

GALAXY

## MINE DE LITHIUM BAIE-JAMES

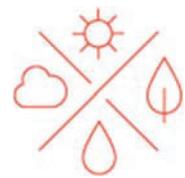
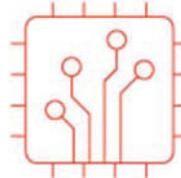
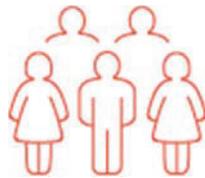
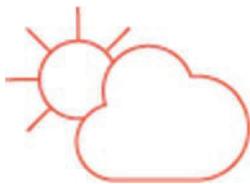
### ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DE LA RÉSILIENCE CLIMATIQUE DU PROJET – VERSION 2

BAIE-JAMES, QC

RÉF. WSP : 201-12362-00

DATE : 17 MARS 2021

CONFIDENTIEL







GALAXY

## **MINE DE LITHIUM BAIE-JAMES**

### **ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DE LA RÉSILIENCE CLIMATIQUE DU PROJET – VERSION 2**

**BAIE-JAMES, QC**

**CONFIDENTIEL**

RÉF. WSP : 191-01753-00

DATE : 17 MARS 2021

RAPPORT (VERSION FINALE)

WSP CANADA INC.  
11E ÉTAGE  
1600, BOULEVARD RENÉ-LÉVESQUE OUEST  
MONTRÉAL (QUÉBEC) H3H 1P9  
CANADA

T : +1-514-340-0046  
F : +1-514-340-1337

WSP.COM



---

## GESTION DE LA QUALITÉ

VERSION	DATE	DESCRIPTION
00	2019-06-06	Version préliminaire
01	2019-06-26	Version préliminaire incluant le tableau 9 amendé par le client
02	2019-06-27	Version préliminaire incluant la première série de commentaires du client
03	2019-07-16	Version finale incluant la deuxième série de commentaires du client
04	2021-03-17	Mise à jour pour tenir compte des changements liés au projet 2021



---

# SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



---

Yann Chavaillaz, Ph.D. sciences du climat  
Spécialiste en changements climatiques

RÉVISÉ PAR



---

Jean-Philippe Martin, Ph. D. géographie  
Spécialiste en changements climatiques



2021-03-17

---

Dominique Thiffault, géographe  
Chargée de projet, Environnement

---

## Référence à citer :

WSP. 2021. *Mine de lithium Baie-James, Évaluation préliminaire de la résilience climatique du projet – Version 2, Baie-James, Qc.* Rapport produit pour Galaxy. 29 pages et annexe.

WSP Canada Inc. (« WSP ») a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire Galaxy, 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 compléter 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, tel qu'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

## GALAXY

Directeur général Canada Denis Couture, ing.

Directrice santé, sécurité et env. Gail Amyot, ing. M.Sc.

---

# ÉQUIPE DE RÉALISATION

## WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet Christine Martineau, biologiste M.Sc.

Chargée de projet Dominique Thiffault, B.Sc.

Spécialiste en changements climatiques Yann Chavillaz, Ph.D.

Spécialiste en changements climatiques Jean-Philippe Martin, Ph.D.



---

## RÉSUMÉ & SUMMARY

Les impacts des changements climatiques sur le projet minier d'extraction de lithium Baie-James – Galaxy et son environnement ont été analysés grâce à une évaluation préliminaire des risques. Les méthodes sont cohérentes avec les premières étapes de la norme ISO 31000 sur la gestion des risques. L'étude a établi la portée du projet, les tendances climatiques et les risques connexes en termes de probabilité et de conséquences. Une matrice multirisque a été utilisée pour prioriser les risques en fonction de leur niveau et proposer des mesures d'atténuation appropriées pour la conception, l'exploitation et le démantèlement du projet. Les résultats suggèrent que les risques les plus importants à moyen terme (cohérent avec la durée d'exploitation du site) nécessitant des contrôles et mesures d'atténuation et d'adaptation sont les feux de forêt (infrastructure et risques pour la santé et la sécurité), les canicules (risques pour la santé et la sécurité), les barrages défaillants (infrastructure), et les inondations (santé et sécurité). À long terme (cohérent avec l'horizon du démantèlement et de la restauration du site), les risques concernent essentiellement la sécheresse des sols et les canicules. Des réflexions immédiates sont donc requises pour préparer la phase post-exploitation qui se fera dans des conditions climatiques significativement différentes de celles auxquelles le site est exposé actuellement.

Mots-clés : évaluation de la résilience climatique, projet minier, lithium, Baie-James, Galaxy.

*The climate change impacts on the James Bay mining project - Galaxy and its environment were assessed following a high-level preliminary risk assessment. The method is consistent with the early stages of ISO 31,000 standard on Risk Management. The study established the scope of the project, the climate trends and the related hazards in terms of probability and consequences. A multi-risk matrix was used to prioritize the levels of risk and suggest appropriate mitigation methods for the design, operations, and dismantling of the project. The results suggested that the most important risks on a medium-term basis (duration of operations) requiring controls and mitigation/adaptation measures were wildfires (infrastructure and health & safety risks), heatwaves (health & safety risk), dam failure (infrastructure) and flooding (health & safety). In the long term (corresponding to the timeline of the dismantling and restoration phase), important risks mainly concern soil drought and heatwaves. Immediate consideration is needed to properly prepare the post-operation phase, which will very likely happen under climate conditions significantly different from the current ones.*

*Keywords: climate resilience assessment, mining project, lithium, James Bay, Galaxy.*



# TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE.....	1
<b>1</b>	<b>MÉTHODE D'ANALYSE..... 1</b>
1.1	CONTEXTE ET ÉTABLISSEMENT DES RISQUES ..... 1
1.2	ANALYSE DES TENDANCES CLIMATIQUES ..... 1
1.3	ANALYSE DES ALÉAS CLIMATIQUES..... 3
1.4	ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES ET DES RISQUES ..... 4
1.5	TRAITEMENT DU RISQUE OU MESURES D'ATTÉNUATION ..... 4
<b>2</b>	<b>RÉSULTATS..... 7</b>
2.1	LE CONTEXTE DU PROJET..... 7
2.2	LES TENDANCES CLIMATIQUES ..... 9
2.3	LES ALÉAS CLIMATIQUES ..... 17
2.4	LES CONSÉQUENCES DES ALÉAS CLIMATIQUES ..... 19
2.5	LES RISQUES CLIMATIQUES ..... 21
2.6	LES MESURES D'ADAPTATION ET D'ATTÉNUATION DES RISQUES ..... 23
2.7	CONCLUSION : CONCEVOIR POUR L'AVENIR..... 29
<b>TABLEAUX</b>	
TABLEAU 1	TERMINOLOGIE COMPLÈTE DE L'ANALYSE DE RISQUE..... 5
TABLEAU 2	COMPOSANTES DU PROJET MINIER DE LITHIUM BAIE-JAMES VULNÉRABLES AU CLIMAT ..... 8
TABLEAU 3	ALÉAS CLIMATIQUES RETENUS ET REJETÉS..... 9
TABLEAU 4	TENDANCES CLIMATIQUES À MOYEN TERME (2021-2050 OU 2021-2070 SELON L'OUTIL UTILISÉ) POUR LA CELLULE CORRESPONDANT AU SITE MINIER ET CONSÉQUENCES SUR LE PROJET ET SON ENVIRONNEMENT ..... 11

# TABLE DES MATIÈRES (suite)

## TABLEAUX (SUITE)

TABLEAU 5	LIEN ENTRE LES ALÉAS CLIMATIQUES, LES TENDANCES DES INDICATEURS CLIMATIQUES ET LES POINTAGES DE PROBABILITÉ À MOYEN ET LONG TERMES .....	18
TABLEAU 6	CONSÉQUENCES DES ALÉAS CLIMATIQUES LIÉS À LA HAUSSE DES TEMPÉRATURES .....	19
TABLEAU 7	CONSÉQUENCES DES ALÉAS CLIMATIQUES LIÉS À LA MODIFICATION DES RÉGIMES DE PRÉCIPITATIONS.....	20
TABLEAU 8	MATRICE MULTIRISQUE PRENANT EN COMPTE LE NIVEAU DE PROBABILITÉ ET LES CONSÉQUENCES DES ALÉAS CLIMATIQUES.....	22
TABLEAU 9	PRIORISATION DES RISQUES, MESURES D'ADAPTATION ET D'ATTÉNUATION, DEGRÉ DE MISE EN ŒUVRE DE CES MESURES .....	24

## FIGURES

FIGURE 1	GESTION DES RISQUES SELON LA NORME ISO 31000 .....	1
FIGURE 2	ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS ANTHROPIQUES GLOBALES DE CO <sub>2</sub> SELON DIFFÉRENTS SCÉNARIOS RCP (TIRÉ DE VAN VUUREN ET AL, 2011) .....	3
FIGURE 3	LIENS ENTRE LES ALÉAS ET LES TENDANCES DES INDICATEURS CLIMATIQUES.....	17
FIGURE 4	RÉPARTITION DES NIVEAUX DE RISQUE DONNANT LE NOMBRE DE RISQUES (AXE DES ORDONNÉES) PAR NIVEAU (AXE DES ABSCISSES) .....	21

## ANNEXE

A	DONNÉES CLIMATIQUES DÉTAILLÉES	
---	--------------------------------	--

# PRÉFACE

Une première version de l'évaluation préliminaire de la résilience climatique du projet a été réalisée en juillet 2019 sur la conception du projet 2018. À la suite de la réalisation de cette étude, des modifications ont été apportées au projet, entraînant une mise à jour de l'évaluation préliminaire de la résilience climatique.

La présente version tient compte des modifications détaillées dans le Preliminary Economic Assessment préparé par G-Mining Services (2021)<sup>1</sup>. L'analyse des modifications apportées à la conception du projet n'entraîne toutefois aucun changement aux conséquences des aléas climatiques, aux risques climatiques ainsi qu'aux mesures d'adaptation et d'atténuation des risques identifiés initialement lors de l'évaluation du projet 2018. Les conclusions de cette mise à jour de l'évaluation préliminaire de la résilience climatique du projet demeurent donc les mêmes que celles présentées dans la première version du rapport, en juillet 2019.

---

1 G-Mining Services Inc.2021. Preliminary Economic Assessment, NI 43-101 Technical Report. James Bay Lithium Project, Ontario, Canada. Prepared for Galaxy.



# 1 MÉTHODE D'ANALYSE

Les nouvelles lignes directrices générales d'Infrastructures Canada concernant l'évaluation de la résilience climatique des projets sont inspirées de la norme ISO 31000 Gestion des risques (figure 1). Elles font partie intégrante de l'Optique des changements climatiques<sup>2</sup> (2018). Nous avons réalisé ici une analyse de résilience multirisque simplifiée en se basant sur ces lignes directrices.

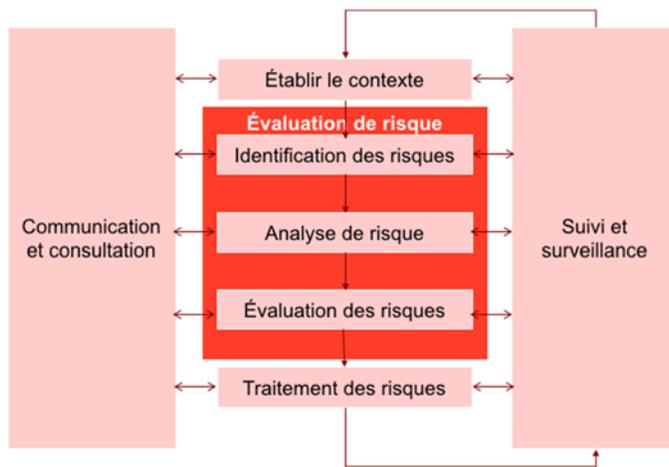


Figure 1 Gestion des risques selon la norme ISO 31000

## 1.1 CONTEXTE ET ÉTABLISSEMENT DES RISQUES

Nous avons pris connaissance du projet, de ses composantes, de ses phases, ainsi que des caractéristiques du milieu naturel et humain qui accueilleront le projet, afin d'identifier les composantes vulnérables aux risques climatiques du projet et sélectionner certains aléas selon leur pertinence.

## 1.2 ANALYSE DES TENDANCES CLIMATIQUES

Les données climatiques pour la cellule la plus proche du site du projet proviennent de quatre sources distinctes :

- Le nouvel Atlas climatique du Canada<sup>3</sup> (2018, consulté en mai 2019);
- L'Atlas climatique d'Ouranos<sup>4</sup> (2018, consulté en mai 2019);
- L'outil de courbes intensité-durée-fréquence (IDF) sous l'influence des changements climatiques IDF-CC Tool3.5<sup>5</sup> (2018, consulté en mai 2019);
- L'Atlas nord-américain des sécheresses<sup>6,7</sup> (2010, consulté en mai 2019).

