



RAPPORT MÉTHODOLOGIQUE

Modélisation hydrographique du territoire municipalisé
de la MRC d'Antoine-Labelle

31 mars 2022

TABLE DES MATIÈRES

1.	MISE EN CONTEXTE	3
2.	MODÉLISATION HYDROGRAPHIQUE	3
2.1	PRINCIPES GÉNÉRAUX	3
2.2	LOGICIEL ET EXTENSIONS	4
2.3	SOURCE DES DONNÉES UTILISÉES	6
2.4	ACQUISITION DES DONNÉES LIDAR	6
2.5	CRÉATION D'UN JEU DE DONNÉES PRÉLIMINAIRE DE L'EMPLACEMENT DES PONTS ET PONCEAUX	
2.6	CORRECTION PRÉLIMINAIRE DU MNT	8
2.7	MODÉLISATION HYDROGRAPHIQUE PRÉLIMINAIRE.....	10
2.8	DÉTERMINATION DES SEUILS D'INITIATION DES COURS D'EAU	10
2.9	PHOTO-INTERPRÉTATION DES PONCEAUX.....	11
2.10	MODÉLISATION HYDROGRAPHIQUE FINALE	11
2.11	CRÉATION D'UN JEU DE DONNÉES VECTORIEL DE COURS D'EAU	11
2.11.1	Cas particulier de l'aire de drainage dans la rivière du Lièvre	11
2.11.2	La zone d'étude hors de l'aire de drainage de la rivière du Lièvre	13
3.	NOUVELLE BASE DE DONNÉES DES COURS D'EAU	13
3.1	STATISTIQUES COMPARATIVES AVEC LA GRHQ.....	13
3.2	STRUCTURE DE LA NOUVELLE BASE DE DONNÉES DES COURS D'EAU	14
3.3	AUTRES LIVRABLES	14
4.	LIMITES DE LA MÉTHODOLOGIE ET CAS PARTICULIERS.....	15
5.	RÉFÉRENCES.....	16
6.	ANNEXE 1. ÉTAPES GÉOMATIQUES POUR LA CRÉATION DE LA BASE DE DONNÉES DE COURS D'EAU	17

1. MISE EN CONTEXTE

La MRC d'Antoine-Labelle a mandaté les organismes de bassins versants COBALI et OBV RPNS afin de réaliser une modélisation hydrographique du territoire municipalisé de la MRC d'Antoine-Labelle à l'hiver 2022. Le livrable devait consister en une base de données vectorielle géoréférencée indiquant minimalement le type d'écoulement (permanent, intermittent ou inconnu), la longueur du cours d'eau en mètres ainsi que la date de production. Cette base de données sera utilisée par les gestionnaires du territoire afin de facilement repérer les cours d'eau lors de l'utilisation des outils cartographiques de la MRC. Le présent rapport fait état de la méthodologie utilisée pour réaliser ce mandat.

2. MODÉLISATION HYDROGRAPHIQUE

2.1 Principes généraux

Le LiDAR (Ligth Detection and Ranging) est une technologie qui utilise le laser afin de mesurer la position de différents éléments dans l'espace. Au Québec, le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) utilise cette technologie depuis 2015 pour mesurer différents paramètres relatifs à l'exploitation forestière. L'un des produits issus de ces données est un modèle numérique de terrain (MNT) d'une résolution de 1 mètre. Ainsi, pour chaque parcelle de dimension 1 mètre par 1 mètre du territoire, une donnée d'élévation du sol est disponible. Dans la MRC d'Antoine-Labelle, le MNT dérivé du LiDAR provient d'un inventaire aérien effectué en 2019.

