus chaudes et par des conditions plus sèches peuvent aussi favoriser le remplacement des conifères par des prairies (Jager *et al.*, 2021).

Bien que l'épinette noire (*Picea mariana*), largement présente dans la forêt boréale en Amérique du Nord, dépende du feu pour sa régénération, elle est de moins en moins résistante aux feux plus fréquents et de haute sévérité qui altèrent sa stratégie de régénération. Cette perte de résilience transparaît dans la modification de la dominance lors des états successifs qui transitionnent vers les feuillus ou dans d'autres cas, vers le pin gris (*Pinus banksiana*). Ce changement de dominance engendre des impacts sur les écosystèmes et particulièrement sur les habitats de la grande faune et la séquestration du carbone (Baltzer *et al*., 2021).

Selon une étude de Baltzer *et al*. (2021) abordant les effets des feux de forêt sur la forêt boréale en Amérique du Nord, l'épinette noire était résiliente sur la majorité des sites étudiés (62 %). La perte de résilience était toutefois commune et un échec de régénération a été répertorié pour 18 % des 1 140 sites. Il a été constaté que l'épinette noire était plus persistante sur les sites qui avaient conservé une épaisse couche de matière organique après le feu. Selon les chercheurs, l'épaisseur résiduelle de la couche de matière organique est un facteur déterminant du succès de régénération des arbres de la forêt boréale influençant la résilience des conifères et le potentiel d'expansion des feuillus. Les feux de forêt sévères sur les sites bien drainés peuvent suffisamment réduire la couche de matière organique pour favoriser la recolonisation par des espèces à croissance rapide, comme le peuplier faux-tremble et le bouleau. Certains sites favorisant l'accumulation de matière organique et préservant une bonne humidité peuvent toutefois servir de refuge pour l'épinette noire, même s'ils offrent un potentiel de croissance plus lent.

Dawe *et al*. (2022) ont de leur côté étudié l'impact des feux sur la végétation dans les forêts de pins gris des Territoires du Nord-Ouest au Canada. Selon les résultats de leurs recherches, l'assemblage des espèces d'arbres recrutées diffère des peuplements présents avant le feu sur la moitié des sites inventoriés. La dominance des espèces de la strate arborescente a ainsi considérablement changé dans les 5 ans suivant le feu. Plusieurs sites étudiés sont notamment passés d'une dominance d'épinette noire ou de pin gris vers une dominance de peuplier faux-tremble. La dominance du peuplier faux-tremble a été observée sur 41 % des sites 5 ans après le feu, alors que cette espèce ne représentait que 6 % de la strate arborescente avant l'incendie. Au total, 69 % des sites ont connu une augmentation de la proportion de feuillus après le feu. Il est possible que cette nouvelle dominance du peuplier faux-tremble soit transitoire et que suivant le cycle de succession habituel de la forêt mixte boréale, les conifères se rétablissent au cours de la dernière phase de succession. L'analyse des tendances climatiques de la région qui indique un réchauffement potentiel et une plus grande sécheresse porte toutefois à croire que ces changements dans la composition des peuplements forestiers persisteront dans le temps, particulièrement si la fréquence et la sévérité des feux continuent d'augmenter comme ailleurs au Canada.

Bien que la composition des semis d'arbres semble atteindre un équilibre seulement quelques années après le feu, certains peuplements pourraient connaître des changements de dominance encore plusieurs années après le feu. Par ailleurs, même si des peuplements ont conservé leur dominance initiale après le feu, l'étude de Dawe *et al.* (2022) a démontré que ces derniers subissent tout de même des changements au niveau de la densité qui conduit à une ouverture de la canopée. Dans certains cas, la densité des peuplements est demeurée faible après 5 ans.

De manière générale la persistance du couvert forestier dans la forêt boréale de l'Amérique du Nord dépend du recrutement immédiat et vigoureux de semis suivant un feu. Ce sont ainsi les premières années qui sont déterminantes pour le développement des peuplements. La qualité et l'ampleur du recrutement de semis sont fonction de la présence suffisante de propagules, de l'épaisseur et de la qualité de la couche de matière organique, ainsi que des conditions propices à la germination après le feu. Lorsque ces conditions ne sont pas réunies, la dominance des espèces peut être modifiée ou conduire à une conversion vers de la végétation non forestière (prairie). Les classes de sévérité des feux de forêt n'ont *a priori* qu'une influence négligeable sur la régénération des arbres (Dawe *et al*., 2022).

Pour ce qui est des strates arbustives et herbacées, les perturbations occasionnées par les feux de forêt sur la densité et la composition de la végétation semblent se poursuivre au-delà de 5 ans. Un autre constat de l'étude de Dawe *et al.* (2022) est que la succession des assemblages des strates arbustives et herbacées après un feu de forêt varie entre les types de peuplements et contrairement à la strate arborée. Le couvert végétal pour ces strates a par ailleurs tendance à se densifier avec les années dans tous les types de peuplement.

Cela s'explique, notamment, par l'ouverture de la canopée et la diminution de la densité de la strate arborescente qui peuvent favoriser la croissance des espèces des sous-étages. Pour les forêts mixtes, l'augmentation de la couverture végétale vasculaire était selon cette étude dominée par des plantes herbacées.

Dans certains peuplements, les assemblages antérieurs de la strate arbustive ont largement conditionné la composition des espèces après le feu, alors que les espèces d'arbustes plus résilientes (*Salix pp, Betula spp et Alnus spp*) ont rapidement drageonné ou repoussé à partir de leur base brûlée. Pour les peuplements qui présentaient initialement moins d'espèces résilientes, les espèces de succession précoce ont permis une revégétalisation rapide grâce à la germination de banques de semences et à l'invasion (Dawe *et al*., 2022).

Outre la présence d'espèces résilientes, les interactions biotiques peuvent également influencer la récupération et la composition de la végétation après un feu de forêt. Ces interactions sont notamment susceptibles d'expliquer les divergences de recolonisation dans les différents types de peuplements. Le broutage par la grande faune, comme l'orignal (*Alces alces*), peut par exemple influencer la régénération et la composition des espèces dans les années suivant un feu. La composition et la densité des communautés arbustives peuvent par ailleurs faciliter ou entraver le développement de la strate arborescente. La germination rapide et vigoureuse d'arbustes de type *Ericaceae* peut notamment entraver la croissance des arbres (Dawe *et al*., 2022).

Comme abordé à la section 3.2.1.1, le nombre moyen d'espèces peut augmenter dans les années suivant un feu de forêt, notamment dans la strate herbacée. Selon l'étude effectuée par Marozas *et al.* (2013) en Lituanie, cette augmentation du nombre d'espèces était largement tributaire de la propagation d'espèces herbacées pionnières en début de succession. Contrairement aux espèces herbacées, les espèces de mousses sont moins résilientes et se régénèrent plus difficilement après un feu. Toujours selon les recherches de Marozas *et al.* (2013) dans une forêt de pins sylvestres, seulement deux espèces de mousse étaient présentes avant le feu (*Pleurozium schereberi* et *Hylocomium splendens*), mais couvraient près de 90 % de la végétation au sol. Quatre ans après le feu, ces espèces étaient toujours en déclin et le couvert des mousses était beaucoup plus faible (1 à 2 %). De nouvelles espèces de mousse avaient toutefois recolonisé les sites brûlés (*Dicranum polysetum*, *D. scoparium*, *Ceratodon purpureus*, *Polytrichum juniperinum*).

Le lichen a un rôle important dans l'écosystème forestier puisqu'il fournit jusqu'à 50 % de l'azote disponible pour les plantes. Il est par ailleurs une source de nourriture et de matériel de nidification pour plusieurs espèces de mammifères, d'oiseaux et d'invertébrés. Comme les espèces de mousse, les espèces de lichen sont peu résistantes aux feux de forêt. Les feux de forte sévérité sont susceptibles de consumer la presque entièreté des lichens épiphytes qui vivent sur l'écorce des arbres. Même si certaines espèces peuvent s'établir rapidement sur le bois brûlé après un feu, les communautés peuvent prendre jusqu'à 100 ans pour retourner à une composition et une abondance similaire à celles avant le feu. Selon les relevés effectués dans le cadre de l'étude de Miller *et al.* (2018), une perte de diversité de lichen a été observée sur l'ensemble des sites affectés par des feux de haute sévérité, pour tous les échantillons prélevés entre 4 et 16 ans après les feux. Il y avait ainsi peu de recolonisation, même 15 ans après les feux. Les conditions plus sèches et plus chaudes survenant après la réduction du couvert de la canopée peuvent d'autre part nuire au rétablissement des communautés de lichen. La diversité de lichen augmente de fait avec l'augmentation du couvert de la canopée.

En contrepartie, les feux de faible sévérité qui réduisent la densité des peuplements sans trop affecter la canopée peuvent dans certains cas favoriser le rétablissement des communautés de lichen. Considérant la modification du régime de feu en raison des conditions climatiques, la diversité de lichen est appelée à diminuer.

La dégradation des communautés de lichen est susceptible d'affecter les populations d'ongulés (p. ex. caribou) qui s'en nourrissent, provoquant ainsi un changement de comportement ou un déplacement des espèces (Miller *et al.*, 2018).

Milieux humides

Les effets des feux de forêt sur les milieux humides sont plus mitigés que sur les milieux terrestres. Les milieux humides boisés peuvent agir comme refuge pour certaines espèces de conifères. L'étude de Dawe *et al.* (2022) réalisée dans les Territoires du Nord-Ouest au Canada considérait, notamment, l'effet des feux de forêt dans des milieux humides boisés. Selon les résultats de leurs recherches, le recrutement des semis après un feu était plus faible dans les milieux humides boisés en comparaison des milieux terrestres. Ce plus bas taux de recrutement initial reflétait le faible couvert arborescent et les nappes phréatiques plus élevées avant le feu, deux facteurs limitants. Une augmentation du taux de recrutement a toutefois été observée dans les années subséquentes, de sorte à atteindre une densité de régénération similaire aux peuplements mixtes et de pins gris 5 ans après le feu. Une croissance de la proportion d'arbustes a notamment été répertoriée dans les milieux humides boisés, entre 3 et 5 ans après le feu. Selon Benscoter *et al.* (2015), les feux sont susceptibles d'améliorer le substrat pour la germination dans les milieux humides par la création de microsites, facilitant ainsi le recrutement au cours des premières années. Par ailleurs, les milieux humides boisés affectés par le feu présentaient un plus haut couvert de bryophytes et lichens dans les trois premières années suivant le feu. Cela s'explique, notamment, par le moins grand impact des feux de forêt dans ce type de milieu.

3.3 Effets des feux de forêt sur la faune terrestre et les habitats

3.3.1 Effets généraux des feux de forêt sur la faune terrestre

3.3.1.1 Déplacement des espèces

Deux types de réactions peuvent être enclenchées chez les espèces fauniques perturbées par les feux de forêt : elles peuvent se déplacer vers des zones non perturbées ou se mettre à l'abri sur place. Les mammifères pouvant parcourir de plus grandes distances, comme la grande faune, ont tendance à se déplacer pour éviter les impacts négatifs à court terme lors d'un feu de forêt. Ils vont ainsi fuir les zones affectées. Les espèces moins mobiles comme les micromammifères et l'herpétofaune chercheront en contrepartie à se réfugier dans des habitats riverains et dans les plans d'eau et les cours d'eau ou, dans certains cas, dans des terriers (Jager *et al.,* 2021).

3.3.1.2 Modification de l'habitat et des ressources

Comme abordé à la section 3.2, les feux de forêt ont des impacts multiples sur les milieux terrestres et humides. La modification de la végétation entraîne à son tour des effets sur la composition des habitats fauniques et sur la faune. Au cours des premières années suivant un feu, la densité de la strate arborescente et de la canopée est généralement diminuée. En contrepartie, le couvert végétal des strates arbustive et herbacée est augmenté (Choi *et al.*, 2014). Davantage de chicots se retrouvent par ailleurs sur les sites brûlés en raison de la combustion partielle des arbres.

La présence d'arbres résiduels vivants, de bois mort et de chicot peut faciliter le retour de la faune terrestre vers un état antérieur à la perturbation (Fisher et Wilkinson, 2005).

Au cours du cycle de succession forestière après un feu, la forêt boréale en Amérique du Nord traverse généralement plusieurs stades de développement. Selon Lee (2002), quatre stades peuvent être distingués : le stade d'initiation (0-10 ans), le stade d'établissement (11-25 ans), le stade d'aggradation (26-75 ans) et le stade mature/vieux (76-125 ans). Le stade d'initiation se caractérise par une forte réduction de la densité des arbres et de la canopée, avec une abondance de débris ligneux au sol. Au cours du stade d'établissement, les espèces d'arbustes et d'herbacées sont à la hausse alors que les graminées diminuent. Environ 25 ans après un feu (stade d'aggradation), la strate arborescente commence à récupérer alors que la densité des arbres et le couvert de la canopée augmentent. Finalement, le stade de maturité est caractérisé par une structure hétérogène de la canopée et des peuplements, de grands arbres, un sous-étage développé, des chicots ainsi que des débris ligneux au sol (Fisher et Wilkinson, 2005).

Même si les études réalisées peuvent être des indicateurs du temps de régénération et des mouvements de la faune, il convient de rappeler que les peuplements brûlés ne sont pas uniformes et diffèrent en fonction de l'intensité et de la sévérité du feu, ainsi que des conditions initiales. La variabilité de la quantité et de la distribution des résidus de feu (arbres résiduels, végétation non brûlée, chicots, débris ligneux, etc.) influence de manière significative l'assemblage des communautés de mammifères après un feu de forêt (Fisher et Wilkinson, 2005). Les troncs d'arbres au sol jouent un rôle important en créant des microclimats et en fournissant des abris contre les prédateurs, ainsi que des sites de nidification (Jager *et al.*, 2021). Ils peuvent toutefois également constituer des obstacles aux déplacements de certaines espèces.

Les feux de forêt qui sont de plus en plus intenses et sévères peuvent, d'autre part, créer de larges parcelles dépourvues d'arbres, de sorte à fragmenter la structure des habitats fauniques. Certaines espèces qui ne sont pas en mesure de franchir de longues distances d'un habitat à l'autre sont ainsi confinées aux parcelles résiduelles non brûlées. D'autres espèces peuvent toutefois profiter des paysages plus diversifiés en utilisant les parcelles brûlées à différentes intensités en fonction du type d'habitats requis au cours de leur cycle de vie (Jager *et al.*, 2021). Les prédateurs bénéficient par ailleurs d'une plus grande visibilité dans les parcelles brûlées, au désavantage de leurs proies qui sont plus exposées (Fredriksson *et al.,* 2023).

En plus de modifier les habitats, les feux de forêt modifient aussi la quantité et la diversité des ressources disponibles pour la faune (Fredriksson *et al.,* 2023). Les types de végétation à succession précoce comme les espèces de feuillus, d'arbustes et d'herbacées peuvent, par exemple, augmenter les réserves de nourriture pour certains mammifères comme les orignaux. La diminution significative d'espèces végétales moins résilientes au feu (p. ex. lichen) peut toutefois diminuer les ressources alimentaires de certaines espèces comme le caribou.

3.3.1.3 Diversité et abondance

Les effets des feux de forêt sur la diversité et l'abondance des espèces fauniques sont liés à l'ampleur des modifications engendrées sur les habitats et les ressources. Les feux de forêt de faible et moyenne intensité qui surviennent à courts intervalles peuvent former de nouveaux types d'habitats qui favorisent la diversité de certaines espèces. Les feux de forêt plus sévères et intenses peuvent toutefois altérer la qualité des habitats d'espèces moins résilientes qui subiront ainsi une baisse de diversité (Santosa et Kwatrina, 2020). La gestion de la forêt qui est effectuée après un feu de forêt (coupe d'arbres, élimination des débris ligneux, plantation, etc.) peut, d'autre part, influencer le rétablissement des communautés fauniques (Choi *et al.*, 2014).

Selon une étude de Santosa et Kwatrina en Indonésie (2020), une diminution du nombre d'espèces et de la richesse a été observée dans les deux premières années suivant un feu, sans toutefois causer d'extinction des communautés de mammifères. Le nombre d'espèces a toutefois augmenté après 4 ans, de sorte à être supérieur à celui des zones non perturbées. En contrepartie, le nombre d'individus était plus bas sur les sites brûlés que sur les sites non affectés.

De manière générale, des études dans la forêt boréale en Amérique du Nord ont répertorié que les micromammifères et les ongulés présentent une plus grande abondance peu de temps après un feu de forêt, qui diminue avec l'âge de régénération des peuplements. Les espèces de lynx et de lièvres sont quant à eux plus rares dans les jeunes peuplements et les forêts matures et plus abondantes dans les peuplements de mi-succession. Pour ce qui est des chiroptères, des sciuridés et des mustélidés, leur abondance s'accroît avec l'âge des peuplements (Fisher et Wilkinson, 2005).

3.3.2 Effets spécifiques des feux de forêt sur les espèces terrestres

3.3.2.1 Faune aviaire

La sévérité des feux de forêt influence de manière significative les effets sur les communautés d'oiseaux nicheurs. Immédiatement après un feu, une baisse de la diversité et de l'abondance des espèces est généralement observée. Des déclins à court terme ont été répertoriés pour les espèces ayant une nidification au sol, probablement en raison des perturbations de la litière de feuilles et de la couverture arbustive (Greenberg *et al.*, 2018). Plusieurs études ont toutefois noté une importante augmentation de la richesse et de la diversité des espèces, ainsi que de l'abondance de 3 à 5 ans après des feux de forêt de moyenne et haute sévérité (Klaus et al., 2010; Rush et al., 2012; Rose and Simons, 2016; Greenberg *et al.*, 2023). Une augmentation des espèces d'oiseaux nichant dans des cavités a notamment été observée après des feux de haute sévérité en raison du plus grand nombre de chicots et de l'ouverture de la canopée (Greenberg *et al.*, 2023). Les oiseaux nicheurs adaptés aux feux, comme le pic à dos noir (*Picoides arcticus*), répondent d'ailleurs positivement aux perturbations récentes des feux de forêt puisqu'ils se nourrissent de larves exposées du fait de la combustion de l'écorce des arbres (Jager *et al*., 2021).

Selon les résultats de l'étude de Greenberg *et al* (2023) qui se déroulait dans le sud des Appalaches en Caroline du Nord aux États-Unis, les résultats pour la diversité, la richesse et l'abondance étaient deux fois plus élevés 3 ans après des feux de forêt de haute sévérité, en comparaison des secteurs non impactés. Une augmentation de ces paramètres a aussi été constatée sur les sites avec des feux de sévérité modérée, mais sur une plus longue période (4 ans après le feu). L'augmentation de ces paramètres était notamment associée à une importante mortalité des arbres et à la régénération d'arbustes, ainsi qu'à une affluence d'espèces dépendantes des perturbations (passerin indigo [*Passerina cyanea*], paruline à flancs marron [*Setophaga pensylvanica*] et tohi à flanc roux [*Pipilo erythrophthalmus*]) et de réactions neutres ou positives des autres espèces. L'ouverture de la canopée est en effet susceptible de favoriser l'établissement de plusieurs espèces qui utilisent ce type d'habitat. En contrepartie, les feux de forêt de faible sévérité ont peu d'influence sur les communautés d'oiseaux nicheurs (Greenberg *et al.*, 2023).

Choi *et al.* (2014) ont pour leur part étudié les effets des feux et de la gestion de la forêt après un feu sur les communautés d'oiseaux nicheurs dans une forêt de pins en Corée. Ils ont ainsi comparé l'abondance et la richesse des communautés dans des peuplements brulés sans intervention après le feu, dans des peuplements brûlés et exploités (récolte du bois après le feu), ainsi que dans des peuplements non perturbés. Les principales activités effectuées après le feu sur les sites exploités étaient la récolte de tous les arbres morts et des chicots, le retrait des débris ligneux ainsi que la plantation de semis de pins.

Les résultats de leurs recherches indiquent que la richesse pour les communautés d'oiseaux nicheurs était plus élevée dans les peuplements non perturbés et qu'elle est demeurée la même pour les périodes étudiées (de 2 à 5 ans et 6 à 8 ans après le feu). La richesse était par ailleurs plus faible dans les peuplements brûlés et exploités, en comparaison des peuplements brûlés non exploités. Pour ce qui est de l'abondance, elle était également plus élevée dans les peuplements non perturbés, mais il n'y avait pas de différence significative entre les peuplements brûlés exploités et non exploités. Similairement à d'autres études, les résultats ont démontré une baisse de la diversité immédiatement après le feu, qui a par la suite augmenté au fil des années. Il n'y avait toutefois pas de réelle modification de l'abondance dans la décennie suivant le feu.

Selon Choi *et al.* (2014), les conclusions sur les plus faibles richesse et abondance observées pour les sites brûlés exploités indiquent que la gestion de la forêt après un feu entrave la restauration des communautés d'oiseaux forestiers qui sont plus pauvres et très différentes des communautés d'origine. L'exploitation forestière de récupération va à l'encontre de plusieurs bénéfices écosystémiques qui découlent des perturbations liées aux feux de forêt. Elle entrave, notamment, la régénération de la végétation, réduit les ressources biologiques et les habitats rares après les perturbations et augmente l'altération des propriétés des sols et de l'eau.

3.3.2.2 Chiroptère

Comme pour les oiseaux, une diminution de l'abondance des chiroptères est généralement observée après un feu de forêt. L'activité des chiroptères sur les sites brûlés varie toutefois en fonction des espèces, de la sévérité du feu et de la densité des arbres restants. La majorité des espèces de chiroptères évitent a priori les forêts denses pour chercher de la nourriture. Elles se perchent souvent dans de grands arbres (vivants ou morts) qui présentent des cavités ou des portions d'écorces qui se détachent (Fisher et Wilkinson, 2005). Selon certaines recherches, les feux de forêt génèrent des chicots qui peuvent être utilisés par les chiroptères (Taillie *et al.*, 2021).

Les espèces qui favorisent les habitats ouverts pour la recherche de nourriture, soit les plus grandes espèces de chauves-souris, sont plus souvent répertoriées sur des sites après des feux de haute sévérité. Dans les forêts denses et fermées, les feux de forêt peuvent ainsi provoquer une augmentation de l'abondance des espèces adaptées aux habitats ouverts. En contrepartie, les espèces qui ont une plus grande tolérance aux habitats fermés, soit les espèces avec des ailes plus petites, plus larges et arrondies qui sont plus agiles dans les forêts denses, seront impactées plus négativement par les feux fréquents ou de hautes sévérités (Jager *et al*., 2021; Taillie *et al.*, 2021).

Peu de recherches ont étudié les effets des feux de forêt sur les chiroptères en fonction des états de succession. De manière générale, l'activité des chauves-souris au cours du stade d'initiation (0-10 ans) semble se limiter à la recherche de nourriture. L'activité est aussi considérée faible au cours des stades d'établissement (11-25 ans) et d'aggradation (26-75 ans). Les chiroptères profitent ainsi davantage des vieilles forêts, où leur abondance est plus importante. Ils utilisent notamment les cavités dans des arbres de large diamètre et peuvent se déplacer plus facilement dans les vieux peuplements moins encombrés en raison de la canopée élevée (Fisher et Wilkinson, 2005).

Selon une étude réalisée par Taillie *et al*. (2021) en Floride aux États-Unis sur les effets des feux sur l'activité des chauves-souris, les variations étudiées correspondent davantage aux caractéristiques des habitats perturbés qu'aux régimes de feux. Les résultats de cette étude ont démontré que les chauves-souris étaient plus actives dans les forêts, où le couvert de la canopée était intermédiaire avec une densité plus grande de la strate arbustive qui permet un meilleur accès aux ressources. Dans les forêts très ouvertes, l'activité était moins importante en raison des ressources moins abondantes et de la plus grande exposition aux prédateurs.

La fréquence des feux de forêt est toutefois susceptible d'influencer l'abondance de chiroptères. Les conclusions de l'étude indiquent en effet que l'activité était plus élevée dans les forêts avec une plus grande fréquence de feux dans les 20 dernières années. Les causes de cette plus grande activité ne sont toutefois pas clairement identifiées, considérant la variabilité des effets de la fréquence des feux de forêt sur la composition et la structure de la végétation.

3.3.2.3 Grande faune

Orignal

Les orignaux présentent généralement une plus grande abondance peu de temps après les feux de forêt, qui diminue dans les stades de succession ultérieurs (Fisher et Wilkinson, 2005). Cette augmentation de l'abondance s'explique notamment du fait de la plus grande disponibilité de fourrage (semis de feuillus, arbustes et herbacées) dans les jeunes stades de succession. Les feux augmentent aussi la productivité et ont donc un impact sur la qualité du fourrage (Fredriksson *et al.*, 2023).

Selon une étude réalisée en Alaska par MacCracken et Vierreck (1990), des orignaux ont été observés sur un site brûlé seulement quelques mois après un feu de forêt et y sont demeurés dans les quatre années suivantes. Certains orignaux qui avaient une exposition limitée à des sites brûlés avant le feu ont par ailleurs élargi leur domaine vital pour y inclure des milieux affectés par le feu. Les peuplements de peupliers faux-trembles affectés par le feu présentaient une abondance de fourrage deux mois après l'incendie, qui était près de 10 fois plus élevée que dans les peuplements matures d'épinettes et de bouleaux.

Une autre étude effectuée dans le nord de la Suède a par ailleurs démontré que la disponibilité du fourrage était plus élevée sur des sites brûlés que sur des milieux non perturbés (Fredriksson *et al.*, 2023). Selon les résultats des recherches, les modifications sur la composition et la quantité de fourrage ont persisté pendant au moins 12 ans après le feu de forêt. Le broutage par les orignaux était plus important au cours de cette période.

Les orignaux peuvent en contrepartie être affectés par la plus grande exposition aux prédateurs dans les habitats plus ouverts (p. ex. jeunes stades de succession), ce qui peut influer sur leur taux de survie et de reproduction pendant les premières années suivant un feu. Les taux de survie et de reproduction sont ainsi plus élevés dans les stades de mi-succession que dans le stade d'initiation (Fisher et Wilkinson, 2005).

Caribou

Le caribou (*Rangifer tarandus*) se nourrit principalement de lichen. Comme mentionné à la section 3.2.2, le lichen a une faible résilience aux feux de forêt et un temps de régénération très long. Selon leur sévérité, les feux de forêt ont généralement tendance à inhiber la croissance du lichen. Même si le caribou se nourrit aussi de végétation arbustive durant l'été, qui est plus abondante dans les secteurs brûlés, le manque de lichen comme source de nourriture hivernale pousse souvent le caribou à éviter les zones brûlées. Le bois mort qui s'accumule au sol sur les sites brûlés agit aussi comme barrière aux déplacements de la grande faune (Fisher et Wilkinson, 2005).

Selon une étude d'Arsenault *et al.* (1997), la consommation de lichen par les caribous est plus importante dans les peuplements de plus de 50 ans que dans les peuplements âgés de 1 à 15 ans et de 31 à 50 ans. La végétation serait ainsi plus propice au retour du caribou au cours du stade d'aggradation (26-75 ans). La présence des caribous semble toutefois être plus importante encore dans les forêts de plus de 90 ans.

Les effets négatifs des feux de forêt sur le caribou sont toutefois de courte durée et les impacts sur les populations qui ont de vastes domaines vitaux sont limités puisque les hardes ont tendance à se déplacer vers des habitats plus propices (Mahoney, 2000). En contrepartie, les feux de forêt peuvent aussi être bénéfiques pour les populations de caribous à long terme dans les plus vieux peuplements. Les mousses sont généralement plus présentes que les lichens dans les peuplements anciens (de plus de 150 ans). Les feux de forêt dans ce type de peuplement peuvent ainsi relancer la succession vers des forêts matures dominées par le lichen (Schaefer et Pruitt, 1991).

3.3.2.4 Micromammifère

Comme les orignaux, une plus grande abondance de micromammifères est constatée peu de temps après un feu de forêt et elle diminue au fil du vieillissement des peuplements perturbés. En général, la majorité des espèces de micromammifères recolonisent les secteurs brûlés au cours des semaines/mois suivant un feu. Les espèces généralistes dominent normalement les jeunes stades de succession alors que les espèces spécialisées dominent les stades ultérieurs. La diversité et la dominance varient donc en fonction du stade de succession. L'abondance diffère d'une espèce à l'autre, mais les diminutions sont généralement occasionnées par l'altération de la couche de débris ligneux au sol et des strates herbacées et arbustives. Les feux fréquents et sévères influencent par ailleurs davantage l'abondance que la diversité (Fisher et Wilkinson, 2005). Ils peuvent notamment inhiber la production de graines qui sont une source de nourriture pour les micromammifères (Jager *et al*., 2021).

Peu de temps après le feu, les communautés de micromammifères au sein de la forêt boréale sont souvent dominées par la souris sylvestre (*Peromyscus maniculatus*), qui peut survivre à des feux de forêt de faible intensité. Étant un omnivore généraliste, la souris sylvestre se nourrit, notamment, de graines qui sont abondantes dans les forêts de conifères. Elle présente par ailleurs une abondance positivement associée au stade d'aggradation, dans les peuplements de 50 à 65 ans. Considérant que les graminées sont plus abondantes dans les jeunes stades de succession, les espèces des prairies comme le campagnol des champs (*Microtus pennsylvanicu*) et la souris sauteuse des champs (*Zapus hudsonius*) colonisent aussi rapidement les sites brûlés dans les premières années suivant un feu (Fisher et Wilkinson, 2005).

3.3.2.5 Autres mammifères

Une diminution de l'abondance des sciuridés, des mustélidés, des canidés et des espèces de lièvres est généralement constatée après un feu de forêt. Les espèces de lynx et de lièvre utilisent davantage les peuplements de mi-succession, mais sont plus rares dans les jeunes ou vieux peuplements. Les sciuridés et les mustélidés connaissent pour leur part une augmentation d'abondance avec le vieillissement des peuplements et sont plus abondants au stade mature/vieux (76-125 ans). Les ours noirs (*Ursus americanus*) utilisent les jeunes stades de succession pour le fourrage, mais préfèrent les forêts matures pour la reproduction (Fisher et Wilkinson, 2005).

Le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) présente une abondance souvent très basse immédiatement après un feu de forêt. Elle augmente toutefois rapidement au fur et à mesure que la végétation arbustive devient plus dense et est plus importante au cours du stade d'établissement (11-25 ans), alors que la végétation fournit un bon couvert. Le couvert arbustif agit notamment comme couvert thermique et comme protection contre les prédateurs. Le lièvre d'Amérique évite ainsi les habitats ouverts où il est plus exposé aux prédateurs. Son abondance diminue avec le vieillissement des peuplements et devient très basse dans les peuplements mixtes de 50 à 65 ans (Fisher et Wilkinson, 2005). Selon une étude de Hutchen et Hodges (2019), l'abondance du lièvre d'Amérique est par ailleurs plus variée dans les grandes parcelles brûlées, où elle est soit absente ou très élevée.

Les parcelles de forêt non affectées ou légèrement brûlées à l'intérieur de grande zone de feux facilitent le déplacement des lièvres vers des sites en régénération présentant une bonne densité de semis, favorisant ainsi leur abondance. La densité des jeunes arbres est en ce sens positivement corrélée à l'abondance de lièvre. En contrepartie, l'abondance du lièvre d'Amérique est faible dans les petites ou moyennes zones brûlées. La disponibilité d'habitats non perturbés adjacents à ces petites zones peut en partie expliquer le phénomène (Hutchen et Hodges, 2019).

Le loup gris (*Canis Lupus*) évite les zones récemment brûlées, mais y retourne relativement rapidement (Fisher et Wilkinson, 2005). Selon une étude en Alaska, les loups ont tendance à éviter les secteurs brûlés pendant les deux premières années suivant la perturbation, mais recommencent à utiliser ces zones au cours de la troisième année (Ballard *et al*., 2000). L'utilisation des sites par les loups varie toutefois en fonction des saisons et l'abondance des proies.

Les espèces de renards recolonisent rapidement les jeunes stades de succession, mais ont une plus grande abondance lors du stade d'établissement (11-25 ans). Ils peuvent bénéficier des feux de forêt considérant qu'ils utilisent des habitats plus fragmentés. Leur abondance diminue toutefois avec le vieillissement des peuplements (Fisher et Wilkinson, 2005).

3.4 Effets des feux de forêt sur la faune aquatique, le benthos et les habitats

3.4.1 Modification des habitats aquatiques

Les effets des feux de forêt sur la faune aquatique sont plutôt indirects et sont fortement liés à l'altération des habitats. Comme abordé aux sections 3.1.2 et 3.1.3, les principaux effets concernent la modification du régime hydrologique (augmentation des débits de crues et modification des débits moyens), du fait du plus grand ruissellement ainsi que l'altération de la qualité de l'eau par l'apport de cendres et l'augmentation des MES et débris (Neary *et al*., 2005). L'ampleur des effets est fonction de la sévérité et de l'intensité des feux de forêt, ainsi que de la superficie du bassin versant et des cours d'eau et plans d'eau affectés. L'influence sur les cours d'eau de tête de petits bassins versants est plus importante que sur les grandes rivières, considérant qu'une plus grande proportion du bassin versant adjacent est susceptible d'être affectée et que le ratio entre la marge du cours d'eau et le volume d'eau est élevé. Les plus grands bassins versants sont plus susceptibles de conserver leurs fonctions. Une plus grande proportion de la forêt demeure en général non perturbée et la végétation riveraine peut ainsi poursuivre son rôle de stabilisation des berges, d'ombrage et de structure d'habitat (Mellon *et al*., 2008).

À court terme, soit dans les mois suivant les feux de forêt, l'apport de cendres dans les cours d'eau peut avoir pour effet de stimuler la décomposition de matière par les microorganismes, de sorte à réduire l'oxygène dissous dans l'eau. La diminution de l'oxygène dissous peut en ce sens conduire à l'asphyxie de certaines espèces aquatiques. Au cours de la phase initiale et de manière intermittente après de fortes précipitations, l'apport de MES et de débris peut aussi avoir un effet négatif sur la productivité primaire et secondaire. À moyen et long termes, l'apport de carbone et de nutriments a toutefois pour effet de stimuler la production de végétation aquatique et l'abondance de benthos (Jager *et al*., 2021).

Les impacts les plus importants pour la faune aquatique découlent des effets à long terme sur l'habitat, notamment du changement de température des cours d'eau en raison de la diminution du couvert végétal, des flux de boues chargées de cendres, de l'augmentation des débits de crues et de la plus grande sédimentation du fait de l'érosion accrue (Neary *et al*., 2005).

3.4.2 Benthos

Après un feu de forêt, l'apport de nutriments et la plus grande exposition au soleil en raison de la réduction du couvert végétal sont susceptibles de stimuler la productivité primaire et donc la production d'algues. La transition vers l'autotrophie peut provoquer une modification dans la composition des groupes de macroinvertébrés benthiques (benthos), passant d'une dominance de déchiqueteurs vers une dominance de filtreurs. La plus grande densité d'algues peut par ailleurs conduire à la présence plus importante de macroinvertébrés de type brouteur, résultant ainsi en une plus grande source de nourriture pour leurs prédateurs (Mellon *et al*., 2008).

Selon l'étude de Mellon *et al.* (2008) réalisée dans le nord-est de l'état de Washington aux États-Unis suivant un feu de forêt de haute intensité, la densité de benthos était significativement plus élevée sur les sites brûlés que sur les sites non perturbés. La diversité de benthos était toutefois plus faible dans les cours d'eau des zones affectées par le feu. Les conclusions de l'étude indiquent par ailleurs que l'effet sur les communautés de benthos des cours d'eau en tête de bassin versant est plus important dans les forêts exploitées ou gérées par rapport aux forêts moins perturbées. Dans ce type de milieu perturbé, l'effet des feux sur le benthos et les habitats aquatiques en aval peut perdurer pendant au moins deux ans après le feu. Une autre étude de Scrimgeour *et al.* (2001) a, pour sa part, démontré que la densité de benthos peut demeurer élevée jusqu'à 15 à 20 ans après un feu, avant de retourner à des valeurs similaires à l'état initial.

3.4.3 Faune aquatique

Les effets des feux de forêt sur la faune aquatique sont, comme les autres composantes, fonction de l'intensité et de la sévérité des feux, ainsi que de la superficie des bassins versants et de la taille des cours d'eau et plan d'eau. La capacité de récupération des communautés aquatiques est plus particulièrement dépendante de la sévérité du feu et de la proportion de forêts affectées dans le bassin versant (Jager *et al*., 2021).

Les feux de forêt peuvent générer plusieurs effets négatifs pour les populations aquatiques. D'une part, l'augmentation de la température des cours d'eau peut affecter la thermorégulation des poissons, plus particulièrement des espèces d'eau froide. L'apport de cendres, la modification des propriétés physicochimiques des sols, l'érosion accrue et le plus grand ruissellement de surface peuvent par ailleurs altérer la qualité de l'eau. L'affluence de débris, de MES et de sédiments dans les cours d'eau est d'une part susceptible d'affecter la faune aquatique en augmentant la turbidité (réduction de pénétration de la lumière) et en conduisant à une réduction de l'oxygène dissous dans l'eau (Jager *et al*., 2021). L'augmentation des concentrations de métaux dans l'eau peut aussi affecter la faune aquatique en altérant les processus biologiques et en se bioaccumulant. Le mercure (Hg) peut être particulièrement nocif puisqu'il change de spéciation (MeHg) et se bioaccumule facilement dans la chair du poisson (Kelly *et al*., 2006). La contamination de l'eau par l'arsenic (As) peut par ailleurs inhiber la fertilité des poissons (Popovych et Gapalo, 2021).

La modification des débits des cours d'eau, notamment des débits de crues, impacte particulièrement les espèces migratrices qui dépendent des débits saisonniers récurrents pour leurs habitudes de reproduction et de migration. L'augmentation moyenne des débits peut toutefois conduire à des modifications hydrogéomorphologiques des rivières qui affectent les habitudes d'alimentation et de reproduction des espèces aquatiques en général (Jager *et al*., 2021).

En contrepartie, les feux de forêt peuvent aussi, dans une certaine mesure, être bénéfiques pour les communautés aquatiques. L'augmentation de la densité de benthos dans les cours d'eau et plans d'eau affectés par les feux de forêt peut favoriser, par exemple, le rétablissement des populations de poissons qui s'en nourrissent (Jager *et al*., 2021).

Comme pour la faune terrestre, la faune aquatique peut se déplacer ou se mettre à l'abri pour se protéger des feux de forêt. Les espèces migratoires ou plus mobiles s'adaptent souvent plus facilement puisqu'elles se déplacent vers des secteurs moins perturbés durant le feu et peuvent ensuite recoloniser les cours d'eau lorsque leurs conditions se stabilisent. Les espèces plus tolérantes ont pour leur part tendance à chercher des refuges dans les secteurs impactés. Des refuges thermiques peuvent être présents en fonction des apports d'eaux souterraines, de l'ombrage riverain et des variations topographiques. Les zones des cours d'eau qui sont protégées de la déposition de limon et les sédiments peuvent par ailleurs servir de refuge pour les invertébrés aquatiques (Jager *et al*., 2021). Les espèces demeurant en place peuvent tolérer des températures plus élevées. Selon Neville *et al.* (2009), la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss)* peut survivre dans des cours d'eau affectés par des feux de forêt sévères.

La capacité des communautés aquatiques de récupérer des feux de forêt est liée au temps de régénération de la végétation riveraine. Le retour à un état similaire aux conditions initiales est aussi fonction de la fréquence des feux. La composition des espèces sur un site brûlé peut différer de l'état antérieur au feu si les perturbations hydrologiques se répètent et freinent la recolonisation des espèces ou si les bassins versants ou cours d'eau ont connu des modifications définitives (Jager *et al*., 2021). Il est aussi possible que les communautés aquatiques ne récupèrent pas et ne reviennent pas aux conditions initiales après un feu de forêt sévère. La disparition de populations de poissons a déjà été observée dans des tronçons de cours d'eau fortement affectés par les feux (Dunham *et al.*, 2003). À long terme, la capacité de récupération dépend du succès de recolonisation par des populations de poissons dans des tronçons ou plans d'eau moins affectés du bassin versant. L'ampleur du réseau hydrographique et la connectivité des cours d'eau du bassin versant impacté peuvent par ailleurs favoriser la résilience des espèces aquatiques. Les petits réseaux hydrographiques avec des cours d'eau et plans d'eau isolés (p. ex. ceux qui sont isolés du cours d'eau principal par des chutes, des barrages anthropiques, des barrages de castors ou des débris) sont donc généralement plus fortement affectés et moins résilients (Jager *et al*., 2021).

4 Conclusion

Les changements climatiques sont susceptibles d'accroître la fréquence et la sévérité des feux de forêt, du fait de l'augmentation globale des températures, de l'allongement des périodes de sécheresse et de la modification de la composition des espèces végétales. La région du Nord-du-Québec, et particulièrement le secteur de Lebel-sur-Quévillon, a été fortement impactée par des feux de forêt d'envergure à l'été 2023. Dans le contexte où cette région, dominée par la forêt boréale, risque d'être de plus en plus affectée par des feux de forêt, il importe d'identifier les effets principaux des feux de forêt sur les milieux naturels pour mieux comprendre le contexte d'insertion du Projet. La présente revue de littérature est une première étape du programme de biodiversité de GMW, qui vise à documenter ces effets afin d'identifier les composantes qui devraient faire l'objet d'études environnementales complémentaires aux environs du site du Projet.

Selon la littérature consultée, l'amplitude des effets des feux de forêt est très variable en fonction des conditions initiales du milieu (végétation, faune, géologie et structure du sol, perturbations antérieures, etc.), de la sévérité et de l'intensité des feux. Les tendances observées permettent toutefois d'identifier des effets généraux sur le sol, l'eau de surface, la végétation ainsi que la faune terrestre et aquatique.

Les feux de forêt peuvent altérer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Le dénudement des sols et la déposition de cendres peuvent, d'une part, contribuer à l'imperméabilisation et à la compaction des sols, accentuant les phénomènes de ruissellement et d'érosion. La déposition d'une couche de cendre de même que la combustion de la végétation et de la matière organique peuvent, d'autre part, conduire à une augmentation du pH, à la modification des réserves de nutriments (N, P, K, K_2O) et à l'augmentation de la concentration des métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Mn, Mg, Zn, Fe, Al, Si, Ni, Co, As) dans le sol.

L'augmentation du ruissellement causée est susceptible d'augmenter les débits de crues et les débits moyens dans les cours d'eau des zones affectées. Le ruissellement combiné à l'érosion des sols ainsi qu'à l'apport de cendres et de débris ligneux peut également altérer la qualité de l'eau de surface. Les effets répertoriés concernent l'augmentation des MES et de la turbidité, de la concentration des métaux, du pH, du carbone organique dissous et des certains nutriments ainsi que la diminution de l'oxygène dissous. Les feux de forêt peuvent par ailleurs provoquer une augmentation de la température des cours d'eau et plans d'eau à court terme après le passage du feu, et à moyen terme du fait de la diminution du couvert végétal. L'ampleur des effets sur l'eau de surface dépend de la superficie du bassin versant et de l'importance du réseau hydrographique.

Les effets des feux de forêt sur la végétation sont fortement liés à la sévérité des feux. Les premiers effets constatés sont la réduction de la densité des arbres et du couvert de la canopée ainsi que la modification de l'abondance et de la diversité des espèces. Certaines espèces pionnières peuvent rapidement recoloniser les sites brûlés, alors que d'autres espèces sont moins résilientes et prendront plus de temps à se régénérer (p. ex. lichen). Dans la forêt boréale, les jeunes stades de succession sont dominés par les feuillus (peuplier faux-tremble et bouleau). Dans le contexte où les feux de forêt sont de plus en plus intenses et sévères et où les conditions sont plus sèches et chaudes, une transition d'une dominance de conifères vers une dominance de feuillus est observée en Amérique du Nord. Certaines études indiquent, à ce sujet, une perte de résilience de l'épinette noire. Finalement, l'augmentation des concentrations et de la biodisponibilité des métaux dans le sol peut accroître l'adsorption et l'absorption des métaux par les plantes.

La modification des habitats affecte la faune terrestre en fonction des différents cycles de succession. De manière générale, une diminution globale du nombre d'espèces est observée dans les deux premières années. L'altération des habitats entraine, comme pour la végétation, une modification de la composition des espèces. Les premières années suivant le feu, l'abondance de micromammifères et d'orignaux est plus élevée. Les micromammifères profitent notamment de la reprise rapide des herbacées et des abris créés par les débris ligneux. Les orignaux sont quant à eux rapidement de retour sur les sites perturbés (quelques mois plus tard) pour profiter de l'importante quantité de fourrage. Une diminution de la richesse et de l'abondance des oiseaux, des chiroptères, des lièvres, des canidés, des mustélidés et des caribous est toutefois observée au cours des premières années suivant le feu. La diversité et la richesse de la faune aviaire augmentent généralement de 3 à 5 ans après le feu. L'abondance du lièvre augmente pour sa part au fil de la reprise de la végétation de la strate arbustive, lorsqu'un couvert adéquat est rétabli. Le caribou a quant à lui tendance à délaisser les sites brûlés en raison du long temps de récupération du lichen, sa principale source de nourriture.

Les effets sur la faune aquatique sont plus marqués dans les mois suivant le feu, notamment en raison de l'augmentation de la température et des MES ainsi que de la diminution de l'oxygène dissous. Les modifications qui persistent dans le temps sont celles qui influeront toutefois davantage sur la capacité de récupération des communautés aquatiques. En raison des plus grands apports de nutriments, une croissance rapide d'algues et de la densité des communautés de benthos est généralement observée. Cette densité élevée de benthos peut perdurer pendant 15 à 20 ans.

Références bibliographiques

- ANDREU, V., RUBIO, J.L., FORTEZA, J. ET CERNI, R. 1996. « Post fire effects on soil properties and nutrient losses ». *International Journal of Wildland Fire*, vol.6, p. 53–58.
- ARSENEAULT, D., VILLENEUVE, N., BOISNEAU, C., LEBLANC, Y. ET DESHAYE, J. 1997. « Estimating lichen biomass and caribou grazing on the wintering grounds of northern Quebec: an application of fire history and Landsat data ». *Journal of Applied Ecology*, vol.34, p. 65–78.
- BALLARD, W.B., KRAUSMAN, P.R., BOE, S., CUNNINGHAM, S. ET WHITLAW, H.A. 2000. « Short-term response of grey wolves, Canis lupus, to wildfire in Northeastern Alaska ». *Canadian Field-Naturalist*, vol.114, p. 241–247.
- BALTZER, J. L., *et al*. 2021. « Increasing fire and the decline of fire adapted black spruce in the boreal forest ». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol.118 (45).
- BENDA, L., POFF, N.L., MILLER, D. DUNNE, T., REEVES, G., PRESS, G. ET POLLOCK, M. 2004. « The network dynamics hypothesis: How channel networks structure riverine habitats ». *Bioscience*, vol.54, p. 413-427
- BERGERON, E. ET MARTEL, M.-È. 2023. « Dix fois plus d'hectares ont brûlé au Canada en 2023 que sur toute une décennie ». *Le Devoir*, 6 juillet 2023. En ligne : https://www.ledevoir.com/environnement/794141/dix-fois-plus-d-hectares-ont-brule-au-canada-en-2023-que-sur-toute-une-decennie. Consulté le 12 septembre 2023.
- BODÍ, M.B., DOERR, S.H., CERDÀ, A. ET MATAIX-SOLERA, J. 2012. « Hydrological effects of a layer of vegetation ash on underlying wettable and water repellent soil ». *Geoderma,* vol.191, p. 14–23.
- BODÍ, M. B., MARTIN, D. A., BALFOUR, V. N. ET SANTÍN, C. 2014. « Wildland fire ash: production, composition and eco-hydro-geomorphic effects ». *Earth-Science Reviews*, vol.130, p. 103-127.
- CERTINI, G. 2005. « Effects of fire on properties of forest soils: a review ». *Oecologia,* vol.143, p. 1-10.
- CHOI, C.-Y., LEE, E.-J., NAM, H.-Y., LEE, W.-S. ET LIM, J.-H. 2014. « Temporal changes in the breeding bird community caused by post-fire treatments after the samcheok forest fire in korea ». *Landscape and Ecological Engineering,* vol.10 (1), p. 203–214.
- CONEDERA, M., PETER, L., MARXER, P., FORSTER, F., RICKENMANN, D. ET RE, L. 2003. « Consequences of forest fires on the hydrogeological response of mountain catchments: a case study of the Riale Buffaga, Ticino, Switzerland ». *Earth Surface Processes and Landforms*, vol.28 (2), p. 117–129.
- DAHM, C. N., CANDELARIA-LEY, R. I., REALE, C. S., REALE, J. K. ET VAN HORN, D. J. 2015. « Extreme water quality degradation following a catastrophic forest fire ». *Freshwater Biology*, vol.60 (12), p. 2584–2599.
- DAWE, D. A., PARISIEN, M.-A., VAN DONGEN, A. ET WHITMAN, E. 2022. « Initial succession after wildfire in dry boreal forests of northwestern North America ». *Plant Ecology: An International Journal*, vol.223 (7), p. 789–809.

- DEBANO, L.F. 1990. *Effects of fire on soil resource in Arizona chaparral. Effects of fire management of southwestern natural resources.* Gen. Tech. Rep. RM- 191. Fort Collins, United States. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 65–77.
- Dunham, J. Riemanm B. ET Chandler, G. 2003. « Influences of temperature and environmental variables on the distribution of bull trout within streams at the southern margin of its range ». *North American Journal of Fisheries Management*, vol.23, p.894-904.
- DUNHAM, J.B., ROSENBERGER, A.E., LUCE, C.H. ET RIEMAN, B.E. 2007. « Influences of wildfire and channel reorganization on spatial and temporal variation in stream temperature and the distribution of fish and amphibians ». *Ecosystems*, vol.10, p. 335-346.
- EBEL, B.A., MOODY, J.A. ET MARTIN, D.A. 2012. « Hydrologic conditions controlling runoff generation immediately after wildfire ». *Water Resources Research*, vol. 48 (3).
- EBEL, B.A., WAGENBRENNER, J.W., KINOSHITA, A.M. ET BLADON, K.D. 2022. « Hydrologic recovery after wildfire: A framework of approaches, metrics, criteria, trajectories, and timescales ». *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, vol.70 (4), p. 388-400.
- Emelko, M.B. *et al.* 2016. « Sediment-phosphorus dynamics can shift aquatic ecology and cause downstream legacy effects after wildfire in large river systems ». *Global Change Biology,* vol.22, p. 1168–1184.
- FISHER, J. et WILKINSON, L. 2005. « The response of mammals to forest fire and timber harvest in the north american boreal forest ». *Mammal Review*, vol.35 (1), p. 51–81.
- FREDRIKSSON, E., WALLGREN, M. ET LÖFROTH, T. 2023. « Wildfire and prescribed burning impact moose forage availability and browsing levels in the northern boreal forest ». *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol.38 (1), p. 58–69.
- GREENBERG, C.H., TOMCHO, J., LIVINGS-TOMCHO, A., LANHAM, J.D., WALDROP, T.A., SIMON, D. ET HAGAN, D. 2018. « Long-term avian response to fire severity, repeated burning, and mechanical fuel reduction in upland hardwood forest ». *Forest Ecology and Management*, vol.424, p. 367–377.
- GREENBERG, C. H., MOORMAN, C. E., ELLIOTT, K. J., MARTIN, K., HOPEY, M., ET CALDWELL, P. V. 2023. « Breeding bird abundance and species diversity greatest in high-severity wildfire patches in central hardwood forests ». *Forest Ecology and Management*, vol.529.
- HAMPTON, T. B., LIN, S. ET BASU, N. B. 2022. « Forest fire effects on stream water quality at continental scales: a meta-analysis ». *Environmental Research Letters*, vol.17 (6).
- HEATH, J., CHAFER, C., VAN OGTROP, F. ET BISHOP, T. 2014. « Post-wildfire recovery of water yield in the Sydney Basin water supply catchments. An assessment of the 2001/2002 wildfires »: *Journal of Hydrology*, vol.519, p. 1428–1440.
- HUTCHEN, J. ET HODGES, K. E. 2019. « Impact of wildfire size on snowshoe hare relative abundance in southern british columbia, canada ». *Fire Ecology*, vol.15(1), p. 1–12.
- JAGER, H.I., LONG, J.W, MALISON, R.L., MURPHY, B.P., RUST, A. SILVA, L.G.M., SOLLMAN, R., STEEL, Z.L., BOWEN, M.D., DUNHAM, J.B., EBERSOLE, J.L. ET FLITCROFT, R.L. 2021. « Resilience of terrestrial and aquatic fauna to historical and future wildfire regimes in western North America ». *Ecology and Evolution*, vol.11 (18), p. 12259–12284.