2 <https://www.infrastructure.gc.ca/pub/other-autre/cl-occ-fra.html>

3 <https://atlasclimatique.ca>

4 <https://www.ouranos.ca/portraitsclimatiques>

5 <https://www.idf-cc-uwo.ca/>

6 <http://drought.memphis.edu/NADA/>

7 Cook, E.R., R. Seager, R.R. Heim Jr, R.S. Vose, C. Herweijer, and C. Woodhouse, 2010: Megadroughts in North America: placing IPCC projections of hydroclimatic change in a long-term palaeoclimate context. *Journal of Quaternary Science*, 25, 48-61.

Le premier est mis à disposition par le Prairie Climate Center (PCC), ayant travaillé en collaboration avec l'université du Manitoba. Le PCC est un consortium travaillant sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques et a réalisé des scénarios climatiques d'ensemble pour le Canada au complet en se basant sur 12 modèles globaux de climat issus de l'exercice CMIP5<sup>8</sup> (Climate Model Intercomparison Project). Ces simulations ont subi une mise à l'échelle statistique (*downscaling*, en anglais), puis ont été agglomérées sur une grille de 130 par 130 km environ. Ces données mises à l'échelle provenant de Ressources Naturelles Canada et du Pacific Climate Impacts Consortium sont fiables et reconnues dans la littérature. L'utilisateur de cette plateforme peut s'informer sur l'évolution d'une trentaine d'indicateurs climatiques, avoir accès à des données graphiques et agrégées et consulter des histogrammes de fréquence anticipée.

Le deuxième provient d'Ouranos qui a réalisé des scénarios climatiques d'ensemble pour le Québec en se basant sur 11 modèles de CMIP5. Ces simulations ont également subi une mise à l'échelle statistique et ont été agglomérées sur une grille d'environ 10 km. Cet Atlas est fiable et reconnu dans divers projets d'évaluation d'impacts et de plans d'adaptation au Québec. L'utilisateur de l'Atlas a accès à l'évolution d'une quinzaine d'indicateurs à l'échelle locale et régionale. Les projections sont présentées à l'aide de trois centiles de la distribution produite par l'éventail de réponses données par les différents modèles : 10<sup>e</sup> centile, médiane et 90<sup>e</sup> centile. Cela permet d'avoir une estimation du niveau d'incertitudes des projections.

Ces deux premiers Atlas présentent les projections climatiques en se basant sur une référence passée récente, un horizon à moyen terme et un horizon à long terme. Le nouvel Atlas du Canada définit ces périodes comme 1976-2005, 2021-2050 et 2051-2080. L'Atlas climatique d'Ouranos utilise 1981-2010, 2041-2070 et 2071-2100. L'horizon à moyen terme a été sélectionné en tenant compte de la durée du projet, mais les projections à long terme sont aussi considérées dans notre analyse de probabilités en prévision d'une prolongation d'exploitation du site. Les résultats étant très similaires d'un atlas à l'autre, les données du nouvel Atlas climatique du Canada sont utilisées ici, puisque les variables climatiques disponibles représentent davantage les risques naturels auxquels sera exposé un projet minier en milieu nordique. Les fenêtres temporelles d'étude (à moyen et long termes) correspondent d'ailleurs davantage à la période d'exploitation du projet.

L'outil IDF-CC est le résultat d'une utilisation de données de précipitations des stations d'Environnement Canada, d'interpolations spatiales et de statistiques futures se basant sur 24 modèles globaux de climat et 9 modèles régionaux. En fonction des statistiques historiques et des différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, des courbes IDF et leurs incertitudes sont générées pour différents futurs envisagés. Cet outil fournit entre autres l'évolution du cumul journalier maximum de précipitations avec différents temps de retour allant de 2 à 100 ans. L'évolution est montrée ici pour l'horizon 2021-2070, car une période de minimum 50 ans est requise pour obtenir des statistiques robustes.

Pour finir, l'Atlas nord-américain des sécheresses reconstruit l'historique de l'indice de sécheresse de Palmer. Cet indice rend compte de l'état de la couche supérieure du sol et est construit en se basant sur des indices de température et de précipitations. Les projections futures de cet indice sont données par Cook *et al.*<sup>9</sup> (2015) par le biais de 17 modèles globaux de climat. Le 0 est considéré comme la moyenne, et l'état de sécheresse est représenté par des valeurs négatives; par exemple, -2 signifie sécheresse modérée, -3 signifie sécheresse sévère, et -4 signifie sécheresse extrême.

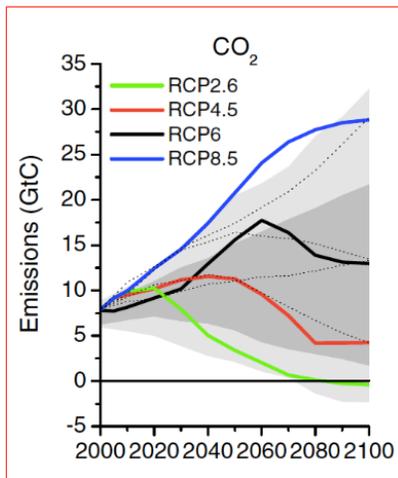
---

8 Taylor, K.E. (2012): An overview of CMIP5 and the Experiment Design, *BAMS*, 4, 485-498.

9 Cook, B. I., Ault, T. R., and Smerdon, J. E. (2015): Unprecedented 21st century drought risk in the American Southwest and Central Plains, *Science Advances*, 1(1), e1400082.

Les projections sont présentées selon deux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre : RCP4.5 et RCP8.5<sup>10</sup> (*Representative Concentration Pathways*). Le RCP8.5 correspond à un scénario 'business-as-usual' ne comprenant aucune mesure d'atténuation de nos émissions. Le RCP4.5 est un scénario d'atténuation modérée visant à minimiser les coûts pour atteindre une réduction significative des émissions (figure 2). Les mesures prises consistent principalement à appliquer de nouvelles technologies de production d'énergie et à développer la capture et le stockage géologique du carbone.

En se basant sur la classification des probabilités d'occurrence de l'Optique des changements climatiques pour notre analyse de risque, nous avons ajouté un niveau de confiance envers ces probabilités, afin de qualifier l'homogénéité des modèles climatiques compris dans l'ensemble, en relation avec la distribution passée récente. Ce niveau de confiance permet d'évaluer l'incertitude reliée à la variabilité des modèles climatiques. La légende générale des niveaux de probabilité, confiance, conséquence et risque est présentée au tableau 1.



**Figure 2** Évolution des émissions anthropiques globales de CO<sub>2</sub> selon différents scénarios RCP (tiré de Van Vuuren et al, 2011)

### 1.3 ANALYSE DES ALÉAS CLIMATIQUES

Les tendances représentent des indicateurs de certains aléas climatiques retenus comme pertinents pour le projet. La relation entre les tendances et les principaux aléas est illustrée à la figure 3. Le pointage moyen des catégories de probabilité a été retenu comme indicateur de probabilité. Ce pointage est pondéré par la confiance, dont l'origine est expliquée plus haut :

- Bonne confiance (probabilité inchangée);
- Confiance moyenne (probabilité -1);
- Confiance faible (probabilité -2).

Cette pondération permet de prendre en compte les faux « positifs » et les faux « négatifs » des tendances climatiques futures avérées.

10 Van Vuuren, D. et al. (2011): The representative concentration pathways, an overview, *Climatic Change*, 109:5-31.

## 1.4 ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES ET DES RISQUES

Les catégories et niveaux de conséquences et de risques proviennent également des lignes directrices de l'Optique des changements climatiques (4<sup>e</sup> colonne du tableau 1).

Nous avons également décidé d'inclure une notion d'opportunité. Cette notion permet de considérer toute conséquence positive causée par les changements climatiques et est complétée par la notion de « risque positif » qu'elle entraîne. L'identification des conséquences s'inspire de l'Analyse de risques et de vulnérabilités aux changements climatiques pour le secteur minier québécois<sup>11</sup>. Selon le pointage de probabilité et de conséquence, chaque risque a été placé dans une matrice d'évaluation permettant d'évaluer le niveau général du risque (5<sup>e</sup> colonne du tableau 1).

## 1.5 TRAITEMENT DU RISQUE OU MESURES D'ATTÉNUATION

Les risques ont été priorisés par un code couleur :

- Vert : risque négligeable.
- Jaune : risque faible.
- Orange clair : risque modéré. Cela ne remet pas la faisabilité ou la vitalité d'un projet minier en question, mais des coûts supplémentaires et des actions pourraient devoir être nécessaires pour remédier à la situation.
- Orange foncé : risque élevé. Des actions de plus grande ampleur pourraient devoir être entreprises pour remédier à la situation. Cela pourrait, dans certains cas, affecter la rentabilité ou encore la faisabilité d'un projet minier; des impacts significatifs sur le milieu naturel sont à prévoir.
- Rouge : risque extrême. La faisabilité ou la vitalité d'un projet minier peut être remise en question. Cela s'applique également aux événements où le risque pour la protection de l'environnement est grand (contaminations, déversements, pollution des cours d'eau, etc.) et pourrait avoir des impacts à long terme sur le milieu naturel.
- Bleu : « positif ». Les changements climatiques peuvent également avoir un effet bénéfique. Une saison estivale plus longue pourrait par exemple avoir des avantages pour le site minier, comme une durée d'exploitation saisonnière plus longue.

Dans la dernière partie de ce rapport, des mesures d'atténuation et leur degré de mise en œuvre sont détaillés pour ce projet en particulier, afin de proposer des solutions pour exploiter le site minier de manière optimale tout en réduisant les dangers potentiels.

---

11 Bussière, B. *et al.* (2017) : *Analyse de risques et de vulnérabilités aux changements climatiques pour le secteur minier québécois*. URSTM – Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue.

**Tableau 1 Terminologie complète de l'analyse de risque**

Niveau	Probabilité <sup>1</sup>	Confiance	Conséquence <sup>1</sup>	Risque <sup>1</sup>
1 Très bas	1 - Très basse *Ne se produira pas durant la période *Ne deviendra pas critique/bénéfique durant la période	Faible L'intervalle des modèles d'ensemble présente une variabilité contraire à la tendance par rapport à la moyenne actuelle	1 – Mineure *Pourrait légèrement affecter ou non la qualité de vie des personnes *Pourrait mener ou non des impacts limités en intensité et spatialement, ou ne pas avoir d'impact	1 - Risque négligeable : Événement ne requérant pas de considération supplémentaire
2 Bas	2 – Basse *Survivra probablement une fois entre 30-50 ans *Deviendra probablement critique d'ici 30-50 ans		2 – Significative *Pourrait affecter la qualité de vie des personnes de manière temporaire *Pourrait mener à des impacts économiques ou environnementaux localisés et réversibles	2 - Risque faible : Mesures de contrôle probablement non requises
3 Modéré	3 – Modérée *Survivra probablement entre 10-30 ans *Deviendra probablement critique d'ici 10-30 ans	Moyenne L'intervalle des modèles d'ensemble présente seulement qu'une borne qui est contraire à la tendance par rapport à la moyenne actuelle	3 – Sévère *Pourrait affecter la qualité de vie des personnes de manière prolongée *Pourrait mener à des impacts économiques ou environnementaux importants, mais réversibles	3 - Risque modéré : Certaines mesures de contrôle sont requises pour réduire le niveau de risque
4 Haut	4 – Haute *Survivra probablement une fois d'ici 10 ans *Deviendra probablement critique d'ici 10 ans	Bonne L'intervalle des modèles d'ensemble présente une bonne cohérence avec la tendance, par rapport à la moyenne actuelle	4 – Critique *Pourrait affecter significativement et irrémédiablement la qualité de vie des personnes *Pourrait mener à des impacts économiques ou environnementaux majeurs ou irréversibles sur la durée de vie du projet	4 - Risque élevé : Mesures de contrôle requises en priorité
5 Très haut	5 - Très haute *Survivra probablement une fois annuellement ou plus *Deviendra un facteur critique/bénéfique d'ici moins de 10 ans		5 – Catastrophe *Pourrait mener à des décès (directs ou non) *Pourrait mener à des impacts économiques ou environnementaux majeurs et irréversibles pour la société	5 - Risque extrême Mesures de contrôle immédiates requises
Opportunité	Selon les catégories ci-dessus	Selon les catégories ci-dessus	5 – Positive *Gain en qualité de vie *Occasion économique ou environnementale	5 - Risque positif : Mesures pour saisir l'occasion recommandée

<sup>1</sup> Source : Infrastructure Canada (2018) : *Optique des changements climatiques*.



