

PAR COURRIEL

Québec, le 10 juillet 2024

Objet : Demande d'accès n° 2024-06-082 – Lettre de réponse

Madame,

La présente fait suite à votre demande d'accès, reçue le 3 mars dernier, concernant le dernier rapport d'inspection émis du barrage X0004075, nommé Lac Béram.

Les documents suivants sont accessibles. Il s'agit de :

1. 2023-07-24_Isp_X0004075, 6 pages;
2. 2023-08-14_IspConduites_X0004075, 2 pages;
3. 2023-08-16_Isp_AvisTechnique, 3 pages;
4. 2023-08-31_NoteTech_AbaissementSeuil_signe, 17 pages;
5. 2024-01-30_Note_Technique_Synthèse_Béram_X0004075, 10 pages.

Conformément à l'article 51 de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (RLRQ, chapitre A-2.1), nous vous informons que vous pouvez demander la révision de cette décision auprès de la Commission d'accès à l'information. Vous trouverez, en pièce jointe, une note explicative concernant l'exercice de ce recours.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires, vous pouvez communiquer avec M^{me} Maissa Ndiaye, analyste responsable de votre dossier, à l'adresse courriel Maissa.Ndiaye@environnement.gouv.qc.ca, en mentionnant le numéro de votre dossier en objet.

Veuillez agréer, Madame, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Pour le directeur,

ORIGINAL SIGNÉ PAR

Martin Dorion

p. j. 6

c. c. cai communications 1036041-J
cai.communications@cai.gouv.qc.ca

Barrage numéro 1460040002 X0004075
FICHE DE L'INSPECTION SPÉCIALE 2023
Saisie terminée

Réalisée le : 24 juillet 2023

Niveau du réservoir : 0,00 m

Jauge à maxima : 0,00 m

Niveau d'eau aval : 0,00 m

Niveau maximum : 0,00 m

Photo

Croquis

Vidéo

Inspecté par : Pagé, William - Ingénieur

Rédigé par : Pagé, William - Ingénieur

DESCRIPTION	RECOMMANDATION
<p>Venue d'eau observée une première fois le 30 mai 2023 au pied aval du barrage, à environ 20m à droite de l'exutoire de la conduite. Le débit de la venue d'eau ne semble pas avoir significativement augmenté depuis le 30 mai.</p> <p>L'eau est claire et un petit delta de sable gris a commencé à se former à la sortie de l'eau. Le delta a une dimension approximative de 1m x 1m x 10cm et fait contraste avec les sédiments et l'eau de couleur rouille présents dans le fossé au pied aval.</p> <p>La venue d'eau est situé environ dans le même axe que le centre de la maison construite en crête et d'une réparation transversale de la route. Une membrane géotextile se trouve au-dessus de la venue d'eau et un tuyau rouillé se trouve directement en crête, mais ils n'ont probablement pas de rôle structural pour le remblai.</p> <p>L'origine de la venue d'eau n'a pas été trouvée (test à la fluoriscine inconcluant).</p> <p>Pied aval mou et présence d'eau rouillée au pied aval, sur toute la longueur de la digue.</p>	<p>-Augmenter la fréquence de surveillance de la venue d'eau et surveiller les variations de débits, du dépôt de sédiments à l'aval et d'affaissements en crête.</p> <p>-Investiguer l'origine de la venue d'eau en amont.</p> <p>-Abaisser le niveau du réservoir en amont.</p> <p>-Réaliser une étude géotechnique du barrage.</p>

Barrage numéro 1460040002 X0004075

Les photos

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-07-24-1



Photo 1 : Fond du puits à l'amont du barrage

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-07-24-2



Photo 2 : Réservoir amont

Barrage numéro 1460040002 X0004075

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-07-24-3



Photo 3 : Obstruction du seuil inférieur par des algues

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-07-24-4



Photo 4 : Débit sortant à l'aval du barrage

Barrage numéro 1460040002 X0004075

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-07-24-5



Photo 5 : Résurgence au pied aval de la digue

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-07-24-6



Photo 6 : Sédiments à proximité de la résurgence

Barrage numéro 1460040002 X0004075

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-07-24-7



Photo 7 : Delta de sédiments à l'aval de la résurgence

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-07-24-8



Photo 8 : Delta de sédiments à l'aval de la résurgence

Barrage numéro 1460040002 X0004075

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-07-24-9



Photo 9 : Sable silteux gris composant le delta de sédiments

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-07-24-10



Photo 10 : Localisation de la résurgence

Béram, Barrage X0004075
FICHE DE L'INSPECTION SPÉCIALE 2023
Saisie terminée

Réalisée le : 14 août 2023

Niveau du réservoir : 98.99 m

Jauge à maxima : 0.00 m

Niveau d'eau aval : 0.00 m

Niveau maximum : 0.00 m

Photo

Croquis

Vidéo

Inspecté par : Labrecque, Geneviève - Ingénieur
Lacasse, Pierre - Gardien de barrages

Rédigé par : Labrecque, Geneviève - Ingénieur

DESCRIPTION	RECOMMANDATION
<p>L'inspection avait pour but d'évaluer l'étanchéité du système de conduites d'évacuation du barrage Béram.</p> <p>Le «manhole» n'est pas étanche. Il y a des craques à la jonction entre les conduites et le «manhole».</p> <p>La conduite d'évacuation globale est en très bon état.</p> <p>La conduite d'évacuation qui va de la chambre des vannes jusqu'au «manhole» (16 po dia.) est de manière générale en bon état, mais il y a un joint légèrement ouvert au milieu de sa longueur, à environ 6 m. L'entrée ne semble pas parfaitement étanche avec la chambre des vannes.</p> <p>La capacité d'évacuation du système de conduites n'est pas suffisante. La conduite d'évacuation globale reprend l'eau du barrage en plus de celle drainée par les quartiers résidentiels autour du lac d'Or et du lac Béram. Cela a pour effet de mettre le système sous pression en cas de crue. L'eau doit alors chercher à s'évacuer par les points faibles identifiés.</p> <p>Voir vidéos (x3).</p>	<p>Étanchéiser le système de conduites d'évacuation ou remplacer;</p> <p>Rediriger le drainage des quartiers résidentiels pour que cette eau ne s'évacue pas par l'exutoire du barrage Béram ou augmenter la capacité d'évacuation globale (barrage + drainage) ou rediriger l'exutoire du barrage Béram;</p> <p>Continuer de suivre l'évolution des venues d'eau et voir si un lien clair peut être établi avec les fuites du système d'évacuation lorsqu'il est sous pression (beaucoup d'eau).</p>

Béram, Barrage X0004075

Les photos

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-08-14-1



Jonction conduite d'évacuation chambre des vannes (16 po dia.) et manhole, craques

X0004075 Barrage numéro 1460040002 2023-08-14-2



Jonction conduite d'évacuation globale (16 po dia.) et manhole, craques

Barrage Béram* X0004075

Inspection spéciale 2023-08-16

* Nom non officiel

1 MISE EN CONTEXTE

Le barrage Béram est sous l'administration provisoire de Revenu Québec. La Direction générale des barrages (DGB) a pour mandat de supporter Revenu Québec dans les activités de sécurité liées à ce barrage.

Une inspection spéciale a été réalisée le 16 août 2023 par les ingénieurs Yannick Dorval-Pigeon, William Pagé et Mélanie Lavoie de la DGB. L'objectif de cette inspection est de déterminer les actions à entreprendre afin de sécuriser le barrage.

2 OBSERVATIONS

Une fuite d'eau avec accumulation de sédiments au pied aval du talus a été observée vis-à-vis le centre de la résidence sise au 55 rue Béram. Lors de la visite, l'eau était claire et il ne semblait y avoir aucune présence de sédiment dans l'eau d'exfiltration. Un seuil jaugeur (#1) y est installé afin de mesurer le débit d'eau et l'augmentation de sédiments. Le delta de sédiments mesuré est de 0,60 m de largeur (gauche/droite) x 0,35 m de longueur (amont/aval) x 0,12 m de hauteur. La hauteur d'eau observé au seuil est de 2,6 cm.

Un deuxième seuil jaugeur (#2) est installé au pied d'un ensemble de fuites d'eau. La hauteur d'eau observée est de 2,3 cm. Aucune trace de sédiments n'y est notée. L'eau d'exfiltration est également claire.

Plusieurs autres fuites avec un débit moindre et sans sédiment ont été observées au pied du talus. Celles-ci sont observées dans les premiers 0,60 m au pied du talus, et sont concentrées vis-à-vis les résidences sises au 55 et 57 rue Béram. On note une augmentation des fuites en direction de la conduite d'évacuation des eaux pluviales et du barrage.

Des algues bouchent la grille amont de l'évacuateur. Une estacade a été installée mais seule la partie amont touche à l'eau. L'estacade semble être inefficace pour la gestion des algues.