Les données de relief ultra-précises sont très utiles pour obtenir de l'information sur l'hydrologie de surface, puisqu'elles fournissent une information sur le sens d'écoulement de l'eau et l'aire de drainage de chaque pixel du territoire, c'est-à-dire la superficie en amont hydrologique de chaque pixel de territoire. Cela se fait par une suite d'opérations calculant le pixel voisin de chaque pixel dont l'altitude est la plus basse, et donc vers lequel l'eau de surface s'écoulera (direction de flux). On peut ensuite calculer le nombre de pixels qui s'écoulent vers un même pixel pour en obtenir l'aire de drainage (accumulation de flux). Ces étapes sont illustrées à la Figure 1. À partir d'une certaine superficie drainée, appelée seuil d'initiation de cours d'eau, on considérera qu'un écoulement est suffisamment important pour représenter un cours d'eau. Le seuil d'initiation des cours d'eau varie selon le type de relief du territoire d'étude, et est idéalement fixé par des validations sur le terrain permettant d'identifier

avec précision à partir de quelle superficie drainée s'initie un cours d'eau intermittent et un cours d'eau permanent.

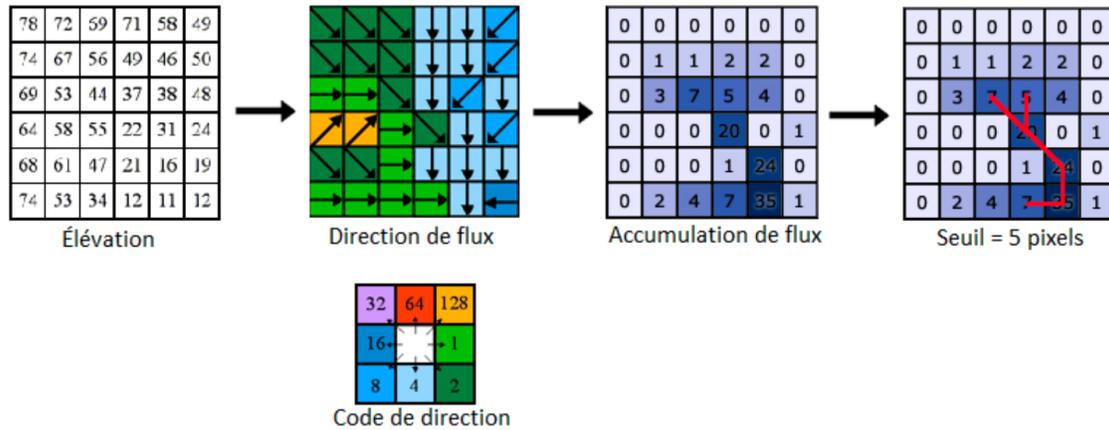


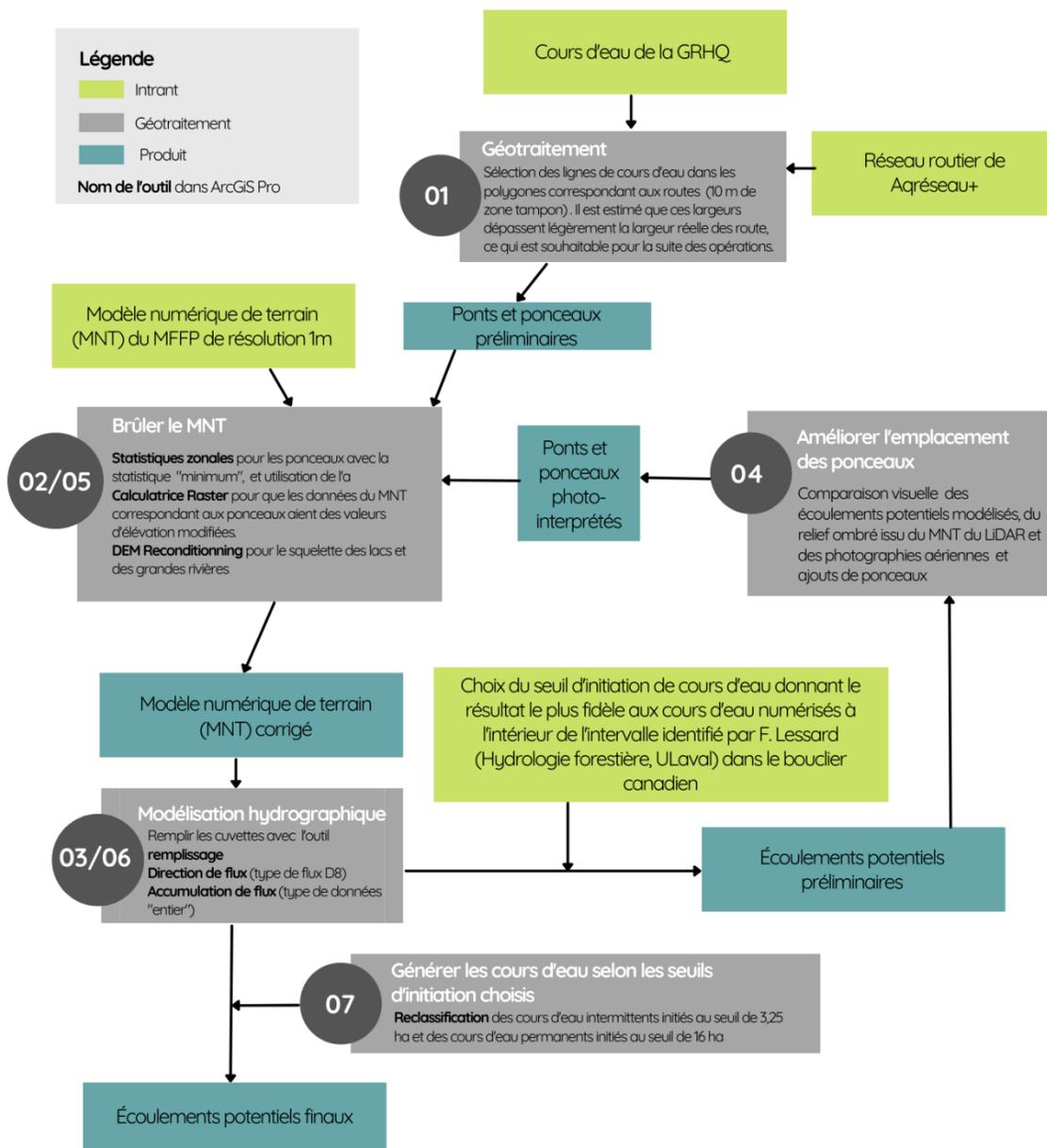
Figure 1 : Étapes de la modélisation de l'hydrographie avec l'algorithme de direction de flux D8 (Lessard, Jutras et Guilbert, 2020)

La Figure 1 résume les étapes ayant été effectuées dans le cadre du présent mandat. Les sections suivantes détaillent chacune de ces étapes.

2.2 Logiciel et extensions

Le mandat a été réalisé à l'aide des logiciels ArcGIS Pro 2.9.1 et ArcMap 10.8.2, de l'extension Spatial Analyst et de la boîte à outils Arc Hydro.

MODÉLISATION HYDROGRAPHIQUE



Réalisé par les OBV COBALI et OBV RPNS (2022) pour la MRC d'Antoine-Labelle

Méthodologie adaptée de F.Lessard (2020).

Figure 2 : Étapes réalisées pour la modélisation hydrographique du territoire municipalisé de la MRC d'Antoine-Labelle