## 2 RÉSULTATS

### 2.1 LE CONTEXTE DU PROJET

Le projet de mine de lithium Baie-James est situé dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur le territoire du Gouvernement régional d'Eeyou Istchee Baie-James. Il se trouve à environ 10 km au sud de la rivière Eastmain et à une centaine de kilomètres à l'est de la Baie-James, à la hauteur du village d'Eastmain. Les coordonnées géographiques du site sont (52,2349N, -77,0664E). Ce projet consiste à mettre en place une opération minière d'extraction de lithium à partir d'une fosse selon les méthodes conventionnelles de prélèvements de surfaces. Un procédé de concentration du spodumène permettra le traitement du minerai. Puis, le minerai sera concassé et séparé en milieu dense pour obtenir le lithium pur. Le début de la construction du site est prévu pour 2022 avec un début d'exploitation espéré en 2023. Selon les plus récentes prévisions, la mine pourra être en exploitation pendant 19 ans (2042) et la restauration du site se fera par la suite.

Les infrastructures de surface prévues sont des infrastructures conventionnelles pour un projet d'extraction à ciel ouvert :

- Une fosse;
- Un concentrateur de spodumène d'une capacité de 2 Mt/an;
- Des aires d'entreposage et d'accumulation de mort-terrain, de terre végétale, de stériles/résidus, de minerai et de concentré;
- Des bassins de rétention d'eau de procédé et brute;
- Des bâtiments administratifs et d'opérations;
- Un campement pour les travailleurs;
- Une usine de traitement d'eau (UTE);
- Des garages permettant l'entretien du matériel mécanique ainsi que des espaces d'entreposage pour les pièces de rechange, des laboratoires, et des installations pour services d'urgence;
- Un site d'entreposage des explosifs;
- Un parc à carburant pour l'approvisionnement de la machinerie, les besoins en chauffage et l'alimentation des génératrices d'urgence;
- Une ligne électrique à 69 kV raccordant le site minier au réseau de distribution électrique d'Hydro-Québec;
- Une connexion au réseau de fibre optique ou données cellulaires.

À la fin de l'exploitation de la mine, des mesures de restauration sont prévues pour remettre le milieu dans un état compatible avec le milieu environnant et son état d'origine. Ces mesures auront une influence sur la gestion du secteur d'exploitation, des stériles, des résidus de traitement et des eaux des bassins de traitement, ainsi que le démantèlement des infrastructures et des installations administratives et de transformation du minerai. Une approche de restauration progressive sera déployée. Un plan de restauration sera déposé au ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles (MERN) avant le début de l'exploitation du projet.

D'autres hypothèses de travail ont été faites dans cette analyse de risque :

- La source d'eau pour la production est indépendante de celle des communautés avoisinantes et sans impact majeur sur la dynamique de la population. Les personnes vulnérables sont donc uniquement les travailleurs;
- La capacité des haldes à stériles aura la possibilité d'être augmentée graduellement en fonction des besoins.

Selon cette description du projet, le tableau 2 liste les composantes du projet vulnérables aux risques climatiques. La liste des aléas climatiques figure au tableau 3. Certains sont retenus et d'autres rejetés en fonction de leur pertinence en vue de la bonne réalisation du projet.

Cette analyse vient, entre autres, s'ajouter à l'étude de la gestion des risques d'accidents (chapitre 9 du rapport d'étude d'impact) et apporte des compléments d'informations sur les risques décrits aux sections 9.2.1.2 à 9.2.1.5 en ajoutant la modification du niveau des risques tenant compte de la tendance des changements climatiques.

**Tableau 2 Composantes du projet minier de lithium Baie-James vulnérables au climat**

<b>Phase Personnes</b>	<b>Conception / construction travailleurs</b>	<b>Opérations travailleurs</b>	<b>Démantèlement / restauration travailleurs</b>
Économie	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Bâtiments et leur emprise</li> <li>— Réseau électrique</li> <li>— Accès terrestres (routes) et ponceaux</li> <li>— Système de traitement des eaux</li> <li>— Bassins et structures de confinement et leurs déversoirs</li> <li>— Halles</li> <li>— Fosse</li> <li>— Traitement de l'eau</li> <li>— Traitement du minerai</li> <li>— Dimension des évacuateurs de crue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Continuité de l'approvisionnement</li> <li>— Arrêt des opérations et isolation du site</li> <li>— Intégrité de la machinerie</li> <li>— Intégrité des bâtiments</li> <li>— Intégrité et entretien des accès terrestres</li> <li>— Intégrité du procédé de traitement de l'eau</li> <li>— Intégrité du système électrique</li> <li>— Matériel de dynamitage</li> <li>— Stabilité du procédé de traitement de l'eau</li> <li>— Stabilité du traitement du minerai</li> <li>— Intégrité des bassins, des halles et de la fosse</li> <li>— Gestion de l'eau</li> <li>— Gestion des poussières</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Capacité du déversoir de la fosse ou des évacuateurs de crue</li> <li>— Intégrité du milieu après le démantèlement</li> <li>— Intégrité des ouvrages de retenue des sites restaurés</li> <li>— Performance des barrières à l'infiltration à l'eau ou à l'oxygène</li> <li>— Accès au site restauré</li> </ul>
Environnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Nature environnante</li> <li>— Milieu utilisé pour la construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Nature environnante</li> <li>— Milieu utilisé pour l'exploitation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Nature environnante</li> <li>— Milieu occupé par le site</li> <li>— Milieu utilisé pour la restauration</li> </ul>

**Tableau 3 Aléas climatiques retenus et rejetés**

Retenus		
Inondations	Allongement de la saison estivale	Hausse des niveaux d'eau moyens et de l'érosion graduelle
Feux de forêt	Réchauffement hivernal	Augmentation de la variabilité des précipitations
Canicules	Étiage	Tempêtes
	Sécheresse des sols	
Rejetés	Justification	
Variabilité des glaces de rives	Pas de composante directe affectée, Baie-James à 100 km environ	
Dégel du pergélisol	Zone de pergélisol sporadique uniquement <sup>12</sup>	

## 2.2 LES TENDANCES CLIMATIQUES

Le tableau 4 présente les tendances climatiques selon les deux scénarios RCP4.5 et 8.5 pour un horizon à moyen terme (2021-2050 ou 2021-2070 selon l'outil utilisé, cohérent avec le temps d'exploitation de la mine), ainsi que la classe de probabilité, la confiance envers les tendances, les aléas reliés et le pointage de probabilité de chacune des variables. Une colonne informe également sur l'évolution des probabilités et des niveaux de confiance en passant du moyen terme au long terme (2051-2080), la période de restauration pouvant s'étendre au-delà de 2050. Généralement, plus l'horizon est lointain, plus la probabilité est haute et plus la confiance est bonne, puisque les changements sont plus marqués.

La majorité des indicateurs présente une évolution donnant des probabilités de changement élevées (hautes à très hautes). En ce qui concerne les indicateurs de température, **un réchauffement annuel moyen est projeté entre +2 et +2,5°C sur le moyen terme**, tous scénarios confondus. Les températures estivales maximales et les températures hivernales minimales suivent la même tendance, avec une augmentation nettement plus marquée pour les dernières : il est prévu qu'elles augmentent de presque 4°C à moyen terme. S'en suit **une augmentation des jours très chauds et d'une diminution des jours très froids**. Au vu de la localisation du site, les nuits tropicales ne sont et ne seront pas assez nombreuses pour prévoir une tendance significative à moyen terme. L'augmentation générale des températures entrainera également **un allongement de la saison estivale d'environ 15 à 20 jours**.

À moyen terme encore, **les précipitations annuelles augmenteront de 40 à 50 mm (environ 7 à 8 %)**. La confiance dans les tendances liées aux précipitations est plus ou moins similaire que celle des tendances de température. Mais à long terme, la confiance augmente pour la température, contrairement à celle des précipitations qui reste moyenne. Ce phénomène est dû à la plus grande variabilité dans les résultats des modèles climatiques pour les précipitations. Par contre, **la variabilité des régimes de précipitations semble augmenter**, puisque les moyennes annuelles augmentent de concert avec les indicateurs de précipitations extrêmes et l'indice de sécheresse utilisé diminuant signifiant une augmentation de la sécheresse estivale. Autrement dit, comme observé lors des printemps 2017 et 2019, il est probable qu'il y ait de plus gros systèmes météorologiques qui amènent énormément de précipitations, alternées avec des périodes sèches plus longues, pouvant mener à des sécheresses saisonnières, comme on a pu l'observer durant l'été 2018. Par exemple, **le cumul journalier de précipitations arrivant une seule fois pendant la durée de vie du projet (c.-à-d. 25 ans) sera 40 % plus intense** à moyen terme que dans le passé récent.

<sup>12</sup> <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/pergelisol>

La baisse du nombre de cycles de gel-dégel est très légère et fait partie des tendances les moins prononcées dans les projections climatiques faites pour le site de construction. **Aucune information reliée aux instabilités atmosphériques (pointes de vents, éclairs, etc.) n'est mise à disposition** par l'Atlas climatique ni les profils climatiques d'Ouranos. Certaines études faites pour le Québec montrent une réduction des vents en été pour la fin du 21<sup>e</sup> siècle par rapport au 20<sup>e</sup> siècle et une faible augmentation des vents en hiver. Des analyses plus poussées sont tout de même nécessaires pour confirmer ces tendances. Ainsi, il existe une très grande incertitude sur les tendances et leur probabilité reliées à ces aléas. Ils peuvent être critiques pour la conception et il est fortement recommandé de les documenter davantage, en initiant par exemple un historique des événements météorologiques marquants sur le site de la mine, dans la mesure où de telles données sont disponibles.

**Tableau 4 Tendances climatiques à moyen terme (2021-2050 ou 2021-2070 selon l'outil utilisé) pour la cellule correspondant au site minier et conséquences sur le projet et son environnement**

Indicateur climatique	Historique (passé récent)	Scénario faible (RCP4.5)	Scénario fort (RCP8.5)	Probabilité et confiance	Modification des évaluations à long terme (2051-2080)	Aléas et pointage à court (long) terme
Température annuelle moyenne (°C)	-1.9 [-3,3 – -0,4]	0,1 [-2,0 – 2,1]	0.5 [-1.6 – 2,8]	Haute : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont à la hausse, pour toutes les saisons. Ces changements seront évidents d'ici 10 ans.	Augmentation : très haute	Allongement de la saison estivale Canicule Feux de forêt Réchauffement hivernal
				Bonne confiance	Pas de changement : bonne	4 (5)
Température annuelle maximale en été (°C)	18,7 [16,6 – 20,8]	20,3 [17,7 – 22,8]	20,5 [17,8 – 23,3]	Haute : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont à la hausse. Ces changements seront évidents d'ici 10 ans.	Augmentation : très haute	Canicules Feux de forêt Sécheresse des sols
				Moyenne confiance	Augmentation : bonne	3 (5)
Température annuelle minimale en hiver (°C)	-24.3 [-28,0 - -20,7]	-20.8 [-25,8- -16,4]	-20,1 [-24,8 - -15,5]	Très haute : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont à la hausse. Ces changements seront déjà critiques avant les 10 prochaines années.	Pas de changement : très haute	Réchauffement hivernal
				Moyenne confiance	Augmentation : bonne	4 (5)

Indicateur climatique	Historique (passé récent)	Scénario faible (RCP4.5)	Scénario fort (RCP8.5)	Probabilité et confiance	Modification des évaluations à long terme (2051-2080)	Aléas et pointage à court (long) terme
Nuits tropicales (nb annuel)	0,0 [0,0 – 0,5]	0,1 [0,0 – 1,4]	0,2 [0,0 – 2,4]	Basse : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les limites supérieures sont très légèrement à la hausse. Ces changements ne seront que très peu ressentis d'ici 2050.	Augmentation : haute (RCP8.5)	Canicules Feux de forêt
				Moyenne confiance	Augmentation : bonne (RCP8.5)	1 (4)
Jours très chauds (nb annuel, >30°C)	0,8 [0,2 – 3,4]	1,9 [0,3 – 9,0]	2,2 [0,5 – 10,3]	Haute : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont à la hausse sauf le minimum à 8.5. Ces changements pourraient impacter les travailleurs d'ici 10 ans.	Augmentation : très haute	Canicules Feux de forêt
				Moyenne confiance	Augmentation : bonne	3 (5)
Jours très froids (nb annuel, -30°C ou moins)	26,9 [14,3 – 44,7]	12,2 [3,8 – 32,1]	10,6 [2,6 – 30,1]	Très haute : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont à la baisse. Ces changements deviendront un facteur bénéfique d'ici 10 ans.	Pas de changement : très haute	Réchauffement hivernal
				Moyenne confiance	Augmentation : bonne	4 (5)