Plusieurs désordres structuraux d'une grande ampleur ont été observés au bâtiment du 57 rue Béram. Des désordres structuraux ont également été observés au bâtiment du 55 rue Béram, mais ceux-ci sont moins importants. Ces désordres font état de tassement important au niveau des remblais sous-jacent.

Les niveaux d'eau relevés dans les piézomètres au droit du barrage sont de 98,25 m (piézomètre amont) et de 98,20 m (piézomètre aval) pour un niveau du lac à 98,89 m en élévation locale.

Une visite sommaire du pourtour du lac a permis de constater que l'eau s'accumule dans les fossés de drainage des routes. Cette observation permet de conclure que la nappe phréatique est relativement haute dans le secteur.

3 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Pour limiter l'érosion interne, le niveau d'eau du lac Béram ne doit pas être remonté. Les variations de niveau d'eau sont également à proscrire dans la mesure où il est possible de gérer les crues avec les installations actuelles. La fréquence des inspections spéciales peut être réduite à une fois par semaine tant que le niveau d'eau est contrôlé et non rehaussé. Le débit d'exfiltration, la présence de sédiments et les niveaux piézométrique doivent être vérifiés à chaque visite. Ces inspections hebdomadaires peuvent être réalisées par un gardien de barrages et les observations doivent être transmises à un ingénieur pour analyse. Une inspection spéciale doit être réalisée mensuellement par un ingénieur. Si une modification du comportement de la digue est notée, notamment par l'apparition ou l'augmentation d'exfiltrations ou de sédiments, il est recommandé de déclencher le plan de mesure d'urgence. Également, une inspection spéciale supplémentaire doit être réalisée lors de crue supérieure à une récurrence de 1 :2 ans. L'ensemble de ces mesures doit être poursuivi jusqu'à la vidange complète du réservoir mentionnée ci-dessous, leur fréquence devra être réévaluée avec l'évolution de la situation.

La réalisation de travaux de stabilisation pour contrer l'érosion interne ou une démolition de l'ouvrage est recommandé. Afin d'éliminer tout risque de rupture de la digue causé par la retenue du réservoir, celui-ci devra être vidangé complètement jusqu'à la réalisation des travaux. Comme la nappe phréatique est élevée dans le secteur et que le pied du talus a été excavé, il est possible que des fuites d'eau avec sédiments continuent d'être observées au pied aval après l'abaissement du plan d'eau. Le tassement du remblai pourrait également être accéléré en raison de l'abaissement de la nappe phréatique dans le remblai causé par l'abaissement du réservoir.

Le plan de mesure d'urgence déclenché le 26 juillet 2023 peut être fermé considérant que l'abaissement du lac sera réalisé prochainement. Néanmoins, comme mentionné ci-haut, il devra être réouvert si une modification du comportement est constatée.

Un nettoyage quotidien de la grille amont doit être réalisé afin d'assurer le contrôle du niveau d'eau.

Par ailleurs, il est recommandé d'inscrire le numéro des seuils jaugeurs sur ceux-ci afin d'en faciliter le suivi.

Les recommandations ci-haut concernent exclusivement l'enjeu de sécurité au barrage Béram. L'enjeu d'instabilité des bâtiments causé par les tassements excessifs du remblai n'a pas été traité ici et devra faire l'objet d'analyse par les autorités compétentes et d'un suivi auprès des résidents.

Mélanie Lavoie, ing. (no OIQ : 141790)

Direction générale des barrages
Division du suivi de l'état et du comportement
Le 18 août 2023

CAPACITÉ D'ÉVACUATION ET ABAISSEMENT DU SEUIL

BARRAGE BÉRAM* (X0004075)

*Nom non officiel

1 MISE EN CONTEXTE

Le plan de mesures d'urgences (PMU) du barrage Béram a été déclenché le 26 juillet 2023 après que des venues d'eau avec transport de sédiments aient été observées au pied aval de l'ouvrage. Plusieurs actions ont ensuite été entreprises afin de sécuriser l'ouvrage à court terme, dont la vidange du réservoir et l'abaissement du seuil fixe de 1,15 m par rapport à son niveau précédent. Le PMU a été fermé le 21 août 2023 conditionnellement à ce que le lac Béram soit abaissé de nouveau afin de le maintenir au niveau minimal possible pour limiter l'érosion interne et assurer la sécurité de l'ouvrage (MELCCFP, 2023).

L'objectif de cette note technique est donc de déterminer le niveau auquel le seuil fixe devrait être abaissé, d'évaluer si un élargissement du seuil permettrait de maintenir un niveau plus bas et de préciser si un renforcement de la structure est requis à la suite de l'abaissement du seuil.

2 MÉTHODOLOGIE

Puisque l'objectif est de maintenir le lac à son niveau minimal possible, la cote de 34.3 m est étudiée pour l'abaissement du seuil. Celle-ci correspond au niveau auquel les sédiments s'accumulent en amont du barrage.

Afin de bien caractériser les niveaux anticipés au lac Béram en cas de crues, il est nécessaire d'analyser la capacité d'évacuation de l'ouvrage en régime non-permanent. Pour ce faire, il faut d'abord estimer les débits de crues pour différentes périodes de récurrences. Puis, des hydrogrammes de crues doivent être produits afin d'évaluer comment les débits de crues se décomposent dans le temps. Finalement, il faut laminier ces ondes de crues en considérant la capacité des appareils d'évacuation en place et la capacité d'emménagement du réservoir.

Ces analyses ont été effectuées pour la configuration actuelle du barrage Béram, puis pour celle anticipée avec le seuil abaissé une seconde fois.

2.1 DÉBITS DE CRUES

Le bassin versant du barrage Béram* a une superficie de 0,6 km² et est principalement anthropique. Les débits de crues pour ce bassin versant ont été déterminés à l'aide de la

méthode rationnelle (MTMD, 2020). Les détails de ces calculs sont présentés en annexe A. Il est important de noter que cette méthode calcule des débits de crues générés par des précipitations seulement. La fonte de la neige n'y est pas prise en compte. L'hypothèse inhérente à cette méthode est que pour un petit bassin versant comme celui du barrage Béram, les précipitations généreront les plus fortes crues. Dans le cas du barrage Béram, cette hypothèse est largement justifiée par la faible superficie (0.6 km²) et le fait que l'occupation du territoire soit à 68.8% anthropique, ce qui indique un fort ruissellement.

2.2 HYDROGRAMME SYNTHÉTIQUE

Afin de caractériser la variation du débit en fonction du temps pour les différentes périodes de récurrences, des hydrogrammes synthétiques ont été calculés à partir de l'hydrogramme unitaire adimensionnel du Soil Conservation Service (SCS, 1972). Le temps de concentration (tc) calculé lors de l'application de la méthode rationnelle à l'étape 2.1 (voir annexe A) a été considéré égal au temps de pointe (tp) pour le calcul des hydrogrammes synthétiques. Cette variable est évaluée à 59 minutes pour le bassin versant à l'étude et représente le temps que prendra l'eau de ruissellement pour parcourir la distance entre le point le plus éloigné de l'exutoire et ce dernier. Autrement dit, le temps requis pour que toute la superficie du bassin versant participe à l'écoulement au site à l'étude.

2.3 LAMINAGE DE L'ONDE DE CRUE

Les niveaux au lac Béram ont été calculés à l'aide d'un bilan hydrique basé sur la loi de conservation de la masse selon laquelle la variation temporelle du volume emmagasiné (S) est fonction des débits entrants (Q_E) et sortant (Q_S), soit :

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = Q_E - Q_S$$

La variation de volume dans le réservoir en fonction du niveau est connue grâce au relevé LiDar effectué le 7 août 2023, après que le lac Béram ait été vidangé en urgence pour assurer la sécurité de l'ouvrage. Étant donné que le niveau était très bas, ce relevé fait état de la bathymétrie du lac Béram. La figure 1 présente la courbe d'emmagasinement du lac Béram.