- JAYEN, K., LEDUC, A. ET BERGERON, Y. 2006. « Effect of fire severity on regeneration success in the boreal forest of northwest Quebec, Canada », *Ecoscience*, vol.13 (2), p. 143–151.
- KELLY, E. N.; SCHINDLER, D. W.; ST LOUIS, V. L.; DONALD, D. B. ET VLADICKA, K. E. 2006. « Forest fire increases mercury accumulation by fishes via food web restructuring and increased mercury inputs ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol.103, p. 19380−19385.
- KHANNA, P.K., RAISON, R.J. ET FALKINER, R.A. 1994. « Chemical properties of ash derived from Eucalyptus litter and its effects on forests soils ». *Forest Ecology and Management,* vol.66, p. 107–125.
- KLAUS, N.A., RUSH, S.A., KEYES, T.S., PETRICK, J. ET COOPER, R.J. 2010. « Short-term effects of fire on breeding birds in southern Appalachian upland forests ». Wilson Journal of Ornithology, vol.122, p. 518–531.
- KRASNOSHCHEKOV, Y. N., EVDOKIMENKO, M. D. ET CHEREDNIKOVA, Y. S. 2013. « Effect of fires on the ecosystems of subtaiga forest-steppe forests in the southwestern Baikal region ». *Contemporary Problems of Ecology*, vol.6 (5), p. 477–485.
- KUNZE, M.D. ET STEDNICK, J.D. 2006. « Streamflow and suspended sediment yield following the 2000 Bobcat fire, Colorado ». *Hydrological Processes*, vol.20, p. 1661–1681.
- LEE, P. (2002) « Stages of forest succession ». *The Ecological Basis for Stand Management Alberta*, p. 3.1–3.3.
- LI, H.-H., TSUI, M. T.-K., KU, P., CHEN, H., YIN, Z., DAHLGREN, R. A., PARIKH, S. J., WEI, J., HOANG, T. C., CHOW, A. T., CHENG, Z. ET ZHU, X.-M. 2022. « Impacts of forest fire ash on aquatic mercury cycling ». *Environmental Science & Technology*, vol.56 (16), p. 11835–11844.
- MABUHAY, J. A., ISAGI, Y. ET NAKAGOSHI, N. 2006. « Wildfire effects on microbial biomass and diversity in pine forests at three topographic positions ». *Ecological Research*, vol.21, p. 54-63.
- MACCRACKEN, J.G. ET VIERECK, L.A. 1990. « Browse regrowth and use by moose after fire in interior Alaska (USA) ». *Northwest Science*, vol.64, p. 11–18.
- MACKENZIE, M. D.; DELUCA, T. H. ET SALA, A. 2004. « Forest structure and organic horizon analysis along a fire chronosequence in the low elevation forests of western Montana ». *Forest Ecology and Management,* vol.203, p. 333–343.
- MAHONEY, S.P. 2000. « A Synthesis and Interpretation of the Biology of Woodland Caribou on the Island of Newfoundland ». Report for the Government of Newfoundland and Labrador, Inland Fish & Wildlife Division. Volume 14.
- MAROZAS, V., ARMOLAITIS, K.S. ET ALEINIKOVIENĖ, J. 2013. « Changes of ground vegetation, soil chemical properties and microbiota following the surface fires in Scots pine forests ». *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, vol.21 (1), p. 67-75.
- MELLON, C., WIPFLI, M. ET LI, J. 2008. « Effects of forest fire on headwater stream macroinvertebrate communities in eastern Washington, USA». *Freshwater Biology*, vol.53 (11), p. 2331–2343.
- MILLER, J. E. D., ROOT, H. T. ET SAFFORD, H. D. 2018. « Altered fire regimes cause long-term lichen diversity losses ». *Global Change Biology*, vol.24 (10), p. 4909–4918.

- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP). 2023. *Faits saillants*. En ligne : https://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2023/juin.htm#:~:text=Le%20total%20de%20pluie%20mensuel,au%20total%20de%20juin%201995. Consulté le 9 novembre 2023.
- MITIC, V. D., STANKOV JOVANOVIC, V. P., ILIC, M. D. ET NIKOLIC MANDIC, S. D. 2015. « Impact of wildfire on soil characteristics and some metal content in selected plants species of geraniaceae family ». *Environmental Earth Sciences*, vol.73 (8), p. 4581–4594.
- MOODY, J. A., SHAKESBY, R. A., ROBICHAUD, P. R., CANNON, S. H. ET MARTIN, D. A. 2013. « Current research issues related to post-wildfire runoff and erosion processes ». *Earth-Science Reviews*, vol.122, p. 10-37.
- NEARY, D.G., KLOPATEK, C.C, DEBANO, L.F. ET FFOLLIOTT, P.F. 1999. « Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis ». *Forest Ecology Management*, vol.122, p. 51–71 .
- NEARY, D. G.; RYAN, K. C. ET DEBANO, L. F., 2005. *Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol.4. Ogden, United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 250 p.
- NEVILLE, H., DUNHAM, J. ROSENBERG, A., UMEK, J. ET NELSON, B. 2009. « Influence of Wildfire, Habitat Size and Connectivity on Trout in Headwater Streams Revealed by Patterns of Genetic Diversity ». Transactions of the American Fisheries Society, vol.138, p. 1314-1327.
- NOLAN, R.H., LANE, P.N., BENYON, R.G., BRADSTOCK, R.A. ET MITCHELL, P.J. 2015. « Trends in evapotranspiration and streamflow following wildfire in resprouting eucalypt forests ». *Journal of Hydrology*, vol.524, p. 614–624.
- PAUSAS, J. G. ET KEELEY, J. E. 2014. « Evolutionary ecology of resprouting and seeding in fire-prone ecosystems ». *New Phytologist*, vol.204 (1), p. 55-65.
- PEREIRA, P., ÚBEDA, X., MARTIN, D.A., MATAIX-SOLERA, J., CERDÀ, A. ET BURGUET, M. 2013. « Wildfire effects on extractable elements in ash from a Pinus pinaster forest in Portugal ». *Hydrological Processes*, vol.28 (11), p. 3681-3690.
- POPOVYCH, V. ET GAPALO, A. 2021. « Monitoring of Ground Forest Fire Impact on Heavy Metals Content in Edafic Horizons ». *Journal of Ecological Engineering*, vol.22 (5), p. 96-103.
- RAISON, R.J., KHANNA, P.K., JACOBSEN, K.L.S., ROMANYA, J. ET SERRASOLSES, I. 2009. « Effect of fire on forest nutrient cycles ». *Science Publishers*, pp. 225–256.
- ROSE, E.T. ET SIMONS, T.R. 2016. « Avian response to fire in pine-oak forests of Great Smoky Mountains National Park following decades of fire suppression ». *Condor 118*, p. 179–193.
- RUSH, S., KLAUS, N., KEYS, T., PETRICK, J. ET COOPER, R. 2012. « Fire severity has mixed benefits to breeding bird species in the southern Appalachians ». *Forest Ecology and Management*, vol.263, p. 94–100.
- RUST, A.J., HOGUE, T.S., SAXE, S. ET MCCRAY, J. 2018. « Post-fire water-quality response in the western United State ». *International Journal of Wildland Fire*, vol.27, p. 203-216.

- RUST, A.J., RANDELLE, J. TODD, A.S. ET HOGUE, T.S. 2019. « Wildfire impacts on water quality, macroinvertebrate, and trout populations in the Upper Rio Grande ». *Forest Ecology and Management*, vol.453, 117636.
- SANTOSA, Y ET KWATRINA, R.T. 2020. « Effect of forest fire on mammals: comparisons of species diversity on different time-period and area », vol.528 (1).
- SCHAEFER, J.A. ET PRUITT, W.O. JR. 1991. « Fire and woodland caribou in southeastern Manitoba (Canada) ». *Wildlife Monographs*, vol.116, p. 1–39.
- SCHULTZ, L.D. HECK, M.P., HOCKMAN-WERT, D., ALLAI, T., WENGER, S., COOK, N.A. ET DUNHAM, J.B. 2017. « Spatial and temporal variability in the effects of wildfire and drought on thermal habitat for a desert trout ». *Journal of Arid Environnements*, vol.145, p.60-68.
- SCRIMGEOUR, G.J. TONN, W.M. PASZKOWSKI, C.A. ET GOATER, C. 2001. « Benthic macroinvertebrate biomass and wildfires: Evidence for enrichment of boreal subartic lakes ». *Freshwater Biology*, vol.46, p. 367-378.
- SOCIÉTÉ DE PROTECTION DES FORÊTS CONTRE LE FEU (SOPFEU). 2023. *Accueil*. En ligne : https://sopfeu.qc.ca/. Consulté le 12 septembre 2023.
- Taillie, P. J., Braun de Torrez, E. C., Potash, A. D., Boone IV, W. W., Jones, M., Wallrichs, M. A., Schellenberg, F., Hooker, K., Ober, H. K. et McClure, R. A. 2021. « Bat activity response to fire regime depends on species, vegetation conditions, and behavior ». *Forest Ecology and Management*, vol.502.
- Zhang, W. 2017. *Effects of Prescribed Forest Fire on Water Quality and Aquatic Biota in the Southeastern United States*. Theses, Clemson University. 82 p. et ann.

ANNEXE

B

RÉSUMÉ DES CONSULTATIONS

GROUPE MINIER WINDFALL

PROJET MINIER WINDFALL

PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ – RÉSUMÉ DES CONSULTATIONS

TERRITOIRE D'EEYOU ISTCHEE BAIE-JAMES

NOVEMBRE 2023

RÉFÉRENCE WSP : CA0004658.7070

VERSION FINALE



GROUPE MINIER WINDFALL

PROJET MINIER WINDFALL

PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ – RÉSUMÉ DES CONSULTATIONS

TERRITOIRE D'EEYOU ISTCHEE BAIE-JAMES

VERSION FINALE

RÉFÉRENCE WSP : CA0004658.7070

NOVEMBRE 2023

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

TÉLÉPHONE : +1-418-623-2254
TÉLÉCOPIEUR : +1-418-624-1857

WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Émilie Deschênes Dénommé, M. Env.
Chargée de projet

20 novembre 2023
Date

RÉVISÉ PAR



Marie-Hélène Brisson, biologiste
Directrice de projet

20 novembre 2023
Date

LIMITATIONS

WSP Canada Inc. (« WSP ») a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire Groupe Minier Windfall, conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de terminer ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, comme indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

CLIENT

GROUPE MINIER WINDFALL

Directeur, Relations communautaires et ESG	Jean-François Belleau
Agent de liaison	Danny Happyjack
Vice-présidente, Environnement et Relations communautaires	Andréanne Boisvert, géographe, M.A.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Marie-Hélène Brisson, biologiste
Professionnelle, études d'impacts	Émilie Deschênes Dénommé, M. Env.
Édition	Linette Poulin

RÉFÉRENCE À CITER

WSP. 2023. Projet Minier Windfall. Programme de biodiversité – Résumé des consultations. Territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Rapport produit pour Groupe Minier Windfall. Référence WSP : CA0004658.7070. 8 pages.

TABLE DES MATIÈRES

1 Compte rendu de la consultation – Milieu autochtone 1

1.1 Information de la consultation 1

1.2 Déroulement de la consultation 1

1.3 Questions et réponses 2

2 Compte rendu de la consultation – Milieu allochtone 5

2.1 Information de la consultation 5

2.2 Déroulement de la consultation 5

2.3 Questions et réponses 6

Tableaux

Tableau 1-1 Consultation de la Première Nation des Cris de Waswanipi 1

Tableau 1-2 Faits saillants de la consultation de la PNCW 4

Tableau 2-1 Consultation de la ville de Lebel-sur-Quévillon 5

Tableau 2-2 Faits saillants de la consultation de Lebel-sur-Quévillon 8

1 Compte rendu de la consultation – Milieu autochtone

1.1 Information de la consultation

L'un des objectifs du programme de biodiversité du projet minier Windfall (le Projet) est d'intégrer les intérêts et préoccupations de la communauté dans le développement du programme. Pour ce faire, Groupe Minier Windfall (GMW) a réalisé des consultations auprès de la principale communauté concernée, soit la Première Nation des Cris de Waswanipi (PNCW). Le tableau 1-1 présente les informations de la consultation effectuée auprès de la communauté de Waswanipi.

Tableau 1-1 Consultation de la Première Nation des Cris de Waswanipi

INFORMATION DE LA CONSULTATION	
Date:	2023-11-06
Horaire	11 h 30 à 12 h : Rencontre avec la Cheffe de la PNCW
	12 h à 13 h : Rencontre avec le Directeur des Ressources naturelles de la PNCW
	18 h 20 à 19 h : Présentation du programme de biodiversité
	19 h à 19 h 40 : Séance de questions et réponses
Lieu de la rencontre:	Centre communautaire de Waswanipi
Document:	Présentation PowerPoint : Programme de biodiversité (annexe C du programme de biodiversité)
Présents à la rencontre	**Présentateur et facilitateur – Groupe Minier Windfall** — Jean-François Belleau, Directeur Relations communautaires & ESG — Danny Happyjack, Agent de liaison **Consultante - WSP** — Émilie Deschênes Dénommé, Professionnelle - Études d'impacts

1.2 Déroulement de la consultation

La présentation aux membres de la PNCW a débuté à 18 h 20. Au total, six personnes ont participé à l'activité de consultation. Le maître de trappage du terrain W25B et sa conjointe (M. Marshall Icebound et Mme Judy Trapper) étaient tous deux présents, de même qu'un maître de trappage d'un terrain plus au sud du projet, aussi accompagné de sa conjointe. Un autre membre de la PNCW était présent à la rencontre. Le maître de trappage du terrain W26 (M. William Dixon) est par ailleurs arrivé à la toute fin de la rencontre. Le représentant de GMW, M. Jean-François Belleau, lui a ainsi fait une présentation personnalisée.

M. Belleau a débuté la présentation en expliquant le contexte ayant conduit à l'élaboration du programme de biodiversité. Il a mentionné que l'objectif principal de la consultation était de recueillir leurs commentaires sur les études proposées. Il a aussi précisé que des rencontres individuelles avaient été tenues au cours de l'après-midi avec la Cheffe de la PNCW, Mme Irene Neeposh, et le Directeur des Ressources naturelles de la PNCW, M. Steven Blacksmith.

Il a poursuivi avec la présentation du programme de biodiversité (annexe C du programme de biodiversité) qui incluait les éléments suivants : une mise en contexte de la situation sur les feux de forêt, les objectifs du programme, les principaux effets des feux de forêt sur le milieu naturel, les études environnementales proposées ainsi que l'échéancier.

À la fin de la présentation, les participants ont été invités à poser leurs questions et émettre leurs commentaires. Le résumé des questions, commentaires, préoccupations et suggestions soulevés lors de la présentation et des consultations individuelles est présenté à la section 1.3.

1.3 Questions et réponses

Les commentaires reçus concernant le programme de biodiversité et sa présentation sont, dans l'ensemble, positifs. Les principales interventions ayant eu lieu lors de la présentation sont résumées ci-après.

- Au cours de la présentation, M. Belleau mentionne que la Cheffe a indiqué qu'il était difficile d'étudier le lièvre sans aussi étudier le lynx. Il demande aux participants s'ils jugent important de réaliser un suivi pour le lynx.
  - Une participante (Mme Trapper) répond qu'elle juge important d'étudier le lynx, car il fait toujours partie de leur alimentation.
- Une participante (Mme Trapper) suggère d'impliquer des membres de la communauté, particulièrement des jeunes, dans la collecte de données sur le terrain. Elle dit que ce pourrait être un moyen pour les jeunes d'apprendre comment effectuer des inventaires et des échantillonnages. Elle ajoute que cela pourrait être fait par le biais d'un programme spécifique développé en collaboration avec GMW.
  - M. Belleau mentionne que c'est une idée intéressante.
- La même participante propose que GMW participe à la journée carrière qui se déroule annuellement dans la communauté. Elle ajoute que ce pourrait être une bonne occasion de présenter ce programme spécifique pour les jeunes.
- Un participant indique qu'il possède un terrain de trappage au sud du lac Barry. Il mentionne que certains cours d'eau s'écoulent vers le sud, en direction de Senneterre, alors que d'autres s'écoulent vers le nord. Il se questionne sur l'effet des feux sur l'eau en fonction du sens d'écoulement des cours d'eau. Il précise qu'il n'a pas encore vu d'effet sur les cours d'eau de son terrain de trappe.
  - Une participante (Mme Trapper) mentionne que WSP a réalisé des études sur le sens d'écoulement des cours d'eau.
- L'agent de liaison de GMW (M. Danny Happyjack) mentionne qu'il a vu beaucoup plus d'orignaux sur son terrain de trappage depuis le feu. Il mentionne qu'il a observé, lors du survol de son terrain de trappage en avion, qu'il y avait aussi beaucoup plus de surfaces rocheuses visibles. Il précise qu'environ 75 % de son terrain de trappage a été brûlé.
- Une participante (Mme Trapper) mentionne qu'il est plus facile de faire le suivi du lièvre et du lynx en hiver. Elle suggère de réaliser des études sur ces deux espèces au cours de la période hivernale.
- La même participante mentionne qu'elle a recommencé à trapper le lièvre depuis le feu, mais qu'elle n'a rien vu pour le moment. Elle dit que certains de ses secteurs de trappage ont été brûlés, mais qu'il y a des secteurs non brûlés à l'arrière. Elle ajoute qu'elle pourra voir si les lièvres reviennent d'ici quelques semaines.

- Cette même participante indique qu'elle a observé des traces de caribou à l'est du site depuis le feu.
- Le maitre de trappage, M. William Dixon (W26), mentionne que jadis, son père avait coutume d'utiliser des secteurs brûlés qui étaient plus productifs pour les orignaux. Il mentionne qu'il n'a pas vu de différence pour la présence des orignaux sur son terrain de trappage depuis le feu de forêt. Il fait remarquer que les feux de forêts ont rendu plusieurs affleurements rocheux accessibles, ce qui peut faciliter la prospection.
- Ce même participant indique qu'il ne laissera pas les compagnies forestières couper les arbres brûlés sur son terrain de trappage. Il dit qu'il se servira des secteurs brûlés pour la cueillette de bleuets. Il mentionne que les orignaux et les ours sont déjà revenus près de son camp. Il ajoute que lorsque les arbres sont coupés dans les secteurs brûlés, qu'il ne voit plus d'ours et d'orignaux. Il indique que les arbres qui repoussent naturellement dans les secteurs brûlés grandissent plus vite que les arbres plantés.
- Le même participant mentionne qu'il a observé des orignaux qui mangeaient en bordure de la route dans un secteur non brûlé. Il ajoute qu'il a aussi vu sept loups près de son camp (dans un secteur brûlé).

La Cheffe de la PNCW s'est aussi dite satisfaite du programme de biodiversité présenté par GMW lors d'une rencontre individuelle. Elle a mentionné apprécier l'implication du maître de trappage du terrain W25B et de sa conjointe pour l'élaboration de l'étude sur les plantes (bleuet et thé du Labrador). Elle a toutefois suggéré d'ajouter le lynx dans les études puisqu'il est lié à la présence du lièvre.

Le Directeur des Ressources Naturelles de la PNCW (aussi rencontré individuellement) a suggéré d'ajouter une collaboration avec la communauté pour une étude sur l'orignal. Il a mentionné que la communauté souhaitait entreprendre une étude avec des colliers GPS et qu'elle était présentement en train de regarder pour le financement de cette étude.

Les faits saillants des questions, commentaires, préoccupations et suggestions soulevés lors de la consultation sont présentés par composante au tableau 1-2.

Tableau 1-2 Faits saillants de la consultation de la PNCW

Composante	Type d'intervention	Question / Commentaire / Préoccupation / Suggestion
Effets des feux de forêt sur le milieu naturel et la faune	Commentaire / Préoccupation	Préoccupation quant à l'effet des feux de forêt sur les cours d'eau au sud du projet. Mention qu'aucun effet n'a été observé jusqu'à maintenant.
	Commentaire	Observation d'un plus grand nombre d'orignaux sur un terrain de trappage brûlé sur 75 % de sa superficie. Meilleure visibilité de la roche au sol dans les secteurs brûlés.
	Commentaire	Mention de la reprise des activités de trappage du lièvre dans des secteurs brûlés, sans succès jusqu'à maintenant.
	Commentaire	Observation de traces de caribou à l'est du site Windfall depuis le feu.
	Commentaire	Mention que les secteurs brûlés étaient jadis reconnus comme des secteurs plus productifs pour les orignaux.
	Commentaire	Commentaire à l'effet qu'aucun changement n'a été observé quant au nombre d'orignaux observés sur l'un des terrains de trappage depuis le feu.
	Préoccupation / commentaire	Préoccupation quant aux possibles coupes forestières dans les secteurs brûlés. Mention que les arbres repoussent plus rapidement lorsqu'il n'y a pas de coupe, que les ours et orignaux reviennent plus rapidement et que ce sont des secteurs utilisés pour la cueillette de bleuets.
	Commentaire	Observation de sept loups près d'un camp de trappage, dans un secteur brûlé.
Études environnementales	Suggestion	Suggestion d'étudier le lynx en raison de son lien avec le lièvre (mentionné par une personne et corroboré par une deuxième).
	Suggestion	Suggestion de développer un programme pour impliquer les jeunes de la communauté lors des inventaires et échantillonnages sur le terrain.
	Suggestion	Suggestion de participer à la journée carrière de la communauté pour promouvoir ce potentiel programme d'implication des jeunes.
	Suggestion	Suggestion de réaliser le suivi du lièvre et du lynx en hiver puisque c'est une période plus propice.
	Suggestion	Suggestion d'un appui financier à la PNCW pour mettre en œuvre une étude sur les orignaux (avec colliers GPS).
Développement du programme de biodiversité	Commentaire	Mention de la satisfaction face au programme de biodiversité et à l'implication d'un maître de trappage et de sa conjointe pour le développement de l'étude sur les plantes (bleuet et thé du Labrador).

2 Compte rendu de la consultation – Milieu allochtone

2.1 Information de la consultation

Considérant la proximité du Projet avec la ville de Lebel-sur-Quévillon, GMW a également organisé une consultation pour le programme de biodiversité avec le conseil municipal et les citoyens. Les informations sur cette consultation sont présentées au tableau 2-1.

Tableau 2-1 Consultation de la ville de Lebel-sur-Quévillon

INFORMATION DE LA CONSULTATION	
Date :	2023-11-08
Horaire :	18 h à 18 h 30 : Présentation du programme de biodiversité
	18 h 30 à 18 h 45 : Séance de questions et réponses
Lieu de la rencontre :	Salle du conseil municipal de Lebel-sur-Quévillon et Microsoft Teams
Document :	Présentation PowerPoint : Programme de biodiversité (annexe C du programme de biodiversité)
Présents à la rencontre :	**Présentateur – Groupe Minier Windfall** — Jean-François Belleau, Directeur Relations communautaires & ESG **Consultante - WSP** — Émilie Deschênes Dénommé, Professionnelle - Études d'impacts (via Microsoft Teams)

2.2 Déroulement de la consultation

La présentation au conseil municipal de Lebel-sur-Quévillon a débuté à 18 h. Cinq conseillers municipaux ainsi que le maire de Lebel-sur-Quévillon, M. Guy Lafrenière, étaient présents. Les citoyens avaient été invités à cette activité de consultation publique, qui se tenait lors d'une séance régulière du conseil municipal, par un communiqué diffusé sur les médias sociaux, mais aucune inscription n'a été enregistrée.

Le maire de Lebel-sur-Quévillon a ouvert la séance et invité le représentant de GMW à débuter sa présentation. Le représentant de GMW, M. Jean-François Belleau, s'est présenté et a mentionné qu'une consultante de WSP assistait à la rencontre via Microsoft Teams. Il a ensuite dévoilé le nouveau Logo de GMW au maire et aux conseillers municipaux en rappelant le contexte de fusion récente de l'entreprise. Il a poursuivi avec la présentation du programme de biodiversité (annexe C du programme de biodiversité) qui incluait les éléments suivants : une mise en contexte de la situation sur les feux de forêt, les objectifs du programme, les principaux effets des feux de forêt sur le milieu naturel, les études environnementales proposées, ainsi que l'échéancier.

À la fin de la présentation, les conseillers municipaux ont été invités à poser leurs questions et émettre leurs commentaires. Le résumé des questions et commentaires est présenté à la section 2.3. M. Belleau a rappelé que ce qui incitait GMW à développer ce programme sur la biodiversité était principalement dû au fait que la fréquence des feux de forêt était appelée à augmenter en raison des changements climatiques et que l'entreprise souhaitait, en ce sens, participer au développement des connaissances scientifiques appliquées au contexte régional.

M. Belleau a conclu la rencontre en proposant de revenir faire une présentation aux citoyens sur l'avancement du projet et sur le programme de biodiversité en 2024. Il a aussi mentionné qu'une nouvelle plateforme Web avec une salle virtuelle avait été développée pour présenter le projet à la collectivité.

2.3 Questions et réponses

Les commentaires reçus concernant le programme de biodiversité et sa présentation sont, dans l'ensemble, positifs. Le maire et les conseillers municipaux ont remercié GMW de s'être déplacé pour cette présentation. Le maire a mentionné que c'était à son avis un excellent programme à mettre en œuvre. Les principales interventions sont résumées ci-après.

- Un participant demande pourquoi il y a une diminution de l'oxygène pour les poissons après un feu de forêt.
  - M. Belleau et Mme Deschênes Dénommé expliquent que des nutriments se retrouvant dans les cendres ou les sols peuvent être transportés dans les cours d'eau lors d'évènements de pluie. Ils mentionnent que l'apport de nutriments peut conduire à la croissance des algues qui consomment davantage d'oxygène, ce qui laisse moins d'oxygène disponible dans l'eau pour les poissons.
- Un participant demande pourquoi il peut y avoir moins d'épinette après un feu de forêt.
  - M. Belleau mentionne que l'épinette prend plus de temps à se régénérer et est donc moins présente dans les premières années suivant un feu.
- Un participant questionne s'il y aura un rapport des études environnementales en 2024, avant le rapport final en 2033.
  - M. Belleau répond que des rapports sommaires seront disponibles pour les années où il y aura des suivis sur le terrain.
- Un participant demande pourquoi GMW élabore ce programme de biodiversité, si c'est pour avoir des permis ou pour protéger les activités de la mine.
  - M. Belleau dit qu'ils ne sont pas obligés de le faire, mais que c'est souhaitable. Il mentionne que GMW voulait développer un programme qui soit pertinent pour la communauté dans le contexte actuel. Il ajoute que cela leur permettra également de faire la comparaison avec les zones qui sont exposées aux activités du projet.
- Un participant s'interroge sur la disponibilité de données comparables avant le feu pour les études qui seront réalisées.
  - M. Belleau mentionne qu'il n'y a pas de données antérieures pour le suivi des métaux dans les plantes.
- Un participant demande s'il y a des caribous près du site du Projet.
  - M. Belleau répond que certains ont été répertoriés à proximité.
  - Un autre participant indique se souvenir que des caribous avaient été observés à proximité du site.
  - M. Belleau mentionne que les études réalisées par GMW permettront d'avoir des données à plus long terme sur l'effet des feux. Il dit que même si les données sont collectées près du site, elles donneront des indications pour d'autres milieux similaires.

- Un participant demande si, lorsque parle de métaux, ce sont des métaux lourds.
  - Mme Deschênes Dénommé répond que les études font en partie référence aux métaux lourds.
- Un participant indique que, selon lui, les changements qui seront répertoriés et les études réalisées s'appliqueront ailleurs qu'au site de Windfall. Il mentionne que ce sera pertinent aussi pour le secteur de Lebel-sur-Quévillon puisque certains oiseaux qui se trouvent au site du Projet sont aussi présents dans les environs de la ville.
- Un participant demande s'il y a déjà eu des études sur l'effet des feux de forêt à Lebel-sur-Quévillon.
  - Un autre participant mentionne qu'il y avait eu certaines études sur la qualité de l'eau du lac Labrie lors d'un précédent feu, mais que les résultats n'ont pas été partagés.
  - M. Belleau mentionne qu'il y a probablement eu des études antérieures, mais que cela a été fait de manière isolée, sans que les résultats soient partagés.
- Un participant demande si le début des activités est prévu pour 2024.
  - M. Belleau dit que ce n'est pas nécessairement le cas.
- Un participant indique qu'il a vu plusieurs lièvres jusqu'au kilomètre 35 sur le chemin du Projet depuis le feu de cet été.
- Le maire émet le commentaire que c'est un excellent programme et que les citoyens auraient probablement été intéressés de voir cette présentation s'ils avaient eu une meilleure idée de ce qui allait être présenté. Il ajoute que c'est intéressant pour les utilisateurs du territoire puisque le feu est passé partout aux alentours de Lebel-sur-Quévillon.
  - M. Belleau mentionne qu'il pourrait revenir présenter le programme lorsqu'il sera plus définitif.

Les faits saillants des questions et commentaires soulevés lors de la consultation sont présentés par composante au tableau 2-2.

Tableau 2-2 Faits saillants de la consultation de Lebel-sur-Quévillon

Composante	Type d'intervention	Question / Commentaire
Effets des feux de forêt sur le milieu naturel et la faune	Question	Questionnement sur la diminution d'oxygène dans l'eau pour les poissons.
	Question	Questionnement sur la raison de la diminution de la présence d'épinette.
	Question	Questionnement sur la présence de caribous à proximité du site du Projet.
	Question	Questionnement sur la présence de métaux lourds à la suite des feux de forêt.
	Commentaire	Observation de plusieurs lièvres après les feux sur le chemin du site du Projet.
Études environnementales	Question	Questionnement sur la disponibilité de données avant le feu.
	Question	Questionnement sur la réalisation d'études antérieures sur l'effet des feux de forêt dans le secteur de Lebel-sur-Quévillon.
	Commentaire	Mention de la pertinence des études environnementales (p. ex. oiseaux) pour le secteur de Lebel-sur-Quévillon.
Rapports et présentation des résultats	Question	Questionnement sur la disponibilité d'un rapport présentant la conclusion des études en 2024.
Raison d'être du programme de biodiversité	Question	Questionnement sur la raison d'être du programme de biodiversité et sur la nécessité pour GMW de le développer (exigences règlementaires).
	Commentaire	Mention de l'excellence du programme et de l'intérêt probable des citoyens de Lebel-sur-Quévillon.
Début des activités du Projet	Question	Questionnement sur la date de début des activités minières du Projet.

ANNEXE

C

PRÉSENTATION POWERPOINT DU PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ (2023)

WINDFALL
GROUPE MINIER



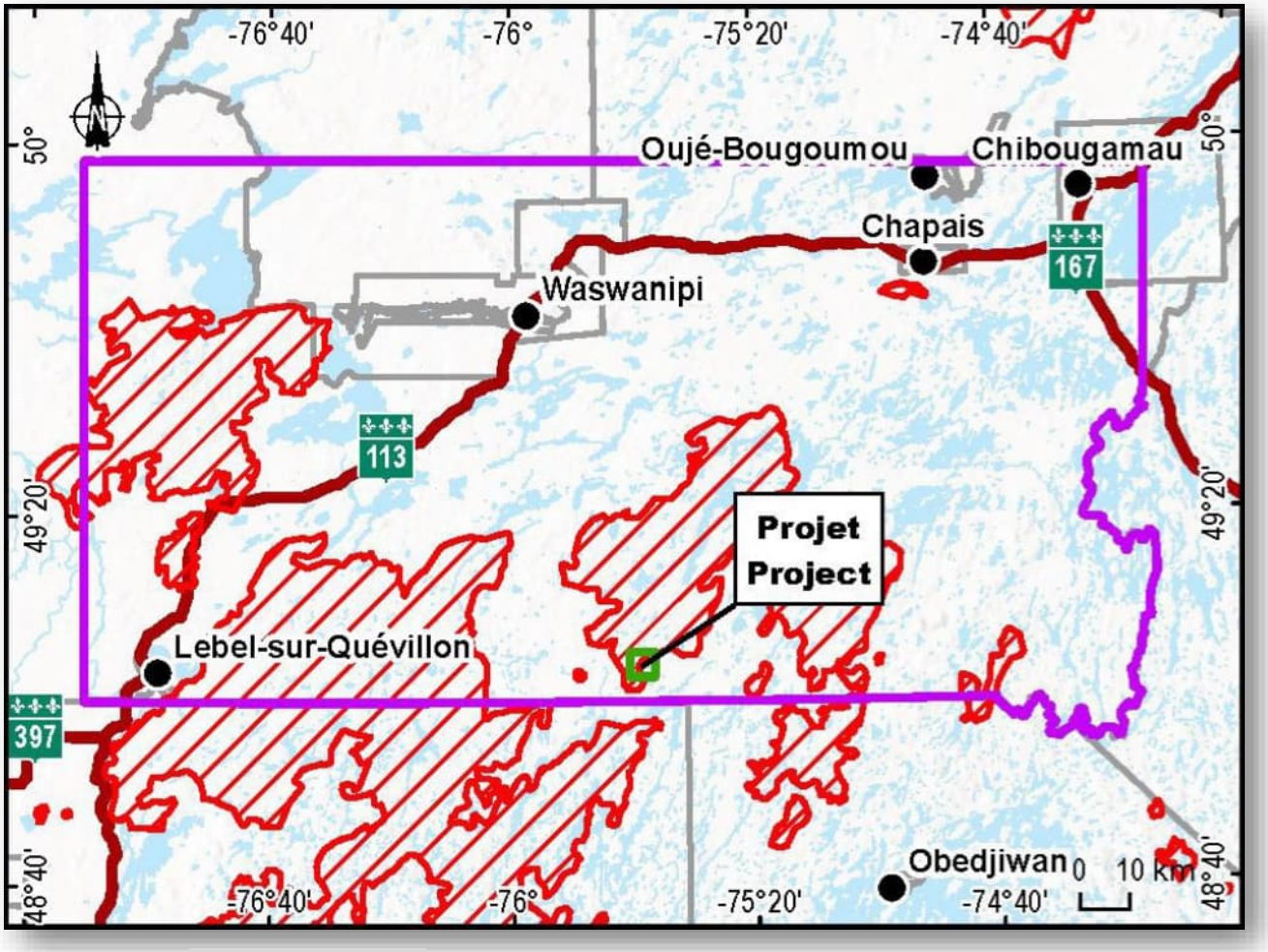
Projet minier Windfall

Programme de biodiversité

Novembre 2023

Plan de la présentation

- Contexte
- Objectifs du programme de biodiversité
- Effets des feux de forêt et études proposées
  - *Sol et eau de surface (caractéristiques de l'eau)*
  - *Végétation (bleuet, thé du labrador, diversité et densité de la végétation)*
  - *Faune terrestre (oiseau, lièvre et caribou)*
  - *Organismes aquatiques (benthos)*
- Échéancier
- Conclusion



Contexte

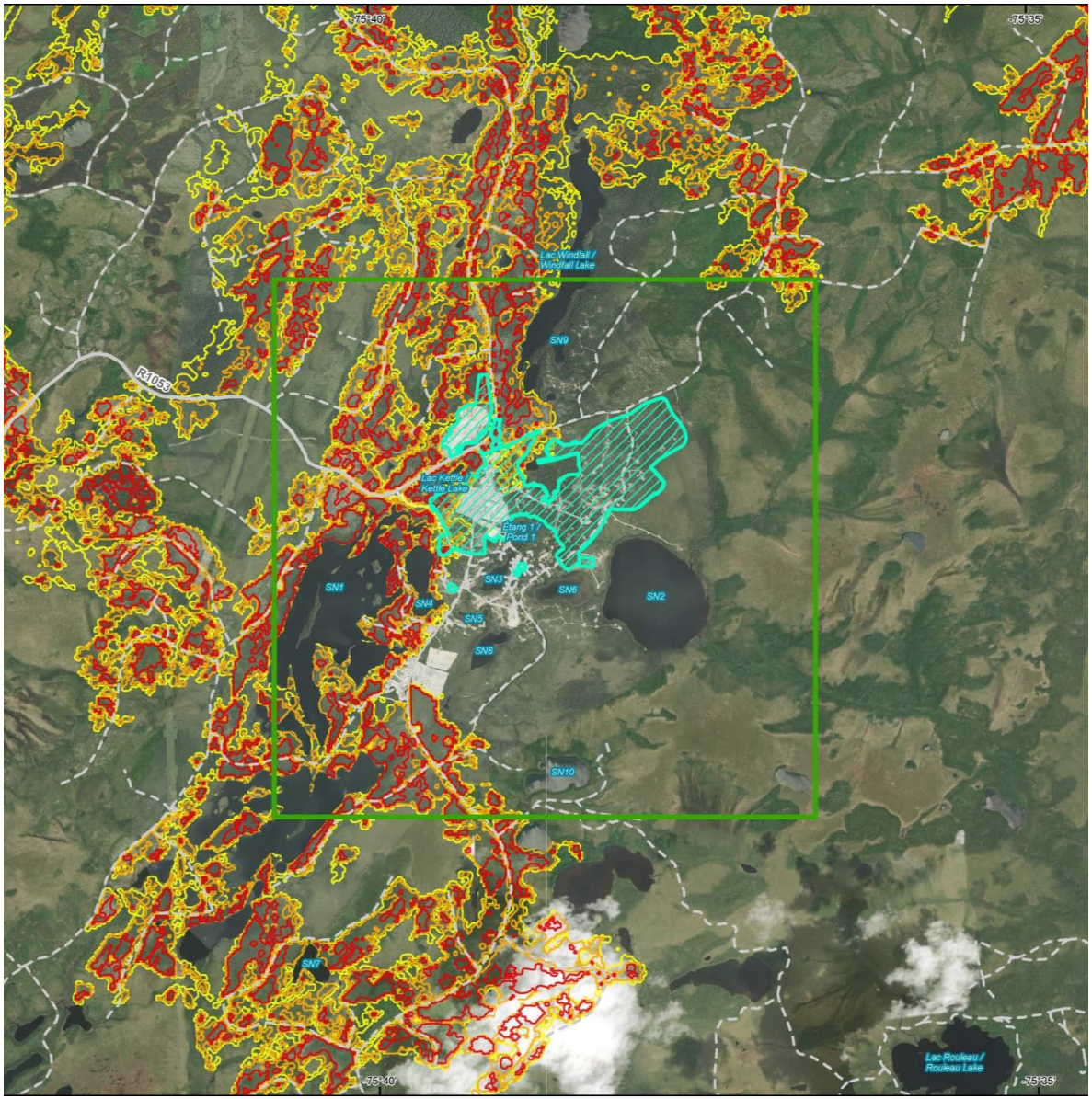
- Sévères incendies de forêt de l'été 2023
- Grandes parcelles du territoire affectées

↓

- Dommages aux camps et lieux de villégiature
- Accès restreint au territoire pour les activités récréatives et traditionnelles
- Perte de superficie de forêt et déplacement de la faune

↓

- Altération des activités de chasse, pêche et cueillette



Site Windfall

— Passage du feu à partir du nord vers le sud, séparant le site en deux

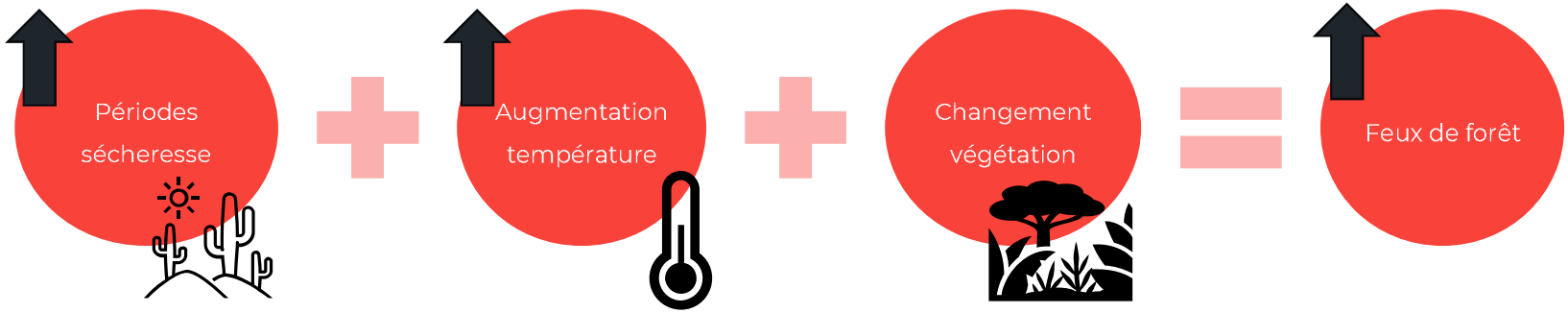
— Proportion significativement perturbée pour le secteur à l'ouest

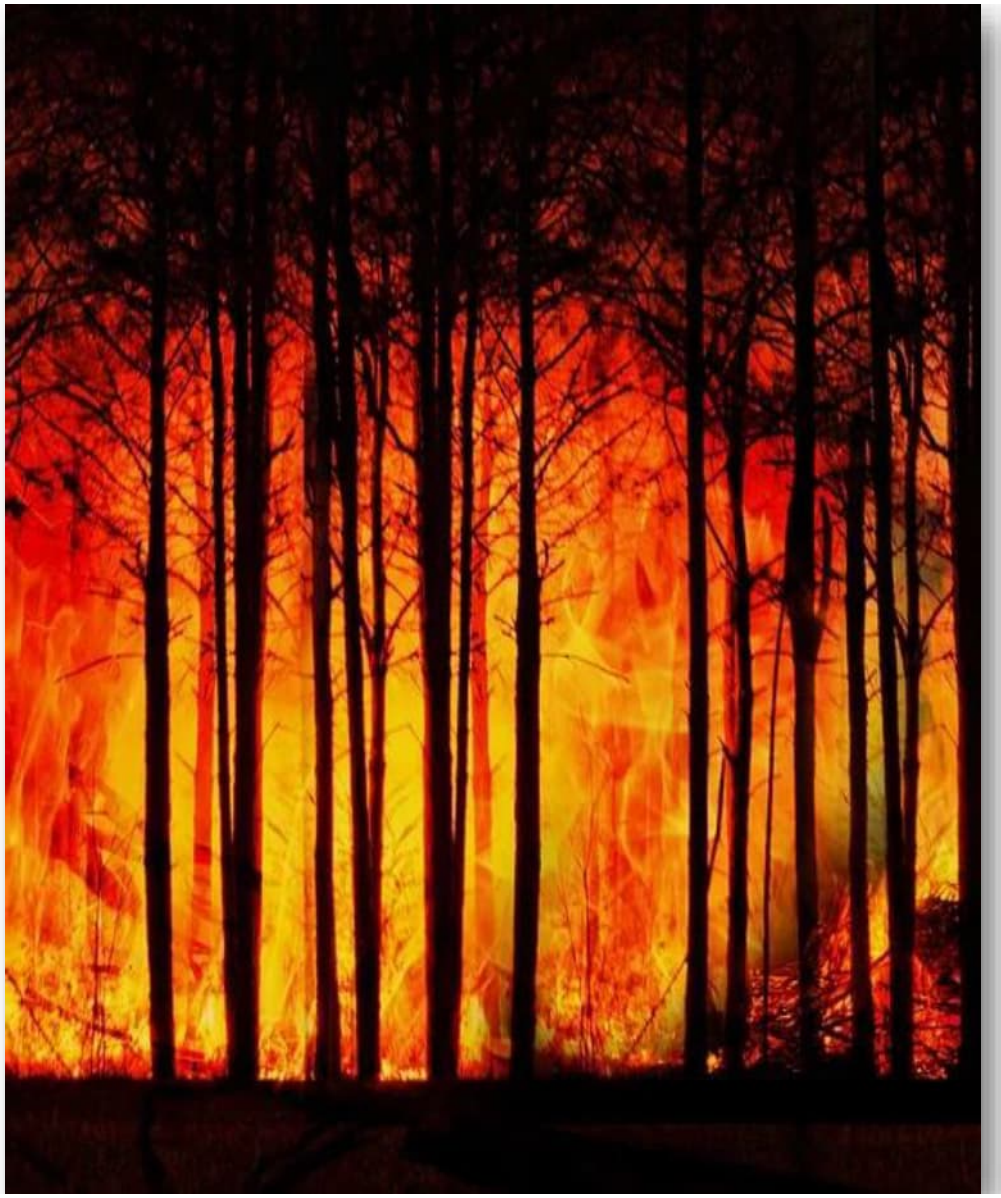
— Les infrastructures existantes ont eu des dommages mineurs

Pourquoi un programme de biodiversité sur les effets des feux de forêt?