2.3 Source des données utilisées

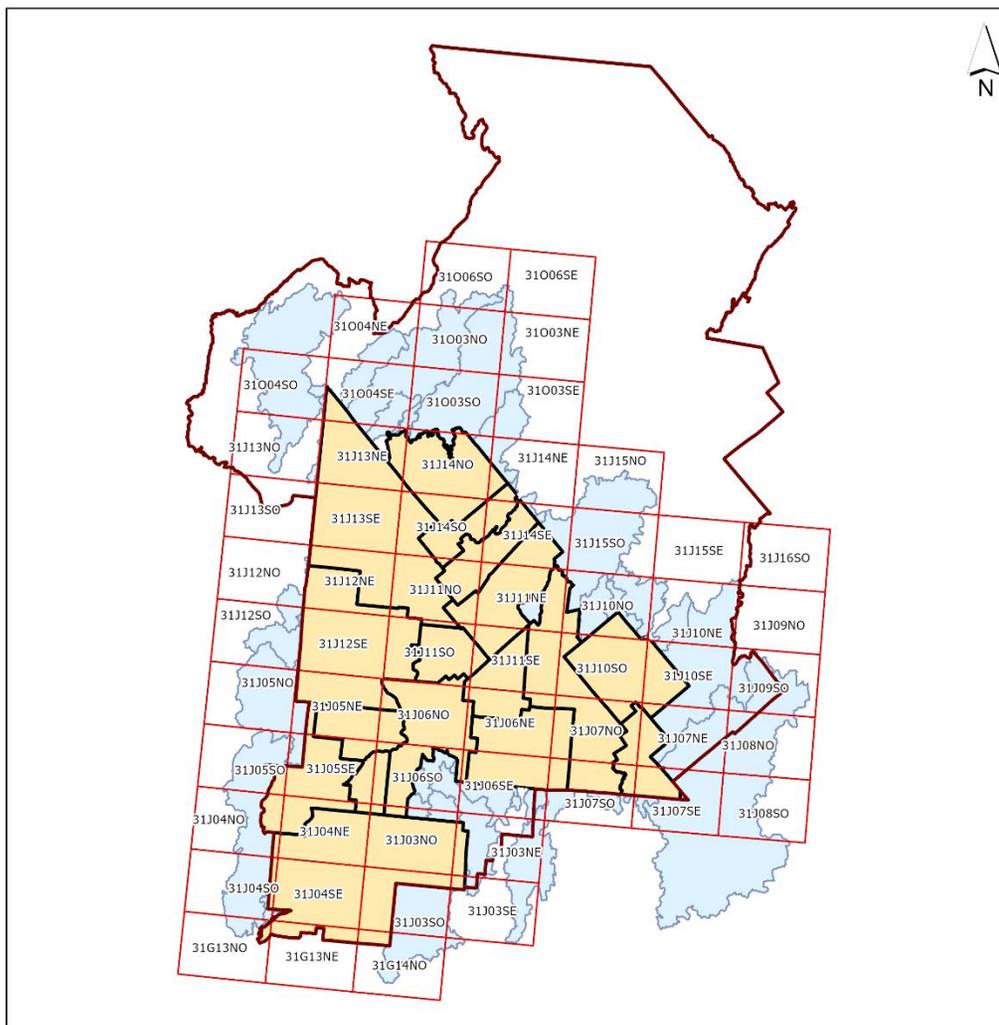
Le Tableau 1 indique les jeux de données utilisés dans le cadre de ce mandat et leur provenance.

Tableau 1 : Données géoréférencées utilisées dans le cadre de la modélisation hydrographique

Nom de la donnée	Auteur et date	Source d'acquisition
Adresses Québec, AQRéseau+	(MERN, 2018)	Données Québec
Découpages administratifs	(MERN, 2018b)	Données Québec
Géobase du réseau hydrographique du Québec (GRHQ)	(MERN, 2020)	Répertoire géographique du MERN
Bassins versants multiéchelles du Québec	(MELCC, 2018)	Données Québec
Mosaïque d'orthophotographies aériennes de l'inventaire écoforestier du Québec méridional	(MFFP, 2018)	Données Québec
LiDAR – Modèles numériques (terrain)	(MFFP, 2019)	Données Québec

2.4 Acquisition des données LiDAR

Soixante feuillets de MNT issu du LiDAR ont été téléchargés, tel qu'illustré à la Figure 3. Ceux-ci correspondent à l'ensemble du territoire municipalisé de la MRC d'Antoine-Labelle, et à certaines sections des bassins versants de niveau 3 touchant aux municipalités (MELCC 2018). Seulement les sections en amont hydrologique du territoire municipalisé devaient être conservées pour les analyses. Certains feuillets étaient aussi sélectionnés parce qu'ils se situaient dans les aires de drainage direct vers les cours d'eau principaux du territoire (rivières Rouge et du Lièvre) en amont de la MRC.