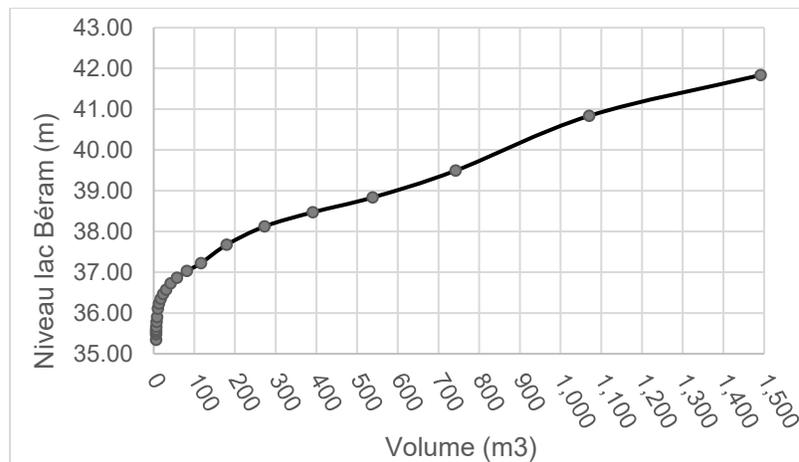


Figure 1 – Courbe d'emmagasinement du lac Béram

Les débits sortants sont déterminés en fonction de la géométrie des appareils d'évacuation. Toutefois, il est important de noter que le débit sortant est limité par la conduite d'évacuation qui achemine l'eau de la chambre des vannes jusqu'au trou d'hommes à 0,235 m³/s. Ce débit a été estimé à l'aide des abaques du Manuel de conception des ponceaux (MTMD, 2020) pour une conduite circulaire en acier coulant pleine. Cette limitation a été prise en compte dans le laminage. Pour des débits inférieurs à 0.235 m³/s, c'est le seuil fixe qui contrôle le niveau du lac Béram. Les débits évacués par cet appareil d'évacuation sont calculés à partir de l'équation suivante (adaptée de Smith, 1995) :

$$Q = CLH^{3/2}$$

Les caractéristiques géométriques des appareils d'évacuation du barrage Béram sont présentées au tableau 1.

Tableau 1 – Caractéristiques des appareils d'évacuation

Déversoir fixe		Conduite no 1 en acier (n=0.013) (chambre des vannes – trou d'homme)	
Largeur, L (m)	0.64	Diamètre (m)	0.4064
Coefficient de déversoir, C	1.99	Longueur (m)	12
Élévation actuelle du seuil (m)	35.47	Élévation amont (m)	33.94
Pente des côtés, m	1 (vertical)	Élévation aval (m)	33.80
Élévation projetée du seuil (m)	34.3 m	Débit maximal (m³/s)	0.235

Pour les fins du calcul de laminage, il a été considéré que le niveau initial du réservoir, avant chaque événement de crue, était égal à l'élévation du seuil fixe. Également, les deux valves de fond sont considérées fermées pour tous les calculs réalisés et le faible écoulement qui peut être observé en raison du manque d'étanchéité est négligé.

Les calculs ont été effectués pour la géométrie actuelle du barrage (seuil à l'élévation 35.47 m), puis pour la géométrie projetée (seuil abaissé à l'élévation 34.3 m) afin d'évaluer l'impact de cette intervention sur les niveaux du lac.

3 LIMITATIONS

Il est important de noter que les informations relatives à la géométrie du barrage n'ont pas fait l'objet d'un relevé exhaustif et aucun plan du barrage n'est disponible. Elles ont fait l'objet de plusieurs relevés arbitraires qui ont pu être rattachés au système de référence altimétrique CGVD28 par l'entremise du Modèle numérique de terrain disponible via l'inventaire écoforestier du Québec (MRNF, 2021) par la technologie LiDar. Il y a une incertitude sur ces valeurs qui peut apporter une variation des débits et des niveaux observés par rapport à ce qui est calculé.

Les niveaux calculés sont valides pour des écoulements à surface libre et ne s'appliquent pas dans le cas où le déversoir serait obstrué par des débris ou en conditions de couvert de glace.

De plus, les apports intermédiaires dans le trou d'homme provenant du drainage du quartier résidentiel au nord du lac d'Or n'ont pas pu être évalués par manque d'informations et ont par conséquent été négligés. Sans considérer ces apports, c'est la conduite qui achemine l'eau de la chambre des vannes jusqu'au trou d'homme qui limite le plus la capacité d'évacuation. Toutefois, il est possible que ce soit la conduite qui achemine l'eau du trou d'homme jusqu'au fossé qui limite en réalité l'écoulement lorsque les apports de drainage sont plus grands. Dans ce cas, les niveaux au lac Béram pourraient être plus élevés que ceux calculés.

4 RÉSULTATS

4.1 HYDROGRAMMES DE CRUES

Les débits de crues estimés au barrage Béram se décomposent dans le temps de la manière présentée à la figure 2.

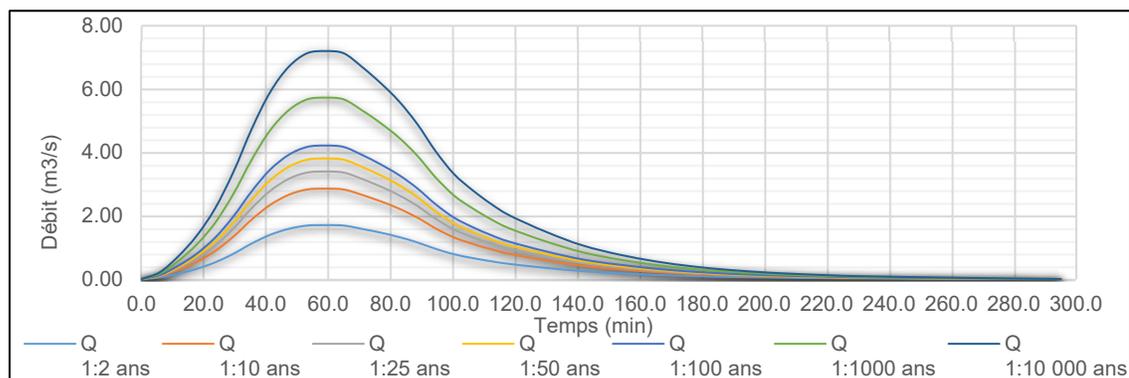
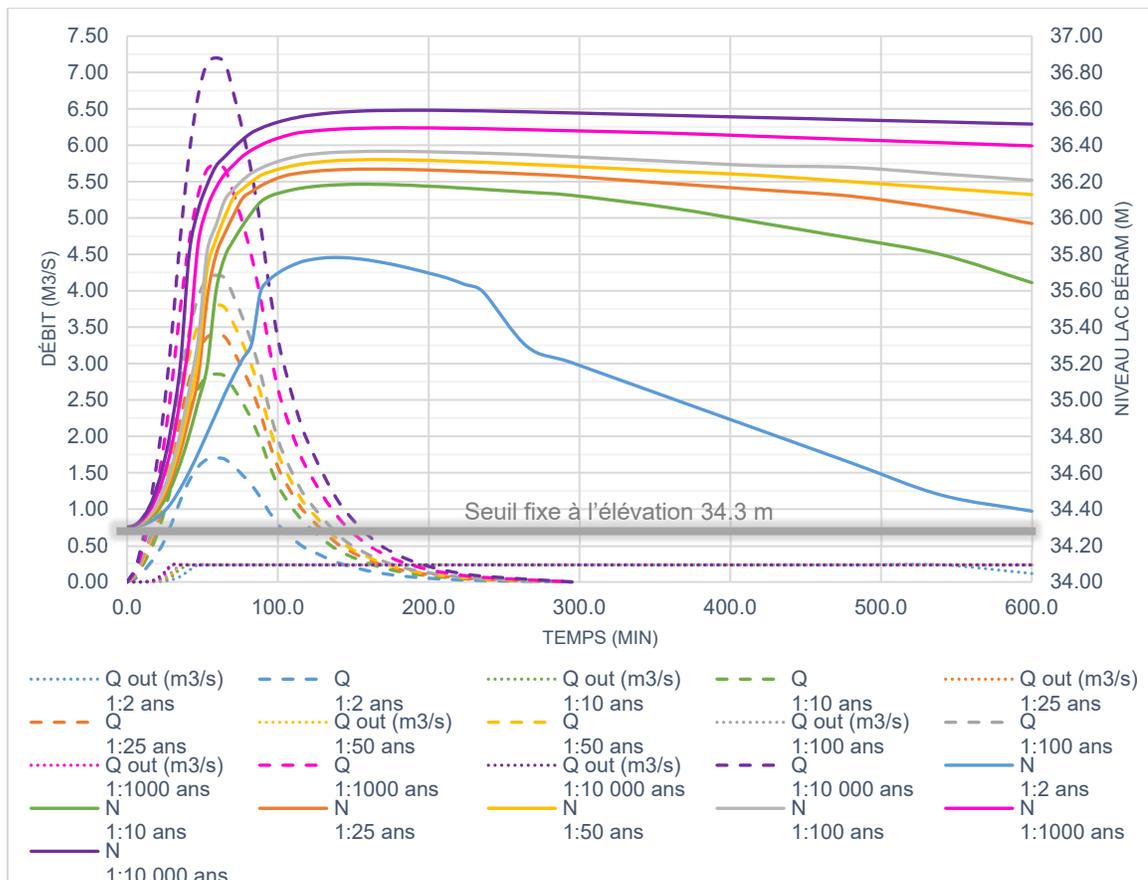


Figure 2 – Hydrogrammes synthétiques de crues au barrage Béram



5 ANALYSE

5.1 ABAISSEMENT DU SEUIL

L'abaissement du seuil à l'élévation de 34.3 m n'empêchera pas le niveau du lac Bérém de monter en raison de la capacité d'évacuation limitée de la conduite qui achemine l'eau de la chambre des vannes jusqu'au trou d'homme. Toutefois, cela permettra de maintenir le niveau du lac plus bas en conditions normales et de limiter les variations lors de faibles épisodes de précipitations.