- Effets sur les utilisateurs de territoire, les activités récréatives et traditionnelles, la végétation et la faune
- Préoccupations des effets sur la faune
- Risque de fréquence plus élevée avec les changements climatiques





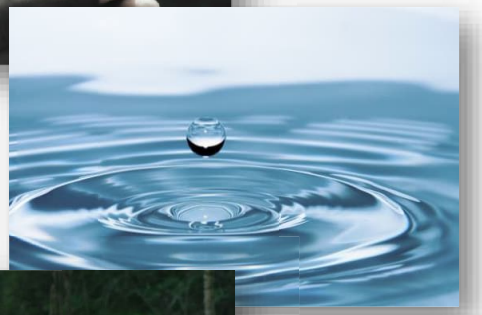
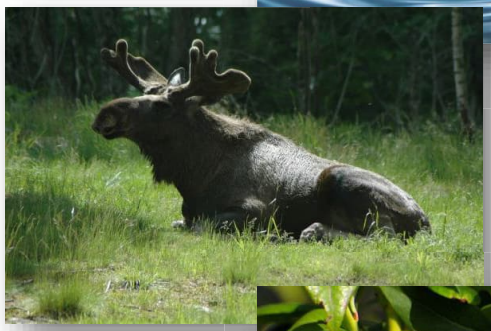


Objectifs du programme de biodiversité

- **Améliorer la compréhension des effets des feux de forêt sur la végétation et la faune :**
  - *Documenter les principaux effets sur le milieu naturel (revue de littérature)*
  - *Identifier les effets des feux de forêt sur l'eau, la végétation et la faune près du site Windfall (études environnementales)*
  - *Intégrer les savoirs traditionnels et les préoccupations des utilisateurs du territoire dans le développement du programme (processus de consultation continu)*

Ce qui a été fait à ce jour…

- Revue de littérature (études existantes) sur les effets des feux de forêt sur le sol, l'eau, la végétation et la faune
- Identification de potentielles études environnementales, en fonction des éléments suivants :
  - *Effets documentés*
  - *Activités récréatives et traditionnelles et espèces végétales ou fauniques valorisées*






Effets des feux de forêt sur le sol et l'eau

Végétation

- Réduction de la végétation au sol

Sol

- Modification de la composition du sol
- Augmentation du pH et des métaux

Eau

- Augmentation des débits lors des hautes eaux, de la température, des débris, des métaux et du pH
- Moins d'oxygène dans l'eau (pour les poissons)

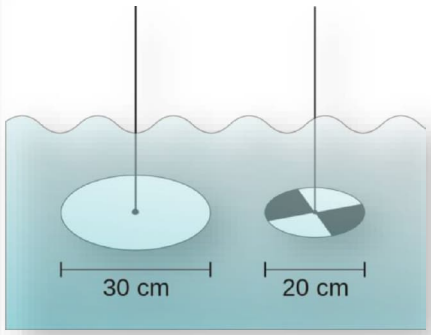
WINDFALL GROUPE MINIER

wsp

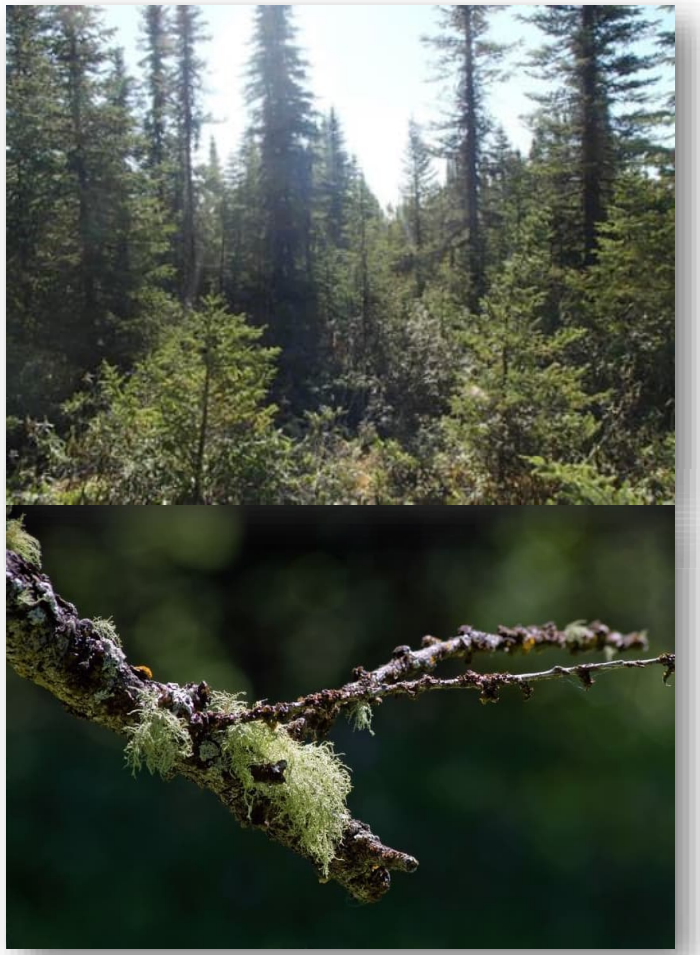
Eau de surface : *Études proposées*

Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il des modifications des caractéristiques des cours d'eau et lacs? • Si oui, combien de temps faut-il pour revenir aux conditions antérieures?	• Lacs et cours d'eau non influencés par les activités au site. • Secteurs affectés et non affectés par le feu de forêt. • Hors de la période des glaces.	• Sonde pour mesurer les caractéristiques de l'eau.	• Année 1 (2024) • Année 3 (2026) • Année 5 (2028)









Végétation : *Effets des feux de forêt*

- **Modification du couvert de la végétation et de la diversité**
  - ↓ Lichen et mousse
  - ↑ Arbustes et herbes
  - ↓ Couvert des arbres
  - ↓ Épinette noire
- **Modification des forêts en raison des feux de forêt plus fréquents**
  - *Épinette noire* → *tremble et bouleau*
- **Absorption de métaux par les plantes**

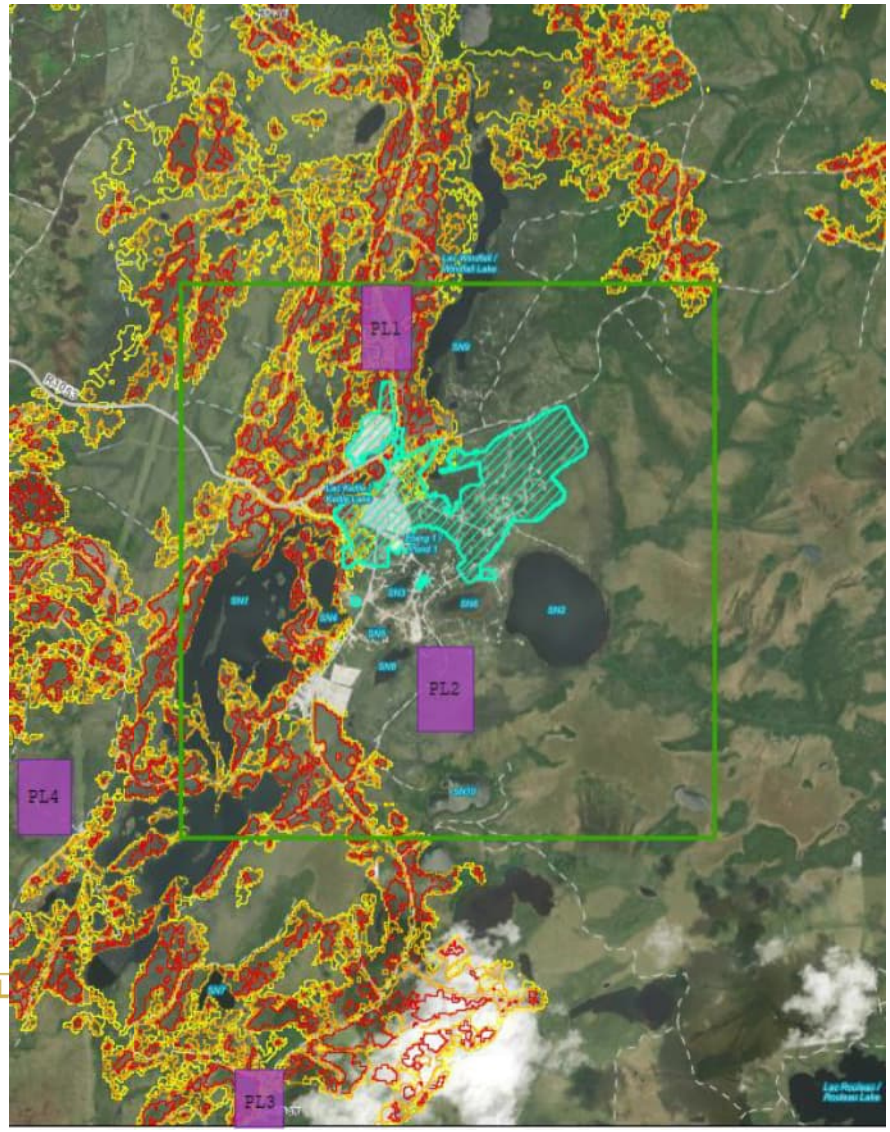
Végétation – Modification des concentrations naturelles de métaux :
Études proposées

Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il des modifications dans les concentrations naturelles de métaux dans les plantes valorisées? • *Bleuet* • *Thé du labrador*	• 4 secteurs (diapositive suivante) : • 2 près du site • 2 au sud et sud-ouest du site • Pendant l'été, au cours de la saison des bleuets	• Cueillette de feuilles et fruits • Analyse en laboratoire des concentrations de métaux	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028) • Année 9 (2032)









Végétation – Modification des concentrations naturelles de métaux : *Études proposées*

Secteurs de prélèvement

	Exposé aux vents dominants	Exposé aux activités du projet	Affecté par le feu
Près du site du projet			
Secteur 1	**X**	**X**	**X**
Secteur 2		**X**	
Au sud et sud-ouest du site du projet			
Secteur 3			**X**
Secteur 4			

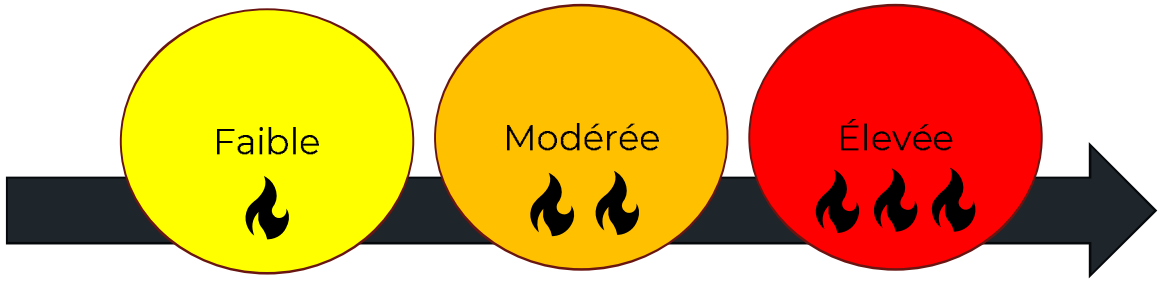




Végétation – Diversité des plantes et arbres :
Études proposées

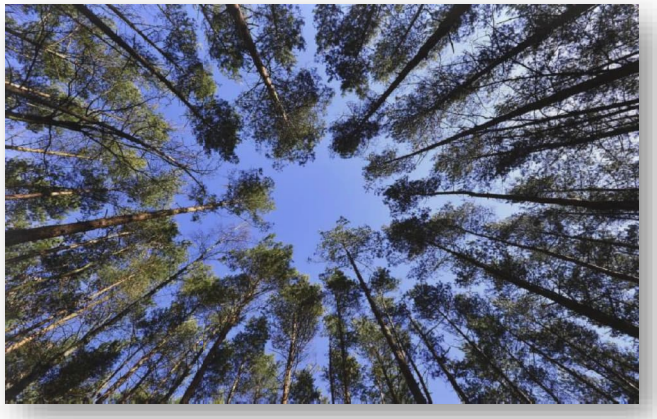
Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il des modifications dans la diversité des plantes et arbres? • Est-ce que les types de plantes et d'arbres varient en fonction de la sévérite des feux?	• 4 secteurs durant l'été : • 1 secteur non affecté par le feu • 1 secteur avec feu de faible sévérité • 1 secteur avec feu de sévérité modérée • 1 secteur avec feu de sévérité élevée	• Observation de la végétation sur le site • Identification des arbres et plantes	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028) • Année 9 (2032)



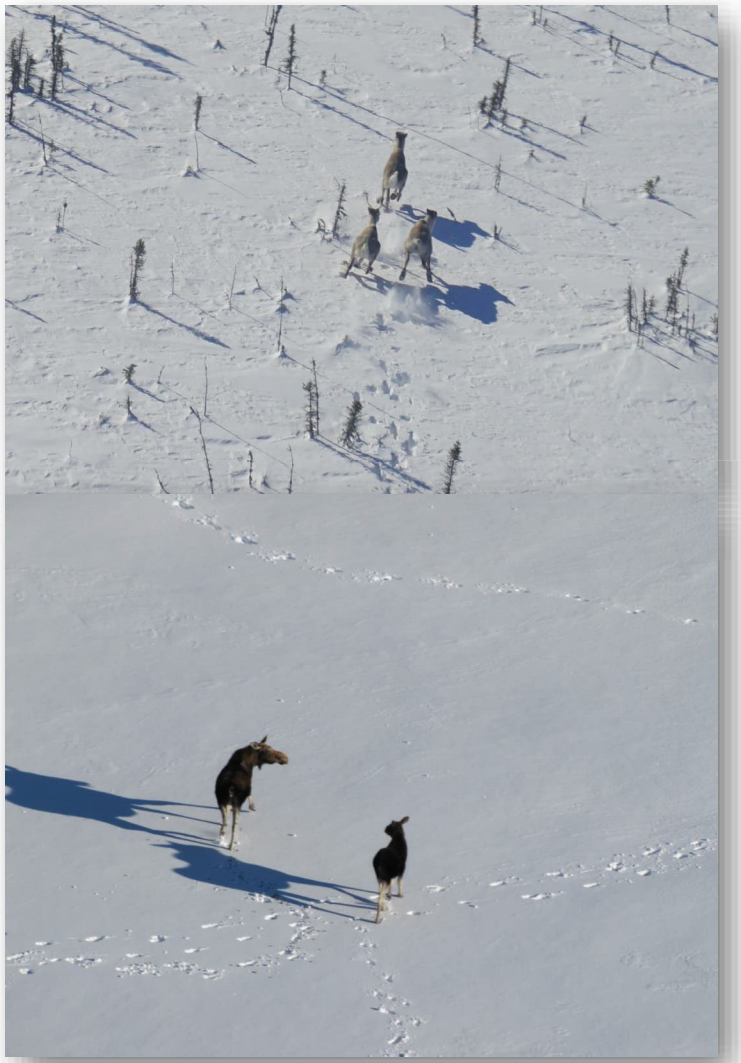


Végétation – Densité (couvert de la forêt) :
Études proposées

Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il une modification de la densité du couvert des arbres?	• Aux alentours du site	• Avec des images satellites	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028) • Année 9 (2032)







Faune terrestre :
Effets des feux de forêt

Habitat

- ⬇ Couvert des arbres
- ⬇ Lichen et mousse
- ⬆ Bois mort et chicots

Nombre d'espèces

- Premières années :
  - ⬇ oiseaux, chauves-souris, lièvres, loups et caribous
  - ⬆ micromammifères (ex. : souris) et orignaux

Type d'espèces

- Certaines espèces de chauves-souris et d'oiseaux préfèrent les secteurs de forêts ouvertes ou avec du bois mort
- Les caribous abandonnent souvent les sites brûlés (moins de nourriture)

WINDFALL GROUPE MINIER

wsp

Oiseaux :
Études proposées







Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il des changements dans les espèces d'oiseaux utilisant le secteur? • Est-ce que les espèces d'oiseau qui étaient présentes reviennent? Combien de temps cela prend-t-il?	• Mêmes secteurs que pour la végétation (si possible) • Secteurs affectés et non affectés par le feu • Au cours d'une période de 3 semaines, au début de l'été	• Spécialistes au site	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028) • Année 9 (2032)

Lièvre :
Études proposées



Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Est-ce que les lièvres reviennent dans le secteur? • Combien de temps cela prend-t-il?	• Mêmes secteurs que pour la végétation et les oiseaux (lorsque possible) • Secteurs affectés et non affectés par le feu	• Observation de fèces (excréments) et broutage (végétation mangée)	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028)



Caribou :
Étude potentielle

- Évalue présentement la possibilité de prendre part à une étude plus approfondie du déplacement des caribous près du site Windfall (ex. colliers avec données en temps réel)

- Discussion en cours avec le ministère (MELCCFP)



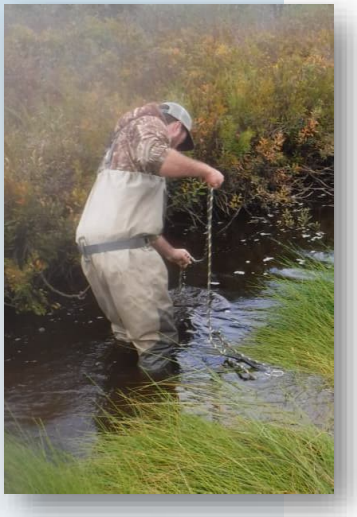


Poissons et organismes aquatiques :
Effets des feux de forêt

- Poissons principalement affectés au cours des premiers mois (détérioration de la qualité de l'eau)
- Déplacement de certaines espèces
- Certaines espèces plus tolérantes à des températures ↑
- ↑ quantité de petits organismes aquatiques, jusqu'à 15-20 ans après
- Rétablissement des poissons dépend de la sévérité du feu, de la régénération de la végétation et de l'ampleur du réseau hydrographique

Organismes aquatiques :
Études proposées





- Organismes aquatiques (ex. écrevisse, petits insectes aquatiques) qui vivent au fond des lacs et cours d'eau sont essentiels au sein de la chaîne alimentaire des poissons
- Modification des quantités d'organismes aquatiques influence la disponibilité de nourriture pour la faune aquatique et terrestre

Ce que l'on veut étudier	Où veut-on aller	Comment procéderons-nous	Combien d'études seront requises
• Y a-t-il des modifications dans les quantités d'organismes aquatiques?	• Lacs et cours d'eau non influencés par les activités au site • Secteurs affectés et non affectés par le feu	• Prélèvement d'échantillons au fond des cours d'eau et lacs	• Année 1 (2024) • Année 2 (2025) • Année 5 (2028)

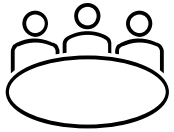
Échéancier

Études environnementales	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Eau de surface	x		x		x					★
Végétation : concentrations de métaux	x	x			x				x	★
Végétation : diversité des plantes et arbres	x	x			x				x	★
Végétation : Densité (couvert de la forêt)	x	x			x				x	★
Oiseau	x	x			x				x	★
Lièvre	x	x			x					★
Caribou (données en temps réel)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Organismes aquatiques	x	x			x					★

Légende :	
Inventaire terrain/suivi des données	x
Rapport final	★

Conclusion

- Fournira des données spécifiques sur les effets des feux de forêt sur l'eau de surface, la végétation et la faune près du site Windfall
- Les études proposées pourraient débuter en 2024
- L'avancement des études sera partagé et des présentations pourront être faites
- Des rapports sommaires seront disponibles en 2024, 2025 et 2028
- Le rapport final sera complété aux environs de 2033, à la fin des études




Commentaires?
Préoccupations?
Suggestions?

Merci



ANNEXE

D

PRÉSENTATION POWERPOINT DES RÉSULTATS DU PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ (AN 1) (2025)



PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ – AN 1

PROJET MINIER WINDFALL

Présentée par Émilie D'Astous | Mars 2025

Avec vous aujourd’hui



Émilie D'Astous, biologiste
Chargée de projet, WSP



Sarah Paradis
Conseillère en relation avec les communautés, WSP



Jean-François Belleau
Directeur relations communautaires & ESG, Goldfields Windfall

Plan de la présentation

01 **Contexte**

02 **Programme de biodiversité : objectifs et élaboration**

03 **Études environnementales sur les effets des feux de forêts**

- Eau de surface
- Végétation
- Faune terrestre
- Organismes aquatiques

04 **Discussions**



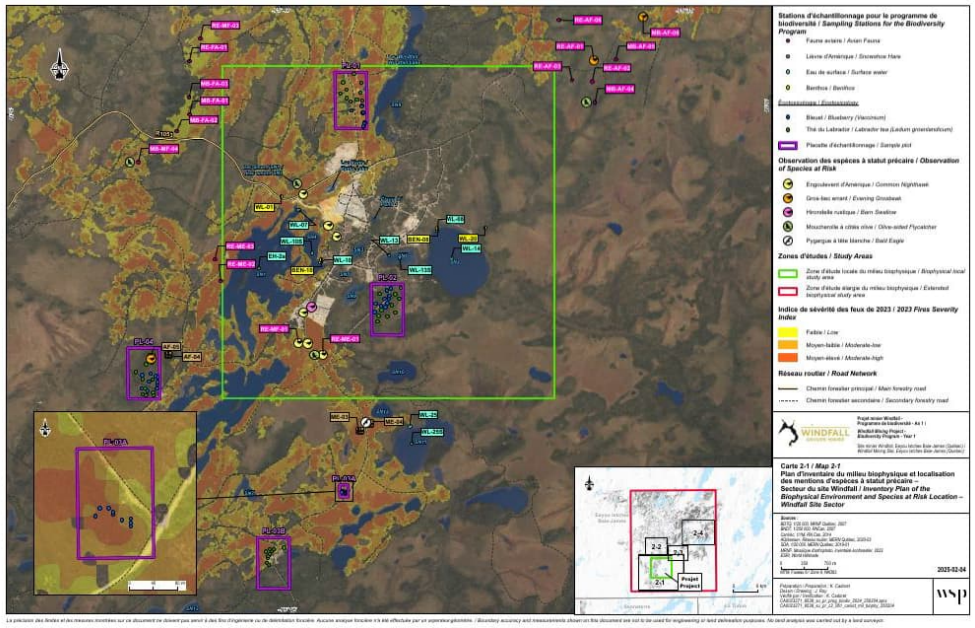
MISE EN CONTEXTE



Situation des feux de forêt dans le Nord du Québec

Feu de forêt principal

- Proximité de la limite est de Lebel-sur-Quévillon
- Hors de contrôle pendant plusieurs semaines
- Résidents évacués deux fois, communauté de Waswanipi affectée par la fumée
- Plus de 480 000 ha de forêt (SOPFEU, 2023)



Feu de forêt au projet Windfall

- Débuté le 1er juin 2023
- Plus de 110 000 ha touchés
- Arrêt des activités pendant plusieurs semaines/mois, perturbation des milieux naturels, dommages à certains équipements

Impact sur les milieux naturels et anthropiques

- Chemins forestiers : Perturbation des abords du chemin R1050, R0853, et R1053
- Camps et villégiatures : Environ 28 camps de la Première Nation des Cris de Waswanipi détruits

PROGRAMME DE BIODIVERSITÉ



Un programme réfléchi et développé conjointement avec la communauté

Préoccupations de la communauté

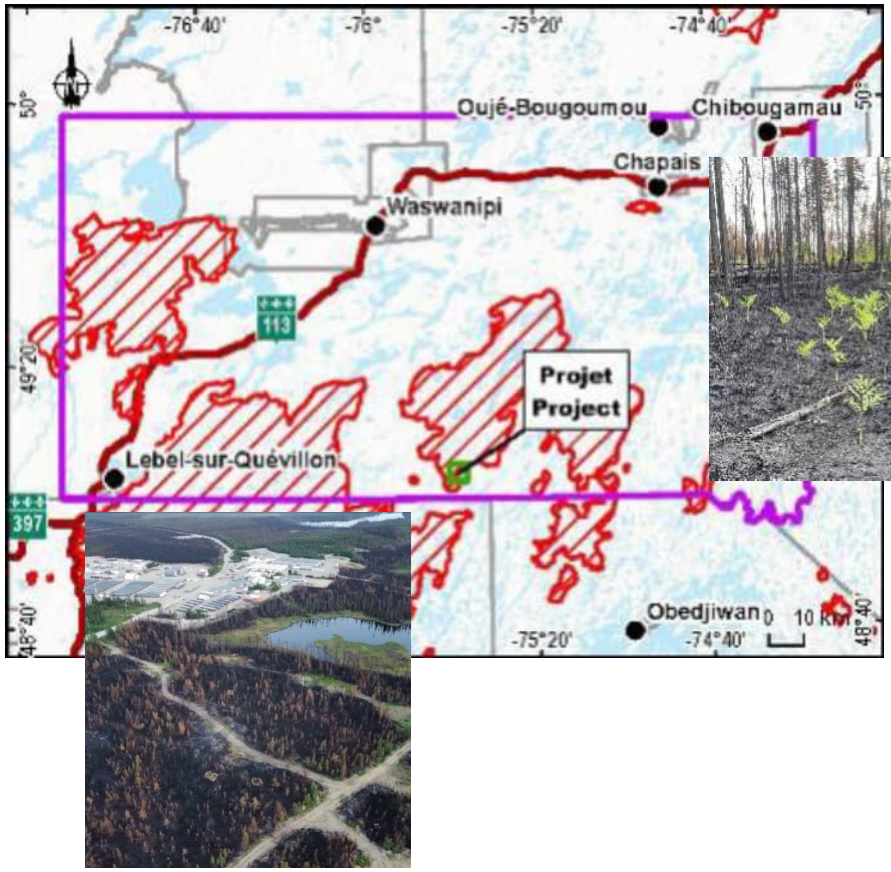
- Échanges de la communauté Crie avec les équipes de GMW pendant les feux
- Impact sur le milieu : Inquiétudes concernant les effets à long terme des feux sur la faune et la flore
- Retour à la normale : Questions sur le temps nécessaire pour la récupération de la nature

Constats et défis pour répondre aux préoccupations

- Absence d'inventaires rigoureux : difficulté à détailler les conditions avant feu
- Analyse comparative: quasi impossible sans données précises

Propositions

- Utilisation des connaissances précédentes recueillies au site Windfall au cours des années précédentes
- Objectif étant de préciser les écarts entre la situation avant et après les feux



Objectifs du programme de biodiversité

- Améliorer la compréhension de l'effet des feux de forêt sur les habitats fauniques terrestres et aquatiques dans les environs du Projet.
- Documenter les effets principaux des feux de forêt sur les milieux naturels et sur la biodiversité par le biais d'une revue de littérature.
- Identifier les effets des feux de forêt à court et moyen terme sur le milieu physique, les habitats naturels ainsi que sur la faune terrestre et aquatique (p. ex. altération de la physico-chimie de l'eau, modification de la composition des espèces végétales et fauniques, etc.) dans une zone d'étude dite élargie, c'est-à-dire un peu plus grande que la zone d'étude locale du milieu biophysique.
- Intégrer les intérêts et préoccupations des maîtres de trappe et de leur famille, ainsi que des populations locales comme les membres de la PNCW et les Quévillonnais dans le développement du programme de biodiversité.





REVUE DE LITTÉRATURE SUR LES EFFETS DES FEUX DE FÔRETS



Effets des feux de forêts



Variabilité des effets

- Dépendent des conditions initiales (végétation, faune, géologie, structure du sol, perturbations antérieures)
- Sévérité et intensité des feux

Effets sur l’eau de surface

- Augmentation du ruissellement : débits de crues et moyens
- Altération de la qualité de l'eau : MES, turbidité, métaux lourds, pH, carbone organique dissous, nutriments, oxygène dissous
- Augmentation de la température des cours d'eau et plans d’eau

Effets sur la végétation

- Réduction de la densité des arbres et du couvert de la canopée
- Modification de l'abondance et de la diversité des espèces
- Recolonisation rapide par certaines espèces pionnières, régénération lente pour d'autres (ex. lichen)
- Transition de dominance de conifères vers feuillus

Effets des feux de forêts

Effets sur la faune terrestre

- Espèces fauniques :
  - Diminution globale dans les deux premières années
  - Modification de la composition des espèces
- Mammifères :
  - Augmentation de l'abondance : micromammifères et orignaux
  - Augmentation de l'abondance du lièvre : lors de la reprise de la végétation arbustive
  - Déclin du caribou forestier : récupération lente du lichen
- Faune aviaire :
  - Augmentation de la diversité et de la richesse (3 à 5 ans après le feu)

Effets sur la faune aquatique

- Effets marqués dans les mois suivant le feu :
  - Augmentation de la température et des MES
  - Diminution de l'oxygène dissous
- Modifications persistantes : influencent la capacité de récupération des communautés aquatiques
- Croissance rapide d'algues et densité élevée de benthos : observée pendant 15 à 20 ans





ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES SUR LES FEUX DE FÔRETS

Première année de suivi et premières observations

—Eau de surface

—Végétation

—Faune terrestre

—Organismes aquatiques



Eau de surface

Méthodologie

- Quatre lacs échantillonnés (feu : SN1 et SN4 et non impacté: SN2 et SN6)

Tendances observées

- Feux n'ont pas modifié drastiquement la physico-chimie, la présence des nutriments ou des métaux
- Comparaison avec les années précédentes et les lacs de référence

Recommandations

- Suivi après une pluie torrentielle afin de valider s'il y a un effet de lessivage des nutriments ou des métaux





À partir de votre expérience sur le territoire…

- Avez-vous noté des changements de votre côté en lien avec les feux de forêts et l'eau de surface?
- Est-ce qu'il y a des changements plus marqués en fonction de la sévérité des feux?
- Après cette 1ère année, avez-vous des suggestions pour compléter ce programme en lien avec l'eau de surface?





Végétation – Peuplement et diversité

Méthodologie

- 24 stations d'inventaire (selon sévérité du feu)

Tendances observées

- Strate arborescente : espèces bien adaptées aux feux :
  - Épinette noire (cônes s'ouvrent à la chaleur)
  - Pin gris
- Strate arbustive :
  - Bleuet fausse-myrtille et kalmia à feuilles étroites
- Strate herbacée :
  - Cornouiller du Canada
- Diversité floristique : augmente inversement proportionnelle à la sévérité des feux

Recommandations

- Suivi de l'évolution des peuplements au fil du temps
- Suivi de l'évolution de la diversité floristique au fil du temps





Végétation – Écotoxicologie

Méthodologie

- 2 placettes brûlés (PL-01 et PL-03) et 2 placettes non brûlées (PL-02 et PL-04)

Tendances observées

- Il n'existe pas de seuils à respecter (critères) pour les paramètres à analyser dans les tissus de bleuets et de thé du Labrador. Aucune norme n'est établie par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) ou par le MELCCFP.

- Les analyses servent à documenter les concentrations en métaux.

- Fruits de bleuets :
  - Croissance plus vigoureuse dans les secteurs exposés aux feux de forêt
  - Concentrations similaires pour les métaux, à l'exception de valeurs légèrement plus élevées en arsenic dans les zones brûlées

- Feuilles de thé du Labrador :
  - Concentrations plus faibles dans les zones brûlées, sauf pour le molybdène (micronutriment essentiel pour la croissance des plantes) et l'arsenic

Recommandations

- Suivi de l'évolution des concentrations au fil du temps





À partir de votre expérience sur le territoire…

- Avez-vous noté des changements de votre côté en lien avec les feux de forêts et la végétation?
- Est-ce qu'il y a des changements plus marqués en fonction de la sévérité des feux?
- Trouvez-vous qu'il y a plus ou moins d'espèces?
- Est-ce que la composition en espèces semble être différente?
- Après cette 1ère année, avez-vous des suggestions pour compléter ce programme en lien avec la végétation?





Faune terrestre : avifaune

Méthodologie

- 48 stations d'écoute (selon sévérité du feu : 24 en milieu boisé, 24 en régénération)

Tendances observées

- 61 espèces de familles observées et 7 observations opportunistes
- Observations d'espèces à statut particulier :
  - Pygargue à tête blanche
  - Engoulevent d'Amérique
  - Gros-bec errant
  - Moucherolle à côtés olive
  - Quiscale rouilleux
  - Hirondelle rustique
- Diminution de la richesse, densité et abondance des oiseaux, plus marquée dans les zones brûlées sévèrement
- Présence d'espèces associées aux feux de forêts: pic à dos noir, moucherolle à côtés olive

Recommandations

- Le suivi de la richesse, densité et abondance des populations d'oiseaux dans les milieux affectés par des feux de différentes sévérités permettra d'isoler les tendances notables à long terme









Faune terrestre : lièvre d'Amérique

Méthodologie

- 10 parcelles inventoriées (5 aucun feu, 5 brûlées)

Tendances observées

- Signes de présence dans toutes les parcelles
- Observations opportunistes : 2 lièvres observés
- Signes de présence et abondance :
  - Moins fréquents dans les parcelles touchées par les feux
  - Diminution dans les premières années suivant un incendie

Recommandations

- Suivi de l'évolution des habitats post-feu et, en parallèle, les tendances de populations du lièvre d'Amérique à partir des indicateurs de densité mesurés







Faune terrestre : caribou forestier

Partenariat GMW et MELCCFP (2024)

- Objectifs :
  - Documenter l'utilisation du territoire par les caribous forestiers
  - Visualiser en temps réel, sur une durée de 3 ans, la fréquentation des secteurs brûlés en 2023
- Déploiement à l'hiver 2024 de 4 colliers télémétriques
- Selon l'entente établie, les données ne peuvent pas être partagées
- Sur le terrain :
  - Observation de façon opportuniste en juin 2024 en bordure d'un chemin forestier, à environ 7 km du projet d'exploration avancée Windfall.







À partir de votre expérience sur le territoire…

- Avez-vous noté des changements de votre côté en lien avec les feux de forêts et la faune terrestre?
- Est-ce qu'il y a des changements plus marqués en fonction de la sévérité des feux?
- Trouvez-vous qu'il y a plus ou moins d'espèces?
- Est-ce que la composition en espèces semble être différente?
- Après cette 1ère année, avez-vous des suggestions pour compléter ce programme en lien avec la faune terrestre?



Organismes aquatiques : benthos

Méthodologie



- 2 cours d'eau 2 lacs inventoriés
  - Feu : cours d'eau CE-01 et lac SN4
  - Non impacté : cours d'eau SN2-T1 et lac SN2





Tendances observées

- Plans d'eau impactés : abondance et richesse plus élevées

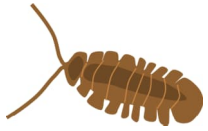


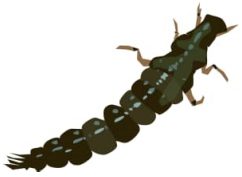


Recommandations

- Le suivi de la richesse, densité et abondance des communautés benthiques dans les milieux affectés par des feux permettra de mettre en évidence les effets à long terme









À partir de votre expérience sur le territoire…

- Avez-vous noté des changements de votre côté en lien avec les feux de forêts et les organismes aquatiques ou ceux qui s'en nourrissent (oiseaux, poissons, grenouilles)?
- Est-ce qu'il y a des changements plus marqués en fonction de la sévérité des feux?
- Est-ce que vous avez observé des changements au niveau de la pêche?
- Après cette 1ère année, avez-vous des suggestions pour compléter ce programme en lien avec les organismes aquatiques?







Prochaines étapes

- Recueillir vos commentaires
- Échanger avec vous sur les résultats et les changements que vous avez vu sur le territoire depuis les feux
- Bonifier le programme en fonction de votre rétroaction pour l'an 2 du suivi à l'été 2025

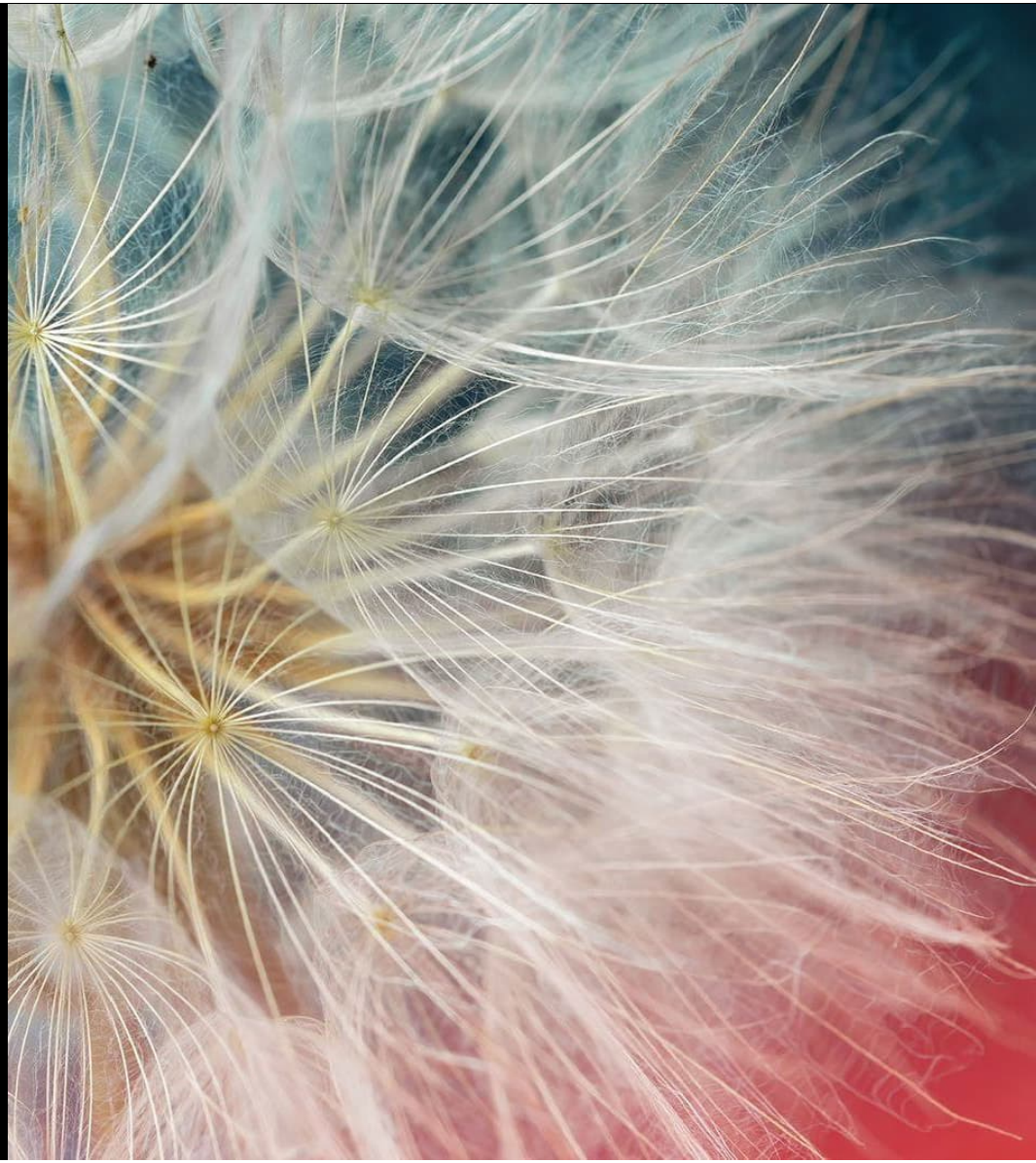








ÉCHANGES







BIODIVERSITY PROGRAM – YEAR 1

WINDFALL MINING PROJECT

Presented by Émilie D’Astous | March 25, 2025

With you today:



Émilie D'Astous, Biologist
Project Manager, WSP



Sarah Paradis
Community Relations Advisor, WSP



Jean-François Belleau
ESG & Community relations director, Goldfields Windfall

Outline

01 **Background**

02 **Biodiversity Program: Objectives and Development**

03 **Environmental Studies on Forest Fire Impacts**

- Surface water
- Vegetation
- Terrestrial fauna
- Aquatic organisms

04 **Discussion**



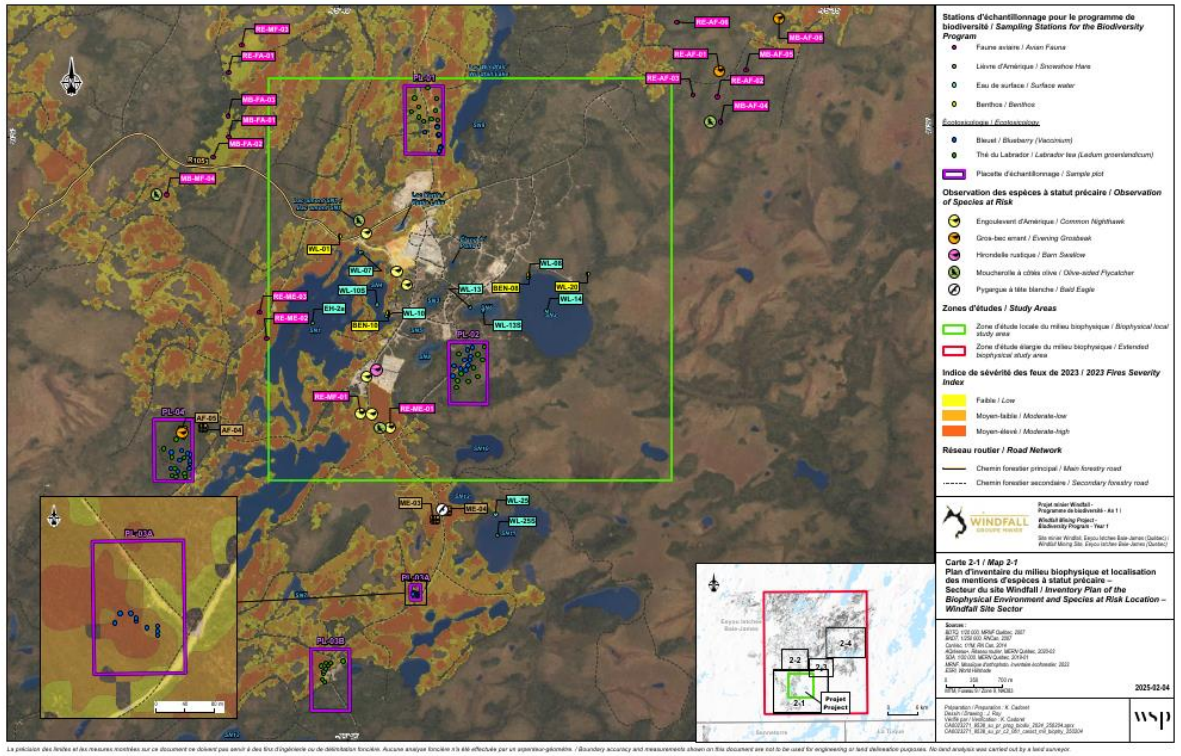
Background



Forest Fire Situation in Northern Quebec

Main forest fire

- Proximity to the eastern boundary of Lebel-sur-Quévillon
- Out of control for several weeks
- Residents evacuated twice, community of Waswanipi affected by smoke
- Over 480 000 ha of forest (SOPFEU, 2023)



Forest fire at the Windfall Project

- Began June 1st, 2023
- Over 110 000 ha affected
- Activities halted during several weeks/months, disruption of natural environments, damage to certain equipments

Impact on natural and man-made environments

- Forest roads: disturbance of roadside areas R1050, R0853, and R1053
- Camps and Resorts: approximately 28 Waswanipi Cree First Nation camps destroyed

BIODIVERSITY PROGRAM



A Program Designed and Developed Jointly with the Community

Community concerns

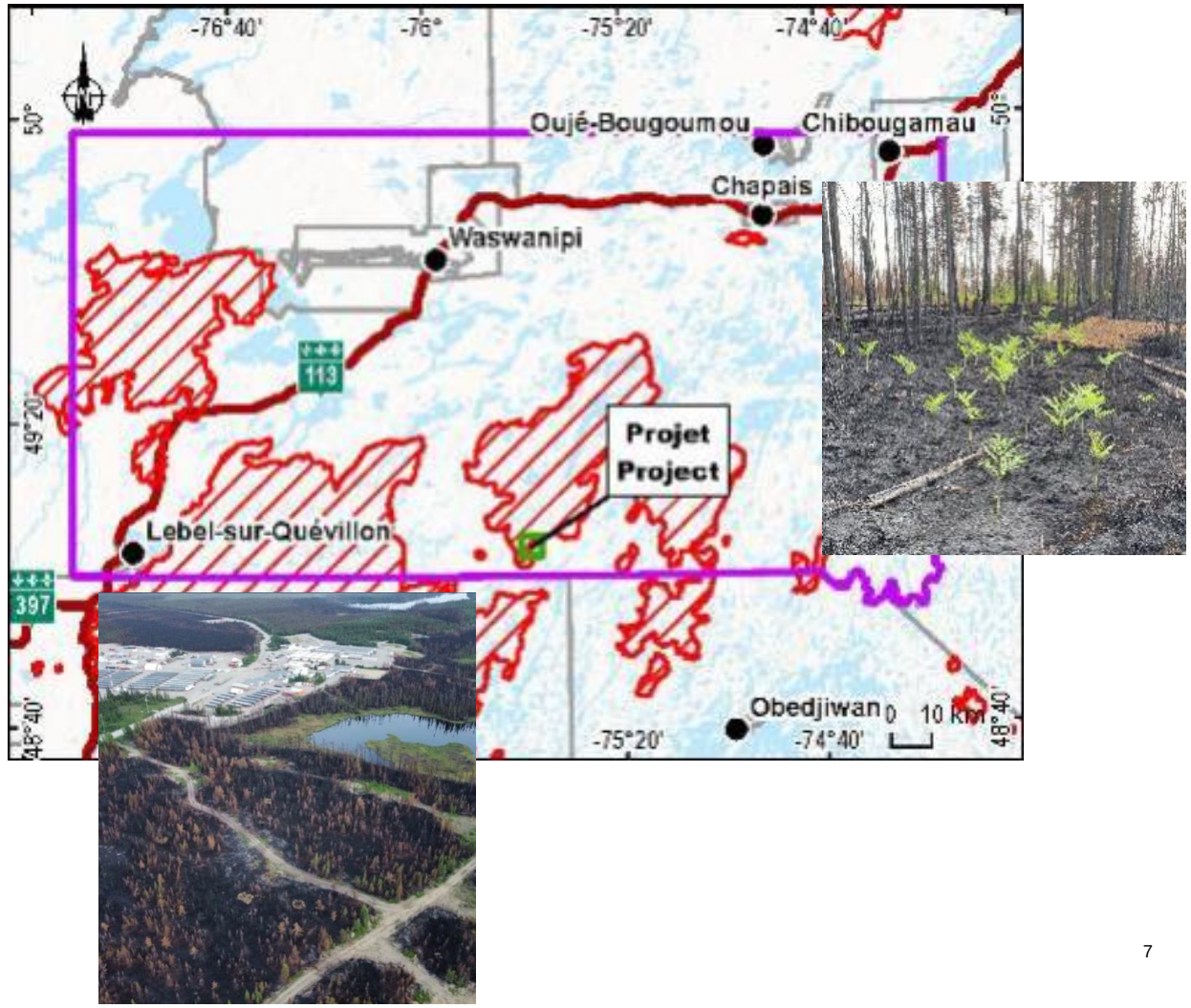
- Discussions between the Cree community and the GMW teams during the fires
- Impact on the environment: concerns about the long-term effects of fires on flora and fauna
- Return to normal: questions about how long it will take for nature to recover

Findings and challenges to address concerns

- Lack of rigourous inventories: difficulty in characterizing pre-fire conditions
- Comparative analysis: almost impossible without precise data

Suggestions

- Use of previous knowledge gathered at the Windfall site in previous years
- Objective is to identify differences between the situation before and after the fires



Biodiversity Program Objectives

- Improve understanding of the effect of forest fires on terrestrial and aquatic wildlife habitats in the vicinity of the Project
- Document the main effects of forest fires on natural environments and biodiversity through a literature review
- Identify the short- and medium-term effects of forest fires on the physical environment, natural habitats and terrestrial and aquatic wildlife (e.g., alteration of water physico-chemistry, modification of plant and wildlife species composition, etc.) in a so-called extended study area, i.e., slightly larger than the local study area of the biophysical environment
- Integrate the interests and concerns of tallymen and their families, as well as local populations such as PNCW members and Quévillonnais, into the development of the biodiversity program





LITERATURE REVIEW ON FOREST FIRE IMPACTS



Forest Fire Effects



Effect variability

- Contingent on initial conditions (vegetation, fauna, geology, soil structure, previous disturbances)
- Fire severity and intensity

Effects on surface water

- Increased run-off : flood flows
- Alteration of water quality: suspended solids, turbidity, heavy metals, pH, dissolved organic carbon, nutrients, dissolved oxygen
- Increased temperatures in watercourses and waterbodies

Effects on vegetation

- Reduction in tree density and canopy cover
- Changes in species abundance and diversity
- Rapid recolonization by some pioneer species, slow regeneration for others (e.g. lichen)
- Transition from conifer to deciduous dominance

Forest Fire Effects

Effects on terrestrial fauna

- Fauna species:
  - Overall decrease in the first two years
  - Change in species composition
- Mammals :
  - Increase in abundance: small mammals and moose
  - Increase in hare abundance: when shrub vegetation recovers
  - Decline of woodland caribou: slow recovery of lichen
- Avian fauna:
  - Increased diversity and richness (3 to 5 years after fire)

Effects on aquatic fauna

- Marked effects in the months following the fire:
  - Increase in temperature and suspended solids
  - Decrease in dissolved oxygen
- Persistent changes: influence aquatic communities' capacity to recover
- Rapid algal growth and high benthos density: observed for 15 to 20 years





ENVIRONMENTAL STUDIES ON FOREST FIRE IMPACTS

First year of monitoring and initial observations

- Surface water
- Vegetation
- Terrestrial fauna
- Aquatic organisms



Surface Water

Methodology

- 4 lakes sampled (fire : SN1 and SN4 and not impacted: SN2 and SN6)

Observed trends

- Fires did not drastically alter physico-chemistry, nutrients nor metals
- Comparison with previous years and reference lakes

Recommendations

- Monitoring after a torrential downpour to validate whether there is a leaching effect of nutrients or metals





Based on your experience on the territory…

- Have you noticed changes in relation to forest fires and surface water?
- Are there more marked changes depending on the severity of the fires?
- After this 1st year, do you have any suggestions for completing the surface water program?





Vegetation – Plant Communities and Diversity

Methodology

- 24 inventory stations (based on fire severity)

Observed trends

- Tree stratum: species well adapted to fires:
  - Black spruce (cones open with heat)
  - Jack pine
- Shrub stratum:
  - Velvet-leaved blueberry and sheep laurel
- Herbaceous stratum:
  - Creeping dogwood (bunchberry)
- Floristic diversity: increases inversely with fire severity

Recommandations

- Monitoring changes in plant communities over time
- Monitoring changes in floristic diversity over time





Vegetation – Ecotoxicology

Methodology

- 2 burnt plots (PL-01 and PL-03) and 2 unburnt plots (PL-02 and PL-04)

Observed trends

- There are no thresholds (criteria) for parameters to be analyzed in blueberry and bog Labrador tea tissues. No standards have been established by the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) nor the MELCCFP (Ministry of Environment, Climate Change, Fauna, and Parks)
- Analyses are used to document metal concentrations

- Blueberry fruits:
  - More vigorous growth in areas exposed to forest fires
  - Similar concentrations for metals, with the exception of slightly higher arsenic values in burnt areas

- Bog Labrador tea leaves :
  - Lower concentrations in burnt areas, except for molybdenum (essential micronutrient for plant growth) and arsenic

Recommendations

- Monitoring changes in concentrations over time





Based on your experience on the territory…

- Have you noticed changes in relation to forest fires and vegetation?
- Are there more marked changes depending on the severity of the fires?
- Do you find there are more or less species?
- Does species composition seem different?
- After this 1st year, do you have any suggestions for completing the vegetation program?





Terrestrial Fauna: Avian Fauna

Methodology

- 48 listening stations (based on fire severity: 24 in wooded areas, 24 in regeneration areas)

Observed trends

- 61 species observed and 7 opportunistic observations
- Special-status species observations:
  - Bald eagle
  - Common nighthawk
  - Evening grosbeak
  - Olive-sided flycatcher
  - Rusty blackbird
  - Barn swallow
- Decline in bird richness, density and abundance, most marked in severely burnt areas
- Presence of species associated with forest fires: black-backed woodpecker, olive-sided flycatcher

Recommendations

- Monitoring the richness, density and abundance of bird populations in areas affected by fires of varying severity will enable the identification of notable long-term trends









Terrestrial Fauna: Snowshoe Hare

Methodology

- 10 inventoried plots (5 burnt, 5 unburnt)

Observed trends

- Signs of presence in all plots
- Opportunistic observations: 2 hares observed
- Signs of presence and abundance:
  - Less frequent in fire-affected plots
  - Decrease in the first few years after a fire

Recommendations

- Monitoring the evolution of post-fire habitats and, in parallel, snowshoe hare population trends based on measured density indicators







Terrestrial Fauna: Woodland Caribou

Partnership between GMW and MELCCFP (2024)

- Objectives:
  - Document land use by woodland caribou
  - Visualize in real time, over a 3-year period, the use of burnt areas in 2023
- Deployment of 4 telemetric collars in winter 2024
- As per the established agreement, data cannot be shared
- In the field:
  - Opportunistic observation in June 2024 along a logging road, about 7 km from the Windfall advanced exploration project







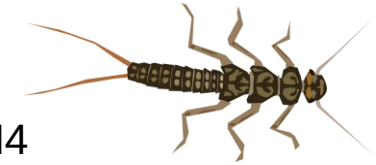
Based on your experience on the territory…

- Have you noticed changes in relation to forest fires and terrestrial fauna?
- Are there more marked changes depending on the severity of the fires?
- Do you find there are more or less species?
- Does species composition seem different?
- After this 1st year, do you have any suggestions for completing the terrestrial fauna program?



Aquatic Organisms: Benthos

Methodology



- 2 watercourses and 2 lakes inventoried
  - Fire : watercourse CE-01 and lake SN4
  - Not impacted: watercourse SN2-T1 and lake SN2





Observed trends

- Impacted water bodies: higher abundance and richness





Recommendations

- Monitoring the richness, density and abundance of benthic communities in fire-affected environments will reveal the long-term effects of fire



Based on your experience on the territory…

- Have you noticed changes in relation to forest fires and aquatic organisms or those that feed on them (e.g., birds, fish, frogs)?
- Are there more marked changes depending on the severity of the fires?
- Have you noticed changes in fishing?
- After this 1st year, do you have any suggestions for completing the aquatic organism program?