Acquisition des données LiDAR

LÉGENDE

-  Limites de la MRC d'Antoine-Labelle
-  Territoire municipalisé de la MRC
-  Feuilles LiDAR téléchargés
-  Limites des bassins versants de niveau 3 touchant au territoire municipalisé de la MRC



1 : 1 100 000
 0 10 20 40 Km

Projection : Québec Lambert
 Référence géodésique : Nad 83

SOURCE
 Feuilles LiDAR : MFFP, 2019
 Limites administratives : MERN 2018
 Bassins versants de niveau 3 : MELCC 2018

Réalisation : février 2022

Figure 3 : Territoire d'acquisition des données LiDAR

2.5 Création d'un jeu de données préliminaire de l'emplacement des ponts et ponceaux

Dans un premier temps, l'emplacement des ponceaux a été estimé en utilisant l'intersection entre les cours d'eau de la Géobase du réseau hydrographique du Québec (GRHQ) à l'échelle 1 :20 000 (MERN 2020) et les routes (MERN 2018). Pour obtenir des lignes orientées dans le même sens que l'écoulement de l'eau, les étapes suivantes ont été réalisées :

- **Fusionner**¹ les jeux de données d'infrastructures routières d'AQRéseau + (routes, chemins de fer, etc.).
- Créer une **Zone tampon** de 10 m pour les infrastructures routières.
- **Dissoudre** les entités de cours d'eau issues de la GRHQ (jeu de données RH_I) afin de créer une seule entité.
- **Découper** les tronçons de l'entité de cours d'eau qui intersecte les infrastructures routières.
- À l'aide de l'outil d'édition **Éclater**, séparer l'entité multi-parties obtenue à l'étape précédente. Un jeu de données de lignes individuelles est obtenu.
- Supprimer les entités dont la longueur est de moins 10 mètres ou de plus de 20 mètres, car celles-ci correspondent à des tronçons de fossés longeant la route la plupart du temps. Les tronçons dont la longueur est entre 10 et 20 mètres correspondent à une traverse de cours d'eau perpendiculaire à la route (10 m) ou diagonale (10 à 20 mètres).

2.6 Correction préliminaire du MNT

Des incisions dans le MNT ont ensuite été réalisées en abaissant l'élévation du MNT vis-à-vis les lignes de ponceaux estimés. D'abord, l'outil de **Statistiques zonales** permet de calculer la valeur d'altitude la moins élevée atteinte par une ligne de ponceau, ci-après appelée « la valeur ponceaux_min ». Comme ces lignes dépassent les infrastructures routières de chaque côté, cette altitude correspond généralement à celle du réseau hydrographique à cet endroit. Avec la **Calculatrice raster**, les données d'élévation du MNT sont ensuite remplacées à l'emplacement des ponceaux par « la valeur ponceaux_min ». L'élévation se retrouve ainsi abaissée à l'emplacement des ponceaux afin de permettre un écoulement réaliste de l'eau à cet endroit. La Figure 4 illustre cette opération.

¹ Le nom des outils utilisés dans ArcGIS Pro sont inscrits **avec cette police** pour faciliter la lecture

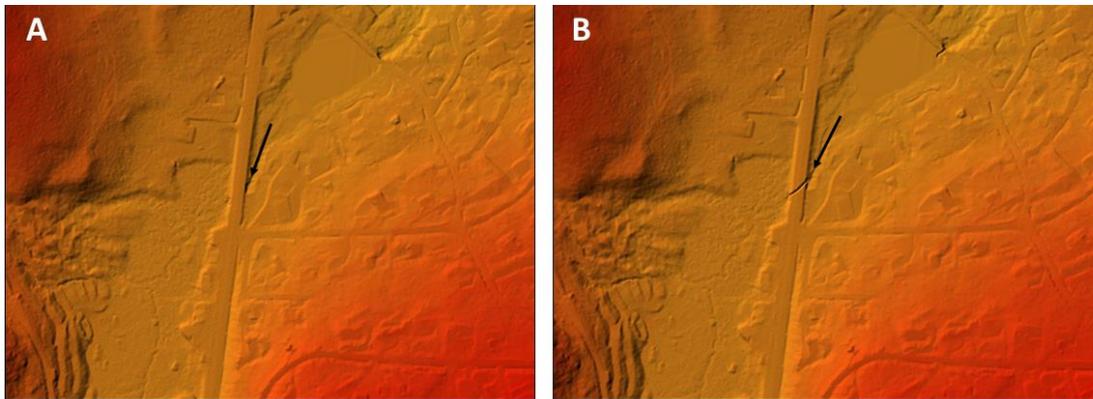


Figure 4 : Modèle numérique de terrain A) Sans modification de l'élévation au niveau des traverses de cours d'eau. La route crée une barrière qui empêche le modèle de correctement tracer l'écoulement. B) Après une incision permettant d'abaisser l'altitude de la route au niveau des cours d'eau adjacents. Le modèle peut alors détecter que le réseau hydrographique traverse à cet endroit.