En périodes de crues, le niveau maximum atteint sera diminué de 39 centimètres et moins, selon l'ampleur de la crue. Le tableau 2 présente la diminution anticipée des niveaux maximaux en crue lorsque le seuil sera abaissé.

Tableau 2 – Niveaux maximaux au lac Béram

Période de récurrence	Niveau max géométrie actuelle (seuil à 35.47 m)	Niveau max géométrie projetée (seuil à 34.3 m)	Différence (m)
2	36.18	35.78	0.39
10	36.34	36.19	0.15
25	36.39	36.27	0.12
50	36.43	36.32	0.11
100	36.47	36.37	0.10
1000	36.57	36.50	0.07
10000	36.66	36.59	0.07

5.2 ÉLARGISSEMENT DU SEUIL

L'élargissement du seuil fixe a été étudié et cela n'aurait pour effet que d'accélérer la montée du niveau du lac. Il n'est donc pas jugé pertinent de procéder à cette modification.

5.3 CATÉGORIE ADMINISTRATIVE

Le barrage Béram a une capacité de retenue évaluée à 5 385 m³ depuis l'abaissement de son seuil à la cote de 35.47 m. En abaissant le seuil d'une hauteur supplémentaire de 1.17 m, la capacité de retenue est estimée à 1 422 m³. Ce barrage pourrait donc faire l'objet d'une demande de reclassement auprès de la Direction de la sécurité des barrages du MELCCFP pour appartenir à la catégorie des barrages à Faible Contenance.

6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'analyse de la capacité d'évacuation du barrage Béram en régime non-permanent a permis de déterminer qu'un abaissement du seuil à la cote 34.3 m, soit 1.17 m plus bas que le niveau actuel du seuil, permettra de maintenir le niveau du lac Béram à son plus bas et de limiter les variations du niveau en conditions normales. En conditions de crues, le niveau du lac se verra augmenté, mais d'une moins grande ampleur que sous les conditions actuelles. L'élargissement du seuil n'est pas requis.

Par ailleurs, un renforcement de la structure sera requis afin de solidariser le haut du mur pour compenser l'affaiblissement de la structure causé par le découpage du béton.

7 RÉFÉRENCES

MELCCFP, 2023. *Barrage Béram* X0004075 Inspection spéciale 2023-08-16*. Direction générale des barrages (DGB) Rédigé par Mélanie Lavoie, Ing. 18 août 2023.

MTMD, 2020 (inclut la révision 2021). *Manuel de conception des ponceaux*. Direction générale des structures. Décembre 2020.

Soil Conservation Service (SCS), 1972. Hydrology. *National Engineering handbook*, Supplement A, Section 4. Washington DC, p. mult.

SMITH, C.D., 1995. Hydraulic Structures, Chapter 2, University of Saskatchewan Printing Services and Universal Bindery, Saskatoon.

Geneviève Labrecque, ing. M.Sc. A. (no OIQ : 5071833)

Direction générale des barrages
Division des études
Le 31 août 2023

ANNEXE A

NOTE DE CALCULS – MÉTHODE RATIONNELLE

Barrage: Béram

X0004075

Objet: Méthode rationnelle

Calculé par : Geneviève Labrecque

Véifié par :

Date: 8/7/2023

1. Objectifs

Cette note de calculs a pour but de déterminer les débits de crues pour des récurrences de 2 à 10 000 ans par combinaison de la méthode rationnelle et d'ajustement de la loi statistique log-normale. Les points abordés dans cette note sont :

- les caractéristiques du bassin versant (taille, pente, longueur du cours d'eau, coefficient de ruissellement, etc.);
- les courbes intensité-durée-fréquence (IDF) de précipitation;
- le temps de concentration;
- le débit de pointe;
- les périodes de retour;
- la loi statistique log-normale.

Les hypothèses retenues pour cette analyse sont :

- le bassin versant à l'étude est situé au Québec;
- le bassin versant a moins de 25 km²;
- les données de débits et de précipitations s'ajustent à la loi log-normale.

2. Méthodologie

2.1 Temps de concentration

Le temps de concentration est le temps théorique requis pour que l'eau de ruissellement parcourt la distance entre le point le plus éloigné de l'exutoire et ce dernier. Le temps de concentration varie en fonction de la distance à parcourir, de la pente du terrain, du type de sol et de la végétation. Afin de calculer le temps de concentration, on utilise l'une ou l'autre des équations ci-dessous en tenant compte des critères suivants.

$$\left\{ \begin{array}{l} t_c = \frac{3.26(1.1 - C_p)L_c^{0.5}}{S_c^{0.33}} \quad \text{Éq. 1} \\ t_c = \frac{0.057 L_c}{S_c^{0.2} A_b^{0.1}} \quad \text{Éq. 2} \end{array} \right.$$

si $C_p < 0.2$, $S_{c \min} = 0.1\%$

si $0.2 < C_p < 0.4$, $S_{c \min} = 0.5\%$

$t_{c \min} = 10 \text{ min}$

Paraph :



Barrage: Béram

X0004075

Objet: Méthode rationnelle

Calculé par : Geneviève Labrecque

Vérifié par :

Date: 8/7/2023

où : t_c est le temps de concentration (min);
 C_p est le coefficient de ruissellement du bassin versant;
 L_c est la longueur du cours d'eau principal (m);
 S_c est la pente du cours d'eau principal (%);
 A_b est l'aire du bassin versant (ha).

2.2 Débits de pointe

Les débits de pointe des crues de récurrence de 2 à 100 ans sont calculés à l'aide de l'équation ci-dessous.

$$Q = \frac{C_p \cdot F_L \cdot I \cdot A_b}{3,6} \quad \text{Éq. 3}$$

où :

- Q est le débit de pointe estimé (m³/s);
- C_p est le coefficient de ruissellement du bassin versant;
- F_L est le facteur de laminage;
- I est l'intensité de précipitation (mm/h);
- A_b est l'aire du bassin versant (km²).

Afin de déterminer la pointe des crues de récurrence de 1000 ans et 10 000 ans, la loi statistique log-normale est ajustée aux débits. L'intensité de précipitation pour ces récurrences est déterminée de la même façon.

3. Données hydrauliques

3.1 Caractéristique du bassin versant à l'étude

Le tableau 1 suivant résume les principales caractéristiques du bassin versant du barrage à l'étude. La figure 1 présente quant à elle la carte de ce bassin. La topographie utilisée provient des données LiDar à une résolution de 1 mètre carré (MRNF, 2018).

Tableau 1 - Caractéristiques du bassin versant à l'étude

Superficie du bassin versant - A_b (km ²)	0.6
Superficie des lacs - A_l (km ²)	0.07
Superficie des marécages - A_m (km ²)	0.00
Longueur du cours d'eau principal - L_c (km)	0.8
Pente « 85-10 » du cours d'eau principal - S_c (%)	0.03
Pente moyenne du bassin versant - S (%)	5.6

Paraph : 

Barrage: Bérám

X0004075

Objet: Méthode rationnelle

Calculé par : Geneviève Labrecque

Vérifié par :