Next Steps

- Gather your feedback
- Discuss with you the results and changes you have seen in the area since the fires
- Improve the program based on your feedback for Year 2 monitoring in summer 2025

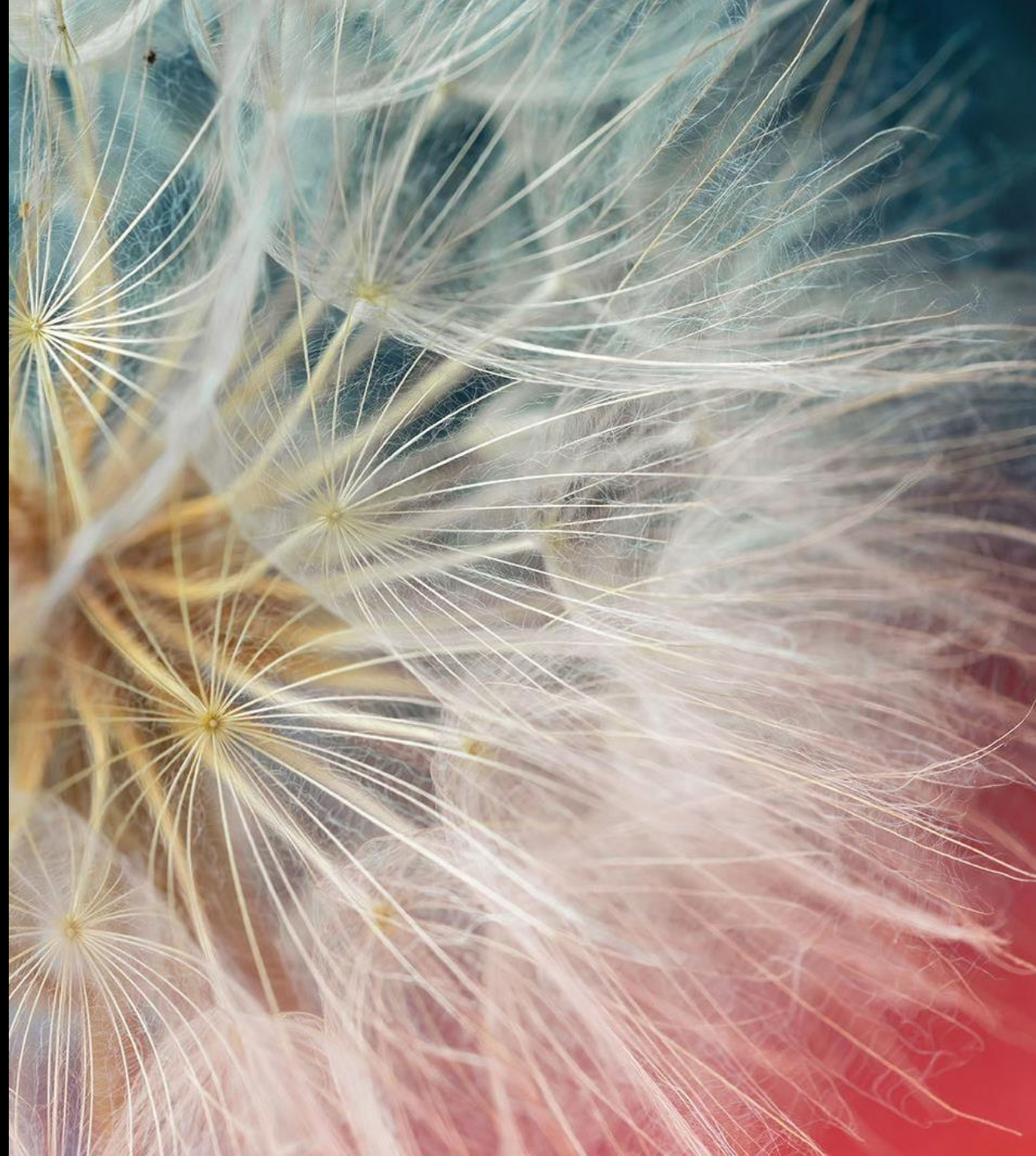








DISCUSSION



ANNEXE

E

EAU DE SURFACE

ANNEXE

E-1 *CERTIFICATS D'ANALYSE DE L'EAU DE SURFACE DU LABORATOIRE BUREAU VÉRITAS*

Environnement et Lutte contre les changements climatiques
Québec

Direction de l'analyse chimique
850 boul. Vanier
Laval (Québec) H7C 2M7
Tél.: 450 664-1750
Fax: 450 661-8512

Certificat d'analyse

Client: Bureau Veritas Canada (2019) Inc.- Montréal
889, Montée de Liesse
Saint-Laurent (Québec) H4T 1P5

Nom de projet: Maxxam Analytique inc. (MTL)
Responsable: SoustraitanceQue-YUL
Téléphone: 514-448-9001
Code projet client:

Date de réception: 22 août 2024
Numéro de dossier: L069225
Bon de commande: C446300
Code projet CEAEQ: 1199

Numéro de l'échantillon : L069225-01

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8388
Description de prélèvement: EH-2A-A
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Anions

Méthode: MA. 300 - Ions 1.3	Résultat	Unité	LDM
Date d'analyse: 3 septembre 2024			
Sulfates	0,60	mg/l	0,15

Numéro de l'échantillon : L069225-02

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8389
Description de prélèvement: EH-2A-B
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Anions

Méthode: MA. 300 - Ions 1.3	Résultat	Unité	LDM
Date d'analyse: 3 septembre 2024			
Sulfates	0,66	mg/l	0,15

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans le consentement écrit du CEAEQ

Version 1 (1490417)

Certificat d'analyse (suite de l'échantillon numéro : L069225-03)

Numéro de l'échantillon : L069225-03

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8390
Description de prélèvement: WL-10S-A
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Anions

Méthode: MA. 300 - Ions 1.3 Date d'analyse: 3 septembre 2024	Résultat	Unité	LDM
Sulfates	1,13	mg/l	0,15

Numéro de l'échantillon : L069225-04

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8391
Description de prélèvement: WL-DUP
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Anions

Méthode: MA. 300 - Ions 1.3 Date d'analyse: 3 septembre 2024	Résultat	Unité	LDM
Sulfates	1,14	mg/l	0,05

Numéro de l'échantillon : L069225-05

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8392
Description de prélèvement: WL-14-A
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Anions

Méthode: MA. 300 - Ions 1.3 Date d'analyse: 3 septembre 2024	Résultat	Unité	LDM
Sulfates	1,42	mg/l	0,15

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans le consentement écrit du CEAEQ

Numéro de l'échantillon : L069225-06

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8393
Description de prélèvement: WL-13-A
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Anions

Méthode: MA. 300 - Ions 1.3	**Résultat**	**Unité**	**LDM**
Date d'analyse: 3 septembre 2024			
Sulfates	10,7	mg/l	0,15

Les résultats ne se rapportent qu'à l'échantillon tel que reçu et soumis à l'analyse.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

***Certificat approuvé le* 6 septembre 2024**

Sung Vo Duy, Ph.D., chimiste
Contaminants inorganiques, Laval

Légende:
ABS: Absence
DNQ: Résultat entre la LDM et la LQM
INT: Interférences - Analyse impossible
ND: Non détecté
ST: Sous-traitance
PR: Présence
RNF: Résultat non disponible
NDR: Détecté - Mais ne satisfait pas le rapport isotopique
TNI: Colonies trop nombreuses pour être identifiées
VR: Voir remarque

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans le consentement écrit du CEAEQ

Version 1 (1490417)

Environnement et Lutte contre les changements climatiques
Québec

Certificat d'analyse

Direction de l'analyse chimique
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
Tél.: 418 643-1301
Téléc.: 418 528-1091

Client: Bureau Veritas Canada (2019) Inc.- Montréal
889, Montée de Liesse
Saint-Laurent (Québec) H4T 1P5

Nom de projet: Maxxam Analytique inc. (MTL)
Responsable: SoustraitanceQue-YUL
Téléphone: 514-448-9001
Code projet client:

Date de réception: 22 août 2024
Numéro de dossier: Q154952
Bon de commande: C446300
Code projet CEAEQ: 1199

Numéro de l'échantillon : Q154952-01

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8388-EH-2A-A
Description de prélèvement: NJ8388-EH-2A-A
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Méthode: MA. 303 - PT-Lac ICP-MSMS Date d'analyse: 6 septembre 2024	Résultat	Unité	LDM
Phosphore	5,7	µg/l	0,6

Remarque(s)

Niveau: Paramètre

No Éch.: Q154952-01 **Paramètre:** Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Remarque

Ce paramètre ne fait pas partie de la portée d'accréditation du Conseil canadien des normes.

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans le consentement écrit du CEAEQ

Version 1 (1492170)

Certificat d'analyse (suite de l'échantillon numéro : Q154952-02)

Numéro de l'échantillon : Q154952-02

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8389-EH-2A-B
Description de prélèvement: NJ8389-EH-2A-B
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Méthode: MA. 303 - PT-Lac ICP-MSMS	Résultat	Unité	LDM
Date d'analyse: 6 septembre 2024			
Phosphore	6,4	µg/l	0,6

Remarque(s)

Niveau: Paramètre

No Éch.: Q154952-02 **Paramètre:** Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Remarque

Ce paramètre ne fait pas partie de la portée d'accréditation du Conseil canadien des normes.

Numéro de l'échantillon : Q154952-03

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8390-WL-10S-A
Description de prélèvement: NJ8390-WL-10S-A
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Méthode: MA. 303 - PT-Lac ICP-MSMS	Résultat	Unité	LDM
Date d'analyse: 6 septembre 2024			
Phosphore	7,9	µg/l	0,6

Remarque(s)

Niveau: Paramètre

No Éch.: Q154952-03 **Paramètre:** Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Remarque

Ce paramètre ne fait pas partie de la portée d'accréditation du Conseil canadien des normes.

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans le consentement écrit du CEAEQ

Certificat d'analyse (suite de l'échantillon numéro : Q154952-04)

Numéro de l'échantillon : Q154952-04

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8391-WL-DUP
Description de prélèvement: NJ8391-WL-DUP
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Méthode: MA. 303 - PT-Lac ICP-MSMS	Résultat	Unité	LDM
Date d'analyse: 6 septembre 2024			
Phosphore	7,8	µg/l	0,6

Remarque(s)

Niveau: Paramètre

No Éch.: Q154952-04 **Paramètre:** Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Remarque

Ce paramètre ne fait pas partie de la portée d'accréditation du Conseil canadien des normes.

Numéro de l'échantillon : Q154952-05

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8392-WL:-14-A
Description de prélèvement: NJ8392-WL:-14-A
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Méthode: MA. 303 - PT-Lac ICP-MSMS	Résultat	Unité	LDM
Date d'analyse: 6 septembre 2024			
Phosphore	9,9	µg/l	0,6

Remarque(s)

Niveau: Paramètre

No Éch.: Q154952-05 **Paramètre:** Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Remarque

Ce paramètre ne fait pas partie de la portée d'accréditation du Conseil canadien des normes.

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans le consentement écrit du CEAEQ

Version 1 (1492170)

Numéro de l'échantillon : Q154952-06

Préleveur: Client
Date de prélèvement: 18 août 2024
Description de l'échantillon: NJ8393-WL-13-A
Description de prélèvement: NJ8393-WL-13-A
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Méthode: MA. 303 - PT-Lac ICP-MSMS **Date d'analyse:** 6 septembre 2024	**Résultat**	**Unité**	**LDM**
Phosphore	4,6	µg/l	0,6

Remarque(s)

Niveau: Paramètre

No Éch.:Q154952-06 **Paramètre:** Phosphore total - Persulfate RSVL IPC-MSMS

Remarque

Ce paramètre ne fait pas partie de la portée d'accréditation du Conseil canadien des normes.

Les résultats ne se rapportent qu'à l'échantillon tel que reçu et soumis à l'analyse.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

***Certificat approuvé le* 13 septembre 2024**



Jean-Luc Pilote, M.Sc. Chimiste
Division chimie inorganique, Québec

Légende:

ABS: Absence
DNQ: Résultat entre la LDM et la LQM
INT: Interférences - Analyse impossible
ND: Non détecté
ST: Sous-traitance
PR: Présence
RNF: Résultat non disponible
NDR: Détecté - Mais ne satisfait pas le rapport isotopique
TNI: Colonies trop nombreuses pour être identifiées
VR: Voir remarque

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans le consentement écrit du CEAEQ

Version 1 (1492170)

Votre # du projet: CA0023271.9538, phase 6.1
No. de site: Soutien EIE 2024
Adresse du site: Windfall
Votre # Bordereau: 140189

Attention: Karel Cadoret

WSP CANADA Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec, QC
CANADA G2K 0M5

Date du rapport: 2024/09/19
Rapport: R2979578
Version: 1 - Finale

CERTIFICAT D'ANALYSES

DE DOSSIER BUREAU VERITAS: C446300
Reçu: 2024/08/20, 12:30

Matrice: Eau de surface
Nombre d'échantillons reçus: 8

Analyses	Quantité	Date de l' extraction	Date Analysé	Méthode de laboratoire	Méthode d'analyse
Alcalinité totale (pH final 4.5)- eaux	6	N/A	2024/08/25	STL SOP-00038	SM 24 2320-B m
Anions dans l'eau	6	N/A	2024/08/21	STL SOP-00014	MA.300–Ions 1.3 R6 m
HP (C10-C50) dans les eaux	4	2024/08/22	2024/08/23	STL SOP-00173	MA.400–HYD. 1.1 R3 m
HP (C10-C50) dans les eaux	2	2024/08/22	2024/08/24	STL SOP-00173	MA.400–HYD. 1.1 R3 m
Cyanures totaux dans les eaux	6	N/A	2024/08/26	STL SOP-00035	MA300-CN 1.2 R4 m
Conductivité dans les eaux	6	N/A	2024/08/25	STL SOP-00038	SM 24 2510-B m
Carbone Organique Dissous (6)	6	2024/08/26	2024/08/27	STL SOP-00243	SM 23 5310-B m
Matières en suspension	6	N/A	2024/08/23	STL SOP-00015	MA.104–S.S. 2.0 m
Métaux traces extractibles totaux-ICP-MS	7	2024/08/29	2024/09/03	STL SOP-00006	MA203–Mét Tra1.1 R1m
Métaux traces extractibles totaux-ICP-MS	1	2024/08/29	2024/09/04	STL SOP-00006	MA203–Mét Tra1.1 R1m
Azote ammoniacal dans les eaux	6	N/A	2024/08/26	STL SOP-00040	MA.300–N 2.0 R2 m
Nitrates (NO3-), Nitrites (NO2-)-eau	6	N/A	2024/08/21	STL SOP-00014	MA.300–Ions 1.3 R6 m
Phosphore total à l'état de trace(CEAEQ) (1)	6	N/A	N/A		
Anions (Sulfate) - CEAEQ (2)	6	N/A	N/A		
Solides totaux dissous	6	N/A	2024/08/23	STL SOP-00050	MA.115–S.D. 1.0 R4 m
Turbidité-eaux	6	N/A	2024/08/20	STL SOP-00022	MA.103–Tur. 1.0 R5 m
Fluorures (Basse limite) - eaux (3, 7)	6	N/A	2024/08/29	AB SOP-00005	SM 24 4500-F C m
Azote (total)-basse limite (4)	6	2024/08/26	2024/08/27	BBY6SOP-00016	SM 24 4500-N C m
Radium-226 Basse Limite-eaux (5, 8)	6	N/A	2024/09/18	BQL SOP-00006 BQL SOP-00017 BQL SOP-00032	Spectrométrie alpha

Remarques:

Bureau Veritas est certifié ISO/IEC 17025 pour certains paramètres précis des portées d'accréditation. Sauf indication contraire, les méthodes d'analyses utilisées par Bureau Veritas s'inspirent des méthodes de référence d'organismes provinciaux, fédéraux et américains, tels que le CCME, l'EPA, l'APHA ou le ministère de l'environnement du Québec.

Toutes les analyses présentées ont été réalisées conformément aux procédures et aux pratiques relatives à la méthodologie, à l'assurance qualité et au contrôle de la qualité généralement appliqués par les employés de Bureau Veritas (sauf s'il en a été convenu autrement par écrit entre le client et Bureau Veritas). Toutes les données de laboratoire rencontrent les contrôles statistiques et respectent tous les critères de CQ et les critères de performance des méthodes, sauf s'il en a été signalé autrement. Tous les blancs de méthode sont rapportés, toutefois, les données des échantillons correspondants ne sont pas corrigées pour la valeur du blanc, sauf indication contraire. Le cas échéant, sauf indication contraire, l'incertitude de mesure n'a pas été prise en

Votre # du projet: CA0023271.9538, phase 6.1
No. de site: Soutien EIE 2024
Adresse du site: Windfall
Votre # Bordereau: 140189

Attention: Karel Cadoret

WSP CANADA Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec, QC
CANADA G2K 0M5

Date du rapport: 2024/09/19
Rapport: R2979578
Version: 1 - Finale

CERTIFICAT D'ANALYSES

DE DOSSIER BUREAU VERITAS: C446300
Reçu: 2024/08/20, 12:30

considération lors de la déclaration de la conformité à la norme de référence.

Les responsabilités de Bureau Veritas sont restreintes au coût réel de l'analyse, sauf s'il en a été convenu autrement par écrit. Il n'existe aucune autre garantie, explicite ou implicite. Le client a fait appel à Bureau Veritas pour l'analyse de ses échantillons conformément aux méthodes de référence mentionnées dans ce rapport. L'interprétation et l'utilisation des résultats sont sous l'entière responsabilité du client et ne font pas partie des services offerts par Bureau Veritas, sauf si convenu autrement par écrit. Bureau Veritas ne peut pas garantir l'exactitude des résultats qui dépendent des renseignements fournis par le client ou son représentant.

Les résultats des échantillons solides, sauf les biotes, sont rapportés en fonction de la masse sèche, sauf indication contraire. Les analyses organiques ne sont pas corrigées en fonction de la récupération, sauf pour les méthodes de dilution isotopique.
Les résultats s'appliquent seulement aux échantillons analysés. Si l'échantillonnage n'est pas effectué par Bureau Veritas, les résultats se rapportent aux échantillons fournis pour analyse.
Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon dans son intégralité, sans le consentement écrit du laboratoire.
Lorsque la méthode de référence comprend un suffixe « m », cela signifie que la méthode d'analyse du laboratoire contient des modifications validées et appliquées afin d'améliorer la performance de la méthode de référence.
Notez: Les données brutes sont utilisées pour le calcul du RPD (% d'écart relatif). L'arrondissement des résultats finaux peut expliquer la variation apparente.
(1) Cette analyse a été effectuée par CEAEQ-Quebec,
(2) Cette analyse a été effectuée par CEAEQ-Laval,
(3) Cette analyse a été effectuée par Bureau Veritas Calgary, 4000 19 St NE , Calgary, AB, T2E 6P8
(4) Cette analyse a été effectuée par Bureau Veritas Burnaby, 4606 Canada Way , Burnaby, BC, V5G 1K5
(5) Cette analyse a été effectuée par Bureau Veritas - Radiological, 6790 Kitimat Rd, Unit 4 , Mississauga, ON, L5N 5L9
(6) Le COD présent dans l'échantillon réfère au carbone organique dissous non volatil.
(7) Veuillez noter que l'analyse des fluorures à basse limite est sensible à la présence des cations polyvalents, ce qui peut se traduire par une sous-évaluation des résultats.
(8) Les résultats pour le radium-226 n'ont pas été corrigé pour le blanc de méthode.

Note : Les paramètres inclus dans le présent certificat sont accrédités par le ministère de l'environnement du Québec, à moins d'indication contraire.

clé de cryptage

AUTHORIZED REPORT
RAPPORT AUTORISÉ

Bureau Veritas
19 Sep 2024 16:49:56

Veuillez adresser toute question concernant ce certificat d' analyse à:
Sarah Beaudry, Chargée de projets
Courriel: Sarah.Beaudry@bureauveritas.com
Téléphone (438)355-7268

==========

Ce rapport a été produit et distribué en utilisant une procédure automatisée sécuritaire.
Bureau Veritas a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à l'ISO/CEI17025. Pour la validation spécifique à un groupe de services, veuillez vous référer à la page des Signatures de validation si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Pour les noms de validation des analystes/superviseurs spécifiques à un service, veuillez vous référer à la section Résumé de l'analyse si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Ce rapport est autorisé par Aglaia Yannakis, Directrice générale, responsable des opérations du laboratoire Environnementale - Québec.

HYDROCARBURES PAR GCFID (EAU DE SURFACE)

ID Bureau Veritas		NJ8388	NJ8389	NJ8390	NJ8391	NJ8392	NJ8393		
Date d'échantillonnage		2024/08/18 14:04	2024/08/18 14:10	2024/08/18 12:12	2024/08/18	2024/08/18 09:12	2024/08/18 10:29		
# Bordereau		140189	140189	140189	140189	140189	140189		
	Unités	**EH-2a-A**	**EH-2a-B**	**WL-10S-A**	**WL-DUP**	**WL-14-A**	**WL-13-A**	**LDR**	**Lot CQ**
HYDROCARBURES PÉTROLIERS									
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	ug/L	<100	<100	<100	<100	<100	<100	100	2558990
Récupération des Surrogates (%)									
1-Chlorooctadécane	%	105	85	105	117	106	129	N/A	2558990

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
N/A = Non Applicable

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU DE SURFACE)

ID Bureau Veritas		NJ8388			NJ8389	NJ8390	NJ8391		
Date d'échantillonnage		2024/08/18 14:04			2024/08/18 14:10	2024/08/18 12:12	2024/08/18		
# Bordereau		140189			140189	140189	140189		
	Unités	EH-2a-A	LDR	Lot CQ	EH-2a-B	WL-10S-A	WL-DUP	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	ug/L	83	5.0	2561513	96	27	28	5.0	2561512
Antimoine (Sb) Extractible Total †	ug/L	0.030	0.0050	2561513	0.026	0.049	0.048	0.0050	2561512
Argent (Ag) Extractible Total †	ug/L	<0.0030	0.0030	2561513	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2561512
Arsenic (As) Extractible Total †	ug/L	0.23	0.080	2561513	0.20	0.30	0.31	0.080	2561512
Baryum (Ba) Extractible Total †	ug/L	3.9	0.030	2561513	3.5	2.8	2.9	0.030	2561512
Béryllium (Be) Extractible Total †	ug/L	<0.010	0.010	2561513	<0.010	<0.010	<0.010	0.010	2561512
Bore (B) Extractible Total †	ug/L	1.7	0.30	2561513	1.6	2.0	2.0	0.30	2561512
Cadmium (Cd) Extractible Total †	ug/L	0.010	0.0060	2561513	0.0095	0.011	0.011	0.0060	2561512
Calcium (Ca) Extractible Total †	ug/L	1800	20	2561513	2000	1700	1700	20	2561512
Chrome (Cr) Extractible Total †	ug/L	0.20	0.040	2561513	0.19	0.081	0.070	0.040	2561512
Cobalt (Co) Extractible Total †	ug/L	0.018	0.0080	2561513	0.023	0.019	0.020	0.0080	2561512
Cuivre (Cu) Extractible Total †	ug/L	0.30	0.050	2561513	0.72	0.27	0.26	0.050	2561512
Fer (Fe) Extractible Total †	ug/L	63	0.50	2561513	140	37	36	0.50	2561512
Magnésium (Mg) Extractible Total †	ug/L	570	10	2561513	600	420	430	10	2561512
Manganèse (Mn) Extractible Total †	ug/L	1.9	0.030	2561513	5.3	4.0	4.0	0.030	2561512
Mercure (Hg) Extractible Total †	ug/L	<0.0020	0.0020	2561513	<0.0020	<0.0020	<0.0020	0.0020	2561512
Molybdène (Mo) Extractible Total †	ug/L	0.018	0.010	2561513	0.016	0.027	0.026	0.010	2561512
Nickel (Ni) Extractible Total †	ug/L	0.21	0.030	2561513	0.21	0.10	0.099	0.030	2561512
Plomb (Pb) Extractible Total †	ug/L	0.030	0.010	2561513	0.082	0.047	0.046	0.010	2561512
Potassium (K) Extractible Total †	ug/L	190	10	2561513	220	250	240	10	2561512
Sélénium (Se) Extractible Total †	ug/L	0.065	0.050	2561513	0.072	<0.050	0.069	0.050	2561512
Sodium (Na) Extractible Total †	ug/L	520	10	2561513	550	720	740	10	2561512
Strontium (Sr) Extractible Total †	ug/L	9.0	0.040	2561513	9.3	7.1	7.0	0.040	2561512
Uranium (U) Extractible Total †	ug/L	0.0034	0.0010	2561513	0.0035	0.0019	0.0020	0.0010	2561512
Vanadium (V) Extractible Total †	ug/L	0.079	0.050	2561513	0.090	0.085	0.085	0.050	2561512
Zinc (Zn) Extractible Total †	ug/L	1.7	0.50	2561513	13 (1)	4.1 (1)	4.1 (1)	2.9	2563637
Dureté totale (CaCO3) Extractible Total †	ug/L	6900	40	2561513	7500	6000	6100	40	2561512

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU DE SURFACE)

ID Bureau Veritas		NJ8392			NJ8393	NJ8394	NJ8395		
Date d'échantillonnage		2024/08/18 09:12			2024/08/18 10:29	2024/08/18	2024/08/18		
# Bordereau		140189			140189	140189	140189		
	Unités	WL-14-A	LDR	Lot CQ	WL-13-A	BLA-TRANSPORT	BLA-TERRAIN	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	ug/L	54	5.0	2561512	8.9	<5.0	<5.0	5.0	2561512
Antimoine (Sb) Extractible Total †	ug/L	0.029	0.0050	2561512	0.023	<0.0050	0.060	0.0050	2561512
Argent (Ag) Extractible Total †	ug/L	<0.0030	0.0030	2561512	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2561512
Arsenic (As) Extractible Total †	ug/L	0.35	0.080	2561512	0.27	<0.080	<0.080	0.080	2561512
Baryum (Ba) Extractible Total †	ug/L	7.4	0.030	2561512	13	<0.030	<0.030	0.030	2561512
Béryllium (Be) Extractible Total †	ug/L	<0.010	0.010	2561512	<0.010	<0.010	<0.010	0.010	2561512
Bore (B) Extractible Total †	ug/L	2.0	0.30	2561512	4.9	<0.30	0.41	0.30	2561512
Cadmium (Cd) Extractible Total †	ug/L	0.0089	0.0060	2561512	<0.0060	<0.0060	<0.0060	0.0060	2561512
Calcium (Ca) Extractible Total †	ug/L	5000	20	2561512	14000	<20	<20	20	2561512
Chrome (Cr) Extractible Total †	ug/L	0.22	0.040	2561512	0.087	<0.040	<0.040	0.040	2561512
Cobalt (Co) Extractible Total †	ug/L	0.038	0.0080	2561512	0.044	<0.0080	0.011	0.0080	2561512
Cuivre (Cu) Extractible Total †	ug/L	0.21	0.050	2561512	0.23	<0.050	<0.050	0.050	2561512
Fer (Fe) Extractible Total †	ug/L	750	0.50	2561512	78	<0.50	<0.50	0.50	2561512
Magnésium (Mg) Extractible Total †	ug/L	1300	10	2561512	3400	<10	<10	10	2561512
Manganèse (Mn) Extractible Total †	ug/L	37	0.030	2561512	26	<0.030	0.032	0.030	2561512
Mercure (Hg) Extractible Total †	ug/L	<0.0020	0.0020	2561512	<0.0020	<0.0020	<0.0020	0.0020	2561512
Molybdène (Mo) Extractible Total †	ug/L	0.033	0.010	2561512	0.095	<0.010	<0.010	0.010	2561512
Nickel (Ni) Extractible Total †	ug/L	0.20	0.030	2561512	0.13	<0.030	0.17	0.030	2561512
Plomb (Pb) Extractible Total †	ug/L	0.21	0.010	2561512	0.027	<0.010	<0.010	0.010	2561512
Potassium (K) Extractible Total †	ug/L	210	10	2561512	580	<10	<10	10	2561512
Sélénium (Se) Extractible Total †	ug/L	0.060	0.050	2561512	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2561512
Sodium (Na) Extractible Total †	ug/L	960	10	2561512	4300	<10	<10	10	2561512
Strontium (Sr) Extractible Total †	ug/L	15	0.040	2561512	46	<0.040	<0.040	0.040	2561512
Uranium (U) Extractible Total †	ug/L	0.0061	0.0010	2561512	0.011	<0.0010	<0.0010	0.0010	2561512
Vanadium (V) Extractible Total †	ug/L	0.23	0.050	2561512	0.17	<0.050	<0.050	0.050	2561512
Zinc (Zn) Extractible Total †	ug/L	4.0 (1)	2.9	2563637	<0.50	<0.50	<0.50	0.50	2561512
Dureté totale (CaCO3) Extractible Total †	ug/L	18000	40	2561512	50000	<40	<40	40	2561512

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU DE SURFACE)

ID Bureau Veritas		NJ8388	NJ8388	NJ8389	NJ8390	NJ8391	NJ8391		
Date d'échantillonnage		2024/08/18 14:04	2024/08/18 14:04	2024/08/18 14:10	2024/08/18 12:12	2024/08/18	2024/08/18		
# Bordereau		140189	140189	140189	140189	140189	140189		
	Unités	**EH-2a-A**	**EH-2a-A Dup. de Lab.**	**EH-2a-B**	**WL-10S-A**	**WL-DUP**	**WL-DUP Dup. de Lab.**	**LDR**	**Lot CQ**
CONVENTIONNELS									
Azote ammoniacal (N-NH4+ et N-NH3)	mg/L	<0.020	N/A	<0.020	<0.020	0.030	0.029	0.020	2560362
Carbone organique dissous †	mg/L	8.7	N/A	7.8	4.6	4.6	N/A	0.22	2560186
Conductivité	mS/cm	0.016	N/A	0.016	0.016	0.016	N/A	0.0010	2559958
Cyanures Totaux	mg/L	<0.0030	N/A	<0.0030	<0.0030	<0.0030	N/A	0.0030	2559883
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	<0.020	<0.020	0.10	<0.020	<0.020	N/A	0.020	2558186
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	<0.020	<0.020	0.10	<0.020	<0.020	N/A	0.020	2558186
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	N/A	0.020	2558186
Turbidité	NTU	0.56	N/A	0.49	0.73	0.61	N/A	0.10	2558205
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5 †	mg/L	4.9	N/A	4.6	3.7	3.3	N/A	1.0	2559957
Bromure (Br-)	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	N/A	0.10	2558187
Chlorures (Cl)	mg/L	0.27	0.27	0.24	1.4	1.4	N/A	0.050	2558187
Solides dissous totaux	mg/L	40	N/A	30	35	29	N/A	10	2559607
Matières en suspension (MES)	mg/L	<2.0	N/A	2.0	<2.0	<2.0	N/A	2.0	2559400

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
Duplicata de laboratoire
N/A = Non Applicable
† Accréditation non existante pour ce paramètre

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU DE SURFACE)

ID Bureau Veritas		NJ8392	NJ8393		
Date d'échantillonnage		2024/08/18 09:12	2024/08/18 10:29		
# Bordereau		140189	140189		
	Unités	**WL-14-A**	**WL-13-A**	**LDR**	**Lot CQ**
CONVENTIONNELS					
Azote ammoniacal (N-NH4+ et N-NH3)	mg/L	<0.020	0.038	0.020	2560362
Carbone organique dissous †	mg/L	14	5.2	0.22	2560186
Conductivité	mS/cm	0.034	0.12	0.0010	2559958
Cyanures Totaux	mg/L	<0.0030	<0.0030	0.0030	2559883
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	<0.020	0.061	0.020	2558186
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	<0.020	0.061	0.020	2558186
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	<0.020	<0.020	0.020	2558186
Turbidité	NTU	2.5	1.0	0.10	2558205
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5 †	mg/L	11	44	1.0	2559957
Bromure (Br-)	mg/L	<0.10	<0.10	0.10	2558187
Chlorures (Cl)	mg/L	0.78	5.5	0.050	2558187
Solides dissous totaux	mg/L	67	100	10	2559607
Matières en suspension (MES)	mg/L	3.0	2.0	2.0	2559400

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

ANALYSE EN SOUS-TRAITANCE (EAU DE SURFACE)

ID Bureau Veritas		NJ8388	NJ8389	NJ8390	NJ8391	NJ8392	NJ8393		
Date d'échantillonnage		2024/08/18 14:04	2024/08/18 14:10	2024/08/18 12:12	2024/08/18	2024/08/18 09:12	2024/08/18 10:29		
# Bordereau		140189	140189	140189	140189	140189	140189		
	Unités	**EH-2a-A**	**EH-2a-B**	**WL-10S-A**	**WL-DUP**	**WL-14-A**	**WL-13-A**	**LDR**	**Lot CQ**
INORGANIQUES									
Fluorure (F) †	mg/L	0.022	0.020	0.018	0.017	0.026	0.028	0.010	2562134
CONVENTIONNELS									
Azote (N) Extractible Total †	mg/L	0.351	0.377	0.355	0.356	0.483	0.587	0.020	2560862
Radium-226	Bq/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.005	2569285

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

REMARQUES GÉNÉRALES

Échantillon NJ8389, Métaux traces extractibles totaux-ICP-MS: Test répété.
Échantillon NJ8390, Métaux traces extractibles totaux-ICP-MS: Test répété.
Échantillon NJ8391, Métaux traces extractibles totaux-ICP-MS: Test répété.
Échantillon NJ8392, Métaux traces extractibles totaux-ICP-MS: Test répété.

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis pour analyse

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
2558186	ZZH	Blanc fortifié	Nitrate(N) et Nitrite(N)	2024/08/20		97	%
			Nitrates (N-NO3-)	2024/08/20		99	%
			Nitrites (N-NO2-)	2024/08/20		96	%
2558186	ZZH	Blanc de méthode	Nitrate(N) et Nitrite(N)	2024/08/20	<0.020		mg/L
			Nitrates (N-NO3-)	2024/08/20	<0.020		mg/L
			Nitrites (N-NO2-)	2024/08/20	<0.020		mg/L
2558187	ZZH	Blanc fortifié	Bromure (Br-)	2024/08/20		101	%
			Chlorures (Cl)	2024/08/20		103	%
2558187	ZZH	Blanc de méthode	Bromure (Br-)	2024/08/20	<0.10		mg/L
			Chlorures (Cl)	2024/08/20	<0.050		mg/L
2558205	WTE	Blanc fortifié	Turbidité	2024/08/20		101	%
2558205	WTE	Blanc de méthode	Turbidité	2024/08/20	<0.10		NTU
2558990	MP9	Blanc fortifié	1-Chlorooctadécane	2024/08/23		103	%
			Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	2024/08/23		105	%
2558990	MP9	Blanc fortifié DUP	1-Chlorooctadécane	2024/08/23		119	%
			Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	2024/08/23		114	%
2558990	MP9	Blanc de méthode	1-Chlorooctadécane	2024/08/23		106	%
			Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	2024/08/23	<100		ug/L
2559400	RAI	Blanc fortifié	Matières en suspension (MES)	2024/08/23		89	%
2559400	RAI	Blanc de méthode	Matières en suspension (MES)	2024/08/23	<2.0		mg/L
2559607	RIY	Blanc fortifié	Solides dissous totaux	2024/08/23		103	%
2559607	RIY	Blanc de méthode	Solides dissous totaux	2024/08/23	<10		mg/L
2559883	HGU	Blanc fortifié	Cyanures Totaux	2024/08/26		93	%
2559883	HGU	Blanc de méthode	Cyanures Totaux	2024/08/26	<0.0030		mg/L
2559957	KME	Blanc fortifié	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2024/08/25		106	%
2559957	KME	Blanc de méthode	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2024/08/25	<1.0		mg/L
2559958	KME	Blanc fortifié	Conductivité	2024/08/25		104	%
2559958	KME	Blanc de méthode	Conductivité	2024/08/25	<0.0010		mS/cm
2560186	WPR	Blanc fortifié	Carbone organique dissous	2024/08/27		96	%
2560186	WPR	Blanc de méthode	Carbone organique dissous	2024/08/27	<0.22		mg/L
2560362	SXU	Blanc fortifié	Azote ammoniacal (N-NH4+ et N-NH3)	2024/08/27		108	%
2560362	SXU	Blanc de méthode	Azote ammoniacal (N-NH4+ et N-NH3)	2024/08/27	<0.020		mg/L
2560862	éE3	Échantillon fortifié	Azote (N) Extractible Total	2024/08/27		NC	%
2560862	éE3	Blanc fortifié	Azote (N) Extractible Total	2024/08/27		103	%
2560862	éE3	Blanc de méthode	Azote (N) Extractible Total	2024/08/27	<0.020		mg/L
2561512	WWO	Blanc fortifié	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/09/03		93	%
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/09/03		95	%
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/09/03		93	%
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/09/03		100	%
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/09/03		91	%
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/09/03		84	%
			Bore (B) Extractible Total	2024/09/03		89	%
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/09/03		101	%
			Calcium (Ca) Extractible Total	2024/09/03		98	%
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/09/03		101	%
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/09/03		106	%
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/09/03		117	%
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/09/03		103	%
			Magnésium (Mg) Extractible Total	2024/09/03		93	%
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/09/03		99	%
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/09/03		99	%
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/09/03		97	%

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/09/03		105	%
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/09/03		99	%
			Potassium (K) Extractible Total	2024/09/03		96	%
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/09/03		105	%
			Sodium (Na) Extractible Total	2024/09/03		95	%
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/09/03		98	%
			Uranium (U) Extractible Total	2024/09/03		94	%
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/09/03		102	%
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/09/03		161 (1)	%
2561512	WWO	Blanc de méthode	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/09/03	<5.0		ug/L
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/09/03	<0.0050		ug/L
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/09/03	<0.0030		ug/L
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/09/03	<0.080		ug/L
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/09/03	<0.030		ug/L
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/09/03	<0.010		ug/L
			Bore (B) Extractible Total	2024/09/03	<0.30		ug/L
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/09/03	<0.0060		ug/L
			Calcium (Ca) Extractible Total	2024/09/03	<20		ug/L
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/09/03	<0.040		ug/L
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/09/03	<0.0080		ug/L
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/09/03	<0.050		ug/L
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/09/03	<0.50		ug/L
			Magnésium (Mg) Extractible Total	2024/09/03	<10		ug/L
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/09/03	<0.030		ug/L
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/09/03	<0.0020		ug/L
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/09/03	<0.010		ug/L
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/09/03	<0.030		ug/L
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/09/03	<0.010		ug/L
			Potassium (K) Extractible Total	2024/09/03	<10		ug/L
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/09/03	<0.050		ug/L
			Sodium (Na) Extractible Total	2024/09/03	<10		ug/L
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/09/03	<0.040		ug/L
			Uranium (U) Extractible Total	2024/09/03	<0.0010		ug/L
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/09/03	<0.050		ug/L
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/09/03	<0.50		ug/L
			Dureté totale (CaCO3) Extractible Total	2024/09/03	<40		ug/L
2561513	WWO	Blanc fortifié	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/09/03		105	%
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/09/03		99	%
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/09/03		98	%
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/09/03		101	%
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/09/03		95	%
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/09/03		90	%
			Bore (B) Extractible Total	2024/09/03		88	%
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/09/03		100	%
			Calcium (Ca) Extractible Total	2024/09/03		102	%
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/09/03		98	%
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/09/03		104	%
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/09/03		104	%
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/09/03		100	%
			Magnésium (Mg) Extractible Total	2024/09/03		96	%
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/09/03		98	%
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/09/03		96	%

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/09/03		99	%
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/09/03		99	%
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/09/03		102	%
			Potassium (K) Extractible Total	2024/09/03		99	%
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/09/03		100	%
			Sodium (Na) Extractible Total	2024/09/03		97	%
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/09/03		97	%
			Uranium (U) Extractible Total	2024/09/03		94	%
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/09/03		99	%
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/09/03		99	%
2561513	WWO	Blanc de méthode	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/09/03	<5.0		ug/L
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/09/03	<0.0050		ug/L
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/09/03	<0.0030		ug/L
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/09/03	<0.080		ug/L
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/09/03	<0.030		ug/L
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/09/03	<0.010		ug/L
			Bore (B) Extractible Total	2024/09/03	<0.30		ug/L
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/09/03	<0.0060		ug/L
			Calcium (Ca) Extractible Total	2024/09/03	<20		ug/L
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/09/03	<0.040		ug/L
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/09/03	<0.0080		ug/L
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/09/03	<0.050		ug/L
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/09/03	<0.50		ug/L
			Magnésium (Mg) Extractible Total	2024/09/03	<10		ug/L
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/09/03	<0.030		ug/L
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/09/03	<0.0020		ug/L
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/09/03	<0.010		ug/L
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/09/03	<0.030		ug/L
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/09/03	<0.010		ug/L
			Potassium (K) Extractible Total	2024/09/03	<10		ug/L
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/09/03	<0.050		ug/L
			Sodium (Na) Extractible Total	2024/09/03	<10		ug/L
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/09/03	<0.040		ug/L
			Uranium (U) Extractible Total	2024/09/03	<0.0010		ug/L
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/09/03	<0.050		ug/L
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/09/03	<0.50		ug/L
			Dureté totale (CaCO3) Extractible Total	2024/09/03	<40		ug/L
2562134	AYE	Échantillon fortifié	Fluorure (F)	2024/08/29		106	%
2562134	AYE	Blanc fortifié	Fluorure (F)	2024/08/29		100	%
2562134	AYE	Blanc de méthode	Fluorure (F)	2024/08/29	0.014, LDR=0.010 (2)		mg/L
2563637	DMI	Blanc fortifié	Zinc (Zn) Extractible Total	2024/09/06		97	%
2563637	DMI	Blanc de méthode	Zinc (Zn) Extractible Total	2024/09/06	<2.9 (3)		ug/L
2569285	C1W	Blanc fortifié	Radium-226	2024/09/18		100	%

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
2569285	C1W	Blanc de méthode	Radium-226	2024/09/18	<0.005		Bq/L

LDR = Limite de détection rapportée

Échantillon fortifié: Échantillon auquel a été ajouté une quantité connue d'un ou de plusieurs composés chimiques d'intérêt. Sert à évaluer les interférences dues à la matrice.

Blanc fortifié: Un blanc, d'une matrice exempte de contaminants, auquel a été ajouté une quantité connue d'analyte provenant généralement d'une deuxième source. Utilisé pour évaluer la précision de la méthode.

Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.

Surrogate: Composé se comportant de façon similaire aux composés analysés et ajouté à l'échantillon avant l'analyse. Sert à évaluer la qualité de l'extraction.

NC (échantillon fortifié) : La récupération de l'échantillon fortifié n'a pas été calculée. La différence relative entre la concentration de l'échantillon parent et le niveau de fortification est trop faible pour qu'un calcul fiable du pourcentage de récupération soit possible (la concentration dans l'échantillon fortifié était plus faible que l'échantillon d'origine).

Réc = Récupération

(1) La récupération ou l'écart relatif (RPD) pour ce composé est en dehors des limites de contrôle, mais l'ensemble du contrôle qualité rencontre les critères d'acceptabilité pour cette analyse

(2) Method blank exceeds acceptance limits, 2x RDL acceptable for low level analysis

(3) The detection limit was raised due to a blank contamination.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport ont été vérifiés et validés par:

Cansu Bolukbas
Membre OCQ#2324-095
Cansu Bolukbas, B.Sc., Chimiste, Montréal, Analyste II

Peter Corbiere, B.Sc., Chimiste, Montréal, Analyste 2

Danish Samad

Michelina Cinquino, B. Sc Chimiste, Montréal, Analyste II

Simran Kaur LNU, B.Sc. Biochimiste, Montreal, Analyste 2

Suwan (Sze Yeung) Fock, B.Sc., Spécialiste Scientifique

Shu Yang, B.Sc. Chimiste, Montréal, Analyste II

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION (SUITE)

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport ont été vérifiés et validés par:

Zineb El Ouali
Membre OCQ#2021-051

Zineb El Ouali, M.Sc.,Chimiste, Montréal, Analyste II

Bureau Veritas Proprietary Software
Logiciel Propriétaire de Bureau Veritas

Automated Statchk

Bureau Veritas a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à l'ISO/CEI17025. Pour la validation spécifique à un groupe de services, veuillez vous référer à la page des Signatures de validation si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Pour les noms de validation des analystes/superviseurs spécifiques à un service, veuillez vous référer à la section Résumé de l'analyse si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Ce rapport est autorisé par Aglaia Yannakis, Directrice générale, responsable des opérations du laboratoire Environnementale - Québec.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

eCDR: Q140189

Délai requis:	Délai régulier
Date d'arrivée prévue:	2024-08-20 08:52
Soumis par:	Julien Vanson
Soumis à:	Montréal (Env. Lab)

Information facture

Dest.: COMPTES PAYABLE
WSP Canada Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec , QC , G2K 0M5
Envoyer à:
capayablesinvoice@wsp.com

Information rapport

Dest.: Karel Cadoret
WSP CANADA Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec , QC , G2K 0M5
Envoyer à:
karel.cadoret@wsp.com

Information Projet

Soumission: C30388
Bon de commande:
No. projet: CA0023271.9538, phase 6.1
Adresse du site: Windfall
Site #: Soutien EIE 2024

Liste des délais analytiques

A: Délai régulier

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Alcalinité totale (pH final 4.5)-eaux	Anions (Sulfate) - CEAEQ	Anions dans l'eau	Azote (total)-basse limite	Azote ammoniacal dans les eaux	Carbone Organique Dissous	Coliformes fécaux 0-60 UFC/100ml_W	Conductivité dans les eaux	Cyanures totaux dans les eaux	Dureté	Nombre de séries
EH-2a-A	1	2024-08-18 14:04	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
EH-2a-B	2	2024-08-18 14:10	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
WL-10S-A	3	2024-08-18 12:12	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
WL-DUP	4	2024-08-18	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
WL-14-A	5	2024-08-18 09:12	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
WL-13-A	6	2024-08-18 10:29	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
BLA-TRANSPORT	7	2024-08-18	EAU DE SURFACE	2										A	2
BLA-TERRAIN	°	2024-08-18	EAU DE SURFACE	1										A	2

NOVA-2024-08-2643

Délai régulier

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Fluorures (Basse limite) - eaux	HP (C10-C50) dans les eaux	Matières en suspension	Métaux traces extractibles totaux-ICP-MS	Nitrates (NO3-), Nitrites (NO2-) -eau	Phosphore total à l'état de trace(CEAEQ)	Radium-226 Basse Limite-eaux	Solides totaux dissous	Turbidité-eaux	Nombre de séries
EH-2a-A	1	2024-08-18 14:04	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1

4.9.7
7.5.5

Sandi Look
2024 08 20 1230
Ice 40 Seaboard

eCDR: Q140189

Délai requis:	Délai régulier
Date d'arrivée prévue:	2024-08-20 08:52
Soumis par:	Julien Vanson
Soumis à:	Montréal (Env. Lab)

Information facture

Dest.: COMPTES PAYABLE
WSP Canada Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec , QC , G2K 0M5
Envoyer à:
capayablesinvoice@wsp.com

Information rapport

Dest.: Karel Cadoret
WSP CANADA Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec , QC , G2K 0M5
Envoyer à:
karel.cadoret@wsp.com

Information Projet

Soumission: C30388
Bon de commande:
No. projet: CA0023271.9538, phase 6.1
Adresse du site: Windfall
Site #: Soutien EIE 2024

Liste des délais analytiques

C446300_COC

A: Délai régulier

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Alcalinité totale (pH final 4.5)-eaux	Anions (Sulfate) - CEAEQ	Anions dans l'eau	Azote (total)-basse limite	Azote ammoniacal dans les eaux	Carbone Organique Dissous	Coliformes fécaux 0-60 UFC/100ml_W	Conductivité dans les eaux	Cyanures totaux dans les eaux	Dureté	Nombre de séries
EH-2a-A	1	2024-08-18 14:04	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
EH-2a-B	2	2024-08-18 14:10	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
WL-10S-A	3	2024-08-18 12:12	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
WL-DUP	4	2024-08-18	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
WL-14-A	5	2024-08-18 09:12	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
WL-13-A	6	2024-08-18 10:29	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1
BLA-TRANSPORT	7	2024-08-18	EAU DE SURFACE	2										A	2
BLA-TERRAIN	8	2024-08-18	EAU DE SURFACE	1										A	2

20-Aug-24 12:30
Sarah Beaudry
C446300

A: Délai régulie FVE

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Fluorures (Basse limite) - eaux	HP (C10-C50) dans les eaux	Matières en suspension	Métaux traces extractibles totaux-ICP-MS	Nitrates (NO3-), Nitrites (NO2-) -eau	Phosphore total à l'état de trace(CEAEQ)	Radium-226 Basse Limite-eaux	Solides totaux dissous	Turbidité-eaux	Nombre de séries
EH-2a-A	1	2024-08-18 14:04	EAU DE SURFACE	17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1

ANNEXE

E-2 *RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE L'EAU DE SURFACE*

Paramètres		Unités	LDR	Station et date d'échantillonnage								Mesures descriptives					Critères		
				WL-07	WL-07	WL-07	WL-07	EH-2a-A	EH-2a-B	WL-07	WL-07	Valeur Min	Valeur Max	Moyenne	Médiane	Écart-type	MELCCFP		
				2024-05-18	2024-06-01	2024-07-07	2024-08-21	2024-08-18	2024-08-18	2024-09-15	2024-10-13						CVAA	CVAC	CPC (EO)
Physico-chimie																			
Conductivité (In-Situ)		mS/cm	n.a.	26	16	14	263	16	16	22	55	14	263,0	53,5	19,0	85,7	- - -	- - -	- - -
Oxygène dissous (In-Situ)		mg/L	n.a.	7,80	9,20	8,70	4,10	9,01	n.a.	5,17	10,13	4,10	10,13	7,73	8,70	2,24	- - -	G	- - -
Température (In-Situ)		°C	n.a.	13,81	16,17	19,80	20,26	21,40	n.a.	19,69	10,89	10,89	21,4	17,4	19,7	3,9	- - -	- - -	- - -
pH (In-Situ)		-	n.a.	7,42	6,48	6,17	7,09	6,13	6,13	7,23	7,29	6,13	7,42	6,74	6,79	0,57	A	6,5 à 9,0	6,5 à 8,5
Physico-chimie en laboratoire																			
Alcalinité total		mg Ca CO3/L	1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4,9	4,6	n.a.	n.a.	4,6	4,9	4,8	4,8	0,2	- - -	Sensibilité	- - -
Carbone organique dissous (COD)		mg/L	0,22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	8,7	7,8	n.a.	n.a.	7,8	8,7	8,3	8,3	0,6	- - -	- - -	- - -
Dureté		mg Ca CO3/L	0,04	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	6,90	7,50	n.a.	n.a.	6,9	7,5	7,2	7,2	0,4	- - -	- - -	- - -
Matières en suspension (MES)		mg/L	2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 2	2	n.a.	n.a.	2,00	2,00	1,50	1,50	0,71	MES	MES	- - -
Solides dissous totaux		mg/L	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	40	30	n.a.	n.a.	30,0	40,0	35,0	35,0	7,1	- - -	- - -	- - -
Turbidité		UTN	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,56	0,49	n.a.	n.a.	0,5	0,6	0,5	0,5	0,0	- - -	- - -	- - -
Ions majeurs																			
Bromure (Br-)		mg/L	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,1	< 0,1	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	0,050	0,05	0,000	- - -	- - -	- - -
Calcium (Ca)		mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,8	2,0	n.a.	n.a.	1,8	2	1,90	1,9	0,141	- - -	Sensibilité	- - -
Chlorure (Cl)		mg/L	0,05	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,27	0,24	n.a.	n.a.	0,24	0,27	0,26	0,255	0,021	320	120	250
Fluorure (F)		mg/L	0,01	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,022	0,020	n.a.	n.a.	0,02	0,022	0,021	0,021	0,001	B	B	1,5
Magnésium (Mg)		mg/L	0,01	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,57	0,60	n.a.	n.a.	0,57	0,6	0,585	0,585	0,021	- - -	- - -	- - -
Sulfates (SO4)		mg/L	0,15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,60	0,66	n.a.	n.a.	0,6	0,66	0,63	0,63	0,042	C	C	500
Nutriments																			
Azote (N)		mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,351	0,377	n.a.	n.a.	0,351	0,377	0,364	0,364	0,018	- - -	- - -	- - -
Azote ammoniacal (N-NH4+ et N-NH3)		mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	< 0,02	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	0,01	0,01	0,000	D	D	0,2 ou 1,5
Nitrates (N-NO3-)		mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	0,10	n.a.	n.a.	0,1	0,1	0,055	0,055	0,064	- - -	3	10
Nitrites (N-NO2-)		mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	< 0,02	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	0,01	0,01	0,000	E	E	1
Nitrate(N) et Nitrite(N)		mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	0,10	n.a.	n.a.	0,1	0,1	0,055	0,055	0,064	- - -	- - -	10
Phosphore (P)		mg/L	0,0006	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0057	0,0064	n.a.	n.a.	0,0057	0,0064	0,00605	0,00605	0,000	- - -	0,03	- - -
Métaux																			
Aluminium (Al)		mg/L	0,005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,083	0,096	n.a.	n.a.	0,083	0,096	0,090	0,090	0,009	F	F	0,1
Antimoine (Sb)		mg/L	0,000005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000030	0,000026	n.a.	n.a.	0,000026	0,00003	0,000028	0,000028	0,000	1100	0,24	0,006
Argent (Ag)		mg/L	0,000003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,000003	< 0,000003	n.a.	n.a.	< 0,000003	n.a.	0,0000015	0,0000015	0,000	B	0,00001	0,1
Arsenic (As)		mg/L	0,00008	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00023	0,00020	n.a.	n.a.	0,0002	0,00023	0,000215	0,000215	0,000	0,34	0,15	0,01
Cadmium (Cd)		mg/L	0,000006	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0000100	0,0000095	n.a.	n.a.	0,000010	0,000010	0,000010	0,00000975	0,000	B	B	0,005
Chrome (Cr)		mg/L	0,00004	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00020	0,00019	n.a.	n.a.	0,00019	0,00020	0,00020	0,00020	0,00001	B	B	0,05
Cobalt (Co)		mg/L	0,000008	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000018	0,000023	n.a.	n.a.	0,000018	0,000023	0,0000205	0,0000205	0,000	0,37	0,1	- - -
Cuivre (Cu)		mg/L	0,00005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00030	0,00072	n.a.	n.a.	0,0003	0,00072	0,00051	0,00051	0,000	B	B	1
Fer (Fe)		mg/L	0,0005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,063	0,140	n.a.	n.a.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	3,4	- - -	0,3
Fer ajusté en fonction des MES		mg/L	0,0005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,03	0,07	n.a.	n.a.	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	- - -	1,3 †	- - -
Manganèse (Mn)		mg/L	0,00003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0019	0,0053	n.a.	n.a.	0,002	0,005	0,004	0,004	0,002	B	B	0,05
Mercure (Hg)		mg/L	0,000002	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,000002	< 0,000002	n.a.	n.a.	< 0,000002	n.a.	0,000001	0,000001	0,000000	0,0016	0,00091	0,0000018
Molybdène (Mo)		mg/L	0,00001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000018	0,000016	n.a.	n.a.	0,000016	0,000018	0,000017	0,000017	0,000001	29	3,2	0,04
Nickel (Ni)		mg/L	0,00003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00021	0,00021	n.a.	n.a.	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0000	B	B	0,07
Plomb (Pb)		mg/L	0,00001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00003	0,000082	n.a.	n.a.	0,00003	0,00008	0,00006	0,00006	0,00004	B	B	0,01
Sélénium (Se)		mg/L	0,00005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000065	0,000072	n.a.	n.a.	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,00000	0,062	0,005	0,01
Uranium (U)		mg/L	0,000001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0000034	0,0000035	n.a.	n.a.	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,32 ou 2,3 ‡	0,014 ou 0,1 ‡ ‡	0,02
Zinc (Zn)		mg/L	0,0005 - 0,0029	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0017	0,0130	n.a.	n.a.	0,0017	0,0130	0,0074	0,0074	0,0080	B	B	5
Autres																			
Radium 226		Bq/L	0,005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,005	< 0,005	n.a.	n.a.	< 0,005	n.a.	0,0025	0,0025	0,000	- - -	- - -	0,6
Hydrocarbures pétroliers C10 à C50	Huile "Bunker"	mg/L	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,1	< 0,1	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	0,05	0,05	0,000	0,11	0,011	- - -
	Pétrole brut																0,13	0,063	
	Essence																1,8	0,2	
	Diesel et huile à chauffage domestique #2																2,8	0,2	

Dépassement de critère

CVAA	Critère de protection de la vie aquatique (effet aigu) du MELCCFP.
Aluminium	Le critère est valide si la dureté de 10 à 430 mg/L, le pH de 5 à 10,5, et le COD de 0,1 à 12 mg/L.
Azote ammoniacal	Le critère est valide si le pH est de 6,5 à 9,0, et la température de 0 à 30 °C.
Nitrites	Le critère est valide si la concentration de chlorure est connue.
Sulfates	Le critère est valide si les concentrations de dureté et de chlorure sont connues.
Uranium	Le critère est valide si la dureté se situe entre 20 et 210 mg/L.
CVAC	Critère de protection de la vie aquatique (effet chronique) du MELCCFP.
Aluminium	Le critère est valide si la dureté est de 10 à 430 mg/L, le pH de 5 à 10,5, et le COD de 0,1 à 12 mg/L.
Azote ammoniacal	Le critère est valide si le pH est de 6,5 à 9,0, et la température de 0 à 30 °C.
Fer	Le critère est valide si la concentration de MES est connue.
Nitrites	Le critère est valide si la concentration de chlorure est connue.
Oxygène dissous	Le critère est valide si la température est connue. Les concentration en oxygène dissous ne devraient pas être inférieures aux valeurs indiquées.
Sulfates	Le critère est valide si les concentrations de dureté et de chlorure sont connues.
Uranium	Le critère est valide si la dureté se situe entre 20 et 210 mg/L.
CPC (EO)	Critère de prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques) du MELCCFP.
LDR	Limite de détection rapportée
n.a.	Non analysé
*	Indiquent que la dureté (essentielle au calcul des critères CVAA et CVAC) est manquante ou à l'extérieur de la plage permise (10-400 mg/L).
Mesures descriptives	Lorsqu'une série de données comporte une valeur inférieure à la limite de détection (LDR), la moyenne, la médiane et l'écart-type est calculée en utilisant une valeur égale à ½ la LDR.