Indicateur climatique	Historique (passé récent)	Scénario faible (RCP4.5)	Scénario fort (RCP8.5)	Probabilité et confiance	Modification des évaluations à long terme (2051-2080)	Aléas et pointage à court (long) terme
Cycles gel-dégel (nb jours)	60,7 [47,5 – 73,5]	57,7 [44,7 – 74,1]	55,8 [44,4 – 71,5]	Basse : dans les deux scénarios, la tendance moyenne est à la baisse, mais les intervalles sont légèrement à la baisse (voire à la hausse pour le RCP4.5) et il y a une probabilité qu'aucun changement ne soit observé. Ces changements pourraient devenir un facteur bénéfique d'ici 30 à 50 ans.	Augmentation : modérée	Réchauffement hivernal
				Faible confiance		
Date du dernier gel printanier	12 juin [30 mai – 2 juillet]	6 juin [21 mai – 27 juin]	7 juin [17 mai – 23 juin]	Modérée : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont à un printemps légèrement hâtif. Ces changements débiteront entre 10-30 ans.	Augmentation : haute (RCP8.5)	Allongement de la saison estivale
				Moyenne confiance		
Date du premier gel automnal	19 sept. [30 août – 3 oct.]	29 sept. [8 sept. – 16 oct.]	5 oct. [11 sept. – 19 oct.]	Haute : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont à un automne plus tardif. Ces changements seront critiques d'ici 10 ans.	Augmentation : très haute	Allongement de la saison estivale
				Moyenne confiance		

Indicateur climatique	Historique (passé récent)	Scénario faible (RCP4.5)	Scénario fort (RCP8.5)	Probabilité et confiance	Modification des évaluations à long terme (2051-2080)	Aléas et pointage à court (long) terme
Durée de la saison sans gel (nb jours)	99,1 [64,7 – 123,7]	115,2 [79,6 – 142,0]	120,2 [85,8 – 151,0]	Haute : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont à la hausse. Ces changements seront déjà critiques d'ici 10 ans.	Augmentation : très haute	Allongement de la saison estivale
				Moyenne confiance	Augmentation : bonne (RCP8.5)	3 (5)
Précipitations annuelles moyennes (mm)	690 [582 – 796]	731 [609 – 856]	742 [621 – 881]	Haute : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont à la hausse pour toutes les saisons, de quelques dizaines de mm, sauf l'été où la variation est nulle (0-1%). Il reste toutefois une incertitude, car les modèles les plus conservateurs indiquent des valeurs inférieures à la moyenne actuelle. Ces changements seront déjà critiques d'ici 10 ans.	Augmentation : très haute	Hausse des niveaux moyens et de l'érosion graduelle Inondations Augmentation de la variabilité des précipitations Étiage Sécheresse des sols
				Moyenne confiance	Pas de changement : moyenne	3 (4)

Indicateur climatique	Historique (passé récent)	Scénario faible (RCP4.5)	Scénario fort (RCP8.5)	Probabilité et confiance	Modification des évaluations à long terme (2051-2080)	Aléas et pointage à court (long) terme
Précipitations printanières (mm)	107 [69 – 147]	117 [75 – 166]	119 [82 – 167]	Haute : dans les deux scénarios, la tendance moyenne est à la hausse, mais les intervalles se chevauchent suffisamment pour douter de la tendance nette : les modèles les plus conservateurs indiquent des valeurs inférieures à la moyenne actuelle. L'augmentation est de +9-12%. Ces changements seront significatifs d'ici 10 ans.	Augmentation : très haute	Inondations Augmentation de la variabilité des précipitations
				Moyenne confiance		
Nombre de jours annuels avec 20 mm de précipitations minimums	1,5 [0,3 – 3,1]	1,8 [0,4 – 3,9]	1,8 [0,4 – 3,9]	Basse : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont légèrement à la hausse. Les deux intervalles conservateurs sont inférieurs au nombre actuel. Ces changements ne deviendront probablement pas significatifs d'ici la fin du siècle.	Augmentation : modérée (RCP8.5)	Inondations Augmentation de la variabilité des précipitations
				Moyenne confiance		

Indicateur climatique	Historique (passé récent)	Scénario faible (RCP4.5)	Scénario fort (RCP8.5)	Probabilité et confiance	Modification des évaluations à long terme (2051-2080)	Aléas et pointage à court (long) terme
Maximum du cumul journalier de précipitations, temps de retour de 2 ans (mm)	42 [39 – 48]	49 [45 – 56]	50 [43 – 58]	Très haute : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont à la hausse. Ces changements seront déjà critiques avant les 10 prochaines années.	Mêmes statistiques qu'à moyen terme	Inondations Augmentation de la variabilité des précipitations
				Bonne confiance	Mêmes statistiques qu'à moyen terme	5 (5)
Maximum du cumul journalier de précipitations, temps de retour de 25 ans (mm)	65 [51 – 76]	93 [75 – 105]	89 [78 – 113]	Très haute : dans les deux scénarios, la tendance moyenne et les intervalles sont à la hausse. Ces changements seront déjà critiques avant les 10 prochaines années.	Mêmes statistiques qu'à moyen terme	Inondations Augmentation de la variabilité des précipitations
				Bonne confiance	Mêmes statistiques qu'à moyen terme	5 (5)
Indice de sécheresse de Palmer en été (sans unité)	-0,5 [-0,7 – -0,3]	n/a	-0,9 [-1,0 – -0,7]	Haute : selon le scénario RCP8.5, la tendance moyenne et les intervalles sont à la baisse. Ces changements seront significatifs d'ici 10 ans.	Augmentation : très haute (RCP8.5)	Augmentation de la variabilité des précipitations Sécheresse des sols
				Bonne confiance	Pas de changement : bonne	4 (5)
Régime des vents et orageux (éclairs)	n/a	n/a	n/a	Aucune information publique de probabilité disponible à ce jour		Tempêtes
				Aucune		

## 2.3 LES ALÉAS CLIMATIQUES

Il s'agit ici de relier les aléas climatiques retenus comme étant pertinents pour le projet de la mine Galaxy (tableau 3) avec les tendances des indicateurs climatiques présentées dans la section précédente (tableau 4). La figure 3 présente ces différents liens en regroupant les aléas par variable climatique. Le tableau 5 présente le pointage de probabilité pour chacun de ces aléas climatiques dans l'ordre de leur importance pour un moyen et un long terme en se basant sur une moyenne des pointages des indicateurs concernés.

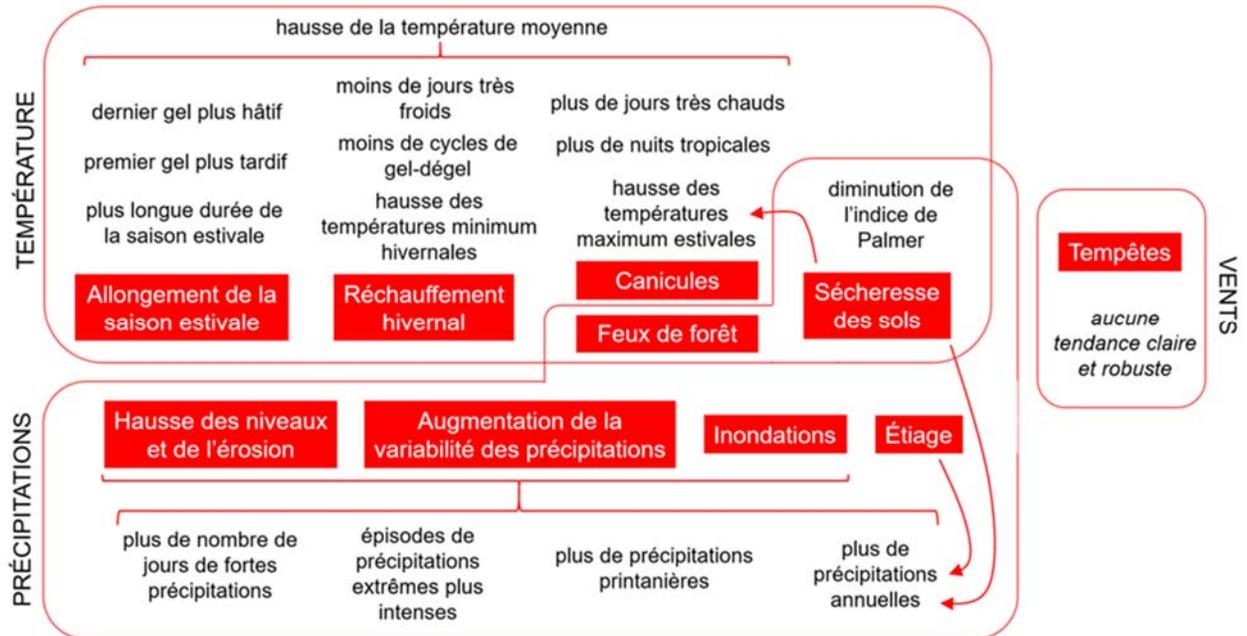


Figure 3 Liens entre les aléas et les tendances des indicateurs climatiques

**Tableau 5 Lien entre les aléas climatiques, les tendances des indicateurs climatiques et les pointages de probabilité à moyen et long termes**

Aléa et symbole	Variables climatiques <sup>†</sup>	Pointage de probabilité moyen (sur 5)	
		Moyen terme	Long terme
FF – Feux de forêt	*Hausse de la température moyenne *Jours très chauds *Nuits tropicales *Températures maximales en été *Indices de sécheresse de Palmer en été	3	4,8
SE – Allongement de la saison estivale	*Hausse de la température moyenne *Date du dernier dégel *Date du premier gel *Durée de la saison sans gel	3	4,75
C – Canicules	*Hausse de la température moyenne *Jours très chauds *Nuits tropicales *Températures maximales en été	2,75	4,75
SD – Sécheresse des sols	*Températures maximales en été *Précipitations annuelles moyennes *Indices de sécheresse de Palmer en été	3,67	4,33
RH – Réchauffement hivernal	*Hausse de la température moyenne *Jours très froids *Cycles gel-dégel *Températures minimales en hiver	3	4,25
HN – Hausse des niveaux d'eau moyens et de l'érosion graduelle	*Précipitations annuelles moyennes *Jours de précipitations extrêmes *Précipitations printanières *Maximum du cumul journalier à 2 ans *Maximum du cumul journalier à 25 ans	3,4	4
I – Inondations	*Précipitations annuelles moyennes *Jours de précipitations extrêmes *Précipitations printanières *Maximum du cumul journalier à 2 ans *Maximum du cumul journalier à 25 ans	3,4	4
E – Étiage	*Précipitations annuelles moyennes	3	4
VP – Augmentation de la variabilité des précipitations	*Précipitations annuelles moyennes *Jours de précipitations extrêmes *Précipitations printanières *Maximum du cumul journalier à 2 ans *Maximum du cumul journalier à 25 ans	3,4	4

<sup>†</sup> Se référer à la figure 3 pour identifier les variables climatiques associées à chaque aléa.

## 2.4 LES CONSÉQUENCES DES ALÉAS CLIMATIQUES

Le tableau 6 et le tableau 7 présentent les conséquences des aléas sur les différents aspects du projet (les personnes, l'économie y compris les infrastructures, et l'environnement), respectivement pour les aléas liés à la température et ceux liés aux précipitations.

**Tableau 6 Conséquences des aléas climatiques liés à la hausse des températures**

Degré	Personnes			Économie			Environnement			
	Santé et sécurité	Déplacement	Perte de qualité de vie	Impacts sur les infrastructures, opérations et démantèlement	Impact financier pour le promoteur	Impact financier pour les parties prenantes	Air	Eau	Terre	Écosystèmes
Mineure							*Migration nordique des écorégions, des espèces perturbatrices et des espèces menacées (SE) *Évapotranspiration accélérée augmentant la probabilité d'érosion des résidus miniers à toxicité quasi-nulle (SD, C)			
Significative	*Vulnérabilité des travailleurs face aux extrêmes de température (C, FF) *Mauvaise acceptabilité des risques par les groupes socioéconomiques vulnérables moins bien informés sur les changements climatiques (tous) *Augmentation des maladies vectorielles (ex. Lyme) par insectes piqueurs (SE)			*Augmentation hivernale des eaux d'exhaure (RH) *Plus d'imprévisibilité des saisons d'activités (SE) *Bris de la machinerie en condition de verglas (RH) *Dilatation thermique des matériaux (C)			*Hausse de la végétation à contrôler sur les chemins d'accès (SE)			
Sévère	*Santé et isolement des travailleurs durant les canicules et feux de forêt et lors du rétablissement des opérations (C, FF)			*Évaporation accélérée dans les bassins (voir précipitations) pouvant influencer la variabilité de la ressource en eau (C, SE)						
Critique	*Augmentation des évacuations pendant les feux de forêt (FF)									
Catastrophique				*Dommages aux infrastructures durant les feux de forêt (FF)						
Opportunité				*Saison d'opérations estivales plus longue (SE) *Économie d'énergie liée au réchauffement hivernal (RH)			*Accélération de la végétalisation naturelle lors du démantèlement (SE)			
Incertitude										