Date: 8/7/2023

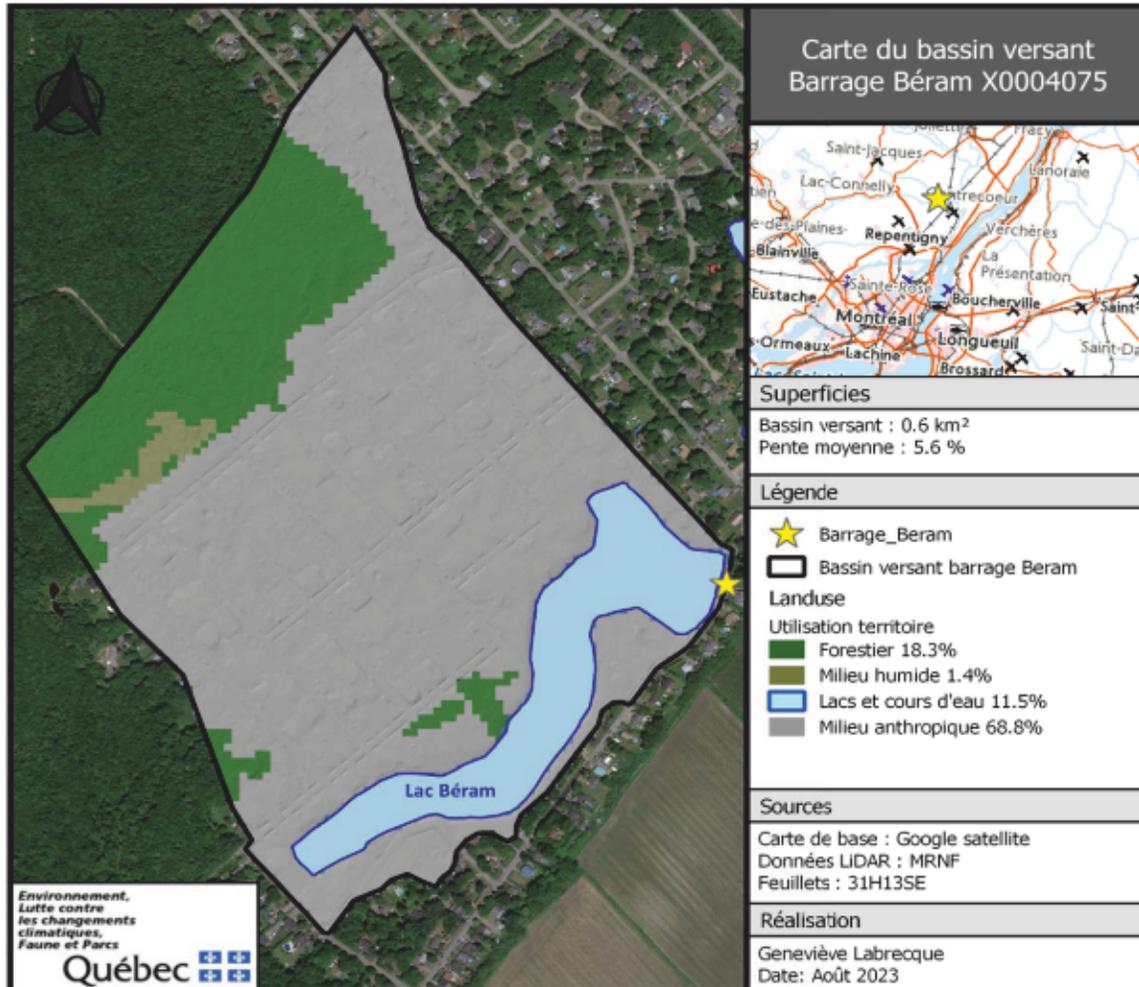


Figure 1 - Carte du bassin versant du barrage à l'étude

La nature des sols est évaluée à partir de la carte des dépôts de surface à l'échelle 1 : 50 000 provenant de la carte écoforestière du Québec (MRNF, 2022). La figure 2 suivante présente la carte de la nature du sol du bassin versant du barrage à l'étude. Il est à noter qu'aucune donnée de dépôt de surface n'est disponible pour la surface du bassin versant occupée par des activités anthropiques et le lac Bérám. Un dépôt de surface de type 5S a donc été pris en compte pour l'entièreté du bassin versant. Cette hypothèse est justifiée puisque les dépôts de surface autour du bassin versant à l'étude sont tous de type 5S.

Paraph : GL

Direction générale des barrages

Barrage: Béram

X0004075

Objet: Méthode rationnelle

Calculé par : Geneviève Labrecque

Vérifié par :

Date: 8/7/2023

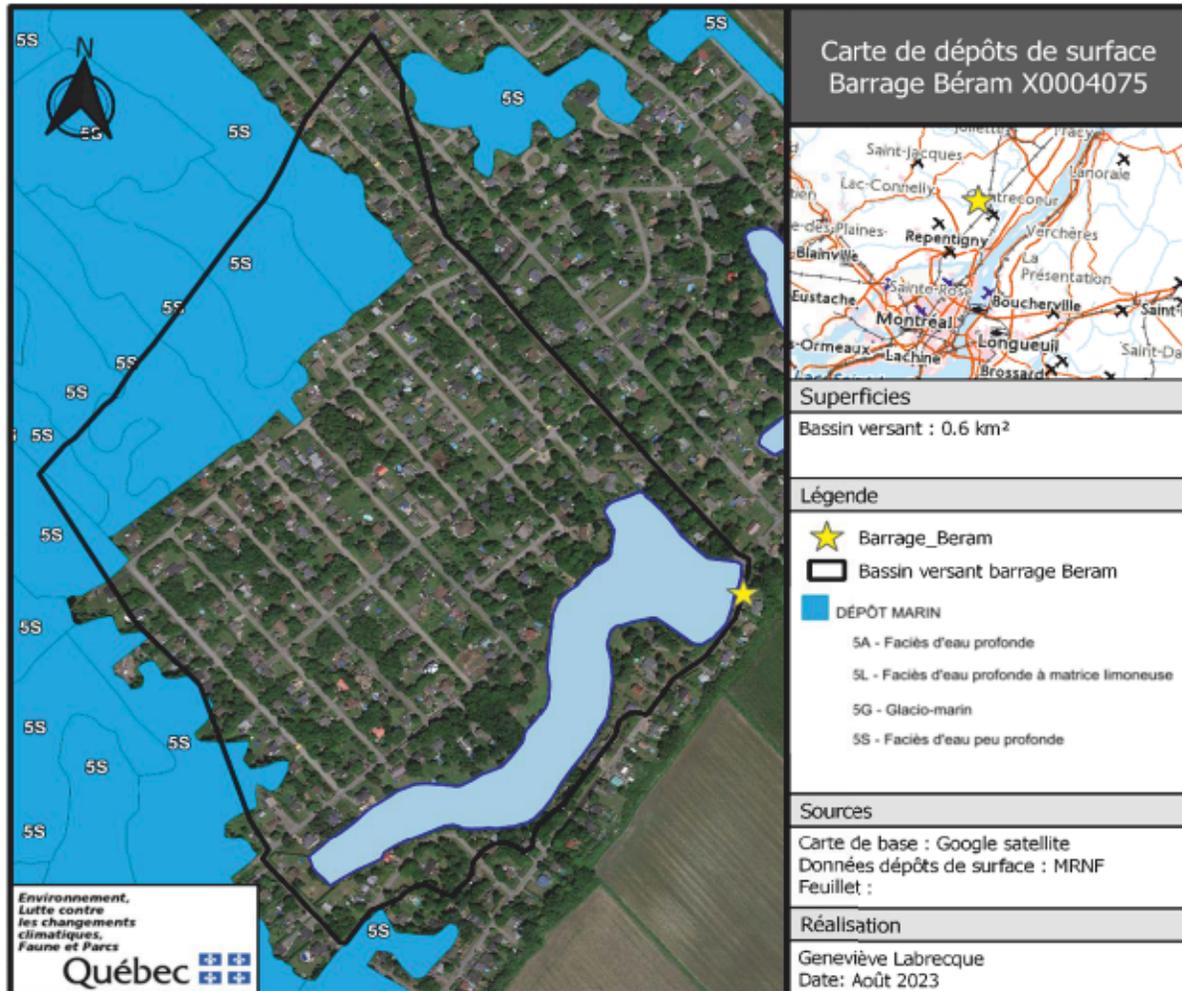


Figure 2 - Carte de la nature des sols du bassin à l'étude

La classification hydrologique du bassin versant du barrage à l'étude est la suivante : 100% BC

3.2 Coefficient de ruissellement

Pour déterminer le coefficient de ruissellement du bassin versant, une moyenne pondérée des coefficients des différentes zones de ce bassin est effectuée. Les valeurs utilisées proviennent du *manuel de conception des ponceaux* (MTQ, 2010). Le tableau 2 suivant présente les coefficients de ruissellement du barrage par type d'utilisation du territoire.

Paraph : GL

Direction générale des barrages

Barrage: Béram

X0004075

Objet: Méthode rationnelle

Calculé par : Geneviève Labrecque

Vérifié par :

Date: 8/7/2023

Tableau 2 - Coefficients de ruissellement par utilisation du territoire
pour le bassin versant du barrage

Utilisation du territoire	superficie (%)	C _p
Boisé	18.3	0.26
Pâturage	0.0	0.33
Culture	0.0	0.51
Urbain	68.8	0.80
Lac	11.5	1.00
Marais	1.5	0.05

Le coefficient de ruissellement du bassin versant du barrage est donc de : 0.71

3.2 Courbe Intensité-Durée-Fréquence

L'intensité de précipitation varie en fonction de la durée, de la fréquence des orages et de la position géographique du bassin versant. L'intensité des précipitations a été établie à partir des courbes IDF obtenues de la station L'Assomption, no 7014160 (ECCC, 2021). Ces courbes sont basées sur les données recueillies de 1963 à 2021 et ont fait l'objet d'une mise à l'échelle pour prendre en compte les changements climatiques, tel que recommandé par ECCC. Un scénario d'émissions modéré et la période de 2021 à 2051 ont été retenus. Le choix de la station est basé sur sa proximité et les caractéristiques géographiques par rapport au site à l'étude. Le tableau 3 présente les intensités de pluie pour différentes périodes de retour et temps de concentration, ainsi que celles du bassin versant obtenues par interpolation.