Note - Critères

A	Sommaire des effets létaux du pH sur les poissons (https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/annexe_13.htm)
B	Ce critère de qualité varie en fonction de la dureté.
C	Ce critère de qualité varie en fonction de la dureté et de la concentration en chlorure dans l'eau.
D	Ce critère de qualité est en fonction du pH et de la température.
E	Les concentrations permissibles en nitrites augmentent avec les concentrations en chlorures du milieu aquatique.
F	Ce critère est en fonction de la concentration en carbone organique dissous (COD) (max 12 mg/L), de la dureté et du pH
G	Ce critère est en fonction du biote et de la température.
H	Ce critère est en fonction de la dureté, du pH et des COD
Sensibilité	La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec l'alcalinité (mg/L) et la concentration en calcium (mg/L)

	Alcalinité	Calcium
Sensibilité Élevé	<10 mg/L	<4 mg/L
Sensibilité Moyenne	Entre 10 et 20 mg/L	Entre 4 et 8 mg/L
Sensibilité Faible	>20 mg/L	>8 mg/L

MES	L'augmentation par rapport à la concentration naturelle ne doit pas être supérieurs à 5 mg L-1 ou 25 mg L-1
Azote ammoniacal (CPC (EO))	Au-delà d'une concentration de 1,5 mg/L N, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation pourront être alté La présence d'azote ammoniacal à des concentrations plus élevées que 0,2 mg/L N peut compromettre l'efficacité de la désinfection.
Aluminium (CCME)	Un critère de 0,005 est applicable lorsque le pH est inférieur à 6,5. Un critère de 0,01 est applicable lorsque le pH est supérieur ou égale à 6,5.
† (Fer)	Un facteur de correction de 0,5 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en MES < 10 mg/L. Un facteur de correction de 0,33 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en MES ≥ 10 mg/L.
‡ (Uranium)	Un critère de 0,32 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 20 et 100 mg/L. Un critère de 2,3 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 101 et 210 mg/L.
‡ ‡ (Uranium)	Un critère de 0,014 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 20 et 100 mg/L. Un critère de 0,1 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 101 et 210 mg/L.

Paramètres	Unités	LDR	Station et date d'échantillonnage							Mesures descriptives					Critères		
			WL-08	WL-08	WL-08	WL-08	WL-14	WL-08	WL-08						MELCCFP		
			2024-05-18	2024-06-01	2024-07-07	2024-08-21	2024-08-18	2024-09-15	2024-10-13	Valeur Min	Valeur Max	Moyenne	Médiane	Écart-type	CVAA	CVAC	CPC (EO)
Physico-chimie																	
Conductivité (In-Situ)	mS/cm	n.a.	30	28	33	42	34	145	22	22,0	145,0	47,7	33,0	43,3	- - -	- - -	- - -
Oxygène dissous (In-Situ)	mg/L	n.a.	1,65	7,79	8,31	3,84	7,50	n.a.	9,61	1,65	9,61	5,53	7,50	3,69	- - -	G	- - -
Température (In-Situ)	°C	n.a.	9,91	17,27	20,10	17,23	21,30	18,27	9,35	9,35	21,3	16,2	17,3	4,7	- - -	- - -	- - -
pH (In-Situ)	-	n.a.	5,68	5,91	6,91	5,60	6,86	5,69	6,45	5,60	6,91	6,16	5,91	0,57	A	6,5 à 9,0	6,5 à 8,5
Physico-chimie en laboratoire																	
Alcalinité total	mg Ca CO3/L	1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	11	n.a.	n.a.	11,0	11,0	11,0	11,0	n.a.	- - -	Sensibilité	- - -
Carbone organique dissous (COD)	mg/L	0,22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	14	n.a.	n.a.	14,0	14,0	14,0	14,0	n.a.	- - -	- - -	- - -
Dureté	mg Ca CO3/L	0,04	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	18,00	n.a.	n.a.	18,0	18,0	18,0	18,0	n.a.	- - -	- - -	- - -
Matières en suspension (MES)	mg/L	2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3	n.a.	n.a.	3,00	3,00	3,00	3,00	n.a.	MES	MES	- - -
Solides dissous totaux	mg/L	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	67	n.a.	n.a.	67,0	67,0	67,0	67,0	n.a.	- - -	- - -	- - -
Turbidité	UTN	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,5	n.a.	n.a.	2,5	2,5	2,5	2,5	n.a.	- - -	- - -	- - -
Ions majeurs																	
Bromure (Br-)	mg/L	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	0,050	0,05	n.a.	- - -	- - -	- - -
Calcium (Ca)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5	n.a.	n.a.	5	5	5,00	5	n.a.	- - -	Sensibilité	- - -
Chlorure (Cl)	mg/L	0,05	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,78	n.a.	n.a.	0,78	0,78	0,78	0,78	n.a.	320	120	250
Fluorure (F)	mg/L	0,01	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,026	n.a.	n.a.	0,026	0,026	0,026	0,026	n.a.	B	B	1,5
Magnésium (Mg)	mg/L	0,01	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,3	n.a.	n.a.	1,3	1,3	1,3	1,3	n.a.	- - -	- - -	- - -
Sulfates (SO4)	mg/L	0,15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,42	n.a.	n.a.	1,42	1,42	1,42	1,42	n.a.	C	C	500
Nutriments																	
Azote (N)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,483	n.a.	n.a.	0,483	0,483	0,483	0,483	n.a.	- - -	- - -	- - -
Azote ammoniacal (N-NH4+ et N-NH3)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	0,01	0,01	n.a.	D	D	0,2 ou 1,5
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	0,01	0,01	n.a.	- - -	3	10
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	0,01	0,01	n.a.	E	E	1
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	0,01	0,01	n.a.	- - -	- - -	10
Phosphore (P)	mg/L	0,0006	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0099	n.a.	n.a.	0,0099	0,0099	0,0099	0,0099	n.a.	- - -	0,03	- - -
Métaux																	
Aluminium (Al)	mg/L	0,005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,054	n.a.	n.a.	0,054	0,054	0,054	0,054	n.a.	F	F	0,1
Antimoine (Sb)	mg/L	0,000005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000029	n.a.	n.a.	0,000029	0,000029	0,000029	0,000029	n.a.	1100	0,24	0,006
Argent (Ag)	mg/L	0,000003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,000003	n.a.	n.a.	< 0,000003	n.a.	0,0000015	0,0000015	n.a.	B	0,00001	0,1
Arsenic (As)	mg/L	0,00008	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00035	n.a.	n.a.	0,00035	0,00035	0,00035	0,00035	n.a.	0,34	0,15	0,01
Cadmium (Cd)	mg/L	0,000006	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0000089	n.a.	n.a.	0,000009	0,000009	0,000009	0,0000089	n.a.	B	B	0,005
Chrome (Cr)	mg/L	0,00004	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00022	n.a.	n.a.	0,00022	0,00022	0,00022	0,00022	n.a.	B	B	0,05
Cobalt (Co)	mg/L	0,000008	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000038	n.a.	n.a.	0,000038	0,000038	0,000038	0,000038	n.a.	0,37	0,1	- - -
Cuivre (Cu)	mg/L	0,00005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00021	n.a.	n.a.	0,00021	0,00021	0,00021	0,00021	n.a.	B	B	1
Fer (Fe)	mg/L	0,0005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,75	n.a.	n.a.	0,8	0,8	0,8	0,8	n.a.	3,4	- - -	0,3
Fer ajusté en fonction des MES	mg/L	0,0005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,38	n.a.	n.a.	0,4	0,4	0,4	0,4	n.a.	- - -	1,3 †	- - -
Manganèse (Mn)	mg/L	0,00003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,037	n.a.	n.a.	0,037	0,037	0,037	0,037	n.a.	B	B	0,05
Mercure (Hg)	mg/L	0,000002	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,000002	n.a.	n.a.	< 0,000002	n.a.	0,000001	0,000001	n.a.	0,0016	0,00091	0,0000018
Molybdène (Mo)	mg/L	0,00001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000033	n.a.	n.a.	0,000033	0,000033	0,000033	0,000033	n.a.	29	3,2	0,04
Nickel (Ni)	mg/L	0,00003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0002	n.a.	n.a.	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	n.a.	B	B	0,07
Plomb (Pb)	mg/L	0,00001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00021	n.a.	n.a.	0,00021	0,00021	0,00021	0,00021	n.a.	B	B	0,01
Sélénium (Se)	mg/L	0,00005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00006	n.a.	n.a.	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	n.a.	0,062	0,005	0,01
Uranium (U)	mg/L	0,000001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0000061	n.a.	n.a.	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	n.a.	0,32 ou 2,3 ‡	0,014 ou 0,1 ‡ ‡	0,02
Zinc (Zn)	mg/L	0,0029	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,004	n.a.	n.a.	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	n.a.	B	B	5
Autres																	
Radium 226	Bq/L	0,005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,005	n.a.	n.a.	< 0,005	n.a.	0,0025	0,0025	n.a.	- - -	- - -	0,6
Hydrocarbures pétroliers C10 à C50	Huile "Bunker"	mg/L	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	0,05	0,05	n.a.	0,11	0,011	- - -
	Pétrole brut															0,13	0,063	
	Essence															1,8	0,2	
	Diesel et huile à chauffage domestique #2															2,8	0,2	

Dépassement de critère

CVAA	Critère de protection de la vie aquatique (effet aigu) du MELCCFP.
Aluminium	Le critère est valide si la dureté de 10 à 430 mg/L, le pH de 5 à 10,5, et le COD de 0,1 à 12 mg/L.
Azote ammoniacal	Le critère est valide si le pH est de 6,5 à 9,0, et la température de 0 à 30 °C.
Nitrites	Le critère est valide si la concentration de chlorure est connue.
Sulfates	Le critère est valide si les concentrations de dureté et de chlorure sont connues.
Uranium	Le critère est valide si la dureté se situe entre 20 et 210 mg/L.
CVAC	Critère de protection de la vie aquatique (effet chronique) du MELCCFP.
Aluminium	Le critère est valide si la dureté est de 10 à 430 mg/L, le pH de 5 à 10,5, et le COD de 0,1 à 12 mg/L.
Azote ammoniacal	Le critère est valide si le pH est de 6,5 à 9,0, et la température de 0 à 30 °C.
Fer	Le critère est valide si la concentration de MES est connue.
Nitrites	Le critère est valide si la concentration de chlorure est connue.
Oxygène dissous	Le critère est valide si la température est connue. Les concentration en oxygène dissous ne devraient pas être inférieures aux valeurs indiquées.
Sulfates	Le critère est valide si les concentrations de dureté et de chlorure sont connues.
Uranium	Le critère est valide si la dureté se situe entre 20 et 210 mg/L.
CPC (EO)	Critère de prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques) du MELCCFP.
LDR	Limite de détection rapportée
n.a.	Non analysé
*	Indiquent que la dureté (essentielle au calcul des critères CVAA et CVAC) est manquante ou à l'extérieur de la plage permise (10-400 mg/L).
Mesures descriptives	Lorsqu'une série de données comporte une valeur inférieure à la limite de détection (LDR), la moyenne, la médiane et l'écart-type est calculée en utilisant une valeur égale à ½ la LDR.

Note - Critères

A	Sommaire des effets létaux du pH sur les poissons (https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/annexe_13.htm)
B	Ce critère de qualité varie en fonction de la dureté.
C	Ce critère de qualité varie en fonction de la dureté et de la concentration en chlorure dans l'eau.
D	Ce critère de qualité est en fonction du pH et de la température.
E	Les concentrations permissibles en nitrites augmentent avec les concentrations en chlorures du milieu aquatique.
F	Ce critère est en fonction de la concentration en carbone organique dissous (COD) (max 12 mg/L), de la dureté et du pH
G	Ce critère est en fonction du biote et de la température.
H	Ce critère est en fonction de la dureté, du pH et des COD
Sensibilité	La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec l'alcalinité (mg/L) et la concentration en calcium (mg/L)

	Alcalinité	Calcium
Sensibilité Élevé	<10 mg/L	<4 mg/L
Sensibilité Moyenne	Entre 10 et 20 mg/L	Entre 4 et 8 mg/L
Sensibilité Faible	>20 mg/L	>8 mg/L

MES	L'augmentation par rapport à la concentration naturelle ne doit pas être supérieurs à 5 mg L-1 ou 25 mg L-1
Azote ammoniacal (CPC (EO))	Au-delà d'une concentration de 1,5 mg/L N, les propriétés organoleptiques ou esthésiques de l'eau de consommation pourront être alté La présence d'azote ammoniacal à des concentrations plus élevées que 0,2 mg/L N peut compromettre l'efficacité de la désinfection.
Aluminium (CCME)	Un critère de 0,005 est applicable lorsque le pH est inférieur à 6,5. Un critère de 0,01 est applicable lorsque le pH est supérieur ou égale à 6,5.
† (Fer)	Un facteur de correction de 0,5 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en MES < 10 mg/L. Un facteur de correction de 0,33 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en MES ≥ 10 mg/L.
‡ (Uranium)	Un critère de 0,32 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 20 et 100 mg/L. Un critère de 2,3 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 101 et 210 mg/L.
‡ ‡ (Uranium)	Un critère de 0,014 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 20 et 100 mg/L. Un critère de 0,1 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 101 et 210 mg/L.

Paramètres	Unités	LDR	Station et dates d'échantillonnage							Mesures descriptives					Critères		
			WL-10	WL-10	WL-10	WL-10	WL-10	WL-10	WL-10	Valeur Min	Valeur Max	Moyenne	Médiane	Écart-type	MELCCFP		
			2024-05-18	2024-06-01	2024-07-07	2024-08-21	2024-08-18	2024-09-15	2024-10-13						CVAA	CVAC	CPC (EO)
Physico-chimie																	
Conductivité (In-Situ)	mS/cm	n.a.	12	13	14	9	16	14	< 1	9,0	16,0	11,1	13,0	5,4	- - -	- - -	- - -
Oxygène dissous (In-Situ)	mg/L	n.a.	6,90	6,50	9,20	3,60	8,00	6,82	10,4	3,60	10,40	7,35	6,90	2,18	- - -	G	- - -°C
Température (In-Situ)		n.a.	15,00	15,21	21,20	18,99	21,80	20,82	9,95	9,95	21,8	17,6	19,0	4,4	- - -	- - -	- - -
pH (In-Situ)	-	n.a.	6,73	6,55	6,13	6,63	6,33	5,59	6,68	5,59	6,73	6,38	6,55	0,41	A	6,5 à 9,0	6,5 à 8,5
Physico-chimie en laboratoire																	
Alcalinité total	mg Ca CO3/L	1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,7	n.a.	n.a.	3,7	3,7	3,7	3,7	n.a.	- - -	Sensibilité	- - -
Carbone organique dissous (COD)	mg/L	0,22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4,6	n.a.	n.a.	4,6	4,6	4,6	4,6	n.a.	- - -	- - -	- - -
Dureté	mg Ca CO3/L	0,04	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	6,00	n.a.	n.a.	6,0	6,0	6,0	6,0	n.a.	- - -	- - -	- - -
Matières en suspension (MES)	mg/L	2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 2	n.a.	n.a.	< 2	n.a.	1,00	1,00	n.a.	MES	MES	- - -
Solides dissous totaux	mg/L	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	35	n.a.	n.a.	35,0	35,0	35,0	35,0	n.a.	- - -	- - -	- - -
Turbidité	UTN	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,73	n.a.	n.a.	0,7	0,7	0,7	0,7	n.a.	- - -	- - -	- - -
Ions majeurs																	
Bromure (Br-)	mg/L	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	0,050	0,05	n.a.	- - -	- - -	- - -
Calcium (Ca)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,7	n.a.	n.a.	1,7	1,7	1,70	1,7	n.a.	- - -	Sensibilité	- - -
Chlorure (Cl)	mg/L	0,05	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,4	n.a.	n.a.	1,4	1,4	1,40	1,4	n.a.	320	120	250
Fluorure (F)	mg/L	0,01	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,018	n.a.	n.a.	0,018	0,018	0,018	0,018	n.a.	B	B	1,5
Magnésium (Mg)	mg/L	0,01	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,42	n.a.	n.a.	0,42	0,42	0,42	0,42	n.a.	- - -	- - -	- - -
Sulfates (SO4)	mg/L	0,15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,13	n.a.	n.a.	1,13	1,13	1,13	1,13	n.a.	C	C	500
Nutriments																	
Azote (N)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,355	n.a.	n.a.	0,355	0,355	0,355	0,355	n.a.	- - -	- - -	- - -
Azote ammoniacal (N-NH4+ et N-NH3)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	0,01	0,01	n.a.	D	D	0,2 ou 1,5
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	0,01	0,01	n.a.	- - -	3	10
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	0,01	0,01	n.a.	E	E	1
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	0,01	0,01	n.a.	- - -	- - -	10
Phosphore (P)	mg/L	0,0006	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0079	n.a.	n.a.	0,0079	0,0079	0,0079	0,0079	n.a.	- - -	0,03	- - -
Métaux																	
Aluminium (Al)	mg/L	0,005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,027	n.a.	n.a.	0,027	0,027	0,027	0,027	n.a.	F	F	0,1
Antimoine (Sb)	mg/L	0,000005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000049	n.a.	n.a.	0,000049	0,000049	0,000049	0,000049	n.a.	1100	0,24	0,006
Argent (Ag)	mg/L	0,000003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,000003	n.a.	n.a.	< 0,000003	n.a.	0,0000015	0,0000015	n.a.	B	0,00001	0,1
Arsenic (As)	mg/L	0,00008	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0003	n.a.	n.a.	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	n.a.	0,34	0,15	0,01
Cadmium (Cd)	mg/L	0,000006	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000011	n.a.	n.a.	0,000011	0,000011	0,000011	0,000011	n.a.	B	B	0,005
Chrome (Cr)	mg/L	0,00004	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000081	n.a.	n.a.	0,00008	0,00008	0,00008	0,00008	n.a.	B	B	0,05
Cobalt (Co)	mg/L	0,000008	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000019	n.a.	n.a.	0,000019	0,000019	0,000019	0,000019	n.a.	0,37	0,1	- - -
Cuivre (Cu)	mg/L	0,00005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00027	n.a.	n.a.	0,00027	0,00027	0,00027	0,00027	n.a.	B	B	1
Fer (Fe)	mg/L	0,0005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,037	n.a.	n.a.	0,0	0,0	0,0	0,0	n.a.	3,4	- - -	0,3
Fer ajusté en fonction des MES	mg/L	0,0005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,02	n.a.	n.a.	0,0	0,0	0,0	0,0	n.a.	- - -	1,3 †	- - -
Manganèse (Mn)	mg/L	0,00003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,004	n.a.	n.a.	0,004	0,004	0,004	0,004	n.a.	B	B	0,05
Mercure (Hg)	mg/L	0,000002	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,000002	n.a.	n.a.	< 0,000002	n.a.	0,000001	0,000001	n.a.	0,0016	0,00091	0,0000018
Molybdène (Mo)	mg/L	0,00001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000027	n.a.	n.a.	0,000027	0,000027	0,000027	0,000027	n.a.	29	3,2	0,04
Nickel (Ni)	mg/L	0,00003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0001	n.a.	n.a.	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	n.a.	B	B	0,07
Plomb (Pb)	mg/L	0,00001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000047	n.a.	n.a.	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	n.a.	B	B	0,01
Sélénium (Se)	mg/L	0,00005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,00005	n.a.	n.a.	< 0,00005	n.a.	0,00003	0,00003	n.a.	0,062	0,005	0,01
Uranium (U)	mg/L	0,000001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0000019	n.a.	n.a.	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	n.a.	0,32 ou 2,3 ‡	0,014 ou 0,1 ‡ ‡	0,02
Zinc (Zn)	mg/L	0,0029	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0041	n.a.	n.a.	0,0041	0,0041	0,0041	0,0041	n.a.	B	B	5
Autres																	
Radium 226	Bq/L	0,005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,005	n.a.	n.a.	< 0,005	n.a.	0,0025	0,0025	n.a.	- - -	- - -	0,6
Hydrocarbures pétroliers C10 à C50	Huile "Bunker"	mg/L	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	0,05	0,05	n.a.	0,11	0,011	- - -
	Pétrole brut															0,13	0,063	
	Essence															1,8	0,2	
	Diesel et huile à chauffage domestique #2															2,8	0,2	

Dépassement de critère

CVAA	Critère de protection de la vie aquatique (effet aigu) du MELCCFP.
Aluminium	Le critère est valide si la dureté de 10 à 430 mg/L, le pH de 5 à 10,5, et le COD de 0,1 à 12 mg/L.
Azote ammoniacal	Le critère est valide si le pH est de 6,5 à 9,0, et la température de 0 à 30 °C.
Nitrites	Le critère est valide si la concentration de chlorure est connue.
Sulfates	Le critère est valide si les concentrations de dureté et de chlorure sont connues.
Uranium	Le critère est valide si la dureté se situe entre 20 et 210 mg/L.
CVAC	Critère de protection de la vie aquatique (effet chronique) du MELCCFP.
Aluminium	Le critère est valide si la dureté est de 10 à 430 mg/L, le pH de 5 à 10,5, et le COD de 0,1 à 12 mg/L.
Azote ammoniacal	Le critère est valide si le pH est de 6,5 à 9,0, et la température de 0 à 30 °C.
Fer	Le critère est valide si la concentration de MES est connue.
Nitrites	Le critère est valide si la concentration de chlorure est connue.
Oxygène dissous	Le critère est valide si la température est connue. Les concentration en oxygène dissous ne devraient pas être inférieures aux valeurs indiquées.
Sulfates	Le critère est valide si les concentrations de dureté et de chlorure sont connues.
Uranium	Le critère est valide si la dureté se situe entre 20 et 210 mg/L.
CPC (EO)	Critère de prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques) du MELCCFP.
LDR	Limite de détection rapportée
n.a.	Non analysé
*	Indiquent que la dureté (essentielle au calcul des critères CVAA et CVAC) est manquante ou à l'extérieur de la plage permise (10-400 mg/L).
Mesures descriptives	Lorsqu'une série de données comporte une valeur inférieure à la limite de détection (LDR), la moyenne, la médiane et l'écart-type est calculée en utilisant une valeur égale à ½ la LDR.

Note - Critères

A	Sommaire des effets létaux du pH sur les poissons (https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/annexe_13.htm)
B	Ce critère de qualité varie en fonction de la dureté.
C	Ce critère de qualité varie en fonction de la dureté et de la concentration en chlorure dans l'eau.
D	Ce critère de qualité est en fonction du pH et de la température.
E	Les concentrations permissibles en nitrites augmentent avec les concentrations en chlorures du milieu aquatique.
F	Ce critère est en fonction de la concentration en carbone organique dissous (COD) (max 12 mg/L), de la dureté et du pH
G	Ce critère est en fonction du biote et de la température.
H	Ce critère est en fonction de la dureté, du pH et des COD
Sensibilité	La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec l'alcalinité (mg/L) et la concentration en calcium (mg/L)

	Alcalinité	Calcium
Sensibilité Élevé	<10 mg/L	<4 mg/L
Sensibilité Moyenne	Entre 10 et 20 mg/L	Entre 4 et 8 mg/L
Sensibilité Faible	>20 mg/L	>8 mg/L

MES	L'augmentation par rapport à la concentration naturelle ne doit pas être supérieurs à 5 mg L-1 ou 25 mg L-1
Azote ammoniacal (CPC (EO))	Au-delà d'une concentration de 1,5 mg/L N, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation pourront être alté La présence d'azote ammoniacal à des concentrations plus élevées que 0,2 mg/L N peut compromettre l'efficacité de la désinfection.
Aluminium (CCME)	Un critère de 0,005 est applicable lorsque le pH est inférieur à 6,5. Un critère de 0,01 est applicable lorsque le pH est supérieur ou égale à 6,5.
† (Fer)	Un facteur de correction de 0,5 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en MES < 10 mg/L. Un facteur de correction de 0,33 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en MES ≥ 10 mg/L.
‡ (Uranium)	Un critère de 0,32 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 20 et 100 mg/L. Un critère de 2,3 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 101 et 210 mg/L.
‡ ‡ (Uranium)	Un critère de 0,014 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 20 et 100 mg/L. Un critère de 0,1 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 101 et 210 mg/L.

Paramètres	Unités	LDR	Station et dates d'échantillonnage							Mesures descriptives					Critères		
			WL-13	WL-13	WL-13	WL-13	WL-13	WL-13	WL-13	Valeur Min	Valeur Max	Moyenne	Médiane	Écart-type *	MELCCFP		
			2024-05-18	2024-06-01	2024-07-07	2024-08-21	2024-08-18	2024-09-15	2024-10-13						CVAA	CVAC	CPC (EO)
Physico-chimie																	
Conductivité (In-Situ)	mS/cm	n.a.	123	116	115	110	0,12	103	109	0,1	123,0	96,6	110,0	43,0	- - -	- - -	- - -
Oxygène dissous (In-Situ)	mg/L	n.a.	5,00	10,60	9,60	4,80	8,00	3,38	11,56	4,80	11,56	7,56	8,00	3,19	- - -	G	- - -°C
Température (In-Situ)		n.a.	17,42	18,20	20,60	20,65	21,90	19,45	8,80	8,8	21,9	18,1	19,5	4,4	- - -	- - -	- - -
pH (In-Situ)	-	n.a.	5,71	7,01	5,81	6,42	7,90	5,34	6,28	5,34	7,90	6,35	6,28	0,87	A	6,5 à 9,0	6,5 à 8,5
Physico-chimie en laboratoire																	
Alcalinité total	mg Ca CO3/L	1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	44	n.a.	n.a.	44,0	44,0	44,0	44,0	n.a.	- - -	Sensibilité	- - -
Carbone organique dissous (COD)	mg/L	0,22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5,2	n.a.	n.a.	5,2	5,2	5,2	5,2	n.a.	- - -	- - -	- - -
Dureté	mg Ca CO3/L	0,04	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	50,00	n.a.	n.a.	50,0	50,0	50,0	50,0	n.a.	- - -	- - -	- - -
Matières en suspension (MES)	mg/L	2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2	n.a.	n.a.	2,00	2,00	2,00	2,00	n.a.	MES	MES	- - -
Solides dissous totaux	mg/L	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	100	n.a.	n.a.	100,0	100,0	100,0	100,0	n.a.	- - -	- - -	- - -
Turbidité	UTN	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	n.a.	n.a.	1,0	1,0	1,0	1,0	n.a.	- - -	- - -	- - -
Ions majeurs																	
Bromure (Br-)	mg/L	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	0,050	0,05	n.a.	- - -	- - -	- - -
Calcium (Ca)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	14	n.a.	n.a.	14	14	14,00	14	n.a.	- - -	Sensibilité	- - -
Chlorure (Cl)	mg/L	0,05	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5,5	n.a.	n.a.	5,5	5,5	5,50	5,5	n.a.	320	120	250
Fluorure (F)	mg/L	0,01	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,028	n.a.	n.a.	0,028	0,028	0,028	0,028	n.a.	B	B	1,5
Magnésium (Mg)	mg/L	0,01	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,4	n.a.	n.a.	3,4	3,4	3,4	3,4	n.a.	- - -	- - -	- - -
Sulfates (SO4)	mg/L	0,15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	10,7	n.a.	n.a.	10,7	10,7	10,7	10,7	n.a.	C	C	500
Nutriments																	
Azote (N)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,587	n.a.	n.a.	0,587	0,587	0,587	0,587	n.a.	- - -	- - -	- - -
Azote ammoniacal (N-NH4+ et N-NH3)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,038	n.a.	n.a.	0,038	0,038	0,038	0,038	n.a.	D	D	0,2 ou 1,5
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,061	n.a.	n.a.	0,061	0,061	0,061	0,061	n.a.	- - -	3	10
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	n.a.	< 0,02	n.a.	0,01	0,01	n.a.	E	E	1
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,061	n.a.	n.a.	0,061	0,061	0,061	0,061	n.a.	- - -	- - -	10
Phosphore (P)	mg/L	0,0006	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0046	n.a.	n.a.	0,0046	0,0046	0,0046	0,0046	n.a.	- - -	0,03	- - -
Métaux																	
Aluminium (Al)	mg/L	0,005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0089	n.a.	n.a.	0,009	0,009	0,009	0,009	n.a.	F	F	0,1
Antimoine (Sb)	mg/L	0,000005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000023	n.a.	n.a.	0,000023	0,000023	0,000023	0,000023	n.a.	1100	0,24	0,006
Argent (Ag)	mg/L	0,000003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,000003	n.a.	n.a.	< 0,000003	n.a.	0,0000015	0,0000015	n.a.	B	0,00001	0,1
Arsenic (As)	mg/L	0,00008	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00027	n.a.	n.a.	0,00027	0,00027	0,00027	0,00027	n.a.	0,34	0,15	0,01
Cadmium (Cd)	mg/L	0,000006	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,000006	n.a.	n.a.	< 0,000006	n.a.	0,000003	0,000003	n.a.	B	B	0,005
Chrome (Cr)	mg/L	0,00004	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000087	n.a.	n.a.	0,00009	0,00009	0,00009	0,00009	n.a.	B	B	0,05
Cobalt (Co)	mg/L	0,000008	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000044	n.a.	n.a.	0,000044	0,000044	0,000044	0,000044	n.a.	0,37	0,1	- - -
Cuivre (Cu)	mg/L	0,00005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00023	n.a.	n.a.	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023	n.a.	B	B	1
Fer (Fe)	mg/L	0,0005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,078	n.a.	n.a.	0,078	0,078	0,078	0,078	n.a.	3,4	- - -	0,3
Fer ajusté en fonction des MES	mg/L	0,0005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,04	n.a.	n.a.	0,04	0,04	0,04	0,04	n.a.	- - -	1,3 †	- - -
Manganèse (Mn)	mg/L	0,00003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,026	n.a.	n.a.	0,026	0,026	0,026	0,026	n.a.	B	B	0,05
Mercure (Hg)	mg/L	0,000002	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,000002	n.a.	n.a.	< 0,000002	n.a.	0,000001	0,000001	n.a.	0,0016	0,00091	0,0000018
Molybdène (Mo)	mg/L	0,00001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000095	n.a.	n.a.	0,000095	0,000095	0,000095	0,000095	n.a.	29	3,2	0,04
Nickel (Ni)	mg/L	0,00003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00013	n.a.	n.a.	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	n.a.	B	B	0,07
Plomb (Pb)	mg/L	0,00001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000027	n.a.	n.a.	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	n.a.	B	B	0,01
Sélénium (Se)	mg/L	0,00005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,00005	n.a.	n.a.	< 0,00005	n.a.	0,00003	0,00003	n.a.	0,062	0,005	0,01
Uranium (U)	mg/L	0,000001	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000011	n.a.	n.a.	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	n.a.	0,32 ou 2,3 ‡	0,014 ou 0,1 ‡ ‡	0,02
Zinc (Zn)	mg/L	0,0005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,0005	n.a.	n.a.	< 0,0005	n.a.	0,0003	0,0003	n.a.	B	B	5
Autres																	
Radium 226	Bq/L	0,005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,005	n.a.	n.a.	< 0,005	n.a.	0,0025	0,0025	n.a.	- - -	- - -	0,6
Hydrocarbures pétroliers C10 à C50	Huile "Bunker"	mg/L	0,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	n.a.	< 0,1	n.a.	0,05	0,05	n.a.	0,11	0,011	- - -
	Pétrole brut															0,13	0,063	
	Essence															1,8	0,2	
	Diesel et huile à chauffage domestique #2															2,8	0,2	

Dépassement de critère

CVAA	Critère de protection de la vie aquatique (effet aigu) du MELCCFP.
Aluminium	Le critère est valide si la dureté de 10 à 430 mg/L, le pH de 5 à 10,5, et le COD de 0,1 à 12 mg/L.
Azote ammoniacal	Le critère est valide si le pH est de 6,5 à 9,0, et la température de 0 à 30 °C.
Nitrites	Le critère est valide si la concentration de chlorure est connue.
Sulfates	Le critère est valide si les concentrations de dureté et de chlorure sont connues.
Uranium	Le critère est valide si la dureté se situe entre 20 et 210 mg/L.
CVAC	Critère de protection de la vie aquatique (effet chronique) du MELCCFP.
Aluminium	Le critère est valide si la dureté est de 10 à 430 mg/L, le pH de 5 à 10,5, et le COD de 0,1 à 12 mg/L.
Azote ammoniacal	Le critère est valide si le pH est de 6,5 à 9,0, et la température de 0 à 30 °C.
Fer	Le critère est valide si la concentration de MES est connue.
Nitrites	Le critère est valide si la concentration de chlorure est connue.
Oxygène dissous	Le critère est valide si la température est connue. Les concentration en oxygène dissous ne devraient pas être inférieures aux valeurs indiquées.
Sulfates	Le critère est valide si les concentrations de dureté et de chlorure sont connues.
Uranium	Le critère est valide si la dureté se situe entre 20 et 210 mg/L.
CPC (EO)	Critère de prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques) du MELCCFP.
LDR	Limite de détection rapportée
n.a.	Non analysé
*	Indiquent que la dureté (essentielle au calcul des critères CVAA et CVAC) est manquante ou à l'extérieur de la plage permise (10-400 mg/L).
Mesures descriptives	Lorsqu'une série de données comporte une valeur inférieure à la limite de détection (LDR), la moyenne, la médiane et l'écart-type est calculée en utilisant une valeur égale à ½ la LDR.

Note - Critères

A	Sommaire des effets létaux du pH sur les poissons (https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/annexe_13.htm)
B	Ce critère de qualité varie en fonction de la dureté.
C	Ce critère de qualité varie en fonction de la dureté et de la concentration en chlorure dans l'eau.
D	Ce critère de qualité est en fonction du pH et de la température.
E	Les concentrations permissibles en nitrites augmentent avec les concentrations en chlorures du milieu aquatique.
F	Ce critère est en fonction de la concentration en carbone organique dissous (COD) (max 12 mg/L), de la dureté et du pH
G	Ce critère est en fonction du biote et de la température.
H	Ce critère est en fonction de la dureté, du pH et des COD
Sensibilité	La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec l'alcalinité (mg/L) et la concentration en calcium (mg/L)

	Alcalinité	Calcium
Sensibilité Élevé	<10 mg/L	<4 mg/L
Sensibilité Moyenne	Entre 10 et 20 mg/L	Entre 4 et 8 mg/L
Sensibilité Faible	>20 mg/L	>8 mg/L

MES	L'augmentation par rapport à la concentration naturelle ne doit pas être supérieurs à 5 mg L-1 ou 25 mg L-1
Azote ammoniacal (CPC (EO))	Au-delà d'une concentration de 1,5 mg/L N, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation pourront être alté La présence d'azote ammoniacal à des concentrations plus élevées que 0,2 mg/L N peut compromettre l'efficacité de la désinfection.
Aluminium (CCME)	Un critère de 0,005 est applicable lorsque le pH est inférieur à 6,5. Un critère de 0,01 est applicable lorsque le pH est supérieur ou égale à 6,5.
† (Fer)	Un facteur de correction de 0,5 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en MES < 10 mg/L. Un facteur de correction de 0,33 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en MES ≥ 10 mg/L.
‡ (Uranium)	Un critère de 0,32 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 20 et 100 mg/L. Un critère de 2,3 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 101 et 210 mg/L.
‡ ‡ (Uranium)	Un critère de 0,014 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 20 et 100 mg/L. Un critère de 0,1 mg/L est appliqué sur des échantillons possédant une dureté entre 101 et 210 mg/L.

ANNEXE

E-3 *RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE L'EAU DE SURFACE*

Annexe E-3 Rapport photographique de l'échantillonnage de l'eau de surface



Photo 1 Lac_SN2_station-WL-08_WL14



Photo 2 Lac_SN4_station-WL-10

ANNEXE

F

VÉGÉTATION ET MILIEUX HUMIDES

ANNEXE

F-1 *CERTIFICATS D'ANALYSE DU LABORATOIRE BUREAU VÉRITAS – ÉCOTOXICOLOGIE DES PLANTES*

Votre # de commande: Ecotox_plantes
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # Bordereau: 140359

Attention: Karel Cadoret

WSP CANADA Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec, QC
CANADA G2K 0M5

Date du rapport: 2024/10/15
Rapport: R2987990
Version: 2 - Partiel

CERTIFICAT D'ANALYSE – RÉSULTATS PARTIELS

DE DOSSIER BUREAU VERITAS: C446851
Reçu: 2024/08/21, 14:00

Matrice: Végétaux
Nombre d'échantillons reçus: 81

Analyses	Quantité	Date de l' extraction	Date Analysé	Méthode de laboratoire	Méthode d'analyse
Métaux trace dans végétaux (base sèche)	13	N/A	2024/10/10	STL SOP-00006	MA.203–Mét Tra 1.1 m
Métaux trace dans végétaux (base sèche)	18	N/A	2024/10/04	STL SOP-00006	MA.203–Mét Tra 1.1 m
Métaux trace dans végétaux (base sèche)	2	N/A	2024/10/05	STL SOP-00006	MA.203–Mét Tra 1.1 m
Métaux trace dans végétaux (base sèche)	20	N/A	2024/10/08	STL SOP-00006	MA.203–Mét Tra 1.1 m
Métaux trace dans végétaux (base sèche)	12	N/A	2024/10/09	STL SOP-00006	MA.203–Mét Tra 1.1 m
Lyophilisation (1)	25	2024/10/01	2024/10/01		
Lyophilisation (1)	16	2024/10/07	2024/10/07		
Lyophilisation (1)	20	2024/09/12	2024/09/25		
Lyophilisation (1)	20	2024/09/20	2024/09/20		

Remarques:

Bureau Veritas est certifié ISO/IEC 17025 pour certains paramètres précis des portées d'accréditation. Sauf indication contraire, les méthodes d'analyses utilisées par Bureau Veritas s'inspirent des méthodes de référence d'organismes provinciaux, fédéraux et américains, tels que le CCME, l'EPA, l'APHA ou le ministère de l'environnement du Québec.

Toutes les analyses présentées ont été réalisées conformément aux procédures et aux pratiques relatives à la méthodologie, à l'assurance qualité et au contrôle de la qualité généralement appliqués par les employés de Bureau Veritas (sauf s'il en a été convenu autrement par écrit entre le client et Bureau Veritas). Toutes les données de laboratoire rencontrent les contrôles statistiques et respectent tous les critères de CQ et les critères de performance des méthodes, sauf s'il en a été signalé autrement. Tous les blancs de méthode sont rapportés, toutefois, les données des échantillons correspondants ne sont pas corrigées pour la valeur du blanc, sauf indication contraire. Le cas échéant, sauf indication contraire, l'incertitude de mesure n'a pas été prise en considération lors de la déclaration de la conformité à la norme de référence.

Les responsabilités de Bureau Veritas sont restreintes au coût réel de l'analyse, sauf s'il en a été convenu autrement par écrit. Il n'existe aucune autre garantie, explicite ou implicite. Le client a fait appel à Bureau Veritas pour l'analyse de ses échantillons conformément aux méthodes de référence mentionnées dans ce rapport. L'interprétation et l'utilisation des résultats sont sous l'entière responsabilité du client et ne font pas partie des services offerts par Bureau Veritas, sauf si convenu autrement par écrit. Bureau Veritas ne peut pas garantir l'exactitude des résultats qui dépendent des renseignements fournis par le client ou son représentant.

Les résultats des échantillons solides, sauf les biotes, sont rapportés en fonction de la masse sèche, sauf indication contraire. Les analyses organiques ne sont pas corrigées en fonction de la récupération, sauf pour les méthodes de dilution isotopique.
Les résultats s'appliquent seulement aux échantillons analysés. Si l'échantillonnage n'est pas effectué par Bureau Veritas, les résultats se rapportent aux échantillons fournis pour analyse.
Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon dans son intégralité, sans le consentement écrit du laboratoire.
Lorsque la méthode de référence comprend un suffixe « m », cela signifie que la méthode d'analyse du laboratoire contient des modifications validées et appliquées afin

Bureau Veritas Résultats Partiels

Votre # de commande: Ecotox_plantes
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # Bordereau: 140359

Attention: Karel Cadoret

WSP CANADA Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec, QC
CANADA G2K 0M5

Date du rapport: 2024/10/15
Rapport: R2987990
Version: 2 - Partiel

CERTIFICAT D'ANALYSE – RÉSULTATS PARTIELS

DE DOSSIER BUREAU VERITAS: C446851
Reçu: 2024/08/21, 14:00

d'améliorer la performance de la méthode de référence.

(1) Cette analyse a été effectuée par Bureau Veritas Mississauga, 6740 Campobello Rd. , Mississauga, ON, L5N 2L8

Note : Les paramètres inclus dans le présent certificat sont accrédités par le ministère de l'environnement du Québec, à moins d'indication contraire.

clé de cryptage



Sarah Beaudry
Chargée de projets
15 Oct 2024 09:31:24

Veuillez adresser toute question concernant ce certificat d' analyse à:
Sarah Beaudry, Chargée de projets
Courriel: Sarah.Beaudry@bureauveritas.com
Téléphone (438)355-7268

==========

Bureau Veritas a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à l'ISO/CEI17025. Pour la validation spécifique à un groupe de services, veuillez vous référer à la page des Signatures de validation si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Pour les noms de validation des analystes/superviseurs spécifiques à un service, veuillez vous référer à la section Résumé de l'analyse si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Ce rapport est autorisé par Aglaia Yannakis, Directrice générale, responsable des opérations du laboratoire Environnementale - Québec.