**Tableau 7 Conséquences des aléas climatiques liés à la modification des régimes de précipitations**

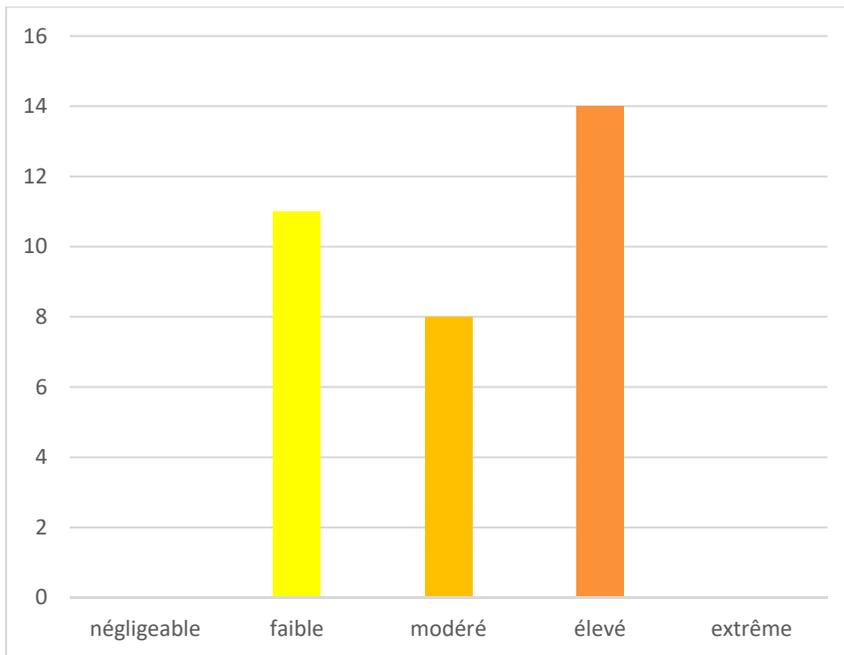
Degré	Personnes			Économie			Environnement			
	Santé et sécurité	Déplacement	Perte de qualité de vie	Impacts sur les infrastructures, opérations et démantèlement	Impact financier pour le promoteur	Impact financier pour les parties prenantes	Air	Eau	Terre	Écosystèmes
Mineure							*Rareté de la ressource en eaux en cas d'été prolongé (É)			
Significative				*Besoin d'entretien supplémentaire des voies d'accès en raison d'inondations pluviales (I) *Plus grande variabilité des émissions de poussières (VP)			*Baisse possible de la performance des méthodes de restauration du site en cas de sécheresse (SD) *Changement possible de la dynamique hydro-géomorphologique de la région (SD, VP)			
Sévère	*Santé des travailleurs durant les inondations et lors du rétablissement des opérations (I)			*Besoin de rénovations plus fréquentes (HN, I)						
Critique				*Dommages aux bâtiments liés aux inondations (I) *Insuffisance des ponceaux (colmatage et érosion) (HN, I) *Insuffisance des volumes des bassins de décantation (VP) *Instabilité des pentes de la fosse (VP) *Instabilité des haldes et des bassins (VP) *Groupes électriques exposés aux inondations (I) *Conflits de gestion de l'eau durant les sécheresses et baisse de rendement (SD, VP) *Problème d'approvisionnement en électricité en cas d'été prolongé (É)			*Concentration accrue des contaminants dans les cours d'eau en raison de leur moindre dilution (É) *Hausse de la variabilité de la ressource en eau (VP) *Contamination liée aux inondations (I)			
Catastrophique				*Débordement du déversoir d'urgence en cas de précipitations extrêmes (VP)						
Opportunité										
Incertitude				*Fréquence des coupures d'électricité en cas d'augmentation du temps instable ou de bris d'équipements aériens, ou de jours de travail extérieur réduits						

## 2.5 LES RISQUES CLIMATIQUES

Le tableau 8 présente le croisement entre les probabilités et les conséquences des aléas climatiques, afin de déterminer les niveaux de risque associés. En prenant en compte de la durée d'exploitation du site minier, la probabilité des aléas correspond à l'horizon à moyen terme, à l'exception de ceux qui ont un impact direct sur le démantèlement et la restauration du site. En effet, ces dernières étapes risquent très probablement de s'étaler au-delà de 2050. Les risques concernant les travailleurs sont également évalués à moyen terme, en faisant l'hypothèse que les processus de démantèlement/restauration ne nécessitent pas la présence permanente de travailleurs.

La figure 4 montre la répartition des risques par niveau. Les risques les plus élevés concernent les aléas à long terme, le démantèlement et la restauration du site, tandis que les risques moins élevés concernent les travailleurs, la construction et l'exploitation du site. En moyenne, le niveau de risque est de 3,1/5 à moyen terme et de 3,5/5 à long terme. Certaines mesures sont donc requises à court terme pour réduire les risques à moyen terme. Malgré l'horizon lointain de la restauration du site, des réflexions immédiates sont requises pour préparer la phase post-exploitation qui se fera dans des conditions climatiques significativement différentes de celles que nous avons actuellement.

Des risques positifs sont tout de même à noter comme une saison d'opérations estivales plus longue, une économie d'énergie liée au réchauffement hivernal et l'accélération de la végétalisation naturelle lors du démantèlement du site.



**Figure 4** Répartition des niveaux de risque donnant le nombre de risques (axe des ordonnées) par niveau (axe des abscisses)

**Tableau 8 Matrice multirisque prenant en compte le niveau de probabilité et les conséquences des aléas climatiques**

		Probabilité				
		Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
<b>Conséquences</b>	<b>Catastrophique</b>	N/A	N/A	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Dommages aux infrastructures durant les feux de forêt</li> <li>*Débordement du déversoir d'urgence en cas de précipitations extrêmes</li> </ul>	N/A	N/A
	<b>Critique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Changement possible de la dynamique hydro-géomorphologique de la région</li> <li>*Rareté de la ressource en eaux en cas d'étiage prolongé</li> </ul>	N/A	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Augmentation des évacuations pendant les feux de forêt</li> <li>*Dommages aux bâtiments liés aux inondations</li> <li>*Insuffisance des ponceaux (colmatage et érosion)</li> <li>*Insuffisance des volumes des bassins de décantation</li> <li>*Instabilité des pentes de la fosse</li> <li>*Instabilité des haldes et des bassins</li> <li>*Groupes électriques exposés aux inondations</li> <li>*Problème d'approvisionnement en électricité en cas d'étiage prolongé</li> <li>*Hausse de la variabilité de la ressource en eau</li> <li>*Contamination liée aux inondations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Conflits de gestion de l'eau durant les sécheresses et baisse de rendement</li> <li>*Concentration accrue des contaminants dans les cours d'eau en raison de leur moindre dilution</li> </ul>	N/A
	<b>Sévère</b>	N/A	N/A	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Évaporation accélérée dans les bassins pouvant influencer la variabilité de la ressource en eau</li> <li>* Besoin de rénovations plus fréquentes</li> <li>*Santé et isolement des travailleurs durant les canicules et feux de forêt et lors du rétablissement des opérations</li> <li>*Santé des travailleurs durant les inondations et lors du rétablissement des opérations</li> </ul>	N/A	N/A

		Probabilité				
		Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Conséquences	Significative	N/A	N/A	*Dilatation thermique des matériaux * Vulnérabilité des travailleurs face aux extrêmes de température *Mauvaise acceptabilité des risques par les groupes socioéconomiques vulnérables moins bien informés sur les changements climatiques *Augmentation des maladies vectorielles (ex. Lyme) par insectes piqueurs *Augmentation hivernale des eaux d'exhaure *Plus d'imprévisibilité des saisons d'activités *Bris de la machinerie en condition de verglas *Hausse de la végétation à contrôler sur les chemins d'accès *Besoin d'entretien supplémentaire des voies d'accès en raison d'inondations pluviales *Plus grande variabilité des émissions de poussières	*Baisse possible de la performance des méthodes de restauration du site en cas de sécheresse	N/A
	Mineure	N/A	N/A	*Migration nordique des écorégions, des espèces perturbatrices et des espèces menacées	N/A	*Évapotranspiration accélérée augmentant la probabilité d'érosion des résidus miniers à toxicité quasi-nulle
Opportunité		N/A	N/A	*Saison d'opérations estivales plus longue *Économie d'énergie liée au réchauffement hivernal	N/A	*Accélération de la végétalisation naturelle lors du démantèlement
Manque de connaissance		*Fréquence des coupures d'électricité en cas d'augmentation du temps instable ou de bris d'équipements aériens, ou de jours de travail extérieur réduits				
<i>Risque positif</i>		<i>Risque négligeable</i>	<i>Risque faible</i>	<i>Risque modéré</i>	<i>Risque élevé</i>	<i>Risque extrême</i>

## 2.6 LES MESURES D'ADAPTATION ET D'ATTÉNUATION DES RISQUES

Le tableau 9 classe les risques identifiés par ordre d'importance et les mesures d'adaptation et d'atténuation adoptées et/ou proposées. Leur degré de mise en œuvre dans le projet de site minier Galaxy est également évalué. Conformément à la loi sur la qualité de l'environnement du Québec (LQE), toutes ces mesures sont basées sur le scénario d'émissions RCP8.5 (aucune mesure d'atténuation à l'échelle globale). L'impact de l'incertitude concernant les conditions de vents pourra être abordé par un processus d'acquisition de connaissances alors que les mesures de contingence de gestion des urgences reliées aux systèmes critiques pourraient suffire à prévenir une grande part des dommages anticipés.

**Tableau 9 Priorisation des risques, mesures d'adaptation et d'atténuation, degré de mise en œuvre de ces mesures**

Niveau	Risque	Mesures d'adaptation et d'atténuation	Degré de mise en œuvre <sup>1</sup>	
5 - Risque extrême	N/A	N/A	N/A	N/A
4 - Risque élevé	Augmentation des évacuations pendant les feux de forêt	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Procédure d'intervention au plan d'urgence</li> <li>– 2. Sensibilisation des travailleurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Acceptée</li> <li>– 2. Acceptée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Procédure qui sera comprise dans le plan des mesures d'urgence</li> <li>– 2. De la documentation SST sera distribuée et une formation sera donnée aux employés pour prévention.</li> </ul>
	Dommmages aux infrastructures durant les feux de forêt	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Conception d'espace de confinement (tranchées)</li> <li>– 2. Procédure d'intervention au plan d'urgence</li> <li>– 3. Système d'alerte interne</li> <li>– 4. Souscription d'assurance aux feux de forêt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Acceptée</li> <li>– 2. À intégrer</li> <li>– 3. Acceptée</li> <li>– 4. À considérer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Bande de matière organique sera enlevée autour du site du projet pour prévenir les feux de forêt. Cette bande exempte de matière organique devra faire l'objet de travaux de maintenance.</li> <li>– 2. Procédure qui sera comprise dans le plan des mesures d'urgence</li> <li>– 3. Prévu dans l'étude de faisabilité</li> <li>– 4. ---</li> </ul>
	Dommmages aux bâtiments liés aux inondations	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Localisation des infrastructures hors des zones inondables basée sur une crue centennale</li> <li>– 2. Procédure d'intervention au plan d'urgence</li> <li>– 3. Souscription d'assurances aux inondations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Acceptée</li> <li>– 2. À intégrer</li> <li>– 3. À considérer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. L'usine, localisée sur un cap rocheux, sera construite sur une base de béton mais les autres bâtiments seront construits sur des tréteaux</li> <li>– 2. Procédure qui sera comprise dans le plan des mesures d'urgence</li> <li>– 3. ---</li> </ul>
	Débordement du déversoir d'urgence en cas de précipitations extrêmes	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Conception du déversoir d'urgence incluant un facteur de sécurité supplémentaire basé sur une crue millénale</li> <li>– 2. Plan de surveillance et d'entretien</li> <li>– 3. Système d'alerte interne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Acceptée</li> <li>– 2. À intégrer</li> <li>– 3. Acceptée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Facteur de sécurité déjà inclus dans la conception du déversoir d'urgence</li> <li>– 2. Ce plan sera développé à une étape ultérieure</li> <li>– 3. Prévu dans l'étude de faisabilité</li> </ul>