Les lacs de grande superficie et les rivières larges peuvent aussi nuire à la modélisation de l'écoulement de l'eau, puisqu'ils représentent de grandes étendues de territoire sans variation d'altitude. Pour faciliter l'écoulement à travers les plus grands lacs du territoire, des sillons ont aussi été incisés dans le MNT. D'abord, une sélection des lacs de 500 hectares et plus a été effectuée. Ensuite, une **Zone tampon** de 10 mètres leur a été appliquée. Le jeu de données RH_I de la GRHQ (MERN, 2020), qui comprend un réseau linéaire d'hydrographie qui traverse les lacs, a ensuite été découpé à l'intérieur des grands lacs et de leurs zones tampons. Finalement, l'outil **DEM Reconditioning**, de la boîte à outils ArcHydro, a permis de créer des incisions pour diriger l'écoulement à partir des tributaires principaux identifiés dans la GRHQ vers l'exutoire du lac. Les tracés des rivières Rouge, du Lièvre, Gatineau, Mitchinamecus, Sourd et Kiamika ont aussi été incisés de la même façon que les lacs de grande superficie. La Figure 5 illustre le résultat de cette opération.

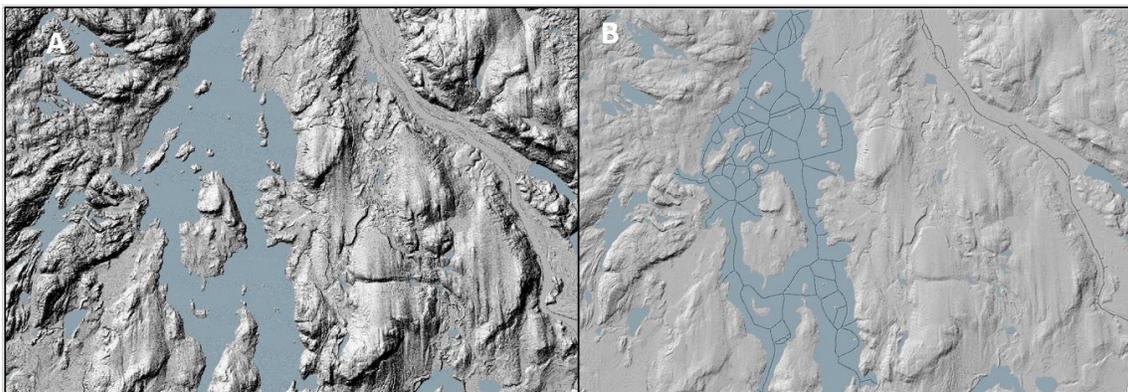


Figure 5 : Modèle numérique de terrain A) avant et B) après l'incision des lacs de grande superficie et des rivières principales

2.7 Modélisation hydrographique préliminaire

La modélisation hydrographique préliminaire a été effectuée sur le MNT corrigé généré aux étapes 2.4 et 2.5. Dans un premier temps, les cuvettes ont été remplies à l'aide de l'outil **Remplissage**, pour supprimer de légères imperfections dans les données. Ensuite, l'outil **Direction de flux** a permis de générer une matrice du sens de l'écoulement de l'eau. La méthode de flux D8 a été utilisée, sans forcer l'écoulement vers l'extérieur sur les quatre bords. L'outil **Accumulation de flux** a ensuite permis de calculer le nombre de pixels s'écoulant vers chaque pixel de l'aire d'étude.