Tableau 3 - Intensité de la pluie à la station Assomption, ainsi qu'au bassin versant à l'étude

Réurrence (an)	1:2	1:10	1:25	1:50	1:100
Temps (min)	Intensité de la pluie à la station - I (mm/h)				
5	113.0	176.0	208.0	232.0	255.0
10	83.0	129.0	152.0	169.0	186.0
15	66.0	103.0	121.0	135.0	149.0
30	41.0	67.0	79.0	89.0	98.0
60	25.0	42.0	50.0	56.0	62.0
120	16.0	26.0	31.0	35.0	38.0
360	7.3	11.0	13.0	15.0	16.0
720	4.4	6.8	8.1	9.0	9.9
1440	2.5	3.9	4.5	5.1	5.5
t_c (min)	Intensité de pluie du bassin versant à l'étude (mm/h)				
59	25.7	43.2	51.4	57.5	63.7

Paraph : 

Direction générale des barrages

Barrage: Béram

X0004075

Objet: Méthode rationnelle

Calculé par : Geneviève Labrecque

Vérifié par :

Date: 8/7/2023

L'intensité de précipitation utilisée dans le calcul du débit de crue correspond à une durée égale au temps de concentration du bassin versant qui est de 59 min et à une période de retour choisie pour la conception de l'ouvrage.

3.3 Facteur de laminage

Lorsque la superficie des lacs et marécages représente une proportion importante du bassin versant, un laminage significatif se produit et doit être évalué. Ce coefficient de laminage (FL) est fonction de la proportion de lacs et marécages ainsi que de l'emplacement de ceux-ci sur le bassin. On distingue trois zones, soit une concentration au voisinage du site à l'étude (zone A), une répartition sur tout le bassin versant (zone B) et une concentration en tête de bassin versant (zone C). Le coefficient de laminage pour le site à l'étude est présenté à la figure 3 suivante.

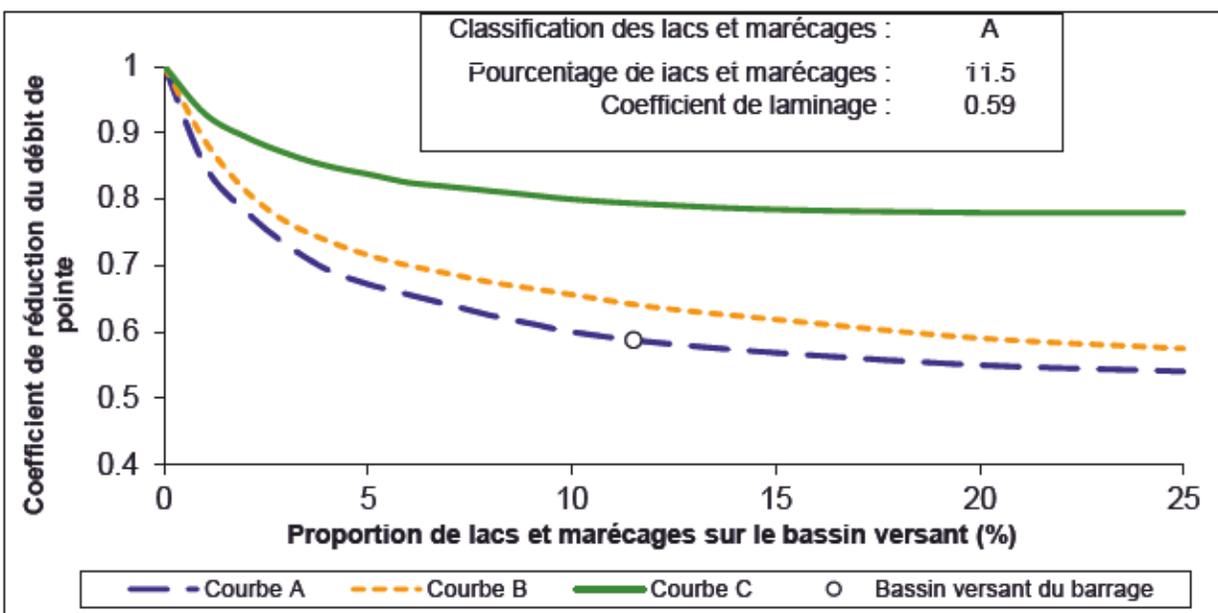


Figure 3 - Graphique des coefficients de réduction du débit de pointe

4. Résultats

L'équation 3 a permis de trouver les débits de pointes associés à des récurrences de 2 à 100 ans. La figure 4 suivante présente l'ajustement de la loi log-normale aux données de débits. Cet ajustement a permis de trouver les débits de récurrence de 1000 ans et 10 000 ans. Le tableau 4 présente les résultats obtenus, soit les précipitations et les débits de crues associés à différentes récurrences.

Paraph :

GL

Barrage : Béram

X0004075

Objet : Méthode rationnelle

Calculé par : Geneviève Labrecque

Vérifié par :

Date : 8/7/2023

Geneviève Labrecque, Ing., M. Sc. A.
(n° OIQ : 5071833)

6. Références

ENVIRONNEMENT CANADA. 08-2023. Données IDF des pluies de courte durée [Variables | Données Climatiques Canada — Données IDF des pluies de courte durée — undefined \(donneesclimatiques.ca\)](#)

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DES FORÊTS (2022). Cartographie du cinquième inventaire écoforestier du Québec méridional — Méthodes et données associées, ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, 129 p.

MRNF. Carte topographique 1/20 000. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune.

MTQ 2010. Manuel de conception des ponceaux. Ministère des Transports du Québec, Service de l'hydraulique.

Synthèse des analyses et interventions réalisées dans le cadre des mesures d'urgence au barrage Béram X0004075

1 MISE EN CONTEXTE

Le barrage Béram est un barrage de catégorie « forte contenance » avec un niveau de conséquences en cas de rupture évalué à « faible ». Le barrage est sous l'administration provisoire de Revenu Québec (RQ). La Direction générale des barrages (DGB) du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) a pour mandat de réaliser la surveillance et les interventions jugées urgentes pour les barrages sous l'administration de RQ.

Le 26 juillet 2023, le plan de mesures d'urgence (PMU) de la DGB a été activé pour le barrage Béram (X0004075). Le PMU a été déclenché en réponse à une inspection réalisée le 24 juillet 2023, où une venue d'eau avec transport de sédiments a été constatée au pied aval du barrage. Il s'agit d'un signe d'érosion interne de la digue, ce qui peut mener ultimement à la rupture du barrage.

Le 27 juillet 2023, la DGB a débuté des manœuvres afin d'abaisser le plan d'eau. Ces manœuvres ont mené à un abaissement permanent de 2,32 m du seuil du barrage pour éliminer les enjeux de sécurité liés à la retenue du lac Béram. Le PMU a été levé le 21 août 2023, conditionnellement à la réalisation des derniers travaux d'abaissement du seuil, qui ont eu lieu le 27 septembre 2023. La dernière inspection spéciale du barrage a eu lieu le 24 octobre 2023. Actuellement, le barrage n'assure presque aucune retenue.

Ce rapport vise à fournir un résumé descriptif des interventions entreprises lors de l'abaissement du lac Béram ainsi que des analyses réalisées qui ont justifié les interventions. Les conclusions sommaires des analyses sont également présentées.

2 SYNTHÈSE DES INTERVENTIONS

2.1 Travaux

Étant donné l'absence d'information quant à la composition et aux propriétés géotechniques de la digue du barrage, ainsi que sur le degré d'avancement de l'érosion interne, la première intervention fut d'abaisser le niveau du réservoir jusqu'à son minimum. Les vannes de fond étant obstruées depuis l'amont et ne pouvant pas être opérées adéquatement, le lac a été abaissé par pompage dès le 3 août. Le premier abaissement du lac a pris fin le 4 août. L'eau du lac a été pompée à quelques reprises

par la suite lorsque le niveau était jugé trop haut ou pour permettre la réalisation de travaux.

Le seuil de béton du barrage a été abaissé de 1,15 m de manière permanente une première fois le 10 août. Le seuil a été abaissé à nouveau de 1,17 m par sciage de béton le 27 septembre, tel que recommandé à la suite de l'inspection spéciale du 16 août, afin de garantir une vidange permanente du lac. Au même moment, la structure de béton est renforcée par l'ajout d'une structure métallique, tel que recommandé dans l'étude hydraulique ayant servi à évaluer l'impact hydraulique de cet abaissement.

2.2 Interventions fauniques

Un relevé LiDAR et un survol du lac en drone ont été effectués le 7 août (MELCCFP, 2023e) afin de compléter la collecte d'informations nécessaires pour comprendre la dynamique de l'écosystème et pour observer et évaluer les impacts environnementaux inhérents à l'abaissement du réservoir. De plus, comme il n'y avait pas d'information disponible sur les espèces de poissons présentes dans le lac, cela a permis d'en confirmer la présence.