Niveau	Risque	Mesures d'adaptation et d'atténuation	Degré de mise en œuvre <sup>1</sup>	
	Insuffisance des ponceaux (colmatage et érosion)	Conception des ponceaux avec une cote de crue écologique centennale	Acceptée	Cote de crue déjà comprise dans la conception des ponceaux
	Insuffisance des volumes des bassins de décantation	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Conception des bassins avec une cote de crue écologique centennale</li> <li>– 2. Augmentation de la capacité des déversoirs et des évacuateurs de crue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Acceptée</li> <li>– 2. Acceptée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Code de crue déjà comprise dans la conception des bassins</li> <li>– 2. Dans l'éventualité où la capacité des déversoirs et des évacuateurs de crue était insuffisante, celle-ci sera augmentée</li> </ul>
	Instabilité des pentes de la fosse	Conception basée sur des pentes conservatrices, selon les normes en vigueur	Acceptée	Suivi de la stabilité des pentes de la fosse et provision prévue dans le plan des mesures d'urgence
	Instabilité des haldes et des bassins	Conception réalisée selon les normes en vigueur	Acceptée	Suivi de la stabilité des haldes, digues et bermes ainsi que provision prévue dans le plan des mesures d'urgence
	Groupes électriques exposés aux inondations	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Surélévation suffisante des groupes électriques</li> <li>– 2. Disponibilité de génératrices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Acceptée</li> <li>– 2. Acceptée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Mesure qui sera intégrée au plan d'ingénierie de détail</li> <li>– 2. Des génératrices seront disponibles si nécessaire</li> </ul>
	Problème d'approvisionnement en électricité en cas d'étiage prolongé	Fermeture temporaire	Acceptée	---
	Hausse de la variabilité de la ressource en eau	Plan de continuité en cas de rationnement en eau	À intégrer	Mesure qui sera intégrée dans le plan des mesures d'urgence
	Contamination liée aux inondations	Contrôle continu de l'étendue des milieux humides)	À considérer	---
	Conflits de gestion de l'eau durant les sécheresses et baisses de rendement	Plan de continuité en cas de rationnement en eau	À intégrer	Mesure qui sera intégrée dans le plan des mesures d'urgence
	Concentration accrue des contaminants dans les cours d'eau en raison de leur moindre dilution	Surveillance accrue de la qualité de l'eau du bassin versant	À intégrer	Mesure qui sera intégrée dans les études de suivi des effets sur l'environnement

Niveau	Risque	Mesures d'adaptation et d'atténuation	Degré de mise en œuvre <sup>1</sup>	
3 - Risque modéré	Évapotranspiration accélérée augmentant la probabilité d'érosion des résidus miniers de toxicité quasi-nulle	Contrôle régulier de l'humidité de la surface du parc à résidus	Rejetée	Il n'y a pas de risque d'érosion compte tenu de la taille des résidus miniers (8 mm) et de leur non-toxicité
	Baisse de la performance des méthodes de restauration du site en cas de sécheresse	Contrôle régulier de l'humidité du sol sous et aux environs du parc à résidus	Rejetée	Il n'y a pas de couvert humide sous les résidus
	Besoin de rénovations plus fréquentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Programme de surveillance plus accrue des infrastructures</li> <li>– 2. Contingence supplémentaire dans la planification de l'entretien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. À considérer</li> <li>– 2. À considérer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Si les infrastructures se dégradent plus vite que prévu</li> <li>– 2. Si les infrastructures se dégradent plus vite que prévu</li> </ul>
	Santé des travailleurs durant les feux de forêt et lors du rétablissement des opérations	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Procédure d'intervention au plan d'urgence</li> <li>– 2. Système élaboré d'assurance santé</li> <li>– 3. Système d'alerte interne</li> <li>– 4. Centre médical sur place</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. À intégrer</li> <li>– 2. À intégrer</li> <li>– 3. Acceptée</li> <li>– 4. Acceptée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Procédure qui sera comprise dans le plan des mesures d'urgence</li> <li>– 2. Mesure qui est à prévoir dans le plan d'embauche du personnel</li> <li>– 3. Alarmes des bâtiments prévues dans l'étude de faisabilité</li> <li>– 4. Prévu dans la construction</li> </ul>
	Santé des travailleurs durant les canicules	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Procédure Santé-Sécurité au travail</li> <li>– 2. Sensibilisation des travailleurs</li> <li>– 3. Système d'alerte interne</li> <li>– 4. Centre médical sur place</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. À intégrer</li> <li>– 2. À intégrer</li> <li>– 3. Acceptée</li> <li>– 4. Acceptée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Procédure qui sera développée dans le plan de santé et sécurité des travailleurs. Les postes de travail à risque seront ciblés. Pauses plus fréquentes lors de journées chaudes.</li> <li>– 2. De la documentation SST sera distribuée et une formation sera donnée aux employés pour prévention.</li> <li>– 3. Prévu dans l'étude de faisabilité</li> <li>– 4. Prévu dans la construction</li> </ul>

Niveau	Risque	Mesures d'adaptation et d'atténuation	Degré de mise en œuvre <sup>1</sup>	
	Santé des travailleurs durant des inondations et lors du rétablissement des opérations	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Procédure Santé-Sécurité au travail</li> <li>– 2. Procédure d'intervention au plan d'urgence</li> <li>– 3. Fond de contingence supplémentaire pour les extrêmes climatiques</li> <li>– 4. Système élaboré d'assurance santé</li> <li>– 5. Système d'alerte interne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. À intégrer</li> <li>– 2. À intégrer</li> <li>– 3. À considérer</li> <li>– 4. À intégrer</li> <li>– 5. Acceptée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Procédure qui sera développée dans le plan de santé et sécurité des travailleurs</li> <li>– 2. Procédure qui sera comprise dans le plan des mesures d'urgence</li> <li>– 3. ---</li> <li>– 4. Mesure qui est à prévoir dans le plan d'embauche du personnel</li> <li>– 5. Prévu dans l'étude de faisabilité</li> </ul>
2 - Risque faible	Vulnérabilité des travailleurs face aux extrêmes de température	Mesure particulière de Santé-Sécurité au travail	À intégrer	Mesures à intégrer au plan de santé et sécurité des travailleurs
	Changement possible de la dynamique hydro-géomorphologique de la région	Disposition à collaborer avec le Gouvernement et les institutions académiques pour la surveillance hydro-géomorphologique	Rejetée	Durée de vie de mine trop courte
	Dilatation thermique des matériaux	Conception réalisée en sélectionnant des matériaux/procédés adéquats aux conditions futures (exemple : joints de dilatation)	Rejetée	Durée de vie de mine trop courte
	Mauvaise acceptabilité des risques par les groupes socioéconomiques vulnérables moins bien informés sur les changements climatiques	Activité de sensibilisation aux impacts des changements climatiques en lien avec les activités minières	À intégrer	Mesures à intégrer au plan de santé et sécurité des travailleurs
	Augmentation des maladies vectorielles (ex. Lyme) par insectes piqueurs	Mesure particulière de Santé-Sécurité au travail	À intégrer	Procédures à intégrer au plan de santé et sécurité des travailleurs, dont les procédures reliées aux épidémies
	Augmentation hivernale des eaux d'exhaure	Capacité d'accumulation supérieure	Acceptée	Revanche conçue avec facteur de sécurité
	Plus d'imprévisibilité des saisons d'activités	Contingence comprenant les événements extrêmes ou imprévisibilités saisonnières	Rejetée	L'opération est la même lors de toutes les saisons, mais il pourrait y avoir des arrêts occasionnels imprévus, Aucune structure ne dépend du gel.

Niveau	Risque	Mesures d'adaptation et d'atténuation	Degré de mise en œuvre <sup>1</sup>	
	Bris de la machinerie en condition de verglas	Contingence sur l'entretien de la machinerie	Acceptée	Atelier mécanique et disponibilité d'équipement de remplacement
	Hausse de la végétation à contrôler sur les chemins d'accès	Contingence dans l'entretien des surfaces	Acceptée	Suivi régulier de l'état des chemins d'accès et entretien au besoin
	Besoin d'entretien supplémentaire des voies d'accès en raison d'inondations pluviales	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Contingence pour l'enlèvement des débris et entretien</li> <li>– 2. Plan de continuité des services (ex. examen des voies de contournement/réseau redondant)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Acceptée</li> <li>– 2. À considérer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1. Nettoyage et entretien si nécessaire</li> <li>– 2. ---</li> </ul>
	Plus grande variabilité des émissions de poussières	Contingence supplémentaire dans les opérations pour réduire les poussières	À considérer	Plusieurs mesures de réduction des poussières sont déjà incluses dans l'étude des impacts environnementaux. D'autres mesures pourront être considérées le cas échéant.
	Migration nordique des écorégions, des espèces perturbatrices et des espèces menacées	Disposition à collaborer avec le Gouvernement et les institutions académiques pour la surveillance faunique	Acceptée	Mesure à intégrer au plan d'action de la biodiversité
	Rareté de la ressource en eaux en cas d'étiage prolongé	Plan de continuité des opérations en cas d'étiage	À intégrer	Voir plan de rationnement en eau (PMU)
1 - Risque négligeable	N/A	N/A	N/A	N/A
Risque positif	Saison d'opérations estivales plus longue	Ajout d'un scénario optimiste dans la planification des opérations	Rejetée	Les opérations sont prévues 24 h/7
	Économie d'énergie liée au réchauffement hivernal	Ajout d'un scénario optimiste dans la planification des opérations	Acceptée	
	Accélération de la végétalisation naturelle lors de la restauration	Ajout d'un scénario optimiste dans la planification du démantèlement	Acceptée	Modification possible des espèces à utiliser pour la restauration, scénario à considérer dans la section « Restauration » du plan d'action de la biodiversité

<sup>1</sup> Degrés de mise en œuvre : Acceptée = mesure comprise dans l'étude d'impacts environnementaux; à intégrer = mesure qui sera intégrée à l'étape de l'ingénierie détaillée ou lors de l'élaboration des systèmes de gestion; à considérer = mesure à considérer et qui pourrait éventuellement être intégrée au projet; rejetée = mesure qui n'a pas été retenue.

## 2.7 CONCLUSION : CONCEVOIR POUR L'AVENIR

L'objectif central de ce projet a été d'analyser de manière préliminaire les impacts des changements climatiques sur le projet de site minier d'extraction de lithium de la Baie-James. Les résultats sont présentés selon deux horizons : à moyen terme (2021-2050) et à long terme (2051-2080). Le premier horizon correspond aux échéances de l'exploitation du site. Le deuxième horizon permet de prendre en compte l'éventuel temps supplémentaire que le démantèlement et la restauration du site nécessiteront. Les risques sur les personnes, l'économie et l'environnement sont évalués à moyen terme, à l'exception des risques environnementaux liés à la restauration du site qui sont évalués à long terme.

Les résultats à moyen terme suggèrent que les risques les plus importants nécessitant des contrôles et mesures d'atténuation et d'adaptation sont les feux de forêt (infrastructures et risques pour la santé et la sécurité), les canicules (risques pour la santé et la sécurité), les barrages défailants (infrastructures), et les inondations (santé et sécurité). À long terme, les risques concernent essentiellement la sécheresse des sols et les canicules. Des réflexions immédiates sont donc requises pour préparer la phase post-exploitation qui se fera dans des conditions climatiques significativement différentes de celles que le site a actuellement.

L'approche de WSP « Conçu pour l'avenir » a permis de prendre les dispositions nécessaires pour que les composantes du projet soient prêtes à être adaptées, à faire face et être plus résilientes aux risques engendrés par les changements climatiques. On peut noter en particulier qu'il est possible de :

- *Concevoir* pour des températures moyennes à la hausse, mais aussi une plus grande capacité à absorber un nombre croissant de jours extrêmes de chaleur, ainsi qu'une baisse des extrêmes de froid et une saison froide réduite;
- *Concevoir* pour des extrêmes de précipitations plus importants, tant du côté de l'abondance que de la rareté de la ressource en eau, mais aussi des changements possibles à l'échelle du bassin versant.