Bureau Veritas Résultats Parties

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0788	NK0788	NK0788	NK0789	NK0790	NK0791		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-01-1T	PL-01-1T Dup. de Lab.	PL-01-1T Dup. de Lab. 2	PL-01-2T	PL-01-3T	PL-01-4T	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	25	24	23	29	31	40	0.40	2575134
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575134
Argent (Ag) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0015	0.0016	0.0010	2575134
Arsenic (As) †	mg/kg	0.020	0.019	0.016	0.015	0.023	0.020	0.0050	2575134
Baryum (Ba) †	mg/kg	48	55	49	60	71	69	0.0060	2575134
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575134
Bore (B) †	mg/kg	15	15	14	18	21	21	0.070	2575134
Cadmium (Cd) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0013	0.0010	0.0010	2575134
Chrome (Cr) †	mg/kg	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2575134
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.013	0.011	0.012	0.017	0.014	0.014	0.0020	2575134
Cuivre (Cu) †	mg/kg	3.3	3.7	3.5	4.3	3.7	3.7	0.050	2575134
Etain (Sn) †	mg/kg	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	0.50	2575134
Fer (Fe) †	mg/kg	31	32	32	40	34	40	1.0	2575134
Lithium (Li) †	mg/kg	0.029	0.028	0.029	0.037	<0.020	0.042	0.020	2575134
Manganèse (Mn) †	mg/kg	140	170	150	190	340	450	0.030	2575134
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.0041	0.0039	0.0037	0.0033	0.0047	0.0035	0.00030	2575134
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.11	0.13	0.13	0.16	0.10	0.14	0.0030	2575134
Nickel (Ni) †	mg/kg	0.73	0.74	0.77	1.4	0.81	0.75	0.010	2575134
Plomb (Pb) †	mg/kg	0.015	0.015	0.015	0.020	0.020	0.019	0.0070	2575134
Sélénium (Se) †	mg/kg	0.039	0.036	0.035	0.029	0.021	0.018	0.0090	2575134
Strontium (Sr) †	mg/kg	8.0	8.7	7.9	18	8.8	22	0.0050	2575134
Titane (Ti) †	mg/kg	1.3	1.3	1.2	1.5	1.4	1.4	0.050	2575134
Uranium (U) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575134
Vanadium (V) †	mg/kg	0.019	0.020	0.018	0.026	0.026	0.027	0.0090	2575134
Zinc (Zn) †	mg/kg	19	22	17	21	20	18	0.30	2575134

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
Duplicata de laboratoire
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0792	NK0793	NK0794	NK0795	NK0796	NK0797		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-01-5T	PL-01-6T	PL-01-7T	PL-01-8T	PL-01-9T	PL-02-1T	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	31	35	36	22	32	20	0.40	2575134
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575134
Argent (Ag) †	mg/kg	0.0014	0.0013	0.0011	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575134
Arsenic (As) †	mg/kg	0.022	0.025	0.035	0.018	0.024	0.0072	0.0050	2575134
Baryum (Ba) †	mg/kg	61	110	74	53	100	94	0.0060	2575134
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575134
Bore (B) †	mg/kg	16	18	20	16	22	16	0.070	2575134
Cadmium (Cd) †	mg/kg	0.0013	0.0019	0.0013	0.0010	<0.0010	0.0013	0.0010	2575134
Chrome (Cr) †	mg/kg	<0.050	<0.050	0.061	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2575134
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.013	0.046	0.026	0.0077	0.0099	0.0090	0.0020	2575134
Cuivre (Cu) †	mg/kg	3.5	3.3	3.9	5.0	3.5	3.0	0.050	2575134
Etain (Sn) †	mg/kg	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	0.50	2575134
Fer (Fe) †	mg/kg	34	36	40	34	33	34	1.0	2575134
Lithium (Li) †	mg/kg	0.027	0.024	0.036	<0.020	<0.020	0.78	0.020	2575134
Manganèse (Mn) †	mg/kg	150	200	310	230	310	270	0.030	2575134
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.0041	0.0048	0.0044	0.0032	0.0034	0.0040	0.00030	2575134
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.20	0.20	0.15	0.20	0.16	0.028	0.0030	2575134
Nickel (Ni) †	mg/kg	0.77	1.3	0.79	0.96	1.1	0.97	0.010	2575134
Plomb (Pb) †	mg/kg	0.019	0.020	0.017	0.014	0.014	0.020	0.0070	2575134
Sélénium (Se) †	mg/kg	0.023	0.035	0.030	0.040	0.048	0.031	0.0090	2575134
Strontium (Sr) †	mg/kg	15	23	16	14	45	22	0.0050	2575134
Titane (Ti) †	mg/kg	1.2	1.2	1.4	1.1	1.1	1.1	0.050	2575134
Uranium (U) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575134
Vanadium (V) †	mg/kg	0.019	0.023	0.027	0.010	0.011	0.019	0.0090	2575134
Zinc (Zn) †	mg/kg	17	22	20	21	25	18	0.30	2575134

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0798	NK0799	NK0800	NK0801	NK0802	NK0803		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-02-2T	PL-02-3T	PL-02-4T	PL-02-5T	PL-02-6T	PL-02-7T	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	72	37	55	52	21	50	0.40	2575134
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575134
Argent (Ag) †	mg/kg	0.0026	0.0025	0.0017	0.0020	0.0012	0.0030	0.0010	2575134
Arsenic (As) †	mg/kg	0.022	0.014	0.015	0.016	0.0091	0.014	0.0050	2575134
Baryum (Ba) †	mg/kg	160	110	89	120	68	87	0.0060	2575134
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575134
Bore (B) †	mg/kg	23	19	16	23	13	17	0.070	2575134
Cadmium (Cd) †	mg/kg	0.0054	0.0020	0.0035	0.0017	0.0014	0.0020	0.0010	2575134
Chrome (Cr) †	mg/kg	0.13	0.066	0.11	0.067	<0.050	0.097	0.050	2575134
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.040	0.020	0.032	0.022	0.0078	0.026	0.0020	2575134
Cuivre (Cu) †	mg/kg	3.2	3.3	2.8	3.8	2.9	3.6	0.050	2575134
Etain (Sn) †	mg/kg	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	0.50	2575134
Fer (Fe) †	mg/kg	90	54	75	57	34	68	1.0	2575134
Lithium (Li) †	mg/kg	0.092	0.048	0.068	0.050	0.031	0.059	0.020	2575134
Manganèse (Mn) †	mg/kg	630	650	540	670	210	380	0.030	2575134
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.0060	0.0054	0.0072	0.0064	0.0046	0.0074	0.00030	2575134
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.071	0.038	0.037	0.038	0.036	0.034	0.0030	2575134
Nickel (Ni) †	mg/kg	0.78	0.67	0.48	0.82	0.81	0.89	0.010	2575134
Plomb (Pb) †	mg/kg	0.037	0.099	0.043	0.029	0.022	0.051	0.0070	2575134
Sélénium (Se) †	mg/kg	0.010	0.013	0.013	0.012	0.028	0.027	0.0090	2575134
Strontium (Sr) †	mg/kg	15	12	12	13	8.7	14	0.0050	2575134
Titane (Ti) †	mg/kg	3.5	1.8	2.8	2.2	1.0	2.5	0.050	2575134
Uranium (U) †	mg/kg	0.0012	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0011	0.0010	2575134
Vanadium (V) †	mg/kg	0.12	0.052	0.087	0.059	0.019	0.069	0.0090	2575134
Zinc (Zn) †	mg/kg	20	20	20	25	14	20	0.30	2575134

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0804	NK0805	NK0806	NK0807			NK0824		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17			2024/07/27		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359			140359		
	Unités	PL-02-8T	PL-02-9T	PL-03-1T	PL-03-2T	LDR	Lot CQ	PL-01-1BL	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	64	57	22	8.3	0.40	2575134	11	0.40	2575218
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575134	<0.040	0.040	2575218
Argent (Ag) †	mg/kg	0.0025	0.0029	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575134	<0.0010	0.0010	2575218
Arsenic (As) †	mg/kg	0.018	0.015	0.015	0.012	0.0050	2575134	0.012	0.0050	2575218
Baryum (Ba) †	mg/kg	130	120	55	42	0.0060	2575134	17	0.0060	2575218
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575134	<0.0030	0.0030	2575218
Bore (B) †	mg/kg	19	19	15	15	0.070	2575134	6.0	0.070	2575218
Cadmium (Cd) †	mg/kg	0.0028	0.0026	<0.0010	0.0022	0.0010	2575134	0.0024	0.0010	2575218
Chrome (Cr) †	mg/kg	0.13	0.11	<0.050	<0.050	0.050	2575134	<0.050	0.050	2575218
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.033	0.032	0.0080	0.0050	0.0020	2575134	0.0061	0.0020	2575218
Cuivre (Cu) †	mg/kg	3.1	2.8	4.6	5.1	0.050	2575134	4.0	0.050	2575218
Etain (Sn) †	mg/kg	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	0.50	2575134	<0.94 (1)	0.94	2575218
Fer (Fe) †	mg/kg	81	76	28	23	1.0	2575134	12	1.0	2575218
Lithium (Li) †	mg/kg	0.071	0.063	<0.020	0.030	0.020	2575134	<0.020	0.020	2575218
Manganèse (Mn) †	mg/kg	860	1000	230	180	0.030	2575134	190	0.030	2575218
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.011	0.0089	0.0028	0.0023	0.00030	2575134	0.0011	0.00030	2575218
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.054	0.028	0.13	0.15	0.0030	2575134	0.13	0.0030	2575218
Nickel (Ni) †	mg/kg	0.67	0.48	0.99	0.87	0.010	2575134	1.0	0.010	2575218
Plomb (Pb) †	mg/kg	0.072	0.043	0.017	0.014	0.0070	2575134	<0.0070	0.0070	2575218
Sélénium (Se) †	mg/kg	0.015	<0.0090	0.020	<0.0090	0.0090	2575134	0.022	0.0090	2575218
Strontium (Sr) †	mg/kg	12	13	13	5.2	0.0050	2575134	2.7	0.0050	2575218
Titane (Ti) †	mg/kg	3.1	2.9	0.87	0.92	0.050	2575134	0.49	0.050	2575218
Uranium (U) †	mg/kg	0.0013	0.0011	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575134	<0.0010	0.0010	2575218
Vanadium (V) †	mg/kg	0.099	0.096	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575134	<0.0090	0.0090	2575218
Zinc (Zn) †	mg/kg	30	21	17	13	0.30	2575134	6.4	0.30	2575218

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0824	NK0824	NK0825	NK0826	NK0827	NK0828		
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-01-1BL Dup. de Lab.	PL-01-1BL Dup. de Lab. 2	PL-01-2BL	PL-01-3BL	PL-01-4BL	PL-01-5BL	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	11	11	10	8.2	12	12	0.40	2575218
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575218
Argent (Ag) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	0.0019	<0.0010	0.0013	0.0016	0.0010	2575218
Arsenic (As) †	mg/kg	0.014	0.013	0.0072	0.0064	0.0055	0.0073	0.0050	2575218
Baryum (Ba) †	mg/kg	19	19	9.6	8.2	15	12	0.0060	2575218
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575218
Bore (B) †	mg/kg	6.4	6.3	5.9	6.5	7.4	4.2	0.070	2575218
Cadmium (Cd) †	mg/kg	0.0024	0.0023	0.0020	0.0017	0.0012	0.0019	0.0010	2575218
Chrome (Cr) †	mg/kg	0.16 (1)	0.11	<0.050	0.063	<0.050	0.056	0.050	2575218
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.0070	0.0068	0.0068	0.0051	0.0051	0.0093	0.0020	2575218
Cuivre (Cu) †	mg/kg	4.3	4.3	4.0	2.7	4.7	3.9	0.050	2575218
Etain (Sn) †	mg/kg	<0.94 (2)	<0.94 (2)	<0.94 (2)	<0.94 (2)	<0.94 (2)	<0.94 (2)	0.94	2575218
Fer (Fe) †	mg/kg	14	13	14	11	15	15	1.0	2575218
Lithium (Li) †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575218
Manganèse (Mn) †	mg/kg	200	200	130	280	360	150	0.030	2575218
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.0011	0.0010	0.00097	0.00090	0.00096	0.0011	0.00030	2575218
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.15	0.13	0.17	0.18	0.17	0.13	0.0030	2575218
Nickel (Ni) †	mg/kg	1.2	1.2	0.95	0.47	0.82	1.3	0.010	2575218
Plomb (Pb) †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	0.0089	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575218
Sélénium (Se) †	mg/kg	0.024	0.025	0.015	0.018	0.024	0.018	0.0090	2575218
Strontium (Sr) †	mg/kg	2.7	3.1	2.2	1.8	3.4	6.6	0.0050	2575218
Titane (Ti) †	mg/kg	0.56	0.54	0.56	0.45	0.54	0.46	0.050	2575218
Uranium (U) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575218
Vanadium (V) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575218
Zinc (Zn) †	mg/kg	6.8	6.9	6.9	4.7	7.0	7.5	0.30	2575218

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
Duplicata de laboratoire
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La récupération ou l'écart relatif (RPD) pour ce composé est en dehors des limites de contrôle, mais l'ensemble du contrôle qualité rencontre les critères d'acceptabilité pour cette analyse
(2) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0829	NK0830	NK0831	NK0832	NK0833	NK0834		
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-01-6BL	PL-01-7BL	PL-01-8BL	PL-01-9BL	PL-02-1BL	PL-02-2BL	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	12	11	14	7.9	6.9	10	0.40	2575218
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575218
Argent (Ag) †	mg/kg	<0.0010	0.0036	0.0016	<0.0010	0.0011	<0.0010	0.0010	2575218
Arsenic (As) †	mg/kg	0.0062	0.013	<0.0050	0.0060	<0.0050	<0.0050	0.0050	2575218
Baryum (Ba) †	mg/kg	14	20	14	8.4	13	11	0.0060	2575218
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575218
Bore (B) †	mg/kg	5.4	7.1	6.7	4.8	5.6	5.4	0.070	2575218
Cadmium (Cd) †	mg/kg	0.0058	0.0026	0.0025	0.0013	0.0028	0.0026	0.0010	2575218
Chrome (Cr) †	mg/kg	<0.050	<0.050	0.13	0.051	<0.050	0.055	0.050	2575218
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.0052	0.0053	0.0064	0.0030	0.0030	0.0053	0.0020	2575218
Cuivre (Cu) †	mg/kg	4.4	5.0	4.5	3.2	3.7	3.8	0.050	2575218
Etain (Sn) †	mg/kg	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	0.94	2575218
Fer (Fe) †	mg/kg	15	17	15	11	13	14	1.0	2575218
Lithium (Li) †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575218
Manganèse (Mn) †	mg/kg	200	370	260	210	290	220	0.030	2575218
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.00095	0.0014	0.0014	0.00088	0.00092	0.00082	0.00030	2575218
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.13	0.22	0.13	0.15	0.20	0.27	0.0030	2575218
Nickel (Ni) †	mg/kg	0.84	1.0	1.1	0.43	0.67	0.62	0.010	2575218
Plomb (Pb) †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575218
Sélénium (Se) †	mg/kg	0.021	0.038	0.042	0.018	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575218
Strontium (Sr) †	mg/kg	5.9	2.9	7.3	2.2	1.5	3.0	0.0050	2575218
Titane (Ti) †	mg/kg	0.55	0.63	0.55	0.45	0.49	0.60	0.050	2575218
Uranium (U) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575218
Vanadium (V) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.012	0.0090	2575218
Zinc (Zn) †	mg/kg	7.9	8.4	7.4	5.4	5.3	5.3	0.30	2575218

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0835	NK0836	NK0837	NK0838	NK0839	NK0840		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-02-3BL	PL-02-4BL	PL-02-5BL	PL-02-6BL	PL-02-7BL	PL-02-8BL	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	220	49	67	85	55	14	0.40	2575218
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575218
Argent (Ag) †	mg/kg	0.0021	0.0028	0.0011	0.0023	0.0015	0.0013	0.0010	2575218
Arsenic (As) †	mg/kg	0.020	<0.0050	<0.0050	0.011	0.011	<0.0050	0.0050	2575218
Baryum (Ba) †	mg/kg	17	17	16	13	10	19	0.0060	2575218
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575218
Bore (B) †	mg/kg	4.9	3.7	4.5	4.5	4.2	6.2	0.070	2575218
Cadmium (Cd) †	mg/kg	0.0054	0.0051	0.0047	0.014	0.0055	0.0079	0.0010	2575218
Chrome (Cr) †	mg/kg	0.30	0.11	0.10	0.13	0.096	0.057	0.050	2575218
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.043	0.025	0.024	0.018	0.016	0.0070	0.0020	2575218
Cuivre (Cu) †	mg/kg	3.8	3.4	3.4	2.9	2.6	4.5	0.050	2575218
Etain (Sn) †	mg/kg	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	0.94	2575218
Fer (Fe) †	mg/kg	170	50	52	72	48	22	1.0	2575218
Lithium (Li) †	mg/kg	0.058	0.023	0.024	0.024	0.021	<0.020	0.020	2575218
Manganèse (Mn) †	mg/kg	59	79	63	160	150	260	0.030	2575218
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.0016	0.0010	0.0011	0.0015	0.0012	0.0012	0.00030	2575218
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.017	0.031	0.017	0.081	0.084	0.22	0.0030	2575218
Nickel (Ni) †	mg/kg	1.6	0.73	1.1	0.64	0.57	0.53	0.010	2575218
Plomb (Pb) †	mg/kg	0.055	0.017	0.015	0.026	0.017	0.0074	0.0070	2575218
Sélénium (Se) †	mg/kg	0.059	0.030	0.037	0.016	0.013	<0.0090	0.0090	2575218
Strontium (Sr) †	mg/kg	14	3.1	7.3	2.6	1.6	1.6	0.0050	2575218
Titane (Ti) †	mg/kg	8.0	2.5	2.7	3.9	2.8	0.69	0.050	2575218
Uranium (U) †	mg/kg	0.0021	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575218
Vanadium (V) †	mg/kg	0.34	0.078	0.084	0.14	0.091	0.017	0.0090	2575218
Zinc (Zn) †	mg/kg	4.9	4.6	4.7	5.2	4.5	6.7	0.30	2575218

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0841	NK0842	NK0843			NK0844	NK0844		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/07/27	2024/07/27			2024/07/27	2024/07/27		
# Bordereau		140359	140359	140359			140359	140359		
	Unités	PL-02-9BL	PL-03-1BL	PL-03-2BL	LDR	Lot CQ	PL-03-3BL	PL-03-3BL Dup. de Lab.	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	8.4	12	8.0	0.40	2575218	11	12	0.40	2575232
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575218	<0.040	<0.040	0.040	2575232
Argent (Ag) †	mg/kg	0.0011	0.0018	<0.0010	0.0010	2575218	<0.0010	0.0016	0.0010	2575232
Arsenic (As) †	mg/kg	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0050	2575218	<0.0050	<0.0050	0.0050	2575232
Baryum (Ba) †	mg/kg	17	5.1	11	0.0060	2575218	7.0	6.8	0.0060	2575232
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575218	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575232
Bore (B) †	mg/kg	5.4	6.1	5.4	0.070	2575218	6.4	6.5	0.070	2575232
Cadmium (Cd) †	mg/kg	0.0065	0.0014	0.0011	0.0010	2575218	0.0015	0.0016	0.0010	2575232
Chrome (Cr) †	mg/kg	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2575218	<0.050	<0.050	0.050	2575232
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.0049	0.0044	0.0026	0.0020	2575218	0.0055	0.0084	0.0020	2575232
Cuivre (Cu) †	mg/kg	3.8	3.3	3.2	0.050	2575218	4.3	4.4	0.050	2575232
Etain (Sn) †	mg/kg	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	0.94	2575218	0.65 (2)	0.69 (2)	0.51	2575232
Fer (Fe) †	mg/kg	16	12	9.8	1.0	2575218	13	14	1.0	2575232
Lithium (Li) †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575218	<0.020	<0.020	0.020	2575232
Manganèse (Mn) †	mg/kg	170	120	260	0.030	2575218	140	140	0.030	2575232
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.0010	0.00094	0.00077	0.00030	2575218	0.00082	0.00094	0.00030	2575232
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.18	0.16	0.12	0.0030	2575218	0.16	0.16	0.0030	2575232
Nickel (Ni) †	mg/kg	0.40	0.60	0.50	0.010	2575218	0.93	0.97	0.010	2575232
Plomb (Pb) †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575218	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575232
Sélénium (Se) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	0.018	0.0090	2575218	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Strontium (Sr) †	mg/kg	1.3	8.2	3.8	0.0050	2575218	1.0	1.0	0.0050	2575232
Titane (Ti) †	mg/kg	0.45	0.41	0.36	0.050	2575218	0.51	0.48	0.050	2575232
Uranium (U) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575218	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575232
Vanadium (V) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575218	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Zinc (Zn) †	mg/kg	5.0	5.1	5.3	0.30	2575218	5.5	5.8	0.30	2575232

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
Duplicata de laboratoire
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.
(2) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas Parties Résultats

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0844	NK0845	NK0846	NK0847	NK0848	NK0849		
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-03-3BL Dup. de Lab. 2	PL-03-4BL	PL-03-5BL	PL-03-6BL	PL-03-7BL	PL-03-8BL	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	12	7.7	7.6	8.5	8.6	6.4	0.40	2575232
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575232
Argent (Ag) †	mg/kg	0.0014	0.0011	0.0018	0.0020	0.0010	0.0016	0.0010	2575232
Arsenic (As) †	mg/kg	<0.0050	0.0059	<0.0050	0.0078	<0.0050	<0.0050	0.0050	2575232
Baryum (Ba) †	mg/kg	7.2	5.7	5.1	6.9	7.4	4.9	0.0060	2575232
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575232
Bore (B) †	mg/kg	6.3	5.9	8.3	6.2	6.4	6.2	0.070	2575232
Cadmium (Cd) †	mg/kg	0.0018	<0.0010	0.0012	0.0029	0.0073	0.0012	0.0010	2575232
Chrome (Cr) †	mg/kg	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2575232
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.0063	0.0040	0.0037	0.0075	0.0045	0.0045	0.0020	2575232
Cuivre (Cu) †	mg/kg	4.5	3.4	4.4	4.4	2.9	3.8	0.050	2575232
Etain (Sn) †	mg/kg	0.71 (1)	0.65 (1)	0.63 (1)	0.64 (1)	0.60 (1)	0.69 (1)	0.51	2575232
Fer (Fe) †	mg/kg	18 (2)	11	11	13	13	14	1.0	2575232
Lithium (Li) †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575232
Manganèse (Mn) †	mg/kg	140	77	120	110	200	71	0.030	2575232
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.00097	0.00052	0.00084	0.00072	0.00057	0.00062	0.00030	2575232
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.17	0.18	0.11	0.070	0.47	0.15	0.0030	2575232
Nickel (Ni) †	mg/kg	0.99	0.62	0.79	0.78	0.75	0.75	0.010	2575232
Plomb (Pb) †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575232
Sélénium (Se) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Strontium (Sr) †	mg/kg	1.0	1.9	1.7	3.2	1.2	10	0.0050	2575232
Titane (Ti) †	mg/kg	0.46	0.42	0.49	0.49	0.49	0.50	0.050	2575232
Uranium (U) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575232
Vanadium (V) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Zinc (Zn) †	mg/kg	5.9	4.2	5.3	6.5	7.3	5.6	0.30	2575232

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
Duplicata de laboratoire
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.
(2) La récupération ou l'écart relatif (RPD) pour ce composé est en dehors des limites de contrôle, mais l'ensemble du contrôle qualité rencontre les critères d'acceptabilité pour cette analyse

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0850	NK0851	NK0852	NK0853	NK0854	NK0855		
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-03-9BL	PL-04-1BL	PL-04-2BL	PL-04-3BL	PL-04-4BL	PL-04-5BL	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	6.6	2.9	2.9	2.6	2.6	3.5	0.40	2575232
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575232
Argent (Ag) †	mg/kg	<0.0010	0.0015	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0013	0.0010	2575232
Arsenic (As) †	mg/kg	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0050	2575232
Baryum (Ba) †	mg/kg	4.9	8.1	15	10	7.9	13	0.0060	2575232
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575232
Bore (B) †	mg/kg	6.0	4.8	6.3	6.1	5.3	7.0	0.070	2575232
Cadmium (Cd) †	mg/kg	0.0022	<0.0010	0.0037	<0.0010	<0.0010	0.0023	0.0010	2575232
Chrome (Cr) †	mg/kg	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.069	0.050	2575232
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.0073	0.0034	0.0030	0.0039	0.0042	0.0060	0.0020	2575232
Cuivre (Cu) †	mg/kg	4.0	3.1	3.9	3.1	2.8	3.3	0.050	2575232
Etain (Sn) †	mg/kg	0.72 (1)	0.75 (1)	0.75 (1)	0.70 (1)	0.71 (1)	0.81 (1)	0.51	2575232
Fer (Fe) †	mg/kg	14	7.9	9.5	7.5	8.6	9.3	1.0	2575232
Lithium (Li) †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575232
Manganèse (Mn) †	mg/kg	120	230	510	340	200	320	0.030	2575232
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.00058	0.00069	0.00064	0.00057	0.00069	0.00085	0.00030	2575232
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.20	0.16	<0.0030	0.13	0.18	0.11	0.0030	2575232
Nickel (Ni) †	mg/kg	0.91	0.27	0.30	0.26	0.27	0.28	0.010	2575232
Plomb (Pb) †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575232
Sélénium (Se) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Strontium (Sr) †	mg/kg	3.2	0.47	0.68	0.59	0.29	1.3	0.0050	2575232
Titane (Ti) †	mg/kg	0.47	0.30	0.37	0.30	0.29	0.42	0.050	2575232
Uranium (U) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575232
Vanadium (V) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Zinc (Zn) †	mg/kg	6.0	4.5	6.1	4.9	4.5	5.9	0.30	2575232

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0856	NK0857	NK0858	NK0859	NK0860	NK0861		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/07/27		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-04-6BL	PL-04-7BL	PL-04-8BL	PL-04-9BL	PL-01-10T	PL-01-10BL	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	2.5	3.8	4.0	4.0	27	8.5	0.40	2575232
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575232
Argent (Ag) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0016	<0.0010	0.0010	2575232
Arsenic (As) †	mg/kg	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.023	<0.0050	0.0050	2575232
Baryum (Ba) †	mg/kg	10	16	15	10	77	12	0.0060	2575232
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575232
Bore (B) †	mg/kg	5.1	4.4	5.0	4.7	19	4.4	0.070	2575232
Cadmium (Cd) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	0.0017	<0.0010	<0.0010	0.0011	0.0010	2575232
Chrome (Cr) †	mg/kg	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2575232
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.0043	0.0033	0.0043	0.0040	0.0099	0.0031	0.0020	2575232
Cuivre (Cu) †	mg/kg	3.2	3.3	2.7	3.4	3.9	3.8	0.050	2575232
Etain (Sn) †	mg/kg	0.65 (1)	0.71 (1)	0.75 (1)	0.83 (1)	0.77 (1)	0.76 (1)	0.51	2575232
Fer (Fe) †	mg/kg	7.8	8.0	9.5	9.1	31	11	1.0	2575232
Lithium (Li) †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575232
Manganèse (Mn) †	mg/kg	270	510	580	320	330	290	0.030	2575232
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.00055	0.00048	0.00077	0.00059	0.0040	0.00076	0.00030	2575232
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.13	0.15	0.17	0.14	0.37	0.11	0.0030	2575232
Nickel (Ni) †	mg/kg	0.23	0.34	0.31	0.27	1.1	0.45	0.010	2575232
Plomb (Pb) †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.020	<0.0070	0.0070	2575232
Sélénium (Se) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.042	0.010	0.0090	2575232
Strontium (Sr) †	mg/kg	0.44	0.97	0.55	0.47	19	1.3	0.0050	2575232
Titane (Ti) †	mg/kg	0.28	0.31	0.35	0.33	0.97	0.40	0.050	2575232
Uranium (U) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575232
Vanadium (V) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.016	<0.0090	0.0090	2575232
Zinc (Zn) †	mg/kg	5.0	5.3	5.1	4.6	17	5.9	0.30	2575232

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0862	NK0863			NK0864	NK0865	NK0866		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17			2024/08/17	2024/07/27	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359			140359	140359	140359		
	Unités	PL-02-10T	PL-02-10BL	LDR	Lot CQ	PL-03-10T	PL-03-10BL	PL-04-10T	LDR	Lot CQ
Aluminium (Al) †	mg/kg	39	9.2	0.40	2575232	12	9.1	45	0.40	2575261
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	0.040	2575232	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575261
Argent (Ag) †	mg/kg	0.0042	0.0011	0.0010	2575232	<0.0020 (1)	<0.0020 (1)	<0.0020 (1)	0.0020	2575261
Arsenic (As) †	mg/kg	0.018	<0.0050	0.0050	2575232	0.050	<0.0050	0.020	0.0050	2575261
Baryum (Ba) †	mg/kg	95	13	0.0060	2575232	32	4.7	57	0.0060	2575261
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575232	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575261
Bore (B) †	mg/kg	14	4.8	0.070	2575232	14	4.7	24	0.070	2575261
Cadmium (Cd) †	mg/kg	0.0018	0.0068	0.0010	2575232	0.0025	0.0013	0.0030	0.0010	2575261
Chrome (Cr) †	mg/kg	0.092	<0.050	0.050	2575232	<0.050	<0.050	0.068	0.050	2575261
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.025	0.0050	0.0020	2575232	0.012 (1)	0.0058 (1)	0.024 (1)	0.0022	2575261
Cuivre (Cu) †	mg/kg	3.5	3.3	0.050	2575232	5.3	2.6	3.1	0.050	2575261
Etain (Sn) †	mg/kg	0.80 (1)	0.82 (1)	0.51	2575232	<0.79 (1)	<0.79 (1)	<0.79 (1)	0.79	2575261
Fer (Fe) †	mg/kg	65	15	1.0	2575232	27	11	51	1.0	2575261
Lithium (Li) †	mg/kg	0.047	<0.020	0.020	2575232	<0.020	<0.020	0.025	0.020	2575261
Manganèse (Mn) †	mg/kg	950	190	0.030	2575232	120	98	1200	0.030	2575261
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.0054	0.00056	0.00030	2575232	0.0025	0.00068	0.0095	0.00030	2575261
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.059	0.15	0.0030	2575232	0.21	0.069	0.016	0.0030	2575261
Nickel (Ni) †	mg/kg	0.45	0.39	0.010	2575232	0.58	0.52	0.36	0.010	2575261
Plomb (Pb) †	mg/kg	0.032	<0.0070	0.0070	2575232	0.014	<0.0070	0.054	0.0070	2575261
Sélénium (Se) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232	0.021	0.0095	0.019	0.0090	2575261
Strontium (Sr) †	mg/kg	11	1.1	0.0050	2575232	8.3	3.3	6.1	0.0050	2575261
Titane (Ti) †	mg/kg	2.3	0.45	0.050	2575232	1.0	0.44	2.2	0.050	2575261
Uranium (U) †	mg/kg	0.0012	<0.0010	0.0010	2575232	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575261
Vanadium (V) †	mg/kg	0.074	0.011	0.0090	2575232	0.012	<0.0090	0.056	0.0090	2575261
Zinc (Zn) †	mg/kg	24	4.9	0.30	2575232	13	4.3	25	0.30	2575261

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0867	NK0884		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/07/27		
# Bordereau		140359	140359		
	Unités	**PL-04-10BL**	**PL-02-1BL**	**LDR**	**Lot CQ**
Aluminium (Al) †	mg/kg	4.5	7.3	0.40	2575261
Antimoine (Sb) †	mg/kg	<0.040	<0.040	0.040	2575261
Argent (Ag) †	mg/kg	<0.0020 (1)	<0.0020 (1)	0.0020	2575261
Arsenic (As) †	mg/kg	<0.0050	<0.0050	0.0050	2575261
Baryum (Ba) †	mg/kg	12	20	0.0060	2575261
Béryllium (Be) †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575261
Bore (B) †	mg/kg	5.9	6.8	0.070	2575261
Cadmium (Cd) †	mg/kg	0.0013	0.0011	0.0010	2575261
Chrome (Cr) †	mg/kg	<0.050	<0.050	0.050	2575261
Cobalt (Co) †	mg/kg	0.0025 (1)	0.0045 (1)	0.0022	2575261
Cuivre (Cu) †	mg/kg	4.7	4.4	0.050	2575261
Etain (Sn) †	mg/kg	<0.79 (1)	<0.79 (1)	0.79	2575261
Fer (Fe) †	mg/kg	11	13	1.0	2575261
Lithium (Li) †	mg/kg	<0.020	<0.020	0.020	2575261
Manganèse (Mn) †	mg/kg	310	170	0.030	2575261
Mercure (Hg) †	mg/kg	0.00074	0.00068	0.00030	2575261
Molybdène (Mo) †	mg/kg	0.16	0.14	0.0030	2575261
Nickel (Ni) †	mg/kg	0.30	0.83	0.010	2575261
Plomb (Pb) †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575261
Sélénium (Se) †	mg/kg	<0.0090	0.015	0.0090	2575261
Strontium (Sr) †	mg/kg	0.95	4.0	0.0050	2575261
Titane (Ti) †	mg/kg	0.45	0.54	0.050	2575261
Uranium (U) †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575261
Vanadium (V) †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575261
Zinc (Zn) †	mg/kg	5.5	6.4	0.30	2575261

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

ANALYSE EN SOUS-TRAITANCE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0788	NK0789	NK0790	NK0791	NK0792	NK0793	NK0794	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-01-1T**	**PL-01-2T**	**PL-01-3T**	**PL-01-4T**	**PL-01-5T**	**PL-01-6T**	**PL-01-7T**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	53	53	51	54	56	54	54	2576787

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0795	NK0796	NK0797	NK0798	NK0799	NK0800	NK0801	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-01-8T**	**PL-01-9T**	**PL-02-1T**	**PL-02-2T**	**PL-02-3T**	**PL-02-4T**	**PL-02-5T**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	57	55	55	56	55	58	57	2576787

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0802	NK0803	NK0804	NK0805	NK0806	NK0807	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-02-6T**	**PL-02-7T**	**PL-02-8T**	**PL-02-9T**	**PL-03-1T**	**PL-03-2T**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	56	63	59	56	57	55	2576787

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0808	NK0809	NK0810	NK0811	NK0812	NK0813	NK0814	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-03-3T**	**PL-03-4T**	**PL-03-5T**	**PL-03-6T**	**PL-03-7T**	**PL-03-8T**	**PL-03-9T**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	62	53	56	53	61	56	57	2576788

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0815	NK0816	NK0817	NK0818	NK0819	NK0820	NK0821	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-04-1T**	**PL-04-2T**	**PL-04-3T**	**PL-04-4T**	**PL-04-5T**	**PL-04-6T**	**PL-04-7T**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	50	54	49	51	49	48	48	2576788

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

ANALYSE EN SOUS-TRAITANCE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0822	NK0823		NK0824	NK0825	NK0826	NK0827	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	
# Bordereau		140359	140359		140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-04-8T**	**PL-04-9T**	**Lot CQ**	**PL-01-1BL**	**PL-01-2BL**	**PL-01-3BL**	**PL-01-4BL**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	50	51	2576788	86	84	83	86	2576789

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0828	NK0829	NK0830	NK0831	NK0832	NK0833	NK0834	
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-01-5BL**	**PL-01-6BL**	**PL-01-7BL**	**PL-01-8BL**	**PL-01-9BL**	**PL-02-1BL**	**PL-02-2BL**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	84	84	86	83	84	81	81	2576789

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0835	NK0836	NK0837	NK0838	NK0839	NK0840	NK0841	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-02-3BL**	**PL-02-4BL**	**PL-02-5BL**	**PL-02-6BL**	**PL-02-7BL**	**PL-02-8BL**	**PL-02-9BL**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	85	82	85	84	84	87	89	2576789

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0842	NK0843		NK0844	NK0845	NK0846	NK0847	
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	
# Bordereau		140359	140359		140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-03-1BL**	**PL-03-2BL**	**Lot CQ**	**PL-03-3BL**	**PL-03-4BL**	**PL-03-5BL**	**PL-03-6BL**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	83	81	2576789	86	85	85	82	2576790

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0848	NK0849	NK0850	NK0851	NK0852	NK0853	NK0854	
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-03-7BL**	**PL-03-8BL**	**PL-03-9BL**	**PL-04-1BL**	**PL-04-2BL**	**PL-04-3BL**	**PL-04-4BL**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	84	83	82	81	79	79	80	2576790

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

ANALYSE EN SOUS-TRAITANCE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0855	NK0856	NK0857	NK0858	NK0859	NK0860	NK0861	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/07/27	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-04-5BL**	**PL-04-6BL**	**PL-04-7BL**	**PL-04-8BL**	**PL-04-9BL**	**PL-01-10T**	**PL-01-10BL**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	80	79	80	81	81	55	86	2576790

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0862	NK0863	NK0864	NK0865	NK0866	NK0867	NK0884	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/07/27	2024/08/17	2024/08/17	2024/07/27	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-02-10T**	**PL-02-10BL**	**PL-03-10T**	**PL-03-10BL**	**PL-04-10T**	**PL-04-10BL**	**PL-02-1BL**	**Lot CQ**
Lyophilisation †	%	61	85	57	83	50	83	82	2576790

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

Bureau Veritas | Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

REMARQUES GÉNÉRALES

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

Noter que l'échantillon NK0824 est non homogène.

Etain (Sn) : À cause de la contamination de blanc, une meilleure limite de détection ne peut être fournie.

Veuillez noter que les echantillons ont été lyophilisés avant la digestion et l'analyse.

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis pour analyse

Bureau Veritas | Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
2575134	WWO	Blanc fortifié	Aluminium (Al)	2024/10/04		97	%
			Antimoine (Sb)	2024/10/04		72 (1)	%
			Argent (Ag)	2024/10/04		86	%
			Arsenic (As)	2024/10/04		86	%
			Baryum (Ba)	2024/10/04		110	%
			Béryllium (Be)	2024/10/04		96	%
			Bore (B)	2024/10/04		93	%
			Cadmium (Cd)	2024/10/04		84	%
			Chrome (Cr)	2024/10/04		99	%
			Cobalt (Co)	2024/10/04		95	%
			Cuivre (Cu)	2024/10/04		94	%
			Etain (Sn)	2024/10/04		149	%
			Fer (Fe)	2024/10/04		94	%
			Lithium (Li)	2024/10/04		119	%
			Manganèse (Mn)	2024/10/04		97	%
			Mercure (Hg)	2024/10/04		78	%
			Molybdène (Mo)	2024/10/04		99	%
			Nickel (Ni)	2024/10/04		94	%
			Plomb (Pb)	2024/10/04		93	%
			Sélénium (Se)	2024/10/04		72 (1)	%
			Strontium (Sr)	2024/10/04		100	%
			Titane (Ti)	2024/10/04		107	%
			Uranium (U)	2024/10/04		93	%
			Vanadium (V)	2024/10/04		100	%
			Zinc (Zn)	2024/10/04		73 (1)	%
2575134	WWO	Blanc de méthode	Aluminium (Al)	2024/10/04	<0.40		mg/kg
			Antimoine (Sb)	2024/10/04	<0.040		mg/kg
			Argent (Ag)	2024/10/04	<0.0010		mg/kg
			Arsenic (As)	2024/10/04	<0.0050		mg/kg
			Baryum (Ba)	2024/10/04	0.041, LDR=0.0060		mg/kg
			Béryllium (Be)	2024/10/04	<0.0030		mg/kg
			Bore (B)	2024/10/04	<0.070		mg/kg
			Cadmium (Cd)	2024/10/04	<0.0010		mg/kg
			Chrome (Cr)	2024/10/04	<0.050		mg/kg
			Cobalt (Co)	2024/10/04	<0.0020		mg/kg
			Cuivre (Cu)	2024/10/04	<0.050		mg/kg
			Etain (Sn)	2024/10/04	<0.50		mg/kg
			Fer (Fe)	2024/10/04	<1.0		mg/kg
			Lithium (Li)	2024/10/04	<0.020		mg/kg
			Manganèse (Mn)	2024/10/04	<0.030		mg/kg
			Mercure (Hg)	2024/10/04	<0.00030		mg/kg
			Molybdène (Mo)	2024/10/04	<0.0030		mg/kg
			Nickel (Ni)	2024/10/04	<0.010		mg/kg
			Plomb (Pb)	2024/10/04	<0.0070		mg/kg
			Sélénium (Se)	2024/10/04	<0.0090		mg/kg
			Strontium (Sr)	2024/10/04	<0.0050		mg/kg
			Titane (Ti)	2024/10/04	<0.050		mg/kg
			Uranium (U)	2024/10/04	<0.0010		mg/kg
			Vanadium (V)	2024/10/04	<0.0090		mg/kg
			Zinc (Zn)	2024/10/04	<0.30		mg/kg

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
2575218	DMI	Blanc fortifié	Aluminium (Al)	2024/10/08		98	%
			Antimoine (Sb)	2024/10/08		71 (1)	%
			Argent (Ag)	2024/10/08		90	%
			Arsenic (As)	2024/10/08		87	%
			Baryum (Ba)	2024/10/08		108	%
			Béryllium (Be)	2024/10/08		91	%
			Bore (B)	2024/10/08		98	%
			Cadmium (Cd)	2024/10/08		88	%
			Chrome (Cr)	2024/10/08		106	%
			Cobalt (Co)	2024/10/08		103	%
			Cuivre (Cu)	2024/10/08		94	%
			Etain (Sn)	2024/10/08		109	%
			Fer (Fe)	2024/10/08		104	%
			Lithium (Li)	2024/10/08		102	%
			Manganèse (Mn)	2024/10/08		102	%
			Mercure (Hg)	2024/10/08		84	%
			Molybdène (Mo)	2024/10/08		105	%
			Nickel (Ni)	2024/10/08		102	%
			Plomb (Pb)	2024/10/08		98	%
			Sélénium (Se)	2024/10/08		74 (1)	%
			Strontium (Sr)	2024/10/08		108	%
			Titane (Ti)	2024/10/08		116	%
			Uranium (U)	2024/10/08		102	%
			Vanadium (V)	2024/10/08		107	%
			Zinc (Zn)	2024/10/08		77	%
2575218	DMI	Blanc de méthode	Aluminium (Al)	2024/10/08	<0.40		mg/kg
			Antimoine (Sb)	2024/10/08	<0.040		mg/kg
			Argent (Ag)	2024/10/08	<0.0010		mg/kg
			Arsenic (As)	2024/10/08	<0.0050		mg/kg
			Baryum (Ba)	2024/10/08	0.037, LDR=0.0060		mg/kg
			Béryllium (Be)	2024/10/08	<0.0030		mg/kg
			Bore (B)	2024/10/08	<0.070		mg/kg
			Cadmium (Cd)	2024/10/08	<0.0010		mg/kg
			Chrome (Cr)	2024/10/08	<0.050		mg/kg
			Cobalt (Co)	2024/10/08	<0.0020		mg/kg
			Cuivre (Cu)	2024/10/08	<0.050		mg/kg
			Etain (Sn)	2024/10/08	<0.94		mg/kg
			Fer (Fe)	2024/10/08	<1.0		mg/kg
			Lithium (Li)	2024/10/08	<0.020		mg/kg
			Manganèse (Mn)	2024/10/08	<0.030		mg/kg
			Mercure (Hg)	2024/10/08	<0.00030		mg/kg
			Molybdène (Mo)	2024/10/08	<0.0030		mg/kg
			Nickel (Ni)	2024/10/08	<0.010		mg/kg
			Plomb (Pb)	2024/10/08	<0.0070		mg/kg
			Sélénium (Se)	2024/10/08	<0.0090		mg/kg
			Strontium (Sr)	2024/10/08	<0.0050		mg/kg
			Titane (Ti)	2024/10/08	<0.050		mg/kg
			Uranium (U)	2024/10/08	<0.0010		mg/kg
			Vanadium (V)	2024/10/08	<0.0090		mg/kg
			Zinc (Zn)	2024/10/08	<0.30		mg/kg

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
2575232	WWO	Blanc fortifié	Aluminium (Al)	2024/10/09		100	%
			Antimoine (Sb)	2024/10/09		77	%
			Argent (Ag)	2024/10/09		88	%
			Arsenic (As)	2024/10/09		84	%
			Baryum (Ba)	2024/10/09		103	%
			Béryllium (Be)	2024/10/09		86	%
			Bore (B)	2024/10/09		90	%
			Cadmium (Cd)	2024/10/09		86	%
			Chrome (Cr)	2024/10/09		102	%
			Cobalt (Co)	2024/10/09		98	%
			Cuivre (Cu)	2024/10/09		88	%
			Etain (Sn)	2024/10/09		94	%
			Fer (Fe)	2024/10/09		94	%
			Lithium (Li)	2024/10/09		100	%
			Manganèse (Mn)	2024/10/09		102	%
			Mercure (Hg)	2024/10/09		81	%
			Molybdène (Mo)	2024/10/09		101	%
			Nickel (Ni)	2024/10/09		94	%
			Plomb (Pb)	2024/10/09		96	%
			Sélénium (Se)	2024/10/09		72 (1)	%
			Strontium (Sr)	2024/10/09		101	%
			Titane (Ti)	2024/10/09		112	%
			Uranium (U)	2024/10/09		98	%
			Vanadium (V)	2024/10/09		105	%
			Zinc (Zn)	2024/10/09		73 (1)	%
2575232	WWO	Blanc de méthode	Aluminium (Al)	2024/10/09	<0.40		mg/kg
			Antimoine (Sb)	2024/10/09	<0.040		mg/kg
			Argent (Ag)	2024/10/09	<0.0010		mg/kg
			Arsenic (As)	2024/10/09	<0.0050		mg/kg
			Baryum (Ba)	2024/10/09	0.041, LDR=0.0060		mg/kg
			Béryllium (Be)	2024/10/09	<0.0030		mg/kg
			Bore (B)	2024/10/09	<0.070		mg/kg
			Cadmium (Cd)	2024/10/09	<0.0010		mg/kg
			Chrome (Cr)	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Cobalt (Co)	2024/10/09	<0.0020		mg/kg
			Cuivre (Cu)	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Etain (Sn)	2024/10/09	<0.51		mg/kg
			Fer (Fe)	2024/10/09	<1.0		mg/kg
			Lithium (Li)	2024/10/09	<0.020		mg/kg
			Manganèse (Mn)	2024/10/09	<0.030		mg/kg
			Mercure (Hg)	2024/10/09	<0.00030		mg/kg
			Molybdène (Mo)	2024/10/09	<0.0030		mg/kg
			Nickel (Ni)	2024/10/09	<0.010		mg/kg
			Plomb (Pb)	2024/10/09	<0.0070		mg/kg
			Sélénium (Se)	2024/10/09	<0.0090		mg/kg
			Strontium (Sr)	2024/10/09	<0.0050		mg/kg
			Titane (Ti)	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Uranium (U)	2024/10/09	<0.0010		mg/kg
			Vanadium (V)	2024/10/09	<0.0090		mg/kg
			Zinc (Zn)	2024/10/09	<0.30		mg/kg

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
2575261	WWO	Blanc fortifié	Aluminium (Al)	2024/10/09		96	%
			Antimoine (Sb)	2024/10/09		73 (1)	%
			Argent (Ag)	2024/10/09		91	%
			Arsenic (As)	2024/10/09		87	%
			Baryum (Ba)	2024/10/09		103	%
			Béryllium (Be)	2024/10/09		85	%
			Bore (B)	2024/10/09		90	%
			Cadmium (Cd)	2024/10/09		88	%
			Chrome (Cr)	2024/10/09		110	%
			Cobalt (Co)	2024/10/09		96	%
			Cuivre (Cu)	2024/10/09		81	%
			Etain (Sn)	2024/10/09		95	%
			Fer (Fe)	2024/10/09		102	%
			Lithium (Li)	2024/10/09		104	%
			Manganèse (Mn)	2024/10/09		91	%
			Mercure (Hg)	2024/10/09		81	%
			Molybdène (Mo)	2024/10/09		102	%
			Nickel (Ni)	2024/10/09		102	%
			Plomb (Pb)	2024/10/09		95	%
			Sélénium (Se)	2024/10/09		74 (1)	%
			Strontium (Sr)	2024/10/09		99	%
			Titane (Ti)	2024/10/09		124	%
			Uranium (U)	2024/10/09		97	%
			Vanadium (V)	2024/10/09		111	%
			Zinc (Zn)	2024/10/09		70 (1)	%
2575261	WWO	Blanc de méthode	Aluminium (Al)	2024/10/09	<0.40		mg/kg
			Antimoine (Sb)	2024/10/09	<0.040		mg/kg
			Argent (Ag)	2024/10/09	<0.0020		mg/kg
			Arsenic (As)	2024/10/09	<0.0050		mg/kg
			Baryum (Ba)	2024/10/09	0.040, LDR=0.0060		mg/kg
			Béryllium (Be)	2024/10/09	<0.0030		mg/kg
			Bore (B)	2024/10/09	<0.070		mg/kg
			Cadmium (Cd)	2024/10/09	<0.0010		mg/kg
			Chrome (Cr)	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Cobalt (Co)	2024/10/09	<0.0022		mg/kg
			Cuivre (Cu)	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Etain (Sn)	2024/10/09	<0.79		mg/kg
			Fer (Fe)	2024/10/09	<1.0		mg/kg
			Lithium (Li)	2024/10/09	<0.020		mg/kg
			Manganèse (Mn)	2024/10/09	<0.030		mg/kg
			Mercure (Hg)	2024/10/09	<0.00030		mg/kg
			Molybdène (Mo)	2024/10/09	<0.0030		mg/kg
			Nickel (Ni)	2024/10/09	<0.010		mg/kg
			Plomb (Pb)	2024/10/09	<0.0070		mg/kg
			Sélénium (Se)	2024/10/09	<0.0090		mg/kg
			Strontium (Sr)	2024/10/09	<0.0050		mg/kg
			Titane (Ti)	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Uranium (U)	2024/10/09	<0.0010		mg/kg
			Vanadium (V)	2024/10/09	<0.0090		mg/kg

Bureau Veritas - Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
			Zinc (Zn)	2024/10/09	<0.30		mg/kg

LDR = Limite de détection rapportée

Blanc fortifié: Un blanc, d'une matrice exempte de contaminants, auquel a été ajouté une quantité connue d'analyte provenant généralement d'une deuxième source. Utilisé pour évaluer la précision de la méthode.

Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.

Réc = Récupération

(1) La récupération ou l'écart relatif (RPD) pour ce composé est en dehors des limites de contrôle, mais l'ensemble du contrôle qualité rencontre les critères d'acceptabilité pour cette analyse

Bureau Veritas | Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport ont été vérifiés et validés par:

Zineb El Ouali
Membre OCQ#2021-051

Zineb El Ouali, M.Sc.,Chimiste, Montréal, Analyste II

Bureau Veritas Proprietary Software
Logiciel Propriétaire de Bureau Veritas

Automated Statchk

Bureau Veritas a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à l'ISO/CEI17025. Pour la validation spécifique à un groupe de services, veuillez vous référer à la page des Signatures de validation si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Pour les noms de validation des analystes/superviseurs spécifiques à un service, veuillez vous référer à la section Résumé de l'analyse si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Ce rapport est autorisé par Aglaia Yannakis, Directrice générale, responsable des opérations du laboratoire Environnementale - Québec.

Bureau Veritas | Résultats Parties

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

Votre # de commande: Ecotox_plantes
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # Bordereau: 140359

Attention: Karel Cadoret

WSP CANADA Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec, QC
CANADA G2K 0M5

Date du rapport: 2024/10/16
Rapport: R2988550
Version: 3 - Finale

CERTIFICAT D'ANALYSES

DE DOSSIER BUREAU VERITAS: C446851
Reçu: 2024/08/21, 14:00

Matrice: Végétaux
Nombre d'échantillons reçus: 81

Analyses	Quantité	Date de l' extraction	Date Analysé	Méthode de laboratoire	Méthode d'analyse
Métaux trace dans végétaux (base sèche)	13	N/A	2024/10/10	STL SOP-00006	MA.203–Mét Tra 1.1 m
Métaux trace dans végétaux (base sèche)	16	N/A	2024/10/12	STL SOP-00006	MA.203–Mét Tra 1.1 m
Métaux trace dans végétaux (base sèche)	18	N/A	2024/10/04	STL SOP-00006	MA.203–Mét Tra 1.1 m
Métaux trace dans végétaux (base sèche)	2	N/A	2024/10/05	STL SOP-00006	MA.203–Mét Tra 1.1 m
Métaux trace dans végétaux (base sèche)	20	N/A	2024/10/08	STL SOP-00006	MA.203–Mét Tra 1.1 m
Métaux trace dans végétaux (base sèche)	12	N/A	2024/10/09	STL SOP-00006	MA.203–Mét Tra 1.1 m
Lyophilisation (1)	25	2024/10/01	2024/10/01		
Lyophilisation (1)	16	2024/10/07	2024/10/07		
Lyophilisation (1)	20	2024/09/12	2024/09/25		
Lyophilisation (1)	20	2024/09/20	2024/09/20		

Remarques:

Bureau Veritas est certifié ISO/IEC 17025 pour certains paramètres précis des portées d'accréditation. Sauf indication contraire, les méthodes d'analyses utilisées par Bureau Veritas s'inspirent des méthodes de référence d'organismes provinciaux, fédéraux et américains, tels que le CCME, l'EPA, l'APHA ou le ministère de l'environnement du Québec.

Toutes les analyses présentées ont été réalisées conformément aux procédures et aux pratiques relatives à la méthodologie, à l'assurance qualité et au contrôle de la qualité généralement appliqués par les employés de Bureau Veritas (sauf s'il en a été convenu autrement par écrit entre le client et Bureau Veritas). Toutes les données de laboratoire rencontrent les contrôles statistiques et respectent tous les critères de CQ et les critères de performance des méthodes, sauf s'il en a été signalé autrement. Tous les blancs de méthode sont rapportés, toutefois, les données des échantillons correspondants ne sont pas corrigées pour la valeur du blanc, sauf indication contraire. Le cas échéant, sauf indication contraire, l'incertitude de mesure n'a pas été prise en considération lors de la déclaration de la conformité à la norme de référence.