Une tentative de relocalisation des poissons réalisée le 11 août s'est avérée infructueuse en raison de la nature des espèces récoltées, qui étaient majoritairement des carassins dorés (poissons rouges) et quelques barbottes brunes. À la demande de la Direction de la gestion de la faune de Lanaudière, aucun poisson n'a été relocalisé.

3 SYNTHÈSE DES ACTIVITÉS DE SURVEILLANCE ET D'INVESTIGATION

3.1 Collecte de données

Aucun plan de construction ou relevé détaillé d'arpentage n'était disponible pour cet ouvrage au moment où le PMU a été déclenché. Des relevés sommaires de l'ouvrage et du système de conduites d'évacuation en aval ont donc été effectués et ont pu être rattachés au système de référence altimétrique CGVD28 grâce aux données LiDAR du MRNF (MFFP, 2018). Ces informations ont été utiles aux analyses hydrauliques qui ont dû être réalisées.

Également, un relevé par drone effectué le 11 août 2023 a permis d'obtenir un modèle numérique de terrain pour le lac Béram, permettant de caractériser sa capacité d'emmagasinement.

3.2 Inspections et suivi

La première inspection spéciale du barrage reliée aux résurgences avec transport de sédiments au pied aval a eu lieu le 24 juillet 2023 (MELCCFP, 2023a). La présence du phénomène a été confirmée à ce moment. Le PMU est déclenché le 26 août en réponse à cette observation.

D'autres inspections ont eu lieu les 27 et 28 juillet, ainsi que le 1^{er} août. La tenue d'inspections quotidiennes a débuté le 3 août, et ce jusqu'au 16 août. Une note technique (MELCCFP, 2023c) consignait plusieurs recommandations quant à la gestion du réservoir est produite à la suite de l'inspection du 16 août. Notamment, il est décidé de réduire la fréquence des inspections à une par semaine, avec une visite d'ingénieur à chaque mois.

La dernière inspection spéciale au barrage a été réalisée le 24 octobre 2023, soit lorsqu'il a été constaté que le barrage se comportait adéquatement et que des interventions supplémentaires n'étaient plus nécessaires pour maintenir le niveau du réservoir bas.

L'ensemble des inspections avaient pour but d'assurer un suivi de l'état et du comportement du barrage et, lorsque les instruments de mesure ont été mis en place, de relever les niveaux d'eau du lac, des seuils jaugeurs et des piézomètres, ainsi que de mesurer les dimensions du delta de sédiments formé à la sortie des résurgences.

3.3 Tests à la fluorescéine

Un test à la fluorescéine a été effectué lors de l'inspection du 24 juillet en amont du barrage, afin de détecter un écoulement préférentiel dans le remblai de l'ouvrage. Aucune aspiration d'eau à l'amont ou trace de fluorescéine dans les résurgences n'a été observée. Conséquemment, le test n'a pas permis de conclure sur la présence ou l'absence d'écoulement préférentiel dans l'ouvrage en remblai.

De la fluorescéine a également été utilisée le 28 juillet afin de déterminer si la présence d'une conduite dans le remblai faisant surface au sommet du talus, directement au-dessus de la première venue d'eau, pouvait expliquer la présence de la résurgence. La fluorescéine a été introduite dans la conduite et n'est pas ressortie par la résurgence, permettant d'affirmer que la venue d'eau n'est pas causée par la présence de cette conduite.

Enfin, de la fluorescéine a été utilisée afin de comprendre le fonctionnement du système de valves du déversoir du barrage, soit de déterminer comment ouvrir et fermer les valves et d'identifier le chemin emprunté par l'eau. Cette fluorescéine a par la suite emprunté la conduite d'évacuation du barrage jusqu'à l'aval.

3.4 Appareils de mesure

Des seuils jaugeurs permettant de mesurer le débit des 2 zones de venues d'eau identifiées au pied aval du barrage et l'accumulation de sédiments provenant de l'érosion interne du remblai, ainsi qu'une échelle limnimétrique permettant de mesurer le niveau du réservoir ont été installés le 3 août.

Deux forages ont été effectués en collaboration avec le MTMD le 8 août en crête de la digue. Le premier forage (MTMD, 2023a) est situé directement à l'amont de la rue Béram, dans l'axe de la résurgence avec transport de sédiments. Le deuxième forage (MTMD, 2023b) est situé à l'aval du premier, dans le stationnement de la résidence du 55 rue Béram.

Des piézomètres ont été installés dans les trous de forage, permettant de mesurer les niveaux d'eau dans le remblai et de les comparer au niveau du réservoir. Un relevé d'arpentage sommaire a été réalisé le 16 août afin de relier les élévations des piézomètres et d'un point de référence du barrage à partir duquel l'élévation du seuil de béton et le niveau du lac sont mesurés.

3.5 Inspection par caméra des conduites aval du barrage

Deux conduites permettent d'acheminer l'eau ayant franchi le seuil du barrage jusqu'au pied aval. Une première conduite relie la chambre des vannes, soit le caisson de béton où s'accumule l'eau ayant franchi le seuil de béton ou les vannes de fond, à un trou d'homme qui se trouve à l'aval de la rue Béram, et une deuxième récolte l'eau qui s'accumule dans le trou d'homme et se déverse à la mi-hauteur de la pente aval de la digue, dans un fossé de drainage. Une conduite municipale provenant de la gauche du barrage se déverse également dans le trou d'homme, ce qui augmente la charge évacuée par la deuxième conduite du barrage et la quantité d'eau se déversant au pied aval.

Une inspection par caméra des conduites a eu lieu le 14 août 2023 (MELCCFP, 2023b). L'inspection avait pour but d'évaluer l'étanchéité du système de conduites d'évacuation du barrage Béram.

Il a été observé que la conduite d'évacuation amont est en bon état généralement, mais qu'un joint est légèrement ouvert en son centre. La conduite d'évacuation aval est en très bon état. Les jonctions entre les conduites et la chambre des vannes et le trou d'homme ne sont pas entièrement étanches. Le trou d'homme lui-même n'est pas étanche non plus.

La capacité d'évacuation du système de conduites est jugée insuffisante. La conduite d'évacuation globale reprend l'eau du barrage en plus de celle drainée par les quartiers résidentiels autour du lac d'Or et du lac Béram. Cela a pour effet de mettre le système sous pression en cas de crue. L'eau doit alors chercher à s'évacuer par les points faibles identifiés.

Il est recommandé d'étanchéiser le système de conduites d'évacuation ou de le remplacer, ainsi que de rediriger le drainage des quartiers résidentiels pour que l'eau ne s'évacue pas par l'exutoire du barrage Béram, ou alors d'augmenter la capacité d'évacuation globale du système de conduite, ou encore de rediriger l'exutoire du barrage. De plus, si le barrage est remis en fonction, il est recommandé de continuer à suivre l'évolution des venues d'eau pour voir si un lien clair peut être établi entre elles et les fuites du système d'évacuation lorsqu'il est sous pression.

3.6 Inspection de fin de PMU

L'inspection spéciale du 16 août 2023 (MELCCFP, 2023c) avait comme but de déterminer les actions à entreprendre afin de sécuriser le barrage. Cette inspection a été réalisée à la suite du premier abaissement du seuil de béton du barrage.

Les venues d'eau et le delta de sédiments ont été observés et quantifiés lors de l'inspection. Des désordres structuraux d'une grande ampleur ont été observés au bâtiment du 57 rue Béram, et des désordres structuraux moins importants ont été observés au bâtiment du 55 rue Béram. Ces désordres font état de tassements importants au niveau des remblais sous-jacents. Une visite sommaire du pourtour du lac a permis de constater que l'eau s'accumule dans les fossés de drainage des rues, signifiant que la nappe phréatique est relativement haute dans le secteur.

Pour limiter l'érosion interne du remblai, il est recommandé de ne pas remonter le niveau d'eau du lac Béram et d'éviter les variations de niveau d'eau. La fréquence des inspections est revue à la baisse, à condition que le niveau d'eau demeure contrôlé et non rehaussé.

La réalisation de travaux de stabilisation pour contrer l'érosion interne ou une démolition de l'ouvrage est recommandée. Le lac doit être vidangé complètement jusqu'à la réalisation des travaux afin d'éliminer tout risque de rupture de la digue causé par la retenue du réservoir. En raison du niveau élevé de la nappe phréatique dans le secteur, les fuites d'eau avec sédiments pourraient continuer d'être observées au pied aval après l'abaissement du plan d'eau. Le tassement du remblai pourrait également être accéléré en raison de l'abaissement de la nappe phréatique dans le remblai causé par l'abaissement du réservoir. L'enjeu d'instabilité des bâtiments causé par les tassements excessifs du remblai n'a pas été traité lors de l'inspection et doit faire l'objet d'analyses par les autorités compétentes et d'un suivi auprès des résidents.