# ANNEXE

# A

## DONNÉES CLIMATIQUES DÉTAILLÉES





## Rapport de l'atlas climatique Région : RESERVOIR OPINACA



### RCP8,5 : scénario de statu quo

Les émissions continuent d'augmenter au rythme actuel

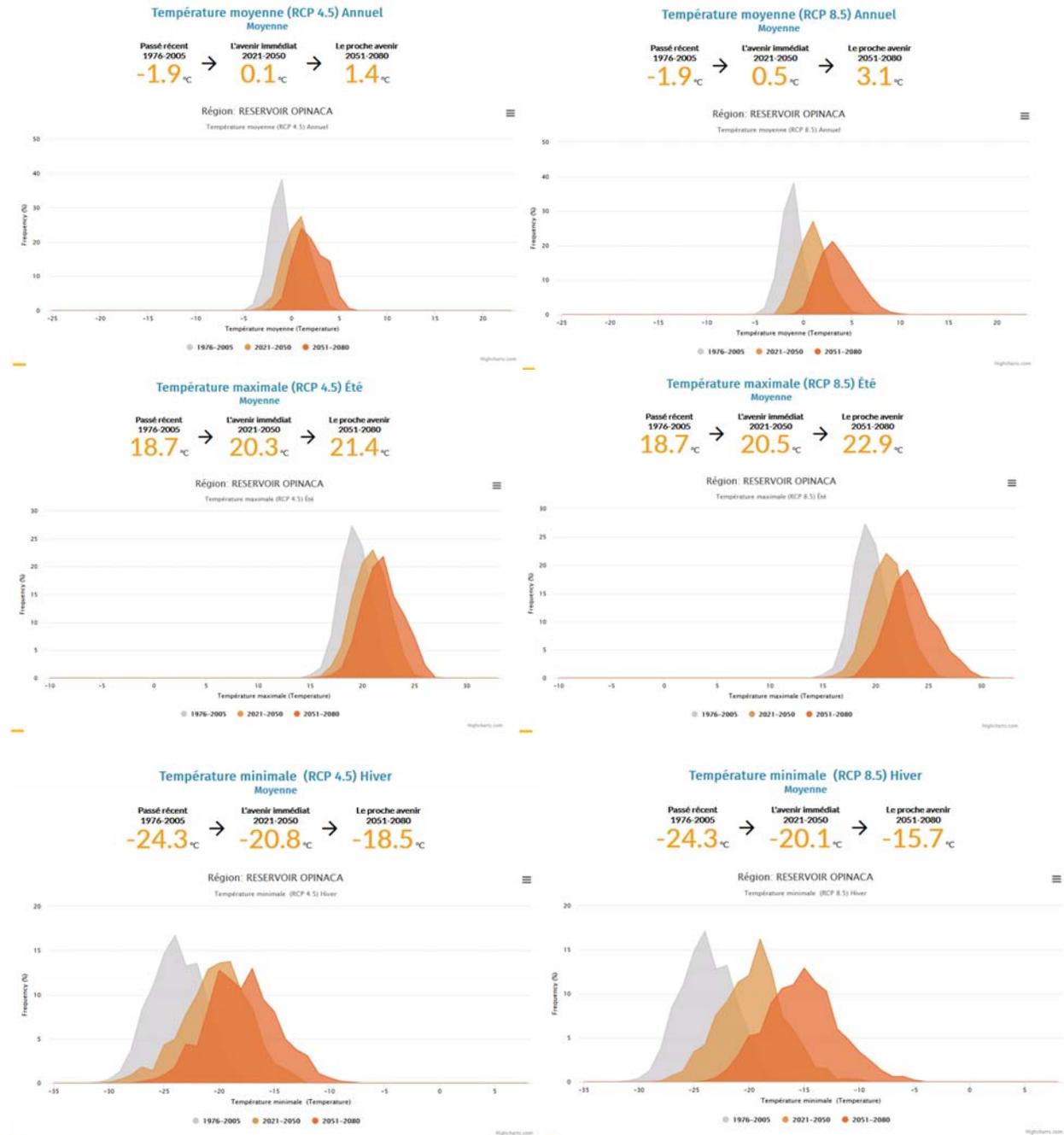
Variable	Période	1976-2005	2021-2050			2051-2080		
		Moyenne	faible	moyenne	haute	faible	moyenne	haute
Précipitations	Annuel	690	622	743	881	668	790	915
Précipitations	Printemps	107	83	119	167	86	128	178
Précipitations	Été	228	161	229	316	154	230	317
Précipitations	L'automne	237	185	257	328	198	269	350
Précipitations	Hiver	116	96	138	187	102	164	253
Température moyenne (°C)	Annuel	-1.9	-1.6	0.5	2.8	0.7	3.1	6.1
Température moyenne (°C)	Printemps	-3.8	-5.4	-2.1	1.6	-3.8	0.4	4.3
Température moyenne (°C)	Été	13	12.6	14.8	17.1	14.3	17.1	20.1
Température moyenne (°C)	L'automne	2.1	1.8	4.2	6.4	3.7	6.2	8.9
Température moyenne (°C)	Hiver	-19	-19.2	-15.2	-11.2	-15.7	-11.3	-6.6
Nuits tropicales	Annuel	0	0	0	2	0	2	9
Les jours très chauds (>30°C)	Annuel	1	1	2	10	2	7	26
Jours très froids (<-30°C)	Annuel	27	3	11	30	0	3	16
Date du dernier gel printanier	Annuel	juin 11	mai 16	juin 6	juin 22	mai 6	mai 22	juin 9
Date du premier gel automnal	Annuel	sept. 18	sept. 11	oct. 4	oct. 19	sept. 25	oct. 16	nov. 1
Saison sans gel (days)	Annuel	99	86	120	151	111	147	174

### RCP4,5 : une faible teneur en carbone

Les émissions diminuées significativement

Variable	Période	1976-2005	2021-2050			2051-2080		
		Moyenne	faible	moyenne	haute	faible	moyenne	haute
Précipitations	Annuel	690	610	732	856	635	760	900
Précipitations	Printemps	107	76	117	166	78	121	170
Précipitations	Été	228	167	229	306	161	231	317
Précipitations	L'automne	237	180	254	318	192	261	337
Précipitations	Hiver	116	87	133	186	99	147	212
Température moyenne (°C)	Annuel	-1.9	-2	0.1	2.1	-0.9	1.4	3.9
Température moyenne (°C)	Printemps	-3.8	-5.7	-2.1	1.5	-4.9	-1.2	2.7
Température moyenne (°C)	Été	13	12.4	14.5	16.7	13.2	15.6	18.2
Température moyenne (°C)	L'automne	2.1	1.5	3.7	5.9	2.7	4.8	7.1
Température moyenne (°C)	Hiver	-19	-20.2	-15.8	-12	-18.1	-13.7	-9.2
Nuits tropicales	Annuel	0	0	0	1	0	0	3
Les jours très chauds (>30°C)	Annuel	1	0	2	9	1	3	15
Jours très froids (<-30°C)	Annuel	27	4	12	32	1	6	24
Date du dernier gel printanier	Annuel	juin 11	mai 21	juin 6	juin 27	mai 13	mai 28	juin 17
Date du premier gel automnal	Annuel	sept. 18	sept. 7	sept. 29	oct. 16	sept. 16	oct. 6	oct. 22
Saison sans gel (days)	Annuel	99	80	115	142	95	130	156

**Moyennes et fréquences actuelles et anticipées selon le scénario climatique par variable climatique dans la cellule du Réservoir Opinaca (source : <https://atlasclimatique.ca>)**

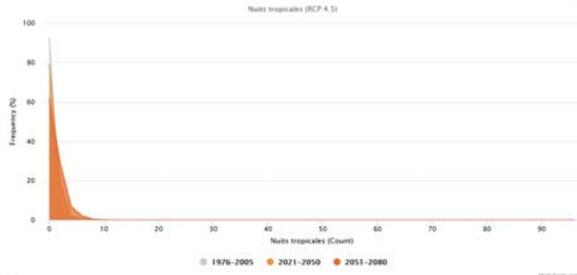


# ANNEXE

## Nuits tropicales (RCP 4.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**0.0** → **0.1** → **0.4**

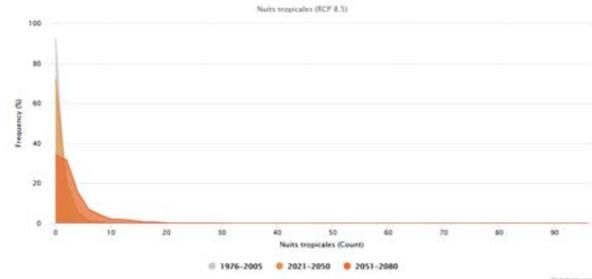
Région: RESERVOIR OPINACA



## Nuits tropicales (RCP 8.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**0.0** → **0.2** → **1.5**

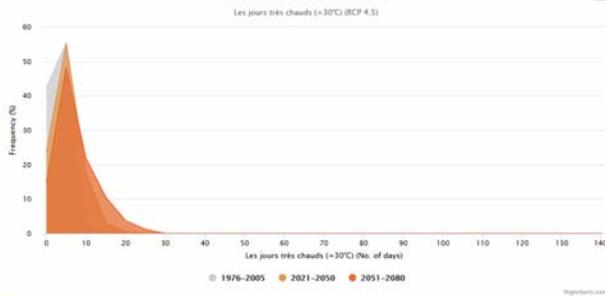
Région: RESERVOIR OPINACA



## Les jours très chauds (+30°C) (RCP 4.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**0.8** → **1.9** → **3.3**

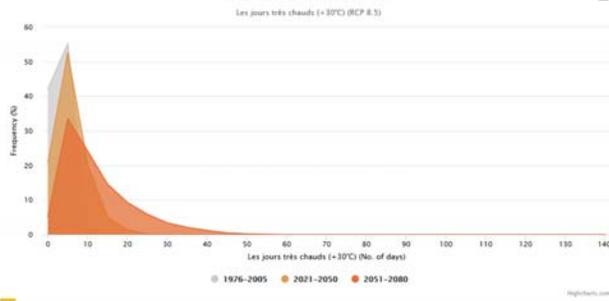
Région: RESERVOIR OPINACA



## Les jours très chauds (+30°C) (RCP 8.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**0.8** → **2.2** → **7.0**

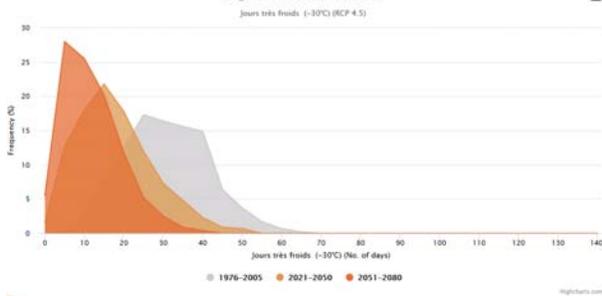
Région: RESERVOIR OPINACA



## Jours très froids (-30°C) (RCP 4.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**26.9** → **12.2** → **6.1**

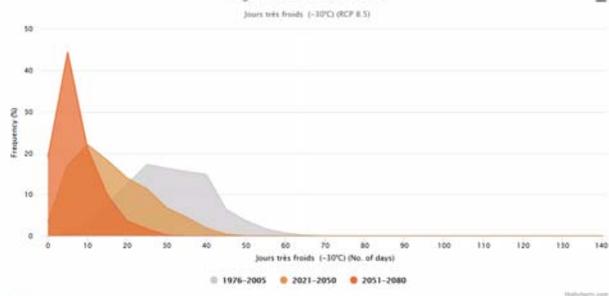
Région: RESERVOIR OPINACA



## Jours très froids (-30°C) (RCP 8.5)

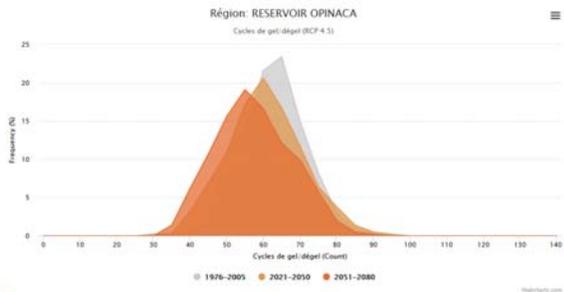
Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**26.9** → **10.6** → **2.6**

Région: RESERVOIR OPINACA



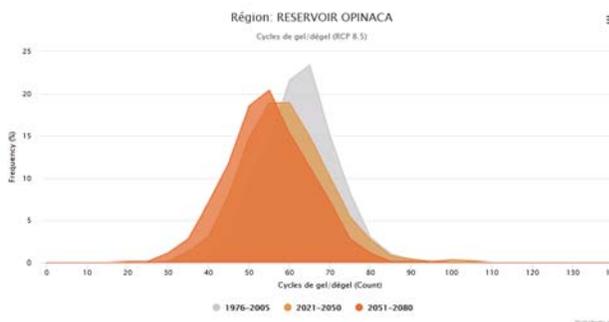
### Cycles de gel/dégel (RCP 4.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**60.7 → 57.7 → 55.4**



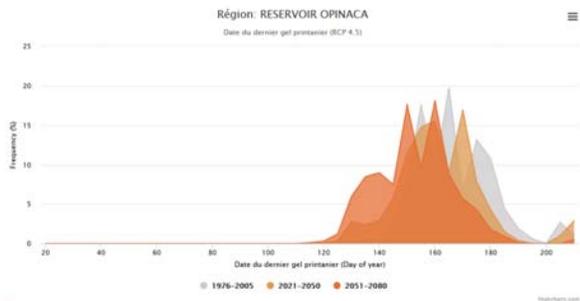
### Cycles de gel/dégel (RCP 8.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**60.7 → 55.8 → 52.1**



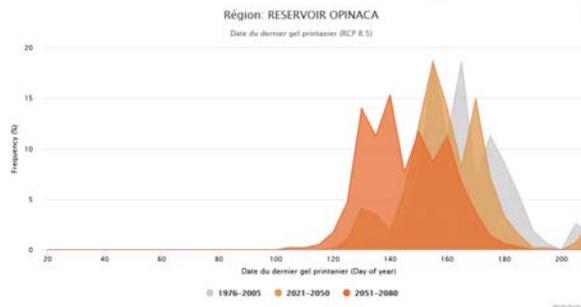
### Date du dernier gel printanier (RCP 4.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**June 12 → June 6 → May 29**



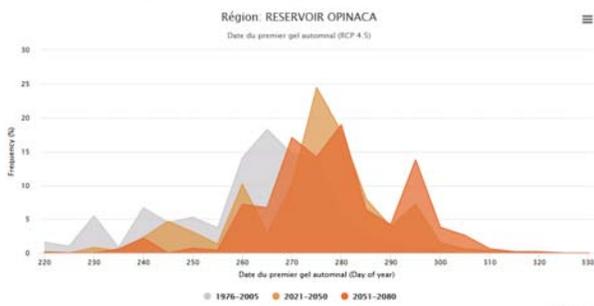
### Date du dernier gel printanier (RCP 8.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**June 12 → June 7 → May 22**