Les responsabilités de Bureau Veritas sont restreintes au coût réel de l'analyse, sauf s'il en a été convenu autrement par écrit. Il n'existe aucune autre garantie, explicite ou implicite. Le client a fait appel à Bureau Veritas pour l'analyse de ses échantillons conformément aux méthodes de référence mentionnées dans ce rapport. L'interprétation et l'utilisation des résultats sont sous l'entière responsabilité du client et ne font pas partie des services offerts par Bureau Veritas, sauf si convenu autrement par écrit. Bureau Veritas ne peut pas garantir l'exactitude des résultats qui dépendent des renseignements fournis par le client ou son représentant.

Les résultats des échantillons solides, sauf les biotes, sont rapportés en fonction de la masse sèche, sauf indication contraire. Les analyses organiques ne sont pas corrigées en fonction de la récupération, sauf pour les méthodes de dilution isotopique.
Les résultats s'appliquent seulement aux échantillons analysés. Si l'échantillonnage n'est pas effectué par Bureau Veritas, les résultats se rapportent aux échantillons fournis pour analyse.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

Votre # de commande: Ecotox_plantes
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # Bordereau: 140359

Attention: Karel Cadoret

WSP CANADA Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec, QC
CANADA G2K 0M5

Date du rapport: 2024/10/16
Rapport: R2988550
Version: 3 - Finale

CERTIFICAT D'ANALYSES

DE DOSSIER BUREAU VERITAS: C446851

Reçu: 2024/08/21, 14:00

Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon dans son intégralité, sans le consentement écrit du laboratoire.

Lorsque la méthode de référence comprend un suffixe « m », cela signifie que la méthode d'analyse du laboratoire contient des modifications validées et appliquées afin d'améliorer la performance de la méthode de référence.

Notez: Les données brutes sont utilisées pour le calcul du RPD (% d'écart relatif). L'arrondissement des résultats finaux peut expliquer la variation apparente.

(1) Cette analyse a été effectuée par Bureau Veritas Mississauga, 6740 Campobello Rd. , Mississauga, ON, L5N 2L8

Note : Les paramètres inclus dans le présent certificat sont accrédités par le ministère de l'environnement du Québec, à moins d'indication contraire.

clé de cryptage



Bureau Veritas
16 Oct 2024 12:04:33

Veuillez adresser toute question concernant ce certificat d' analyse à:
Sarah Beaudry, Chargée de projets
Courriel: Sarah.Beaudry@bureauveritas.com
Téléphone (438)355-7268

==========

Bureau Veritas a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à l'ISO/CEI17025. Pour la validation spécifique à un groupe de services, veuillez vous référer à la page des Signatures de validation si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Pour les noms de validation des analystes/superviseurs spécifiques à un service, veuillez vous référer à la section Résumé de l'analyse si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Ce rapport est autorisé par Aglaia Yannakis, Directrice générale, responsable des opérations du laboratoire Environnementale - Québec.

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0788	NK0788	NK0788	NK0789	NK0790	NK0791		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-01-1T	PL-01-1T Dup. de Lab.	PL-01-1T Dup. de Lab. 2	PL-01-2T	PL-01-3T	PL-01-4T	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	25	24	23	29	31	40	0.40	2575134
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575134
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0015	0.0016	0.0010	2575134
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	0.020	0.019	0.016	0.015	0.023	0.020	0.0050	2575134
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	48	55	49	60	71	69	0.0060	2575134
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575134
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	15	15	14	18	21	21	0.070	2575134
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0013	0.0010	0.0010	2575134
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2575134
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.013	0.011	0.012	0.017	0.014	0.014	0.0020	2575134
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	3.3	3.7	3.5	4.3	3.7	3.7	0.050	2575134
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	0.50	2575134
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	31	32	32	40	34	40	1.0	2575134
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	0.029	0.028	0.029	0.037	<0.020	0.042	0.020	2575134
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	140	170	150	190	340	450	0.030	2575134
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.0041	0.0039	0.0037	0.0033	0.0047	0.0035	0.00030	2575134
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.11	0.13	0.13	0.16	0.10	0.14	0.0030	2575134
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.73	0.74	0.77	1.4	0.81	0.75	0.010	2575134
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	0.015	0.015	0.015	0.020	0.020	0.019	0.0070	2575134
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	0.039	0.036	0.035	0.029	0.021	0.018	0.0090	2575134
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	8.0	8.7	7.9	18	8.8	22	0.0050	2575134
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	1.3	1.3	1.2	1.5	1.4	1.4	0.050	2575134
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575134
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	0.019	0.020	0.018	0.026	0.026	0.027	0.0090	2575134
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	19	22	17	21	20	18	0.30	2575134

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
Duplicata de laboratoire
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0792	NK0793	NK0794	NK0795	NK0796	NK0797		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-01-5T	PL-01-6T	PL-01-7T	PL-01-8T	PL-01-9T	PL-02-1T	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	31	35	36	22	32	20	0.40	2575134
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575134
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	0.0014	0.0013	0.0011	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575134
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	0.022	0.025	0.035	0.018	0.024	0.0072	0.0050	2575134
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	61	110	74	53	100	94	0.0060	2575134
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575134
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	16	18	20	16	22	16	0.070	2575134
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0013	0.0019	0.0013	0.0010	<0.0010	0.0013	0.0010	2575134
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	<0.050	<0.050	0.061	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2575134
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.013	0.046	0.026	0.0077	0.0099	0.0090	0.0020	2575134
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	3.5	3.3	3.9	5.0	3.5	3.0	0.050	2575134
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	0.50	2575134
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	34	36	40	34	33	34	1.0	2575134
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	0.027	0.024	0.036	<0.020	<0.020	0.78	0.020	2575134
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	150	200	310	230	310	270	0.030	2575134
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.0041	0.0048	0.0044	0.0032	0.0034	0.0040	0.00030	2575134
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.20	0.20	0.15	0.20	0.16	0.028	0.0030	2575134
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.77	1.3	0.79	0.96	1.1	0.97	0.010	2575134
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	0.019	0.020	0.017	0.014	0.014	0.020	0.0070	2575134
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	0.023	0.035	0.030	0.040	0.048	0.031	0.0090	2575134
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	15	23	16	14	45	22	0.0050	2575134
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	1.2	1.2	1.4	1.1	1.1	1.1	0.050	2575134
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575134
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	0.019	0.023	0.027	0.010	0.011	0.019	0.0090	2575134
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	17	22	20	21	25	18	0.30	2575134

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0798	NK0799	NK0800	NK0801	NK0802	NK0803		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	**PL-02-2T**	**PL-02-3T**	**PL-02-4T**	**PL-02-5T**	**PL-02-6T**	**PL-02-7T**	**LDR**	**Lot CQ**
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	72	37	55	52	21	50	0.40	2575134
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575134
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	0.0026	0.0025	0.0017	0.0020	0.0012	0.0030	0.0010	2575134
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	0.022	0.014	0.015	0.016	0.0091	0.014	0.0050	2575134
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	160	110	89	120	68	87	0.0060	2575134
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575134
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	23	19	16	23	13	17	0.070	2575134
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0054	0.0020	0.0035	0.0017	0.0014	0.0020	0.0010	2575134
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	0.13	0.066	0.11	0.067	<0.050	0.097	0.050	2575134
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.040	0.020	0.032	0.022	0.0078	0.026	0.0020	2575134
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	3.2	3.3	2.8	3.8	2.9	3.6	0.050	2575134
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	0.50	2575134
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	90	54	75	57	34	68	1.0	2575134
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	0.092	0.048	0.068	0.050	0.031	0.059	0.020	2575134
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	630	650	540	670	210	380	0.030	2575134
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.0060	0.0054	0.0072	0.0064	0.0046	0.0074	0.00030	2575134
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.071	0.038	0.037	0.038	0.036	0.034	0.0030	2575134
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.78	0.67	0.48	0.82	0.81	0.89	0.010	2575134
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	0.037	0.099	0.043	0.029	0.022	0.051	0.0070	2575134
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	0.010	0.013	0.013	0.012	0.028	0.027	0.0090	2575134
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	15	12	12	13	8.7	14	0.0050	2575134
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	3.5	1.8	2.8	2.2	1.0	2.5	0.050	2575134
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	0.0012	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0011	0.0010	2575134
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	0.12	0.052	0.087	0.059	0.019	0.069	0.0090	2575134
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	20	20	20	25	14	20	0.30	2575134

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0804	NK0805	NK0806	NK0807		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359		
	Unités	**PL-02-8T**	**PL-02-9T**	**PL-03-1T**	**PL-03-2T**	**LDR**	**Lot CQ**
MÉTAUX							
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	64	57	22	8.3	0.40	2575134
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575134
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	0.0025	0.0029	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575134
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	0.018	0.015	0.015	0.012	0.0050	2575134
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	130	120	55	42	0.0060	2575134
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575134
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	19	19	15	15	0.070	2575134
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0028	0.0026	<0.0010	0.0022	0.0010	2575134
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	0.13	0.11	<0.050	<0.050	0.050	2575134
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.033	0.032	0.0080	0.0050	0.0020	2575134
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	3.1	2.8	4.6	5.1	0.050	2575134
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	<0.50 (1)	0.50	2575134
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	81	76	28	23	1.0	2575134
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	0.071	0.063	<0.020	0.030	0.020	2575134
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	860	1000	230	180	0.030	2575134
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.011	0.0089	0.0028	0.0023	0.00030	2575134
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.054	0.028	0.13	0.15	0.0030	2575134
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.67	0.48	0.99	0.87	0.010	2575134
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	0.072	0.043	0.017	0.014	0.0070	2575134
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	0.015	<0.0090	0.020	<0.0090	0.0090	2575134
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	12	13	13	5.2	0.0050	2575134
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	3.1	2.9	0.87	0.92	0.050	2575134
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	0.0013	0.0011	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575134
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	0.099	0.096	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575134
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	30	21	17	13	0.30	2575134

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0808	NK0808	NK0808	NK0809	NK0810	NK0811		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-03-3T	PL-03-3T Dup. de Lab.	PL-03-3T Dup. de Lab. 2	PL-03-4T	PL-03-5T	PL-03-6T	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	12	14	14	47	51	44	0.40	2579014
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2579014
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	0.0012	0.0020	0.0020	0.0012	0.0021	0.0015	0.0010	2579014
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	0.015	0.015	0.014	0.019	0.022	0.021	0.0050	2579014
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	67	67	60	120	140	120	0.0060	2579014
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2579014
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	18	16	16	18	16	18	0.070	2579014
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0022	0.0022	0.0020	0.0010	2579014
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2579014
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.0071	0.0065	0.0067	0.0095	0.0091	0.0097	0.0020	2579014
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	5.3	4.7	4.4	3.7	4.2	3.8	0.050	2579014
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.53 (1)	<0.53 (1)	<0.53 (1)	<0.53 (1)	<0.53 (1)	<0.53 (1)	0.53	2579014
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	27	27	26	33	36	34	1.0	2579014
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2579014
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	200	210	220	410	340	430	0.030	2579014
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.0027	0.0024	0.0024	0.0089	0.0092	0.0092	0.00030	2579014
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.17	0.14	0.13	0.017	0.025	0.045	0.0030	2579014
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.76	0.73	0.72	1.2	1.4	1.2	0.010	2579014
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	0.011	0.012	0.023	0.046	0.043	0.039	0.0070	2579014
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	0.022	0.024	0.028	0.022	0.019	0.021	0.0090	2579014
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	8.3	7.6	7.4	27	32	22	0.0050	2579014
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	1.5	1.4	1.2	1.1	1.3	1.2	0.050	2579014
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2579014
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	0.014	0.014	0.016	0.024	0.026	0.025	0.0090	2579014
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	13	12	12	19	26	22	0.30	2579014

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
Duplicata de laboratoire
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0812	NK0813	NK0814	NK0815	NK0816	NK0817		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-03-7T	PL-03-8T	PL-03-9T	PL-04-1T	PL-04-2T	PL-04-3T	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	34	25	19	11	8.2	12	0.40	2579014
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2579014
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	0.0015	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2579014
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	0.013	0.016	0.020	0.0073	0.0065	0.0083	0.0050	2579014
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	42	34	37	60	94	80	0.0060	2579014
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2579014
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	20	17	15	15	16	18	0.070	2579014
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0011	<0.0010	0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0011	0.0010	2579014
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2579014
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.018	0.017	0.011	0.0054	0.0036	0.0062	0.0020	2579014
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	5.5	4.8	4.1	3.6	3.6	3.7	0.050	2579014
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.53 (1)	<0.53 (1)	<0.53 (1)	<0.53 (1)	<0.53 (1)	<0.53 (1)	0.53	2579014
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	33	36	27	26	23	24	1.0	2579014
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2579014
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	250	130	180	330	500	710	0.030	2579014
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.0030	0.0028	0.0032	0.0037	0.0031	0.0045	0.00030	2579014
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.27	0.11	0.11	0.059	0.046	0.016	0.0030	2579014
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.78	0.64	0.60	0.33	0.30	0.31	0.010	2579014
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	0.018	0.011	0.013	0.013	0.012	0.020	0.0070	2579014
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	0.017	0.013	<0.0090	<0.0090	0.0090	2579014
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	14	17	10	5.1	7.1	5.2	0.0050	2579014
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	1.7	1.5	1.1	0.96	0.88	0.90	0.050	2579014
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2579014
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	0.022	0.031	0.015	0.014	0.0099	0.014	0.0090	2579014
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	14	12	13	15	13	16	0.30	2579014

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0818	NK0819	NK0820	NK0821	NK0822	NK0823		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-04-4T	PL-04-5T	PL-04-6T	PL-04-7T	PL-04-8T	PL-04-9T	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	9.6	16	10	32	31	26	0.40	2579014
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2579014
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	0.0011	<0.0010	0.0012	0.0018	0.0014	0.0010	2579014
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	0.0069	0.0071	0.0084	0.010	0.012	0.0071	0.0050	2579014
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	83	65	74	59	59	60	0.0060	2579014
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2579014
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	17	15	15	21	20	17	0.070	2579014
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0011	<0.0010	0.0011	0.0015	0.0028	0.0020	0.0010	2579014
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	<0.050	<0.050	<0.050	0.051	0.059	<0.050	0.050	2579014
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.0075	0.0092	0.0052	0.013	0.020	0.015	0.0020	2579014
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	2.7	3.2	2.8	2.7	3.2	3.0	0.050	2579014
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.53 (1)	<0.53 (1)	<0.53 (1)	<0.53 (1)	0.53 (1)	0.53 (1)	0.53	2579014
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	29	26	28	40	43	36	1.0	2579014
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2579014
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	860	430	900	1600	780	720	0.030	2579014
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.0066	0.0050	0.0061	0.0096	0.013	0.0085	0.00030	2579014
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.025	0.041	0.020	0.0091	0.020	0.015	0.0030	2579014
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.16	0.44	0.22	0.19	0.31	0.40	0.010	2579014
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	0.024	0.032	0.022	0.031	0.044	0.035	0.0070	2579014
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	0.014	<0.0090	0.018	0.021	<0.0090	0.0090	2579014
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	11	6.2	9.0	7.3	7.6	5.8	0.0050	2579014
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	0.78	0.90	0.76	1.4	1.6	1.1	0.050	2579014
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2579014
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	0.017	0.017	0.014	0.041	0.045	0.027	0.0090	2579014
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	15	16	15	18	16	19	0.30	2579014

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0824	NK0824	NK0824	NK0825	NK0826	NK0827		
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-01-1BL	PL-01-1BL Dup. de Lab.	PL-01-1BL Dup. de Lab. 2	PL-01-2BL	PL-01-3BL	PL-01-4BL	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	11	11	11	10	8.2	12	0.40	2575218
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575218
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0019	<0.0010	0.0013	0.0010	2575218
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	0.012	0.014	0.013	0.0072	0.0064	0.0055	0.0050	2575218
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	17	19	19	9.6	8.2	15	0.0060	2575218
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575218
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	6.0	6.4	6.3	5.9	6.5	7.4	0.070	2575218
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0024	0.0024	0.0023	0.0020	0.0017	0.0012	0.0010	2575218
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	<0.050	0.16 (1)	0.11	<0.050	0.063	<0.050	0.050	2575218
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.0061	0.0070	0.0068	0.0068	0.0051	0.0051	0.0020	2575218
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	4.0	4.3	4.3	4.0	2.7	4.7	0.050	2575218
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.94 (2)	<0.94 (2)	<0.94 (2)	<0.94 (2)	<0.94 (2)	<0.94 (2)	0.94	2575218
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	12	14	13	14	11	15	1.0	2575218
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575218
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	190	200	200	130	280	360	0.030	2575218
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.0011	0.0011	0.0010	0.00097	0.00090	0.00096	0.00030	2575218
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.13	0.15	0.13	0.17	0.18	0.17	0.0030	2575218
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	1.0	1.2	1.2	0.95	0.47	0.82	0.010	2575218
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.0089	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575218
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	0.022	0.024	0.025	0.015	0.018	0.024	0.0090	2575218
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	2.7	2.7	3.1	2.2	1.8	3.4	0.0050	2575218
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	0.49	0.56	0.54	0.56	0.45	0.54	0.050	2575218
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575218
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575218
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	6.4	6.8	6.9	6.9	4.7	7.0	0.30	2575218

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
Duplicata de laboratoire
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La récupération ou l'écart relatif (RPD) pour ce composé est en dehors des limites de contrôle, mais l'ensemble du contrôle qualité rencontre les critères d'acceptabilité pour cette analyse
(2) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0828	NK0829	NK0830	NK0831	NK0832	NK0833		
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-01-5BL	PL-01-6BL	PL-01-7BL	PL-01-8BL	PL-01-9BL	PL-02-1BL	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	12	12	11	14	7.9	6.9	0.40	2575218
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575218
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	0.0016	<0.0010	0.0036	0.0016	<0.0010	0.0011	0.0010	2575218
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	0.0073	0.0062	0.013	<0.0050	0.0060	<0.0050	0.0050	2575218
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	12	14	20	14	8.4	13	0.0060	2575218
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575218
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	4.2	5.4	7.1	6.7	4.8	5.6	0.070	2575218
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0019	0.0058	0.0026	0.0025	0.0013	0.0028	0.0010	2575218
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	0.056	<0.050	<0.050	0.13	0.051	<0.050	0.050	2575218
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.0093	0.0052	0.0053	0.0064	0.0030	0.0030	0.0020	2575218
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	3.9	4.4	5.0	4.5	3.2	3.7	0.050	2575218
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	0.94	2575218
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	15	15	17	15	11	13	1.0	2575218
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575218
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	150	200	370	260	210	290	0.030	2575218
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.0011	0.00095	0.0014	0.0014	0.00088	0.00092	0.00030	2575218
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.13	0.13	0.22	0.13	0.15	0.20	0.0030	2575218
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	1.3	0.84	1.0	1.1	0.43	0.67	0.010	2575218
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575218
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	0.018	0.021	0.038	0.042	0.018	<0.0090	0.0090	2575218
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	6.6	5.9	2.9	7.3	2.2	1.5	0.0050	2575218
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	0.46	0.55	0.63	0.55	0.45	0.49	0.050	2575218
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575218
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575218
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	7.5	7.9	8.4	7.4	5.4	5.3	0.30	2575218

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0834	NK0835	NK0836	NK0837	NK0838	NK0839		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-02-2BL	PL-02-3BL	PL-02-4BL	PL-02-5BL	PL-02-6BL	PL-02-7BL	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	10	220	49	67	85	55	0.40	2575218
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575218
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	0.0021	0.0028	0.0011	0.0023	0.0015	0.0010	2575218
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	<0.0050	0.020	<0.0050	<0.0050	0.011	0.011	0.0050	2575218
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	11	17	17	16	13	10	0.0060	2575218
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575218
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	5.4	4.9	3.7	4.5	4.5	4.2	0.070	2575218
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0026	0.0054	0.0051	0.0047	0.014	0.0055	0.0010	2575218
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	0.055	0.30	0.11	0.10	0.13	0.096	0.050	2575218
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.0053	0.043	0.025	0.024	0.018	0.016	0.0020	2575218
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	3.8	3.8	3.4	3.4	2.9	2.6	0.050	2575218
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	0.94	2575218
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	14	170	50	52	72	48	1.0	2575218
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	0.058	0.023	0.024	0.024	0.021	0.020	2575218
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	220	59	79	63	160	150	0.030	2575218
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.00082	0.0016	0.0010	0.0011	0.0015	0.0012	0.00030	2575218
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.27	0.017	0.031	0.017	0.081	0.084	0.0030	2575218
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.62	1.6	0.73	1.1	0.64	0.57	0.010	2575218
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	<0.0070	0.055	0.017	0.015	0.026	0.017	0.0070	2575218
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	0.059	0.030	0.037	0.016	0.013	0.0090	2575218
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	3.0	14	3.1	7.3	2.6	1.6	0.0050	2575218
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	0.60	8.0	2.5	2.7	3.9	2.8	0.050	2575218
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	0.0021	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575218
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	0.012	0.34	0.078	0.084	0.14	0.091	0.0090	2575218
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	5.3	4.9	4.6	4.7	5.2	4.5	0.30	2575218

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0840	NK0841	NK0842	NK0843		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/07/27	2024/07/27		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359		
	Unités	**PL-02-8BL**	**PL-02-9BL**	**PL-03-1BL**	**PL-03-2BL**	**LDR**	**Lot CQ**
MÉTAUX							
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	14	8.4	12	8.0	0.40	2575218
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575218
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	0.0013	0.0011	0.0018	<0.0010	0.0010	2575218
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0050	2575218
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	19	17	5.1	11	0.0060	2575218
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575218
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	6.2	5.4	6.1	5.4	0.070	2575218
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0079	0.0065	0.0014	0.0011	0.0010	2575218
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	0.057	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2575218
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.0070	0.0049	0.0044	0.0026	0.0020	2575218
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	4.5	3.8	3.3	3.2	0.050	2575218
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	<0.94 (1)	0.94	2575218
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	22	16	12	9.8	1.0	2575218
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575218
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	260	170	120	260	0.030	2575218
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.0012	0.0010	0.00094	0.00077	0.00030	2575218
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.22	0.18	0.16	0.12	0.0030	2575218
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.53	0.40	0.60	0.50	0.010	2575218
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	0.0074	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575218
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.018	0.0090	2575218
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	1.6	1.3	8.2	3.8	0.0050	2575218
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	0.69	0.45	0.41	0.36	0.050	2575218
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575218
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	0.017	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575218
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	6.7	5.0	5.1	5.3	0.30	2575218

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à contamination de blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0844	NK0844	NK0844	NK0845	NK0846	NK0847		
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-03-3BL	PL-03-3BL Dup. de Lab.	PL-03-3BL Dup. de Lab. 2	PL-03-4BL	PL-03-5BL	PL-03-6BL	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	11	12	12	7.7	7.6	8.5	0.40	2575232
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575232
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	0.0016	0.0014	0.0011	0.0018	0.0020	0.0010	2575232
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0059	<0.0050	0.0078	0.0050	2575232
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	7.0	6.8	7.2	5.7	5.1	6.9	0.0060	2575232
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575232
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	6.4	6.5	6.3	5.9	8.3	6.2	0.070	2575232
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0015	0.0016	0.0018	<0.0010	0.0012	0.0029	0.0010	2575232
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2575232
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.0055	0.0084	0.0063	0.0040	0.0037	0.0075	0.0020	2575232
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	4.3	4.4	4.5	3.4	4.4	4.4	0.050	2575232
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	0.65 (1)	0.69 (1)	0.71 (1)	0.65 (1)	0.63 (1)	0.64 (1)	0.51	2575232
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	13	14	18 (2)	11	11	13	1.0	2575232
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575232
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	140	140	140	77	120	110	0.030	2575232
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.00082	0.00094	0.00097	0.00052	0.00084	0.00072	0.00030	2575232
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.16	0.16	0.17	0.18	0.11	0.070	0.0030	2575232
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.93	0.97	0.99	0.62	0.79	0.78	0.010	2575232
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575232
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	1.0	1.0	1.0	1.9	1.7	3.2	0.0050	2575232
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	0.51	0.48	0.46	0.42	0.49	0.49	0.050	2575232
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575232
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	5.5	5.8	5.9	4.2	5.3	6.5	0.30	2575232

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
Duplicata de laboratoire
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.
(2) La récupération ou l'écart relatif (RPD) pour ce composé est en dehors des limites de contrôle, mais l'ensemble du contrôle qualité rencontre les critères d'acceptabilité pour cette analyse

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

Dossier Bureau Veritas: C446851
Date du rapport: 2024/10/16

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0848	NK0849	NK0850	NK0851	NK0852	NK0853		
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-03-7BL	PL-03-8BL	PL-03-9BL	PL-04-1BL	PL-04-2BL	PL-04-3BL	LDR	Lot CQ
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	8.6	6.4	6.6	2.9	2.9	2.6	0.40	2575232
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575232
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	0.0010	0.0016	<0.0010	0.0015	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575232
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0050	2575232
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	7.4	4.9	4.9	8.1	15	10	0.0060	2575232
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575232
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	6.4	6.2	6.0	4.8	6.3	6.1	0.070	2575232
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0073	0.0012	0.0022	<0.0010	0.0037	<0.0010	0.0010	2575232
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2575232
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.0045	0.0045	0.0073	0.0034	0.0030	0.0039	0.0020	2575232
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	2.9	3.8	4.0	3.1	3.9	3.1	0.050	2575232
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	0.60 (1)	0.69 (1)	0.72 (1)	0.75 (1)	0.75 (1)	0.70 (1)	0.51	2575232
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	13	14	14	7.9	9.5	7.5	1.0	2575232
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575232
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	200	71	120	230	510	340	0.030	2575232
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.00057	0.00062	0.00058	0.00069	0.00064	0.00057	0.00030	2575232
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.47	0.15	0.20	0.16	<0.0030	0.13	0.0030	2575232
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.75	0.75	0.91	0.27	0.30	0.26	0.010	2575232
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575232
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	1.2	10	3.2	0.47	0.68	0.59	0.0050	2575232
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	0.49	0.50	0.47	0.30	0.37	0.30	0.050	2575232
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575232
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	7.3	5.6	6.0	4.5	6.1	4.9	0.30	2575232

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0854	NK0855	NK0856	NK0857	NK0858	NK0859		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	**PL-04-4BL**	**PL-04-5BL**	**PL-04-6BL**	**PL-04-7BL**	**PL-04-8BL**	**PL-04-9BL**	**LDR**	**Lot CQ**
MÉTAUX									
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	2.6	3.5	2.5	3.8	4.0	4.0	0.40	2575232
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575232
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	0.0013	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575232
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0050	2575232
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	7.9	13	10	16	15	10	0.0060	2575232
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575232
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	5.3	7.0	5.1	4.4	5.0	4.7	0.070	2575232
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	0.0023	<0.0010	<0.0010	0.0017	<0.0010	0.0010	2575232
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	<0.050	0.069	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.050	2575232
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.0042	0.0060	0.0043	0.0033	0.0043	0.0040	0.0020	2575232
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	2.8	3.3	3.2	3.3	2.7	3.4	0.050	2575232
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	0.71 (1)	0.81 (1)	0.65 (1)	0.71 (1)	0.75 (1)	0.83 (1)	0.51	2575232
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	8.6	9.3	7.8	8.0	9.5	9.1	1.0	2575232
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.020	2575232
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	200	320	270	510	580	320	0.030	2575232
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.00069	0.00085	0.00055	0.00048	0.00077	0.00059	0.00030	2575232
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.18	0.11	0.13	0.15	0.17	0.14	0.0030	2575232
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.27	0.28	0.23	0.34	0.31	0.27	0.010	2575232
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575232
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	0.29	1.3	0.44	0.97	0.55	0.47	0.0050	2575232
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	0.29	0.42	0.28	0.31	0.35	0.33	0.050	2575232
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575232
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	4.5	5.9	5.0	5.3	5.1	4.6	0.30	2575232

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0860	NK0861	NK0862	NK0863		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/07/27	2024/08/17	2024/08/17		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-01-10T	PL-01-10BL	PL-02-10T	PL-02-10BL	LDR	Lot CQ
MÉTAUX							
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	27	8.5	39	9.2	0.40	2575232
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575232
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	0.0016	<0.0010	0.0042	0.0011	0.0010	2575232
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	0.023	<0.0050	0.018	<0.0050	0.0050	2575232
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	77	12	95	13	0.0060	2575232
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575232
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	19	4.4	14	4.8	0.070	2575232
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	0.0011	0.0018	0.0068	0.0010	2575232
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	<0.050	<0.050	0.092	<0.050	0.050	2575232
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.0099	0.0031	0.025	0.0050	0.0020	2575232
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	3.9	3.8	3.5	3.3	0.050	2575232
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	0.77 (1)	0.76 (1)	0.80 (1)	0.82 (1)	0.51	2575232
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	31	11	65	15	1.0	2575232
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	<0.020	0.047	<0.020	0.020	2575232
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	330	290	950	190	0.030	2575232
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.0040	0.00076	0.0054	0.00056	0.00030	2575232
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.37	0.11	0.059	0.15	0.0030	2575232
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	1.1	0.45	0.45	0.39	0.010	2575232
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	0.020	<0.0070	0.032	<0.0070	0.0070	2575232
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	0.042	0.010	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575232
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	19	1.3	11	1.1	0.0050	2575232
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	0.97	0.40	2.3	0.45	0.050	2575232
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	0.0012	<0.0010	0.0010	2575232
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	0.016	<0.0090	0.074	0.011	0.0090	2575232
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	17	5.9	24	4.9	0.30	2575232

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0864	NK0865	NK0866	NK0867	NK0884		
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/07/27	2024/08/17	2024/08/17	2024/07/27		
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359		
	Unités	PL-03-10T	PL-03-10BL	PL-04-10T	PL-04-10BL	PL-02-1BL	LDR	Lot CQ
MÉTAUX								
Aluminium (Al) Extractible Total †	mg/kg	12	9.1	45	4.5	7.3	0.40	2575261
Antimoine (Sb) Extractible Total †	mg/kg	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	0.040	2575261
Argent (Ag) Extractible Total †	mg/kg	<0.0020 (1)	<0.0020 (1)	<0.0020 (1)	<0.0020 (1)	<0.0020 (1)	0.0020	2575261
Arsenic (As) Extractible Total †	mg/kg	0.050	<0.0050	0.020	<0.0050	<0.0050	0.0050	2575261
Baryum (Ba) Extractible Total †	mg/kg	32	4.7	57	12	20	0.0060	2575261
Béryllium (Be) Extractible Total †	mg/kg	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0.0030	2575261
Bore (B) Extractible Total †	mg/kg	14	4.7	24	5.9	6.8	0.070	2575261
Cadmium (Cd) Extractible Total †	mg/kg	0.0025	0.0013	0.0030	0.0013	0.0011	0.0010	2575261
Chrome (Cr) Extractible Total †	mg/kg	<0.050	<0.050	0.068	<0.050	<0.050	0.050	2575261
Cobalt (Co) Extractible Total †	mg/kg	0.012 (1)	0.0058 (1)	0.024 (1)	0.0025 (1)	0.0045 (1)	0.0022	2575261
Cuivre (Cu) Extractible Total †	mg/kg	5.3	2.6	3.1	4.7	4.4	0.050	2575261
Etain (Sn) Extractible Total †	mg/kg	<0.79 (1)	<0.79 (1)	<0.79 (1)	<0.79 (1)	<0.79 (1)	0.79	2575261
Fer (Fe) Extractible Total †	mg/kg	27	11	51	11	13	1.0	2575261
Lithium (Li) Extractible Total †	mg/kg	<0.020	<0.020	0.025	<0.020	<0.020	0.020	2575261
Manganèse (Mn) Extractible Total †	mg/kg	120	98	1200	310	170	0.030	2575261
Mercure (Hg) Extractible Total †	mg/kg	0.0025	0.00068	0.0095	0.00074	0.00068	0.00030	2575261
Molybdène (Mo) Extractible Total †	mg/kg	0.21	0.069	0.016	0.16	0.14	0.0030	2575261
Nickel (Ni) Extractible Total †	mg/kg	0.58	0.52	0.36	0.30	0.83	0.010	2575261
Plomb (Pb) Extractible Total †	mg/kg	0.014	<0.0070	0.054	<0.0070	<0.0070	0.0070	2575261
Sélénium (Se) Extractible Total †	mg/kg	0.021	0.0095	0.019	<0.0090	0.015	0.0090	2575261
Strontium (Sr) Extractible Total †	mg/kg	8.3	3.3	6.1	0.95	4.0	0.0050	2575261
Titane (Ti) Extractible Total †	mg/kg	1.0	0.44	2.2	0.45	0.54	0.050	2575261
Uranium (U) Extractible Total †	mg/kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0010	2575261
Vanadium (V) Extractible Total †	mg/kg	0.012	<0.0090	0.056	<0.0090	<0.0090	0.0090	2575261
Zinc (Zn) Extractible Total †	mg/kg	13	4.3	25	5.5	6.4	0.30	2575261

LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre
(1) La limite de détection a été augmentée dû à la contamination du blanc.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

ANALYSE EN SOUS-TRAITANCE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0788	NK0789	NK0790	NK0791	NK0792	NK0793	NK0794	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-01-1T**	**PL-01-2T**	**PL-01-3T**	**PL-01-4T**	**PL-01-5T**	**PL-01-6T**	**PL-01-7T**	**Lot CQ**
CONVENTIONNELS									
Lyophilisation †	%	53	53	51	54	56	54	54	2576787

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0795	NK0796	NK0797	NK0798	NK0799	NK0800	NK0801	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-01-8T**	**PL-01-9T**	**PL-02-1T**	**PL-02-2T**	**PL-02-3T**	**PL-02-4T**	**PL-02-5T**	**Lot CQ**
CONVENTIONNELS									
Lyophilisation †	%	57	55	55	56	55	58	57	2576787

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0802	NK0803	NK0804	NK0805	NK0806	NK0807	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-02-6T**	**PL-02-7T**	**PL-02-8T**	**PL-02-9T**	**PL-03-1T**	**PL-03-2T**	**Lot CQ**
CONVENTIONNELS								
Lyophilisation †	%	56	63	59	56	57	55	2576787

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0808	NK0809	NK0810	NK0811	NK0812	NK0813	NK0814	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-03-3T**	**PL-03-4T**	**PL-03-5T**	**PL-03-6T**	**PL-03-7T**	**PL-03-8T**	**PL-03-9T**	**Lot CQ**
CONVENTIONNELS									
Lyophilisation †	%	62	53	56	53	61	56	57	2576788

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0815	NK0816	NK0817	NK0818	NK0819	NK0820	NK0821	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-04-1T**	**PL-04-2T**	**PL-04-3T**	**PL-04-4T**	**PL-04-5T**	**PL-04-6T**	**PL-04-7T**	**Lot CQ**
CONVENTIONNELS									
Lyophilisation †	%	50	54	49	51	49	48	48	2576788

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

ANALYSE EN SOUS-TRAITANCE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0822	NK0823		NK0824	NK0825	NK0826	NK0827	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	
# Bordereau		140359	140359		140359	140359	140359	140359	
	Unités	PL-04-8T	PL-04-9T	Lot CQ	PL-01-1BL	PL-01-2BL	PL-01-3BL	PL-01-4BL	Lot CQ
CONVENTIONNELS									
Lyophilisation †	%	50	51	2576788	86	84	83	86	2576789

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0828	NK0829	NK0830	NK0831	NK0832	NK0833	NK0834	
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	PL-01-5BL	PL-01-6BL	PL-01-7BL	PL-01-8BL	PL-01-9BL	PL-02-1BL	PL-02-2BL	Lot CQ
CONVENTIONNELS									
Lyophilisation †	%	84	84	86	83	84	81	81	2576789

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0835	NK0836	NK0837	NK0838	NK0839	NK0840	NK0841	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	PL-02-3BL	PL-02-4BL	PL-02-5BL	PL-02-6BL	PL-02-7BL	PL-02-8BL	PL-02-9BL	Lot CQ
CONVENTIONNELS									
Lyophilisation †	%	85	82	85	84	84	87	89	2576789

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0842	NK0843		NK0844	NK0845	NK0846	NK0847	
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	
# Bordereau		140359	140359		140359	140359	140359	140359	
	Unités	PL-03-1BL	PL-03-2BL	Lot CQ	PL-03-3BL	PL-03-4BL	PL-03-5BL	PL-03-6BL	Lot CQ
CONVENTIONNELS									
Lyophilisation †	%	83	81	2576789	86	85	85	82	2576790

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0848	NK0849	NK0850	NK0851	NK0852	NK0853	NK0854	
Date d'échantillonnage		2024/07/27	2024/07/27	2024/07/27	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	PL-03-7BL	PL-03-8BL	PL-03-9BL	PL-04-1BL	PL-04-2BL	PL-04-3BL	PL-04-4BL	Lot CQ
CONVENTIONNELS									
Lyophilisation †	%	84	83	82	81	79	79	80	2576790

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

ANALYSE EN SOUS-TRAITANCE (VÉGÉTAUX)

ID Bureau Veritas		NK0855	NK0856	NK0857	NK0858	NK0859	NK0860	NK0861	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/07/27	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-04-5BL**	**PL-04-6BL**	**PL-04-7BL**	**PL-04-8BL**	**PL-04-9BL**	**PL-01-10T**	**PL-01-10BL**	**Lot CQ**
CONVENTIONNELS									
Lyophilisation †	%	80	79	80	81	81	55	86	2576790

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

ID Bureau Veritas		NK0862	NK0863	NK0864	NK0865	NK0866	NK0867	NK0884	
Date d'échantillonnage		2024/08/17	2024/08/17	2024/08/17	2024/07/27	2024/08/17	2024/08/17	2024/07/27	
# Bordereau		140359	140359	140359	140359	140359	140359	140359	
	Unités	**PL-02-10T**	**PL-02-10BL**	**PL-03-10T**	**PL-03-10BL**	**PL-04-10T**	**PL-04-10BL**	**PL-02-1BL**	**Lot CQ**
CONVENTIONNELS									
Lyophilisation †	%	61	85	57	83	50	83	82	2576790

Lot CQ = Lot contrôle qualité
† Accréditation non existante pour ce paramètre

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

REMARQUES GÉNÉRALES

MÉTAUX SOLUBLES À L'ACIDE (VÉGÉTAUX)

Noter que l'échantillon NK0824 est non homogène.

Etain (Sn) : À cause de la contamination de blanc, une meilleure limite de détection ne peut être fournie.

Veuillez noter que les echantillons ont été lyophilisés avant la digestion et l'analyse.

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis pour analyse

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
2575134	WWO	Blanc fortifié	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/10/04		97	%
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/10/04		72 (1)	%
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/10/04		86	%
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/10/04		86	%
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/10/04		110	%
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/10/04		96	%
			Bore (B) Extractible Total	2024/10/04		93	%
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/10/04		84	%
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/10/04		99	%
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/10/04		95	%
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/10/04		94	%
			Etain (Sn) Extractible Total	2024/10/04		149	%
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/10/04		94	%
			Lithium (Li) Extractible Total	2024/10/04		119	%
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/10/04		97	%
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/10/04		78	%
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/10/04		99	%
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/10/04		94	%
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/10/04		93	%
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/10/04		72 (1)	%
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/10/04		100	%
			Titane (Ti) Extractible Total	2024/10/04		107	%
			Uranium (U) Extractible Total	2024/10/04		93	%
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/10/04		100	%
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/10/04		73 (1)	%
2575134	WWO	Blanc de méthode	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/10/04	<0.40		mg/kg
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/10/04	<0.040		mg/kg
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/10/04	<0.0010		mg/kg
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/10/04	<0.0050		mg/kg
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/10/04	0.041, LDR=0.0060		mg/kg
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/10/04	<0.0030		mg/kg
			Bore (B) Extractible Total	2024/10/04	<0.070		mg/kg
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/10/04	<0.0010		mg/kg
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/10/04	<0.050		mg/kg
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/10/04	<0.0020		mg/kg
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/10/04	<0.050		mg/kg
			Etain (Sn) Extractible Total	2024/10/04	<0.50		mg/kg
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/10/04	<1.0		mg/kg
			Lithium (Li) Extractible Total	2024/10/04	<0.020		mg/kg
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/10/04	<0.030		mg/kg
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/10/04	<0.00030		mg/kg
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/10/04	<0.0030		mg/kg
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/10/04	<0.010		mg/kg
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/10/04	<0.0070		mg/kg
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/10/04	<0.0090		mg/kg
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/10/04	<0.0050		mg/kg
			Titane (Ti) Extractible Total	2024/10/04	<0.050		mg/kg
			Uranium (U) Extractible Total	2024/10/04	<0.0010		mg/kg
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/10/04	<0.0090		mg/kg
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/10/04	<0.30		mg/kg

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
2575218	DMI	Blanc fortifié	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/10/08		98	%
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/10/08		71 (1)	%
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/10/08		90	%
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/10/08		87	%
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/10/08		108	%
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/10/08		91	%
			Bore (B) Extractible Total	2024/10/08		98	%
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/10/08		88	%
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/10/08		106	%
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/10/08		103	%
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/10/08		94	%
			Etain (Sn) Extractible Total	2024/10/08		109	%
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/10/08		104	%
			Lithium (Li) Extractible Total	2024/10/08		102	%
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/10/08		102	%
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/10/08		84	%
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/10/08		105	%
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/10/08		102	%
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/10/08		98	%
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/10/08		74 (1)	%
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/10/08		108	%
			Titane (Ti) Extractible Total	2024/10/08		116	%
			Uranium (U) Extractible Total	2024/10/08		102	%
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/10/08		107	%
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/10/08		77	%
2575218	DMI	Blanc de méthode	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/10/08	<0.40		mg/kg
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/10/08	<0.040		mg/kg
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/10/08	<0.0010		mg/kg
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/10/08	<0.0050		mg/kg
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/10/08	0.037, LDR=0.0060		mg/kg
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/10/08	<0.0030		mg/kg
			Bore (B) Extractible Total	2024/10/08	<0.070		mg/kg
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/10/08	<0.0010		mg/kg
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/10/08	<0.050		mg/kg
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/10/08	<0.0020		mg/kg
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/10/08	<0.050		mg/kg
			Etain (Sn) Extractible Total	2024/10/08	<0.94		mg/kg
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/10/08	<1.0		mg/kg
			Lithium (Li) Extractible Total	2024/10/08	<0.020		mg/kg
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/10/08	<0.030		mg/kg
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/10/08	<0.00030		mg/kg
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/10/08	<0.0030		mg/kg
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/10/08	<0.010		mg/kg
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/10/08	<0.0070		mg/kg
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/10/08	<0.0090		mg/kg
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/10/08	<0.0050		mg/kg
			Titane (Ti) Extractible Total	2024/10/08	<0.050		mg/kg
			Uranium (U) Extractible Total	2024/10/08	<0.0010		mg/kg
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/10/08	<0.0090		mg/kg
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/10/08	<0.30		mg/kg

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
2575232	WWO	Blanc fortifié	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/10/09		100	%
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/10/09		77	%
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/10/09		88	%
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/10/09		84	%
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/10/09		103	%
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/10/09		86	%
			Bore (B) Extractible Total	2024/10/09		90	%
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/10/09		86	%
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/10/09		102	%
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/10/09		98	%
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/10/09		88	%
			Etain (Sn) Extractible Total	2024/10/09		94	%
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/10/09		94	%
			Lithium (Li) Extractible Total	2024/10/09		100	%
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/10/09		102	%
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/10/09		81	%
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/10/09		101	%
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/10/09		94	%
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/10/09		96	%
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/10/09		72 (1)	%
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/10/09		101	%
			Titane (Ti) Extractible Total	2024/10/09		112	%
			Uranium (U) Extractible Total	2024/10/09		98	%
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/10/09		105	%
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/10/09		73 (1)	%
2575232	WWO	Blanc de méthode	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/10/09	<0.40		mg/kg
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/10/09	<0.040		mg/kg
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/10/09	<0.0010		mg/kg
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/10/09	<0.0050		mg/kg
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/10/09	0.041, LDR=0.0060		mg/kg
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/10/09	<0.0030		mg/kg
			Bore (B) Extractible Total	2024/10/09	<0.070		mg/kg
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/10/09	<0.0010		mg/kg
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/10/09	<0.0020		mg/kg
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Etain (Sn) Extractible Total	2024/10/09	<0.51		mg/kg
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/10/09	<1.0		mg/kg
			Lithium (Li) Extractible Total	2024/10/09	<0.020		mg/kg
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/10/09	<0.030		mg/kg
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/10/09	<0.00030		mg/kg
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/10/09	<0.0030		mg/kg
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/10/09	<0.010		mg/kg
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/10/09	<0.0070		mg/kg
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/10/09	<0.0090		mg/kg
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/10/09	<0.0050		mg/kg
			Titane (Ti) Extractible Total	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Uranium (U) Extractible Total	2024/10/09	<0.0010		mg/kg
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/10/09	<0.0090		mg/kg
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/10/09	<0.30		mg/kg

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
2575261	WWO	Blanc fortifié	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/10/09		96	%
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/10/09		73 (1)	%
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/10/09		91	%
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/10/09		87	%
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/10/09		103	%
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/10/09		85	%
			Bore (B) Extractible Total	2024/10/09		90	%
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/10/09		88	%
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/10/09		110	%
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/10/09		96	%
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/10/09		81	%
			Etain (Sn) Extractible Total	2024/10/09		95	%
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/10/09		102	%
			Lithium (Li) Extractible Total	2024/10/09		104	%
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/10/09		91	%
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/10/09		81	%
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/10/09		102	%
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/10/09		102	%
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/10/09		95	%
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/10/09		74 (1)	%
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/10/09		99	%
			Titane (Ti) Extractible Total	2024/10/09		124	%
			Uranium (U) Extractible Total	2024/10/09		97	%
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/10/09		111	%
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/10/09		70 (1)	%
2575261	WWO	Blanc de méthode	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/10/09	<0.40		mg/kg
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/10/09	<0.040		mg/kg
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/10/09	<0.0020		mg/kg
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/10/09	<0.0050		mg/kg
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/10/09	0.040, LDR=0.0060		mg/kg
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/10/09	<0.0030		mg/kg
			Bore (B) Extractible Total	2024/10/09	<0.070		mg/kg
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/10/09	<0.0010		mg/kg
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/10/09	<0.0022		mg/kg
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Etain (Sn) Extractible Total	2024/10/09	<0.79		mg/kg
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/10/09	<1.0		mg/kg
			Lithium (Li) Extractible Total	2024/10/09	<0.020		mg/kg
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/10/09	<0.030		mg/kg
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/10/09	<0.00030		mg/kg
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/10/09	<0.0030		mg/kg
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/10/09	<0.010		mg/kg
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/10/09	<0.0070		mg/kg
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/10/09	<0.0090		mg/kg
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/10/09	<0.0050		mg/kg
			Titane (Ti) Extractible Total	2024/10/09	<0.050		mg/kg
			Uranium (U) Extractible Total	2024/10/09	<0.0010		mg/kg
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/10/09	<0.0090		mg/kg
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/10/09	<0.30		mg/kg

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
2579014	NET	Blanc fortifié	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/10/12		116	%
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/10/12		67 (1)	%
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/10/12		84	%
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/10/12		78	%
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/10/12		100	%
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/10/12		95	%
			Bore (B) Extractible Total	2024/10/12		100	%
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/10/12		80	%
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/10/12		103	%
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/10/12		103	%
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/10/12		81	%
			Etain (Sn) Extractible Total	2024/10/12		91	%
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/10/12		99	%
			Lithium (Li) Extractible Total	2024/10/12		101	%
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/10/12		103	%
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/10/12		83	%
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/10/12		95	%
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/10/12		99	%
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/10/12		98	%
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/10/12		67 (1)	%
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/10/12		108	%
			Titane (Ti) Extractible Total	2024/10/12		106	%
			Uranium (U) Extractible Total	2024/10/12		101	%
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/10/12		106	%
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/10/12		66 (1)	%
2579014	NET	Blanc de méthode	Aluminium (Al) Extractible Total	2024/10/12	<0.40		mg/kg
			Antimoine (Sb) Extractible Total	2024/10/12	<0.040		mg/kg
			Argent (Ag) Extractible Total	2024/10/12	<0.0010		mg/kg
			Arsenic (As) Extractible Total	2024/10/12	<0.0050		mg/kg
			Baryum (Ba) Extractible Total	2024/10/12	0.019, LDR=0.0060		mg/kg
			Béryllium (Be) Extractible Total	2024/10/12	<0.0030		mg/kg
			Bore (B) Extractible Total	2024/10/12	<0.070		mg/kg
			Cadmium (Cd) Extractible Total	2024/10/12	<0.0010		mg/kg
			Chrome (Cr) Extractible Total	2024/10/12	<0.050		mg/kg
			Cobalt (Co) Extractible Total	2024/10/12	<0.0020		mg/kg
			Cuivre (Cu) Extractible Total	2024/10/12	<0.050		mg/kg
			Etain (Sn) Extractible Total	2024/10/12	<0.53		mg/kg
			Fer (Fe) Extractible Total	2024/10/12	<1.0		mg/kg
			Lithium (Li) Extractible Total	2024/10/12	<0.020		mg/kg
			Manganèse (Mn) Extractible Total	2024/10/12	<0.030		mg/kg
			Mercure (Hg) Extractible Total	2024/10/12	<0.00030		mg/kg
			Molybdène (Mo) Extractible Total	2024/10/12	<0.0030		mg/kg
			Nickel (Ni) Extractible Total	2024/10/12	<0.010		mg/kg
			Plomb (Pb) Extractible Total	2024/10/12	<0.0070		mg/kg
			Sélénium (Se) Extractible Total	2024/10/12	<0.0090		mg/kg
			Strontium (Sr) Extractible Total	2024/10/12	<0.0050		mg/kg
			Titane (Ti) Extractible Total	2024/10/12	<0.050		mg/kg
			Uranium (U) Extractible Total	2024/10/12	<0.0010		mg/kg
			Vanadium (V) Extractible Total	2024/10/12	<0.0090		mg/kg

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
			Zinc (Zn) Extractible Total	2024/10/12	<0.30		mg/kg

LDR = Limite de détection rapportée

Blanc fortifié: Un blanc, d'une matrice exempte de contaminants, auquel a été ajouté une quantité connue d'analyte provenant généralement d'une deuxième source. Utilisé pour évaluer la précision de la méthode.

Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.