Le PMU déclenché le 26 juillet 2023 est fermé le 21 août suite au dépôt du rapport d'inspection, conditionnellement à ce que le lac soit vidangé complètement dès que possible, et ce jusqu'à la réalisation de travaux correctifs ou à la démolition de l'ouvrage. Les inspections devront être poursuivies minimalement jusqu'à l'atteinte de cette vidange.

4 SYNTHÈSE DES ANALYSES

4.1 Analyses hydrologiques et hydrauliques

Quelques validations hydrauliques préliminaires ont été faites avant le premier abaissement du seuil de béton du barrage avec la quantité d'information disponible limitée au moment de leur réalisation. Une analyse plus rigoureuse (MELCCFP, 2023d) a été réalisée préalablement au deuxième abaissement du seuil pour déterminer le niveau du seuil fixe permettant de maintenir le niveau du lac le plus bas possible. Cette analyse a également permis d'évaluer si un élargissement du seuil permettrait de maintenir un niveau plus bas et de préciser si un renforcement de la structure était requis à la suite de l'abaissement du seuil.

Un abaissement supplémentaire de 1,17 m du seuil a été analysé. L'élévation du seuil abaissé correspondrait ainsi à l'élévation à laquelle les sédiments s'accumulent en amont, soit quelques centimètres au-dessus des vannes de fond du barrage. Il a été

déterminé que cet abaissement permettrait de maintenir le niveau du lac Béram à son plus bas et de limiter les variations du niveau en conditions normales, tel que recommandé dans le rapport d'inspection du 16 août 2023 (MELCCFP, 2023c) ayant mis fin à la mesure d'urgence. En conditions de crues, le niveau du lac se verrait tout de même augmenté, mais d'une moins grande ampleur que si le seuil n'était pas abaissé à cette nouvelle élévation. L'élargissement du seuil n'a pas été recommandé puisqu'il aurait eu pour seul effet d'accélérer la montée du niveau du lac Béram, étant donné la limitation de la capacité d'évacuation par le système de conduites en place en aval du seuil. Un renforcement de la structure a été jugé requis afin de solidariser le haut du mur pour compenser l'affaiblissement de la structure causé par le découpage du béton.

Étant donné la conception déficiente de l'ouvrage, la limitation de la capacité d'évacuation par le système de conduites en aval, le manque d'informations relatives au drainage des quartiers résidentiels adjacents qui se déverse dans le système de conduites et l'incertitude élevée sur les résultats des analyses hydrologiques et hydrauliques, un rehaussement du seuil et par conséquent, du niveau du lac, n'est pas recommandé. Effectivement, cela pourrait mener à un débordement en crête de l'ouvrage en conditions de crues.

Par ailleurs, l'ouvrage pourrait faire l'objet d'une demande de reclassement auprès de la DSB pour être catégorisé à « faible contenance » étant donné sa capacité de retenue évaluée à 1422 m³ à l'élévation du seuil de 34,30 m.

4.2 Analyses géotechniques

Les forages réalisés en crête du remblai (MTMD, 2023a ; MTMD, 2023b) ont permis de caractériser le matériel le constituant dans l'axe des venues d'eau. De manière générale, le remblai est relativement homogène et est composé de sable à sable silteux, avec des traces de graviers et d'argile. La fondation est plutôt composée de silt argileux avec un peu de sable. Le matériel de remblai est très lâche.

Des tests de réponse par méthode descendante ont été effectués dans les piézomètres afin de déterminer la conductivité hydraulique du matériel de remblai. Ces tests n'ont pas permis de déterminer de mesurer adéquatement la conductivité hydraulique des remblais en raison de leur très grande perméabilité.

4.3 Niveaux d'eau et venues d'eau

Le suivi du niveau d'eau du lac, des niveaux piézométriques et du débit des venues d'eau a permis d'observer une corrélation entre le niveau du lac et l'élévation de la nappe phréatique dans le remblai. Notamment, l'abaissement du lac a eu pour effet de rabattre la nappe. Or, aucune corrélation n'a pu être observée entre le niveau du lac et les débits des venues d'eau. L'accumulation de sédiments à la sortie des venues d'eau a toutefois décéléré avec l'abaissement du lac Béram.

4.4 Enjeu de sécurité des résidences se trouvant sur le remblai

Des rencontres et des échanges avec des intervenants du ministère de la Sécurité publique (MSP) et du ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD) ont eu lieu à quelques reprises, tant au site du barrage qu'en rencontres virtuelles, pour discuter de l'enjeu de sécurité des résidences se trouvant sur le remblai à l'aval du barrage.

À la lumière des informations recueillies par le MSP, la DGB et la Direction de la géotechnique et géologie (DGG) du MTMD, la DGB et la DGG sont d'avis que les défauts structuraux observés aux résidences sises au 55 et 57, rue Béram sont causés par le tassement du remblai sous-jacent. Le tassement serait lié à la nature des matériaux composant le remblai. Il est recommandé aux propriétaires concernés de faire appel à une firme d'ingénierie pour statuer sur la stabilité de leur bâtiment et/ou trouver des solutions à cette problématique.

La DGG considère « [...] que les bâtiments (55-57 rue Béram) ne sont pas à risque d'être affectés par une première rupture de glissement de terrain avec la géométrie actuelle du talus ».

Afin d'éliminer les enjeux d'instabilité des remblais (érosion interne et stabilité de pente) causés par la retenue du lac, la DGB a vidangé le lac. Revenu Québec, comme administrateur provisoire de l'ouvrage, devra procéder à des travaux de mise aux normes du barrage (incluant les remblais) avant de rehausser le lac ou procéder à la démolition de l'ouvrage.

La DGB, le MTMD et le MSP concluent que les enjeux de sécurité ont été traités, et considèrent le dossier clos.

5 CONCLUSION

Afin de contrer le phénomène d'érosion interne de la digue du barrage Béram, identifié lors d'une inspection réalisée le 24 juillet 2023 par la présence de sédiments transportés par des venues d'eau et formant un delta au pied aval de la digue, la DGB a déclenché un PMU et réalisé plusieurs inspections, interventions et analyses, menant à la décision de vidanger le lac jusqu'à la réalisation de travaux correctifs ou de démolition. Cette avenue a été priorisée d'ici à ce que des travaux de stabilisation de la digue contre l'érosion interne aient lieu, ou jusqu'à ce que le barrage soit démoli, afin d'éliminer tout risque d'une rupture éventuelle de la digue causée par la retenue du réservoir. RQ, en tant qu'administrateur provisoire du barrage, devra procéder aux travaux avant la remise en eau du lac Béram.

Aucun lien direct n'a été établi entre l'état de la structure de béton et des conduites du barrage et l'apparition de résurgences avec transport de sédiments au pied aval de la digue. Il est supposé que ce phénomène soit plutôt explicable par les propriétés des matériaux composant le remblai et sa géométrie, par la présence d'un matériel de fondation beaucoup moins perméable et par le haut niveau naturel de la nappe phréatique dans le secteur.

L'absence de retenue du barrage élimine le risque posé par la formation d'un chemin d'écoulement préférentiel reliant le pied aval de la digue jusqu'au lac en amont, ce qui peut mener rapidement à la rupture de la digue. Or, la présence d'une nappe phréatique haute dans le secteur, indépendamment à la quantité d'eau retenue par le barrage Béram, fait en sorte qu'il y a toujours des résurgences malgré la vidange du lac. L'abaissement du lac a toutefois réduit le gradient hydraulique de l'écoulement au travers du remblai et semble avoir réduit la quantité de sédiments transportés par les venues d'eau. Enfin, les tassements du remblai ayant causé des désordres structuraux aux résidences sises aux 55 et 57, rue Béram sont liés à la nature des matériaux composant le remblai.

William Pagé, ing. (no OIQ : 6027619)

Direction générale des barrages
Division du suivi de l'état et du comportement
Le 30 janvier 2024

6 RÉFÉRENCES

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2023a). *Barrage numéro 1460040002 X0004075 - Fiche de l'inspection spéciale 2023-07-24.*

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2023b). *Barrage numéro 1460040002 X0004075 - Fiche de l'inspection spéciale 2023-08-14.*

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2023c). *Barrage Béram* X0004075 - Note technique - Inspection spéciale 2023-08-16.*

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2023d). *Capacité d'évacuation et abaissement du seuil Barrage Béram* (X0004075).*

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2023e). *Rapport sur l'abaissement du réservoir du barrage Béram.*

Ministère des Transports et de la Mobilité durable. (2023a). *Rapport de sondage FZ23455-23.*

Ministère des Transports et de la Mobilité durable. (2023b). *Rapport de sondage FZ23456-23.*

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. (2018). LiDAR – Modèles numériques. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/produits-derives-de-base-du-lidar>. (page consultée le 28 août 2023).