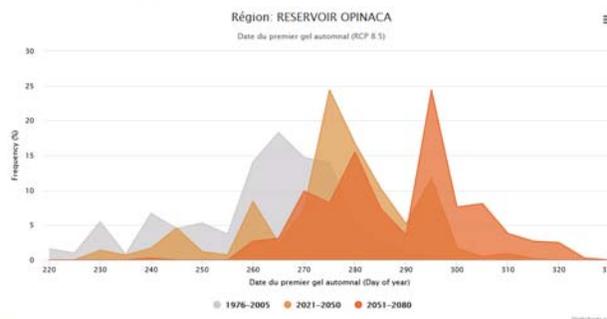
### Date du premier gel automnal (RCP 4.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**Sep. 19 → Sep. 29 → Oct. 6**



### Date du premier gel automnal (RCP 8.5)

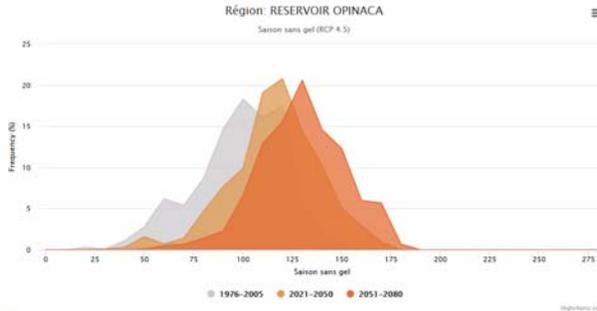
Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**Sep. 19 → Oct. 5 → Oct. 16**



# ANNEXE

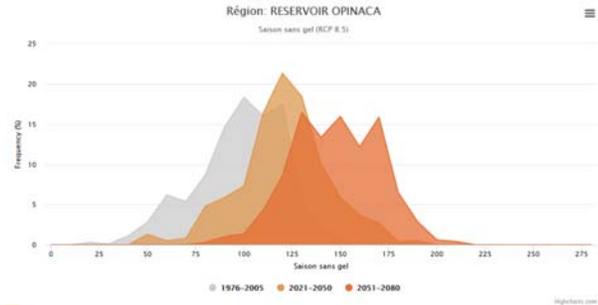
## Saison sans gel (RCP 4.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**99.1 → 115.2 → 130.3**



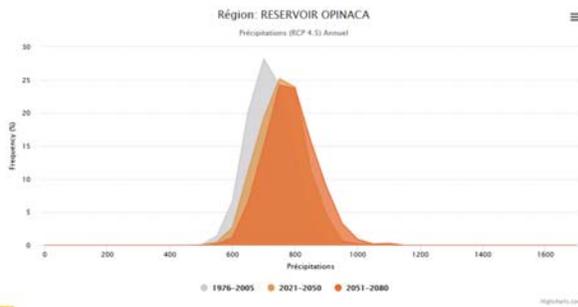
## Saison sans gel (RCP 8.5)

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**99.1 → 120.2 → 147.0**



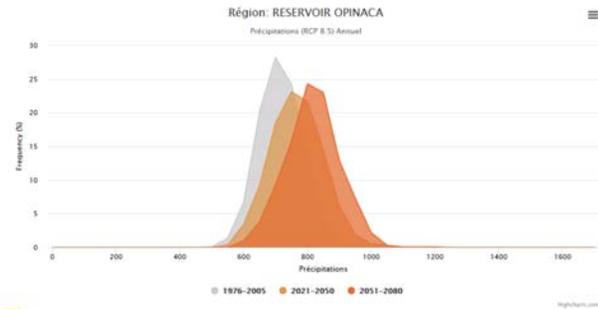
## Précipitations (RCP 4.5) Annuel

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**690.3 → 731.7 → 760.2**



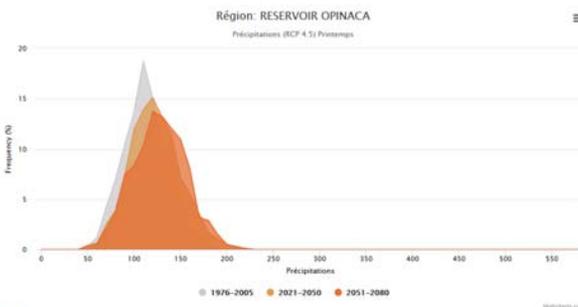
## Précipitations (RCP 8.5) Annuel

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**690.3 → 742.9 → 790.4**



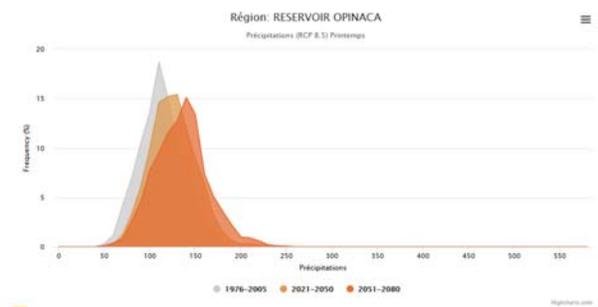
## Précipitations (RCP 4.5) Printemps

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**106.9 → 116.7 → 121.0**



## Précipitations (RCP 8.5) Printemps

Moyenne  
 Passé récent 1976-2005 → L'avenir immédiat 2021-2050 → Le proche avenir 2051-2080  
**106.9 → 119.4 → 128.0**



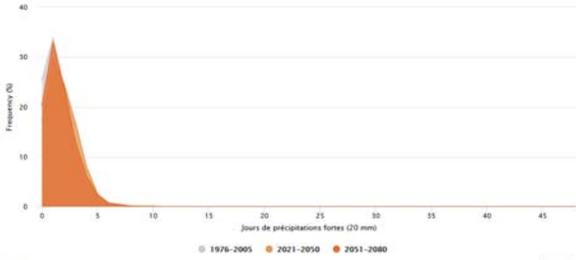
### Jours de précipitations fortes (20 mm) (RCP 4.5)

Moyenne

Passé récent  
1976-2005  
**1.5** → L'avenir immédiat  
2021-2050  
**1.8** → Le proche avenir  
2051-2080  
**1.6**

Région: RESERVOIR OPINACA

Jours de précipitations fortes (20 mm) (RCP 4.5)



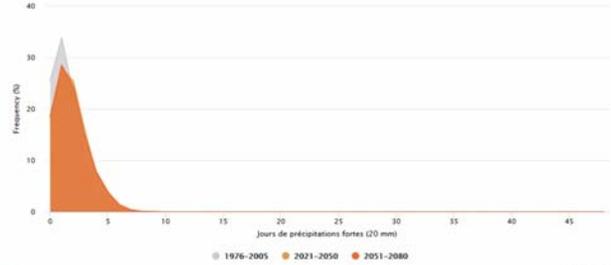
### Jours de précipitations fortes (20 mm) (RCP 8.5)

Moyenne

Passé récent  
1976-2005  
**1.5** → L'avenir immédiat  
2021-2050  
**1.8** → Le proche avenir  
2051-2080  
**1.9**

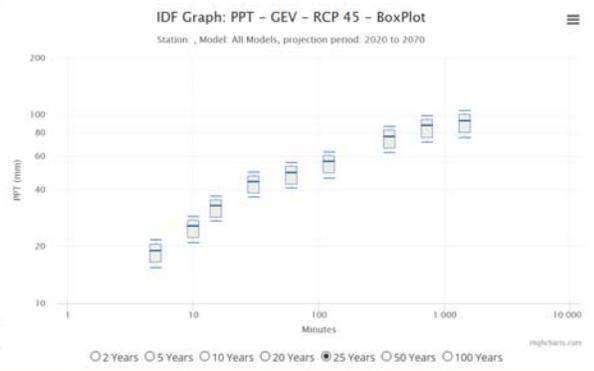
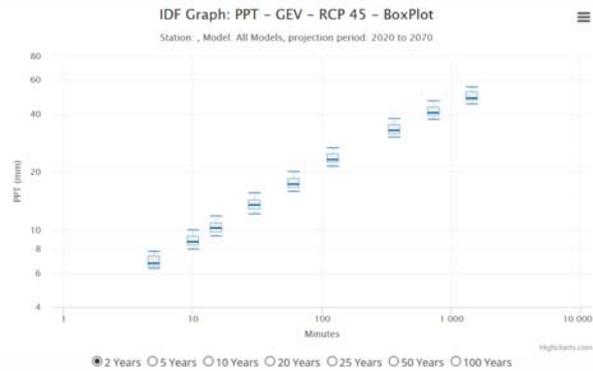
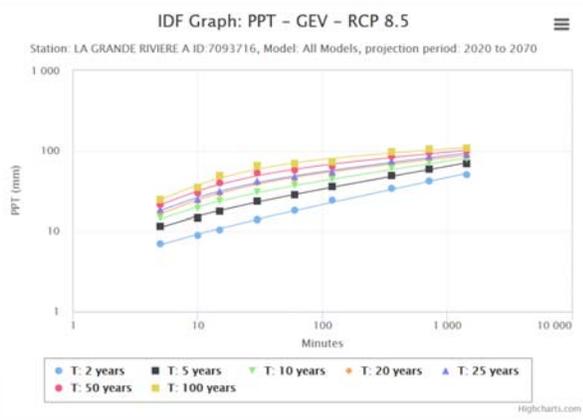
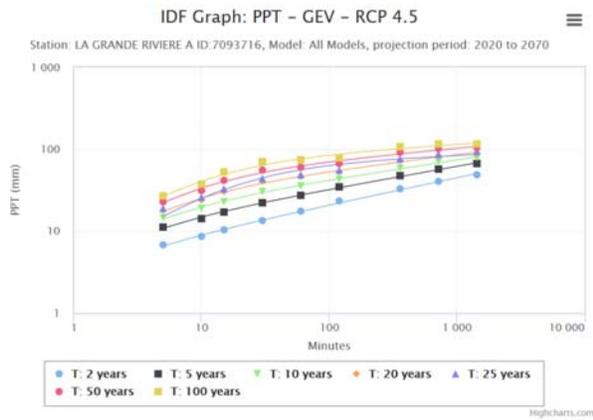
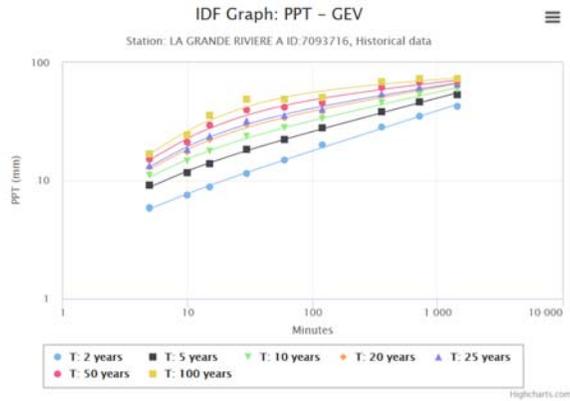
Région: RESERVOIR OPINACA

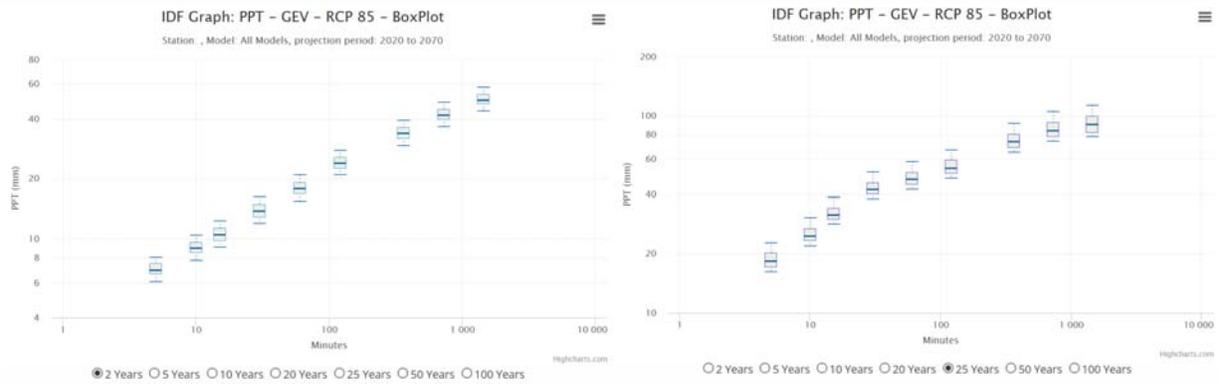
Jours de précipitations fortes (20 mm) (RCP 8.5)



# ANNEXE

Courbes intensité-durée-fréquence et box-plots d'incertitudes pour les précipitations extrêmes pour la Grande Rivière (source : <https://www.idf-cc-uwo.ca/>)





Carte de l'historique de l'indice de sécheresse de Palmer durant les mois d'été (1976-2005)  
 (source : <http://drought.memphis.edu>)