Réc = Récupération

(1) La récupération ou l'écart relatif (RPD) pour ce composé est en dehors des limites de contrôle, mais l'ensemble du contrôle qualité rencontre les critères d'acceptabilité pour cette analyse

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

Dossier Bureau Veritas: C446851
Date du rapport: 2024/10/16

WSP CANADA Inc.
Votre # du projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall
Votre # de commande: Ecotox_plantes

PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport ont été vérifiés et validés par:

CHIMISTE Shu Yang 2008-014 QUÉBEC

Shu Yang, B.Sc. Chimiste, Montréal, Analyste II

Zineb El Ouali
Membre OCQ#2021-051

Zineb El Ouali, M.Sc.,Chimiste, Montréal, Analyste II

Bureau Veritas Proprietary Software
Logiciel Propriétaire de Bureau Veritas

Automated Statchk

Bureau Veritas a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à l'ISO/CEI17025. Pour la validation spécifique à un groupe de services, veuillez vous référer à la page des Signatures de validation si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Pour les noms de validation des analystes/superviseurs spécifiques à un service, veuillez vous référer à la section Résumé de l'analyse si elle est incluse, sinon disponible sur demande. Ce rapport est autorisé par Aglaia Yannakis, Directrice générale, responsable des opérations du laboratoire Environnementale - Québec.

Bureau Veritas Bureau Veritas 889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Fax: (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-462-9926

eCDR: Q140359

Délai requis: Délai régulier
Date d'arrivée prévue: 2024-08-21
Soumis par:
Soumis à: Montréal (Env. Lab)

Information facture

Dest.: COMPTES PAYABLE
WSP Canada Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec , QC , G2K 0M5
Envoyer à:
capayablesinvoice@wsp.com

Information rapport

Dest.: Karel Cadoret
WSP CANADA Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec , QC , G2K 0M5
Envoyer à:
karel.cadoret@wsp.com

Information Projet

Soumission: C30388
Bon de commande: Ecotox_plantes
No. projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall

Liste des délais analytiques

21-Aug-24 14:00
Sarah Beaudry
C446851

MMY

C446851_COC

A: Délai régulier

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Lyophilisation	Métaux trace dans végétaux (base sèche)
PL-01-1T	1	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-2T	2	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-3T	3	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-4T	4	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-5T	5	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-6T	6	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-7T	7	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-8T	8	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-9T	9	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-1T	10	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-2T	11	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-3T	12	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-4T	13	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-5T	14	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-6T	15	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-7T	16	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-8T	17	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-9T	18	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-1T	19	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A

NOVA-2024-08-2993

Sandie Cook
20240821 1400
Lucys
Seaco 5.1.3.
UTSOS
Courier.

eCDR: Q140359

Délai requis: Délai régulier
Date d'arrivée prévue: 2024-08-21
Soumis par:
Soumis à: Montréal (Env. Lab)

A: Délai régulier

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Lyophilisation	Métaux trace dans végétaux (base sèche)
PL-03-2T	20	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-3T	21	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-4T	22	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-5T	23	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-6T	24	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-7T	25	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-8T	26	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-9T	27	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-1T	28	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-2T	29	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-3T	30	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-4T	31	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-5T	32	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-6T	33	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-7T	34	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-8T	35	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-9T	36	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-1BL	37	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-2BL	38	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-3BL	39	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-4BL	40	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-5BL	41	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-6BL	42	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-7BL	43	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A

eCDR: Q140359

Délai requis: Délai régulier
Date d'arrivée prévue: 2024-08-21
Soumis par:
Soumis à: Montréal (Env. Lab)

A: Délai régulier

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Lyophilisation	Métaux trace dans végétaux (base sèche)
PL-01-8BL	44	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-01-9BL	45	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-1BL	46	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-2BL	47	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-3BL	48	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-4BL	49	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-5BL	50	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-6BL	51	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-7BL	52	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-8BL	53	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-9BL	54	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-1BL	55	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-2BL	56	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-3BL	57	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-4BL	58	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-5BL	59	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-6BL	60	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-7BL	61	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-8BL	62	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-9BL	63	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-04-1BL	64	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-04-2BL	65	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-04-3BL	66	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-04-4BL	67	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A

eCDR: Q140359

Délai requis: Délai régulier
Date d'arrivée prévue: 2024-08-21
Soumis par:
Soumis à: Montréal (Env. Lab)

A: Délai régulier

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Lyophilisation	Métaux trace dans végétaux (base sèche)
PL-04-5BL	68	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-6BL	69	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-7BL	70	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-8BL	71	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-9BL	72	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-10T	73	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-10BL	74	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-10T	75	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-10BL	76	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-10T	77	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-10BL	78	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-10T	79	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-10BL	80	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A

Les délais sont approximatifs et peuvent changer. Consultez votre rapport de confirmation de projet pour connaître la date d'échéance précise.

Renseignements sur la soumission

d'échantillons: 80

eCDR: Q140359

Délai requis: Délai régulier
Date d'arrivée prévue: 2024-08-21
Soumis par:
Soumis à: Montréal (Env. Lab)

Information facture

Dest.: COMPTES PAYABLE
WSP Canada Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec , QC , G2K 0M5
Envoyer à:
capayablesinvoice@wsp.com

Information rapport

Dest.: Karel Cadoret
WSP CANADA Inc.
1135 boulevard Lebourgneuf
Québec , QC , G2K 0M5
Envoyer à:
karel.cadoret@wsp.com

Information Projet

Soumission: C30388
Bon de commande: Ecotox_plantes
No. projet: CA0023271.9538 phase 6.2
Adresse du site: Windfall

Liste des délais analytiques

21-Aug-24 14:00
Sarah Beaudry
C446851

MMY

C446851_COC

A: Délai régulier

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Lyophilisation	Métaux trace dans végétaux (base sèche)
PL-01-1T	1	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-2T	2	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-3T	3	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-4T	4	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-5T	5	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-6T	6	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-7T	7	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-8T	8	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-9T	9	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-1T	10	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-2T	11	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-3T	12	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-4T	13	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-5T	14	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-6T	15	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-7T	16	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-8T	17	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-9T	18	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-1T	19	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A

NOVA-2024-08-2993

Sandie Cook
20240821 1400
Lucys
Seaco 5.1.3.
UTSOS
Courier.

eCDR: Q140359

Délai requis: Délai régulier
Date d'arrivée prévue: 2024-08-21
Soumis par:
Soumis à: Montréal (Env. Lab)

A: Délai régulier

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Lyophilisation	Métaux trace dans végétaux (base sèche)
PL-03-2T	20	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-3T	21	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-4T	22	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-5T	23	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-6T	24	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-7T	25	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-8T	26	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-9T	27	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-1T	28	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-2T	29	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-3T	30	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-4T	31	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-5T	32	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-6T	33	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-7T	34	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-8T	35	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-9T	36	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-1BL	37	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-2BL	38	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-3BL	39	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-4BL	40	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-5BL	41	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-6BL	42	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-7BL	43	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A

eCDR: Q140359

Délai requis: Délai régulier
Date d'arrivée prévue: 2024-08-21
Soumis par:
Soumis à: Montréal (Env. Lab)

A: Délai régulier

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Lyophilisation	Métaux trace dans végétaux (base sèche)
PL-01-8BL	44	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-01-9BL	45	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-1BL	46	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-2BL	47	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-3BL	48	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-4BL	49	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-5BL	50	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-6BL	51	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-7BL	52	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-8BL	53	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-02-9BL	54	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-1BL	55	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-2BL	56	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-3BL	57	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-4BL	58	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-5BL	59	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-6BL	60	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-7BL	61	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-8BL	62	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-03-9BL	63	2024-07-27	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-04-1BL	64	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-04-2BL	65	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-04-3BL	66	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A
PL-04-4BL	67	2024-08-17	VÉGÉTAUX	1	A	A

eCDR: Q140359

Délai requis: Délai régulier
Date d'arrivée prévue: 2024-08-21
Soumis par:
Soumis à: Montréal (Env. Lab)

A: Délai régulier

Id. échantillon client	eCDR réf.	Date et heure de prélèvement	Matrice	Nbre. cont	Lyophilisation	Métaux trace dans végétaux (base sèche)
PL-04-5BL	68	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-6BL	69	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-7BL	70	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-8BL	71	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-9BL	72	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-10T	73	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-01-10BL	74	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-10T	75	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-02-10BL	76	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-10T	77	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-03-10BL	78	2024-07-27	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-10T	79	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A
PL-04-10BL	80	2024-08-17	VÉGÉT AUX	1	A	A

Les délais sont approximatifs et peuvent changer. Consultez votre rapport de confirmation de projet pour connaître la date d'échéance précise.

Renseignements sur la soumission

d'échantillons: 80

ANNEXE

F-2 *STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES ÉCHANTILLONS RÉCOLTÉS – ÉCOTOXICOLOGIE DES PLANTES*

Tableau 1 Contrôle qualité des duplicatas

Paramètre analysé	Station							
	PL-01-T	PL-02-T	PL-01-Bl	PL-02-Bl	PL-03-Bl	PL-04-Bl	PL-03-T	PL-04-T
Aluminium (Al)	6,49	40,69	23,45	4,39	33,92	47,64	36,46	169,32
Chrome (Cr)	0,00	78,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	121,81
Cobalt (Co)	18,18	64,83	54,15	13,23	28,11	22,78	37,59	170,49
Cuivre (Cu)	15,75	15,63	4,98	11,36	19,28	46,94	15,09	15,82
Mercure (Hg)	2,53	21,12	32,63	33,03	36,83	7,59	6,44	83,33
Fer (Fe)	0,00	48,90	7,35	4,24	8,21	34,86	3,29	76,69
Plomb (Pb)	28,09	26,79	0,00	0,00	0,00	0,00	13,27	142,86
Lithium (Li)	80,85	559,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	130,43
Manganèse (Mn)	71,70	110,39	40,98	60,94	16,72	21,97	44,53	108,34
Antimoine (Sb)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Molybdène (Mo)	145,25	73,29	13,16	40,00	53,88	0,00	64,67	160,99
Nickel (Ni)	38,11	74,07	65,79	38,62	11,19	10,59	45,45	9,93
Sélénium (Se)	9,23	167,72	53,10	0,00	78,74	10,17	5,81	55,81
Argent (Ag)	104,76	160,17	100,72	0,00	120,37	136,36	0,00	0,00
Strontium (Sr)	58,26	82,89	38,57	10,78	130,67	69,40	29,97	14,20
Arsenic (As)	13,33	72,83	83,22	0,00	0,00	0,00	172,41	135,68
Étain (Sn)	172,19	180,33	58,12	69,31	0,00	39,86	0,00	0,00
Titane (Ti)	26,25	51,72	17,72	1,77	6,55	43,58	10,66	108,01
Uranium (U)	0,00	83,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium (V)	14,71	79,25	0,00	8,31	0,00	0,00	42,13	164,77
Zinc (Zn)	10,00	28,30	7,41	7,83	14,52	19,35	24,69	59,52
Baryum (Ba)	40,11	0,93	38,40	0,00	6,38	33,22	33,38	4,34
Béryllium (Be)	0,00	0,00	142,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bore (B)	21,51	11,17	27,40	16,26	22,73	20,00	6,02	50,56
Cadmium (Cd)	0,00	20,41	57,78	65,25	2,74	59,26	136,05	177,30

Tableau 2 Concentration (mg/kg) de chaque paramètre analysé pour les échantillons de thé du Labrador dans la placette PL-01

Paramètre analysé	LDR	Station										Duplicata		Toutes les stations			
		PL-01-1T	DUP-01-1T	PL-01-2T	PL-01-3T	PL-01-4T	PL-01-5T	PL-01-6T	PL-01-7T	PL-01-8T	PL-01-9T	PL-01-1T-dup2	PL-01-1T-dup	Min.	Max.	Moy.	É-T
Aluminium (Al)	0,4	25,00	27,00	29,00	31,00	40,00	31,00	35,00	36,00	22,00	32,00	24,00	23,00	22,00	40,00	30,80	5,10
Chrome (Cr)	0,1	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,061	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,061	0,029	0,011
Cobalt (Co)	0,002	0,013	0,010	0,017	0,014	0,014	0,013	0,046	0,026	0,008	0,010	0,011	0,012	0,008	0,046	0,017	0,011
Cuivre (Cu)	0,05	3,30	3,90	4,30	3,70	3,70	3,50	3,30	3,90	5,00	3,50	3,70	3,50	3,30	5,00	3,81	0,49
Mercure (Hg)	0,0003	0,004	0,004	0,003	0,005	0,004	0,004	0,005	0,004	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,005	0,004	0,001
Fer (Fe)	1	31,00	31,00	40,00	34,00	40,00	34,00	36,00	40,00	34,00	33,00	32,00	32,00	31,00	40,00	35,30	3,38
Plomb (Pb)	0,007	0,015	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,020	0,017	0,014	0,014	0,015	0,015	0,014	0,020	0,018	0,002
Lithium (Li)	0,02	0,029	0,010	0,037	0,010	0,042	0,027	0,024	0,036	0,010	0,010	0,028	0,029	0,010	0,042	0,024	0,012
Manganèse (Mn)	0,03	140,00	330,00	190,00	340,00	450,00	150,00	200,00	310,00	230,00	310,00	170,00	150,00	140,00	450,00	265,00	93,83
Antimoine (Sb)	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00
Molybdène (Mo)	0,003	0,11	0,37	0,16	0,10	0,14	0,20	0,20	0,15	0,20	0,16	0,13	0,13	0,10	0,37	0,18	0,07
Nickel (Ni)	0,01	0,73	1,10	1,40	0,81	0,75	0,77	1,30	0,79	0,96	1,10	0,74	0,77	0,73	1,40	0,97	0,23
Sélénium (Se)	0,009	0,039	0,042	0,029	0,021	0,018	0,023	0,035	0,030	0,040	0,048	0,036	0,035	0,018	0,048	0,033	0,009
Argent (Ag)	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000
Strontium (Sr)	0,005	8,00	19,00	18,00	8,80	22,00	15,00	23,00	16,00	14,00	45,00	8,70	7,90	8,00	45,00	18,88	9,88
Arsenic (As)	0,005	0,020	0,023	0,015	0,023	0,020	0,022	0,025	0,035	0,018	0,024	0,019	0,016	0,015	0,035	0,023	0,005
Etain (Sn)	0,5	0,25	0,77	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,77	0,30	0,16
Titane (Ti)	0,05	1,3	1,0	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	1,4	1,1	1,1	1,3	1,2	1,0	1,5	1,3	0,2
Uranium (U)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
Vanadium (V)	0,009	0,019	0,016	0,026	0,026	0,027	0,019	0,023	0,027	0,010	0,011	0,020	0,018	0,010	0,027	0,020	0,006
Zinc (Zn)	0,3	19,00	17,00	21,00	20,00	18,00	17,00	22,00	20,00	21,00	25,00	22,00	17,00	17,00	25,00	20,00	2,32
Baryum (Ba)	0,01	48,00	77,00	60,00	71,00	69,00	61,00	110,00	74,00	53,00	100,00	55,00	49,00	48,00	110,00	72,30	18,62
Béryllium (Be)	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0
Bore (B)	0,07	15,00	19,00	18,00	21,00	21,00	16,00	18,00	20,00	16,00	22,00	15,00	14,00	15,00	22,00	18,60	2,29
Cadmium (Cd)	0,001	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000

Notes : Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection ont été transformées en la moitié de cette limite.
LDR : Limite de détection rapportée, Min.: minimum, Max.: maximum, Moy.: moyenne, É-T: écart-type.
T : Thé du Labrador.

Tableau 3 Concentration (mg/kg) de chaque paramètre analysé pour les échantillons de thé du Labrador dans la placette PL-02

Paramètre analysé	LDR	Station										Toutes les stations			
		PL-02-1T	DUP-02-1T	PL-02-2T	PL-02-3T	PL-02-4T	PL-02-5T	PL-02-6T	PL-02-7T	PL-02-8T	PL-02-9T	Min.	Max.	Moy.	É-T
Aluminium (Al)	0,4	20,000	39	72,000	37,000	55,000	52,000	21,000	50,000	64,000	57,000	20,00	72,00	46,70	16,37
Chrome (Cr)	0,05	0,025	0,092	0,130	0,066	0,110	0,067	0,025	0,097	0,130	0,110	0,025	0,130	0,09	0,037
Cobalt (Co)	0,002	0,009	0,025	0,040	0,020	0,032	0,022	0,008	0,026	0,033	0,032	0,008	0,040	0,02	0,010
Cuivre (Cu)	0,05	3,000	3,5	3,200	3,300	2,800	3,800	2,900	3,600	3,100	2,800	2,80	3,80	3,20	0,33
Mercure (Hg)	0,0003	0,004	0,0054	0,006	0,005	0,007	0,006	0,005	0,007	0,011	0,009	0,004	0,011	0,01	0,002
Fer (Fe)	1	34,00	65	90,00	54,00	75,00	57,00	34,00	68,00	81,00	76,000	34,00	90,00	63,40	17,87
Plomb (Pb)	0,007	0,020	0,032	0,037	0,099	0,043	0,029	0,022	0,051	0,072	0,043	0,020	0,099	0,04	0,023
Lithium (Li)	0,02	0,780	0,047	0,092	0,048	0,068	0,050	0,031	0,059	0,071	0,063	0,031	0,780	0,13	0,217
Manganèse (Mn)	0,03	270,00	950	630,00	650,00	540,00	670,00	210,00	380,00	860,00	1000,00	210,00	1000,00	616,00	258,62
Antimoine (Sb)	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,000
Molybdène (Mo)	0,003	0,028	0,059	0,071	0,038	0,037	0,038	0,036	0,034	0,054	0,028	0,028	0,071	0,04	0,013
Nickel (Ni)	0,01	0,97	0,45	0,78	0,67	0,48	0,82	0,81	0,89	0,67	0,48	0,45	0,97	0,70	0,174
Sélénium (Se)	0,009	0,031	0,0045	0,010	0,013	0,013	0,012	0,028	0,027	0,015	0,005	0,005	0,031	0,02	0,009
Argent (Ag)	0,001	0,001	0,0042	0,003	0,003	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,003	0,001	0,004	0,00	0,001
Strontium (Sr)	0,005	22,00	11	15,00	12,00	12,00	13,00	8,70	14,00	12,00	13,00	8,70	22,00	13,27	3,328
Arsenic (As)	0,005	0,007	0,018	0,022	0,014	0,015	0,016	0,009	0,014	0,018	0,015	0,007	0,022	0,01	0,004
Etain (Sn)	0,5	0,250	0,8	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,800	0,31	0,165
Titane (Ti)	0,05	1,10	2,3	3,50	1,80	2,80	2,20	1,00	2,50	3,10	2,90	1,00	3,50	2,32	0,78
Uranium (U)	0,001	0,001	0,0012	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,00	0,000
Vanadium (V)	0,009	0,019	0,074	0,120	0,052	0,087	0,059	0,019	0,069	0,099	0,096	0,019	0,120	0,07	0,032
Zinc (Zn)	0,3	18,00	24	20,00	20,00	20,00	25,00	14,00	20,00	30,00	21,00	14,00	30,00	21,20	4,094
Baryum (Ba)	0,006	94,00	95	160,00	110,00	89,00	120,00	68,00	87,00	130,00	120,00	68,00	160,00	107,30	24,98
Béryllium (Be)	0,003	0,002	0,0015	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,00	0,000
Bore (B)	0,07	16,00	14	23,00	19,00	16,00	23,00	13,00	17,00	19,00	19,00	13,00	23,00	17,90	3,21
Cadmium (Cd)	0,001	0,001	0,0018	0,005	0,002	0,004	0,002	0,001	0,002	0,003	0,003	0,001	0,005	0,00	0,001

Notes : Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection ont été transformées en la moitié de cette limite.
LDR : Limite de détection rapportée, Min.: minimum, Max.: maximum, Moy.: moyenne, É-T: écart-type.
T : Thé du Labrador.

Tableau 4 **Concentration (mg/kg) de chaque paramètre analysé pour les échantillons de thé du Labrador dans la placette PL-04**

Paramètre analysé	LDR	Station										PL-03-3T:DUP	PL-03-3T:DUP2	Toutes les stations			
		PL-03-1T	DUP-03-1T	PL-03-2T	PL-03-3T	PL-03-4T	PL-03-5T	PL-03-6T	PL-03-7T	PL-03-8T	PL-03-9T			Min.	Max.	Moy.	É-T
Aluminium (Al)	0,4	22	12	8,3	12	47	51	44	34	25	19	14	14	8,30	51,00	25,19	14,45
Chrome (Cr)	0,05	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,03	0,03	0,03	0,00
Cobalt (Co)	0,002	0,008	0,012	0,005	0,0071	0,0095	0,0091	0,0097	0,018	0,017	0,011	0,0065	0,0067	0,01	0,02	0,01	0,00
Cuivre (Cu)	0,05	4,6	5,3	5,1	5,3	3,7	4,2	3,8	5,5	4,8	4,1	4,7	4,4	3,70	5,50	4,63	0,58
Mercure (Hg)	0,0003	0,0028	0,0025	0,0023	0,0027	0,0089	0,0092	0,0092	0,003	0,0028	0,0032	0,0024	0,0024	0,00	0,01	0,00	0,00
Fer (Fe)	1	28	27	23	27	33	36	34	33	36	27	27	26	23,00	36,00	29,75	4,19
Plomb (Pb)	0,007	0,017	0,014	0,014	0,011	0,046	0,043	0,039	0,018	0,011	0,013	0,012	0,023	0,01	0,05	0,02	0,01
Lithium (Li)	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
Manganèse (Mn)	0,03	230	120	180	200	410	340	430	250	130	180	210	220	120,00	430,00	241,67	96,51
Antimoine (Sb)	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00
Molybdène (Mo)	0,003	0,13	0,21	0,15	0,17	0,017	0,025	0,045	0,27	0,11	0,11	0,14	0,13	0,02	0,27	0,13	0,07
Nickel (Ni)	0,01	0,99	0,58	0,87	0,76	1,2	1,4	1,2	0,78	0,64	0,6	0,73	0,72	0,58	1,40	0,87	0,26
Sélénium (Se)	0,009	0,02	0,0210	0,01	0,022	0,022	0,019	0,021	0,01	0,01	0,017	0,024	0,028	0,01	0,03	0,02	0,01
Argent (Ag)	0,002	0,001	0,001	0,001	0,0012	0,0012	0,0021	0,0015	0,0015	0,001	0,001	0,002	0,002	0,00	0,00	0,00	0,00
Strontium (Sr)	0,005	13	8,3	5,2	8,3	27	32	22	14	17	10	7,6	7,4	5,20	32,00	14,32	8,21
Arsenic (As)	0,005	0,015	0,05	0,012	0,015	0,019	0,022	0,021	0,013	0,016	0,02	0,015	0,014	0,01	0,05	0,02	0,01
Etain (Sn)	0,8	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,40	0,40	0,40	0,00
Titane (Ti)	0,05	0,87	1	0,92	1,5	1,1	1,3	1,2	1,7	1,5	1,1	1,4	1,2	0,87	1,70	1,23	0,24
Uranium (U)	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium (V)	0,009	0,0045	0,012	0,0045	0,014	0,024	0,026	0,025	0,022	0,031	0,015	0,014	0,016	0,00	0,03	0,02	0,01
Zinc (Zn)	0,3	17	13	13	13	19	26	22	14	12	13	12	12	12,00	26,00	15,50	4,39
Baryum (Ba)	0,006	55	32	42	67	120	140	120	42	34	37	67	60	32,00	140,00	68,00	36,05
Béryllium (Be)	0,003	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,00	0,00	0,00	0,00
Bore (B)	0,07	15	14	15	18	18	16	18	20	17	15	16	16	14,00	20,00	16,50	1,66
Cadmium (Cd)	0,001	0,0005	0,0025	0,0022	0,0005	0,0022	0,0022	0,002	0,0011	0,0005	0,001	0,0005	0,0005	0,00	0,00	0,00	0,00

Notes : Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection ont été transformées en la moitié de cette limite.
LDR : Limite de détection rapportée, Min.: minimum, Max.: maximum, Moy.: moyenne, É-T: écart-type.
T : Thé du Labrador.

Tableau 5 **Concentration (mg/kg) de chaque paramètre analysé pour les échantillons de thé du Labrador dans la placette PL-03**

Paramètre analysé	LDR	Station										Toutes les stations			
		PL-04-1T	DUP-04-1T	PL-04-2T	PL-04-3T	PL-04-4T	PL-04-5T	PL-04-6T	PL-04-7T	PL-04-8T	PL-04-9T	Min.	Max.	Moy.	É-T
Aluminium (Al)	0,4	11	45	8,2	12	9,6	16	10	32	31	26	8,20	45,00	20,08	11,98
Chrome (Cr)	0,05	0,025	0,068	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,051	0,059	0,025	0,025	0,068	0,04	0,016
Cobalt (Co)	0,002	0,0054	0,024	0,0036	0,0062	0,0075	0,0092	0,0052	0,013	0,02	0,015	0,004	0,024	0,01	0,007
Cuivre (Cu)	0,05	3,6	3,1	3,6	3,7	2,7	3,2	2,8	2,7	3,2	3	2,70	3,70	3,16	0,36
Mercure (Hg)	0,0003	0,0037	0,0095	0,0031	0,0045	0,0066	0,005	0,0061	0,0096	0,013	0,0085	0,003	0,013	0,01	0,003
Fer (Fe)	1	26	51	23	24	29	26	28	40	43	36	23,00	51,00	32,60	8,95
Plomb (Pb)	0,007	0,013	0,054	0,012	0,02	0,024	0,032	0,022	0,031	0,044	0,035	0,012	0,054	0,03	0,013
Lithium (Li)	0,02	0,01	0,025	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,010	0,025	0,01	0,005
Manganèse (Mn)	0,03	330	1200	500	710	860	430	900	1600	780	720	330,00	1600,00	803,00	357,24
Antimoine (Sb)	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,000
Molybdène (Mo)	0,003	0,059	0,016	0,046	0,016	0,025	0,041	0,02	0,0091	0,02	0,015	0,009	0,059	0,03	0,015
Nickel (Ni)	0,01	0,33	0,36	0,3	0,31	0,16	0,44	0,22	0,19	0,31	0,4	0,16	0,44	0,30	0,085
Sélénium (Se)	0,009	0,013	0,019	0,0045	0,0045	0,0045	0,014	0,0045	0,018	0,021	0,0045	0,005	0,021	0,01	0,007
Argent (Ag)	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0011	0,001	0,0012	0,0018	0,0014	0,001	0,002	0,00	0,000
Strontium (Sr)	0,005	5,1	6,1	7,1	5,2	11	6,2	9	7,3	7,6	5,8	5,10	11,00	7,04	1,737
Arsenic (As)	0,005	0,0073	0,02	0,0065	0,0083	0,0069	0,0071	0,0084	0,01	0,012	0,0071	0,007	0,020	0,01	0,004
Etain (Sn)	0,8	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,53	0,53	0,395	0,530	0,42	0,054
Titane (Ti)	0,05	0,96	2,2	0,88	0,9	0,78	0,9	0,76	1,4	1,6	1,1	0,76	2,20	1,15	0,44
Uranium (U)	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,00	0,000
Vanadium (V)	0,009	0,014	0,056	0,0099	0,014	0,017	0,017	0,014	0,041	0,045	0,027	0,010	0,056	0,03	0,015
Zinc (Zn)	0,3	15	25	13	16	15	16	15	18	16	19	13,00	25,00	16,80	3,156
Baryum (Ba)	0,006	60	57	94	80	83	65	74	59	59	60	57,00	94,00	69,10	12,20
Béryllium (Be)	0,003	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,002	0,002	0,00	0,000
Bore (B)	0,07	15	24	16	18	17	15	15	21	20	17	15,00	24,00	17,80	2,86
Cadmium (Cd)	0,001	0,0005	0,003	0,0005	0,0011	0,0011	0,0005	0,0011	0,0015	0,0028	0,002	0,001	0,003	0,00	0,001

Notes : Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection ont été transformées en la moitié de cette limite.
LDR : Limite de détection rapportée, Min.: minimum, Max.: maximum, Moy.: moyenne, É-T: écart-type.
T : Thé du Labrador.

Tableau 6 Concentration (mg/kg) de chaque paramètre analysé pour les échantillons de bleuet dans la placette PL-01

Paramètre analysé	LDR	Station										Duplicata		Toutes les stations			
		PL-01-1BL	DUP-01-1BL	PL-01-2BL	PL-01-3BL	PL-01-4BL	PL-01-5BL	PL-01-6BL	PL-01-7BL	PL-01-8BL	PL-01-9BL	PL-01-1BL-DUP	PL-01-1BL-DUP2	Min.	Max.	Moy.	É-T
Aluminium (Al)	0,4	11,00	8,50	10,00	8,20	12,00	12,00	12,00	11,00	14,00	7,90	11,00	11,00	7,90	14,00	10,66	1,89
Chrome (Cr)	0,05	0,025	0,025	0,025	0,063	0,025	0,056	0,025	0,025	0,130	0,051	0,160	0,110	0,025	0,130	0,045	0,032
Cobalt (Co)	0,002	0,006	0,003	0,007	0,005	0,005	0,009	0,005	0,005	0,006	0,003	0,007	0,007	0,003	0,009	0,006	0,002
Cuivre (Cu)	0,05	4,00	3,80	4,00	2,70	4,70	3,90	4,40	5,00	4,50	3,20	4,30	4,30	2,70	5,00	4,02	0,65
Mercure (Hg)	0,0003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0
Fer (Fe)	1	12,00	11,00	14,00	11,00	15,00	15,00	15,00	17,00	15,00	11,00	14,00	13,00	11,00	17,00	13,60	2,06
Plomb (Pb)	0,007	0,004	0,004	0,009	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,009	0,004	0,002
Lithium (Li)	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0
Manganèse (Mn)	0,03	190,00	290,00	130,00	280,00	360,00	150,00	200,00	370,00	260,00	210,00	200,00	200,00	130,00	370,00	244,00	78,00
Antimoine (Sb)	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0
Molybdène (Mo)	0,003	0,130	0,110	0,17	0,18	0,17	0,13	0,13	0,22	0,13	0,15	0,15	0,13	0,11	0,22	0,15	0,03
Nickel (Ni)	0,01	1,000	0,450	0,95	0,47	0,82	1,30	0,84	1,00	1,10	0,43	1,20	1,20	0,43	1,30	0,84	0,28
Sélénium (Se)	0,009	0,022	0,010	0,015	0,018	0,024	0,018	0,021	0,038	0,042	0,018	0,024	0,025	0,010	0,042	0,023	0,009
Argent (Ag)	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001
Strontium (Sr)	0,005	2,70	1,30	2,20	1,80	3,40	6,60	5,90	2,90	7,30	2,20	2,70	3,10	1,30	7,30	3,63	2,04
Arsenic (As)	0,005	0,012	0,006	0,007	0,006	0,006	0,007	0,006	0,013	0,003	0,006	0,014	0,013	0,003	0,013	0,007	0,003
Etain (Sn)	0,940	0,47	0,76	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,76	0,50	0
Titane (Ti)	0,050	0,49	0,40	0,56	0,45	0,54	0,46	0,55	0,63	0,55	0,45	0,56	0,54	0,40	0,63	0,51	0,07
Uranium (U)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0
Vanadium (V)	0,009	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0
Zinc (Zn)	0,300	6,40	5,90	6,90	4,70	7,00	7,50	7,90	8,40	7,40	5,40	6,80	6,90	4,70	8,40	6,75	1,09
Baryum (Ba)	0,006	17,00	12,00	9,60	8,20	15,00	12,00	14,00	20,00	14,00	8,40	19,00	19,00	8,20	20,00	13,02	3,59
Béryllium (Be)	0,003	0,002	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,005	0,002	0,001
Bore (B)	0,070	6,00	4,40	5,90	6,50	7,40	4,20	5,40	7,10	6,70	4,80	6,40	6,30	4,20	7,40	5,84	1,06
Cadmium (Cd)	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,006	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,001	0,006	0,002	0,001

Notes : Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection ont été transformées en la moitié de cette limite.
LDR : Limite de détection rapportée, Min.: minimum, Max.: maximum, Moy.: moyenne, É-T: écart-type.
BL : Bleuets.

Tableau 7 Concentration (mg/kg) de chaque paramètre analysé pour les échantillons de bleuet dans la placette PL-02

Paramètre analysé	LDR	Station										Toutes les stations			
		PL-02-1BL	DUP-02-1BL	PL-02-2BL	PL-02-3BL	PL-02-4BL	PL-02-5BL	PL-02-6BL	PL-02-7BL	PL-02-8BL	PL-02-9BL	Min.	Max.	Moy.	É-T
Aluminium (Al)	0,4	6,90	9,20	10,00	220,00	49,00	67,00	85,00	55,00	14,00	8,40	6,90	220,00	52,45	62,07
Chrome (Cr)	0,05	0,025	0,025	0,055	0,300	0,110	0,100	0,130	0,096	0,057	0,025	0,025	0,300	0,09	0,078
Cobalt (Co)	0,002	0,0030	0,0050	0,0053	0,0430	0,0250	0,0240	0,0180	0,0160	0,0070	0,0049	0,0030	0,0430	0,02	0,0122
Cuivre (Cu)	0,05	3,70	3,30	3,80	3,80	3,40	3,40	2,90	2,60	4,50	3,80	2,60	4,50	3,52	0,50
Mercure (Hg)	0,0003	0,00092	0,00056	0,00082	0,0016	0,001	0,0011	0,0015	0,0012	0,0012	0,001	0,0006	0,0016	0,00	0,0003
Fer (Fe)	1	13,00	15,00	14,00	170,00	50,00	52,00	72,00	48,00	22,00	16,00	13,00	170,00	47,20	45,44
Plomb (Pb)	0,007	0,004	0,004	0,004	0,055	0,017	0,015	0,026	0,017	0,007	0,004	0,004	0,055	0,02	0,015
Lithium (Li)	0,02	0,010	0,010	0,010	0,058	0,023	0,024	0,024	0,021	0,010	0,010	0,010	0,058	0,02	0,014
Manganèse (Mn)	0,03	290,00	190,00	220,00	59,00	79,00	63,00	160,00	150,00	260,00	170,00	59,00	290,00	164,10	75,90
Antimoine (Sb)	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00
Molybdène (Mo)	0,003	0,20	0,15	0,27	0,02	0,03	0,02	0,08	0,08	0,22	0,18	0,02	0,27	0,13	0,087
Nickel (Ni)	0,01	0,67	0,39	0,62	1,6	0,73	1,1	0,64	0,57	0,53	0,4	0,39	1,60	0,73	0,35
Sélénium (Se)	0,009	0,005	0,005	0,005	0,059	0,030	0,037	0,016	0,013	0,005	0,005	0,005	0,059	0,02	0,018
Argent (Ag)	0,001	0,0011	0,0011	0,0005	0,0021	0,0028	0,0011	0,0023	0,0015	0,0013	0,0011	0,0005	0,0028	0,00	0,0007
Strontium (Sr)	0,005	1,50	1,10	3,00	14,00	3,10	7,30	2,60	1,60	1,60	1,30	1,10	14,00	3,71	3,84
Arsenic (As)	0,005	0,0025	0,0025	0,0025	0,02	0,0025	0,0025	0,011	0,011	0,0025	0,0025	0,003	0,020	0,01	0,006
Etain (Sn)	0,94	0,47	0,82	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,82	0,51	0,11
Titane (Ti)	0,05	0,49	0,45	0,60	8,00	2,50	2,70	3,90	2,80	0,69	0,45	0,45	8,00	2,26	2,26
Uranium (U)	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0021	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0021	0,00	0,0005
Vanadium (V)	0,009	0,0045	0,011	0,012	0,34	0,078	0,084	0,14	0,091	0,017	0,0045	0,005	0,340	0,08	0,098
Zinc (Zn)	0,3	5,30	4,90	5,30	4,90	4,60	4,70	5,20	4,50	6,70	5,00	4,50	6,70	5,11	0,59
Baryum (Ba)	0,006	13,00	13,00	11,00	17,00	17,00	16,00	13,00	10,00	19,00	17,00	10,00	19,00	14,60	2,84
Béryllium (Be)	0,003	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,002	0,002	0,00	0,00
Bore (B)	0,07	5,60	4,80	5,40	4,90	3,70	4,50	4,50	4,20	6,20	5,40	3,70	6,20	4,92	0,70
Cadmium (Cd)	0,001	0,0028	0,0068	0,0026	0,0054	0,0051	0,0047	0,014	0,0055	0,0079	0,0065	0,003	0,014	0,01	0,003

Notes : Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection ont été transformées en la moitié de cette limite.
LDR : Limite de détection rapportée, Min.: minimum, Max.: maximum, Moy.: moyenne, É-T: écart-type.
BL : Bleuets.

Tableau 8 Concentration (mg/kg) de chaque paramètre analysé pour les échantillons de bleuet dans la placette PL-03

Paramètre analysé	LDR	Station										Duplicata de laboratoire		Toutes les stations			
		PL-03-1BL	DUP-03-1BL	PL-03-2BL	PL-03-3BL	PL-03-4BL	PL-03-5BL	PL-03-6BL	PL-03-7BL	PL-03-8BL	PL-03-9BL	PL-03-3BL-DUP	PL-03-3BL-DUP2	Min.	Max.	Moy.	É-T
Aluminium (Al)	0,4	12,00	9,10	8,00	11,00	7,70	7,60	8,50	8,60	6,40	6,60	12,00	12,00	6,40	12,00	8,55	1,69
Chrome (Cr)	0,05	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,03	0,03	0,03	0,00
Cobalt (Co)	0,002	0,0044	0,0058	0,0026	0,0055	0,00400	0,0037	0,0075	0,0045	0,0045	0,0073	0,0084	0,0063	0,00	0,01	0,00	0,00
Cuivre (Cu)	0,05	3,30	2,60	3,20	4,30	3,40000	4,40	4,40	2,90	3,80	4,00	4,40	4,50	2,60	4,40	3,63	0,61
Mercure (Hg)	0,0003	0,00094	0,00068	0,00077	0,00082	0,00052	0,00084	0,00072	0,00057	0,00062	0,00058	0,00094	0,00097	0,00	0,00	0,00	0,00
Fer (Fe)	1	12,00	11,00	9,80	13,00	11,00	11,00	13,00	13,00	14,00	14,00	14,00	18,00	9,80	14,00	12,18	1,36
Plomb (Pb)	0,007	0,0035	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,00	0,00	0,00	0,00
Lithium (Li)	0,02	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,01	0,01	0,01	0,00
Manganèse (Mn)	0,03	120,00	98,00	260,00	140,00	77,00	120,00	110,00	200,00	71,00	120,00	140,00	140,00	71,00	260,00	131,60	54,67
Antimoine (Sb)	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00
Molybdène (Mo)	0,003	0,16	0,07	0,12	0,16	0,18	0,11	0,07	0,47	0,15	0,20	0,16	0,17	0,07	0,47	0,17	0,11
Nickel (Ni)	0,01	0,6	0,52	0,5	0,93	0,62	0,79	0,78	0,75	0,75	0,91	0,97	0,99	0,50	0,93	0,72	0,14
Sélénium (Se)	0,009	0,005	0,010	0,018	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,00	0,02	0,01	0,00
Argent (Ag)	0,001	0,0018	0,0005	0,0005	0,0005	0,0011	0,0018	0,0020	0,0010	0,0016	0,0000	0,0016	0,0014	0,00	0,00	0,00	0,00
Strontium (Sr)	0,005	8,20	3,30	3,80	1,00	1,90	1,70	3,20	1,20	10,00	3,20	1,00	1,00	1,00	10,00	3,75	2,85
Arsenic (As)	0,005	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0059	0,0025	0,0078	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,00	0,01	0,00	0,00
Etain (Sn)	0,94	0,47	0,47	0,47	0,65	0,65	0,63	0,64	0,6	0,69	0,72	0,69	0,71	0,47	0,72	0,60	0,09
Titane (Ti)	0,05	0,41	0,44	0,36	0,51	0,42	0,49	0,49	0,49	0,50	0,47	0,48	0,46	0,36	0,51	0,46	0,05
Uranium (U)	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadium (V)	0,009	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,00	0,00	0,00	0,00
Zinc (Zn)	0,3	5,10	4,30	5,30	5,50	4,20	5,30	6,50	7,30	5,60	6,00	5,80	5,90	4,20	7,30	5,51	0,89
Baryum (Ba)	0,006	5,10	4,70	11,00	7,00	5,70	5,10	6,90	7,40	4,90	4,90	6,80	7,20	4,70	11,00	6,27	1,84
Béryllium (Be)	0,003	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,00	0,00	0,00	0,00
Bore (B)	0,07	6,10	4,70	5,40	6,40	5,90	8,30	6,20	6,40	6,20	6,00	6,50	6,30	4,70	8,30	6,16	0,87
Cadmium (Cd)	0,001	0,0014	0,0013	0,0011	0,0015	0,0005	0,0012	0,0029	0,0073	0,0012	0,0022	0,0016	0,0018	0,00	0,01	0,00	0,00

Notes : Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection ont été transformées en la moitié de cette limite.
LDR : Limite de détection rapportée, Min.: minimum, Max.: maximum, Moy.: moyenne, É-T: écart-type.
BL : Bleuets.

Tableau 9 Concentration (mg/kg) de chaque paramètre analysé pour les échantillons de bleuet dans la placette PL-04

Paramètre analysé	LDR	Station										Toutes les stations			
		PL-04-1BL	DUP-04-1BL	PL-04-2BL	PL-04-3BL	PL-04-4BL	PL-04-5BL	PL-04-6BL	PL-04-7BL	PL-04-8BL	PL-04-9BL	Min.	Max.	Moy.	É-T
Aluminium (Al)	0,4	2,90	4,50	2,90	2,60	2,60	3,50	2,50	3,80	4,00	4,00	2,50	4,50	3,36	0,68
Chrome (Cr)	0,05	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,000
Cobalt (Co)	0,002	0,0034	0,0025	0,0030	0,0039	0,0042	0,0060	0,0043	0,0033	0,0043	0,0040	0,0025	0,0060	0,0040	0,0009
Cuivre (Cu)	0,05	3,10	4,70	3,90	3,10	2,80	3,30	3,20	3,30	2,70	3,40	2,70	4,70	3,41	0,55
Mercure (Hg)	0,0003	0,00069	0,00074	0,00064	0,00057	0,00069	0,00085	0,00055	0,00048	0,00077	0,00059	0,0005	0,0009	0,0007	0,0001
Fer (Fe)	1	7,90	11,00	9,50	7,50	8,60	9,30	7,80	8,00	9,50	9,10	7,50	11,00	8,89	1,02
Plomb (Pb)	0,007	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,000
Lithium (Li)	0,02	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000
Manganèse (Mn)	0,03	230,00	310,00	510,00	340,00	200,00	320,00	270,00	510,00	580,00	320,00	200,00	580,00	364,17	122,51
Antimoine (Sb)	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00
Molybdène (Mo)	0,003	0,16	0,16	0,002	0,13	0,18	0,11	0,13	0,15	0,17	0,14	0,00	0,18	0,13	0,048
Nickel (Ni)	0,01	0,27	0,3	0,3	0,26	0,27	0,28	0,23	0,34	0,31	0,27	0,23	0,34	0,28	0,03
Sélénium (Se)	0,009	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000
Argent (Ag)	0,001	0,0015	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0013	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0015	0,0007	0,0004
Strontium (Sr)	0,005	0,47	0,95	0,68	0,59	0,29	1,30	0,44	0,97	0,55	0,47	0,29	1,30	0,69	0,29
Arsenic (As)	0,005	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,003	0,003	0,003	0,000
Etain (Sn)	0,94	0,75	0,47	0,75	0,7	0,71	0,81	0,65	0,71	0,75	0,83	0,47	0,83	0,70	0,10
Titane (Ti)	0,05	0,30	0,45	0,37	0,30	0,29	0,42	0,28	0,31	0,35	0,33	0,28	0,45	0,34	0,05
Uranium (U)	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0000
Vanadium (V)	0,009	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,005	0,005	0,005	0,000
Zinc (Zn)	0,3	4,50	5,50	6,10	4,90	4,50	5,90	5,00	5,30	5,10	4,60	4,50	6,10	5,17	0,53
Baryum (Ba)	0,006	8,10	12,00	15,00	10,00	7,90	13,00	10,00	16,00	15,00	10,00	7,90	16,00	11,74	2,79
Béryllium (Be)	0,003	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,002	0,002	0,002	0,00
Bore (B)	0,07	4,80	5,90	6,30	6,10	5,30	7,00	5,10	4,40	5,00	4,70	4,40	7,00	5,50	0,79
Cadmium (Cd)	0,001	0,0005	0,0013	0,0037	0,0005	0,0005	0,0023	0,0005	0,0005	0,0017	0,0005	0,001	0,004	0,001	0,001

Notes : Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection ont été transformées en la moitié de cette limite.
LDR : Limite de détection rapportée, Min.: minimum, Max.: maximum, Moy.: moyenne, É-T: écart-type.
BL : Bleuets.

Tableau 10 Concentration moyenne en mg/kg de chaque paramètre analysé des échantillons de bleuet des placettes PL-01, PL-02, PL-03, PL-04

Paramètre analysé	LDR	Bleuets							
		PL-01-BL	PL-02-BL	PL-03-BL	PL-04-BL	Rapport PL-02/PL-01	Rapport PL-04/PL-03	Rapport PL-01/PL-02	Rapport PL-03/PL-04
Aluminium (Al)	0,400	10,660	52,450	8,550	3,358	4,920	0,393	0,203	2,546
Chrome (Cr)	0,050	0,045	0,092	0,025	0,025	2,051	1,000	0,488	1,000
Cobalt (Co)	0,002	0,006	0,015	0,005	0,004	2,729	0,793	0,366	1,261
Cuivre (Cu)	0,050	4,020	3,520	3,630	3,408	0,876	0,939	1,142	1,065
Mercure (Hg)	0,0003	0,001	0,001	0,001	0,001	1,046	0,932	0,956	1,072
Fer (Fe)	1,000	13,600	47,200	12,180	8,892	3,471	0,730	0,288	1,370
Plomb (Pb)	0,007	0,004	0,015	0,004	0,004	3,748	1,000	0,267	1,000
Lithium (Li)	0,020	0,010	0,020	0,010	0,010	2,000	1,000	0,500	1,000
Manganèse (Mn)	0,030	244,000	164,100	131,600	364,167	0,673	2,767	1,487	0,361
Antimoine (Sb)	0,040	0,020	0,020	0,020	0,020	1,000	1,000	1,000	1,000
Molybdène (Mo)	0,003	0,152	0,125	0,169	0,126	0,822	0,746	1,216	1,340
Nickel (Ni)	0,010	0,836	0,725	0,715	0,283	0,867	0,396	1,153	2,524
Sélénium (Se)	0,009	0,023	0,018	0,006	0,005	0,785	0,774	1,273	1,292
Argent (Ag)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,072	0,679	0,933	1,473
Strontium (Sr)	0,005	3,630	3,710	3,750	0,692	1,022	0,184	0,978	5,422
Arsenic (As)	0,005	0,007	0,006	0,003	0,003	0,825	0,742	1,212	1,348
Etain (Sn)	0,940	0,499	0,505	0,599	0,703	1,012	1,173	0,988	0,853
Titane (Ti)	0,050	0,508	2,258	0,458	0,344	4,445	0,751	0,225	1,331
Uranium (U)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,320	1,000	0,758	1,000
Vanadium (V)	0,009	0,005	0,078	0,005	0,005	17,378	1,000	0,058	1,000
Zinc (Zn)	0,300	6,750	5,110	5,510	5,167	0,757	0,938	1,321	1,066
Baryum (Ba)	0,006	13,020	14,600	6,270	11,742	1,121	1,873	0,892	0,534
Béryllium (Be)	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,714	1,000	1,400	1,000
Bore (B)	0,070	5,840	4,920	6,160	5,500	0,842	0,893	1,187	1,120
Cadmium (Cd)	0,001	0,002	0,006	0,002	0,001	2,724	0,655	0,367	1,526

Notes : Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection ont été transformées en la moitié de cette limite.
LDR : Limite de détection rapportée.
BL : Bleuets., T : Thé du Labrador.

Tableau 11 Concentration moyenne en mg/kg de chaque paramètre analysé des échantillons de thé des placettes PL-01, PL-02, PL-03, PL-04

Paramètre analysé	LDR	Thé du Labrador							
		PL-01-T	PL-02-T	PL-03-T	PL-04-T	Rapport PL-02/PL-01	Rapport PL-04/PL-03	Rapport PL-01/PL-02	Rapport PL-03/PL-04
Aluminium (Al)	0,4	30,80	46,70	27,43	20,08	1,5	0,7	0,7	1,4
Chrome (Cr)	0,05	0,03	0,09	0,03	0,04	3,0	1,4	0,3	0,7
Cobalt (Co)	0,002	0,017	0,025	0,011	0,011	1,4	1,0	0,7	1,0
Cuivre (Cu)	0,05	3,81	3,20	4,64	3,16	0,8	0,7	1,2	1,5
Mercure (Hg)	0,0003	0,0040	0,0066	0,0047	0,0070	1,7	1,5	0,6	0,7
Fer (Fe)	1	35,30	63,40	30,40	32,60	1,8	1,1	0,6	0,9
Plomb (Pb)	0,007	0,018	0,045	0,023	0,029	2,5	1,3	0,4	0,8
Lithium (Li)	0,02	0,02	0,13	0,01	0,01	5,6	1,0	0,2	1,0
Manganèse (Mn)	0,03	265,00	616,00	247,00	803,00	2,3	3,3	0,4	0,3
Antimoine (Sb)	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	1,0	1,0	1,0	1,0
Molybdène (Mo)	0,003	0,1790	0,0423	0,1237	0,0267	0,2	0,2	4,2	4,6
Nickel (Ni)	0,010	0,971	0,702	0,902	0,302	0,7	0,3	1,4	3,0
Sélénium (Se)	0,0090	0,0325	0,0158	0,0172	0,0108	0,5	0,6	2,1	1,6
Argent (Ag)	0,0010	0,0011	0,0023	0,0013	0,0012	2,2	0,9	0,5	1,1
Strontium (Sr)	0,005	18,88	13,27	15,68	7,04	0,7	0,4	1,4	2,2
Arsenic (As)	0,0050	0,0225	0,0148	0,0203	0,0094	0,7	0,5	1,5	2,0
Etain (Sn)	0,94	0,30	0,31	0,40	0,42	1,0	1,1	1,0	0,9
Titane (Ti)	0,05	1,26	2,32	1,22	1,15	1,8	0,9	0,5	1,1
Uranium (U)	0,001	0,0005	0,0008	0,0005	0,0005	1,7	1,0	0,6	1,0
Vanadium (V)	0,009	0,0204	0,0694	0,0178	0,0255	3,4	1,4	0,3	0,7
Zinc (Zn)	0,300	20,00	21,20	16,20	16,80	1,1	1,0	0,9	1,0
Baryum (Ba)	0,006	72,30	107,30	68,90	69,10	1,5	1,0	0,7	1,0
Béryllium (Be)	0,003	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	1,0	1,0	1,0	1,0
Bore (B)	0,070	18,60	17,90	16,60	17,80	1,0	1,1	1,0	0,9
Cadmium (Cd)	0,0010	0,0010	0,0025	0,0015	0,0014	2,5	1,0	0,4	1,0

Notes : Pour le traitement statistique, les concentrations sous la limite de détection ont été transformées en la moitié de cette limite.
LDR : Limite de détection rapportée.
BL : Bleuets., T : Thé du Labrador.