2.8 Détermination des seuils d'initiation des cours d'eau

Le seuillage appliqué à l'accumulation de flux permet de déterminer l'aire de drainage minimale permettant de générer un cours d'eau permanent et intermittent. Pour déterminer les seuils les plus représentatifs de la réalité, trois modèles ont été générés avec l'outil **Reclassification** tels que décrit au Tableau 2. Ces seuils sont choisis dans l'intervalle des 25^e et 75^e quantiles obtenu par positionnements de terrain dans différents bassins versants de la Capitale Nationale et de l'Outaouais (Lessard, Jutras et Guilbert, 2020).

Tableau 2 : Modèles générés à partir de la matrice d'accumulation de flux pour le choix des seuils d'initiation des cours d'eau

Modèle	Aire de drainage définissant le seuil d'intermittence	Aire de drainage définissant le seuil de permanence
1	1,5 ha	10 ha
2	2,25 ha	16 ha
3	3,25 ha	25 ha

Ces seuils ont été comparés avec des photographies aériennes (MFFP, 2018) par un employé du COBALI et deux employés de la MRC ayant eu à valider l'emplacement de certains cours d'eau dans le cadre de leurs fonctions. De plus, deux modélisations hors de l'aire d'étude ont été réalisées pour fins de comparaisons avec des relevés de terrain déjà disponibles, soit dans les bassins versants des lacs Douaire et Line. Suite à ces comparaisons, il a été convenu avec les différentes parties prenantes que les cours d'eau intermittents s'initiaient près du seuil de 3,25 hectares, et les cours d'eau permanents, près du seuil de 16 hectares.

2.9 Photo-interprétation des ponceaux

Afin d'améliorer la localisation des traverses de cours d'eau, les cours d'eau modélisés de façon préliminaire sur le territoire municipalisé de la MRC ont été comparés à des images aériennes afin de localiser de potentielles erreurs du modèle. Les photographies aériennes provenaient de l'inventaire écoforestier de 2018 (MFFP, 2018). Pour des cas particuliers, les images satellitaires de Google Earth et d'ESRI de même que le relief ombré issu du MNT (MFFP, 2019) pouvaient aussi être consultés. Quand le tracé des cours d'eau déviait d'un écoulement visible sur l'image aérienne, un ponceau était numérisé sous forme de ligne. La MRC détenait aussi certaines données (points géoréférencés) sur l'emplacement des cours d'eau. Ces points ont été traduits en lignes de ponceaux lors de la photo-interprétation. Un total de 1739 ponceaux ont été ajoutés par l'étape de photo-interprétation.

2.10 Modélisation hydrographique finale

Les nouveaux ponceaux photo-interprétés ont été incisés dans le MNT selon la méthodologie décrite à la section 2.5. Par la suite, la modélisation hydrologique telle que décrite à la section 2.6 a été effectuée sur le nouveau MNT corrigé et photo-interprété. Une reclassification de la matrice d'accumulation de flux a permis d'initier les cours d'eau intermittents au seuil de 3,5 ha, et les cours d'eau permanents, au seuil de 16 ha.

2.11 Création d'un jeu de données vectoriel de cours d'eau

2.11.1 Cas particulier de l'aire de drainage dans la rivière du Lièvre

Pour la rivière du Lièvre, le sens d'écoulement de l'eau n'a pas été généré correctement par le modèle, probablement à cause des modifications hydrologiques causées par le réservoir du Lac du Poisson Blanc qui s'y écoule. Pour pallier ce problème, l'aire de drainage directe dans la rivière du Lièvre, telle qu'illustrée à la Figure 6, a été traitée différemment du reste de l'aire d'étude. L'ordre de Strahler n'a pas pu être calculé dans cette zone. Les cours d'eau ont été segmentés selon leur caractère d'écoulement (permanent ou intermittent), déterminé selon l'aire de drainage. Les lignes comprises dans les lacs et la rivière du Lièvre ont été retirées puis la rivière du Lièvre a été numérisée manuellement. Les segments de cours d'eau compris dans cette zone peuvent être facilement identifiés dans la base de données par le champ attributaire « Methode_segmentation » qui aura la valeur « Selon le type d'écoulement » pour tous les tributaires de la rivière du Lièvre, et la valeur « Lièvre (numérisation) » pour la rivière du Lièvre.

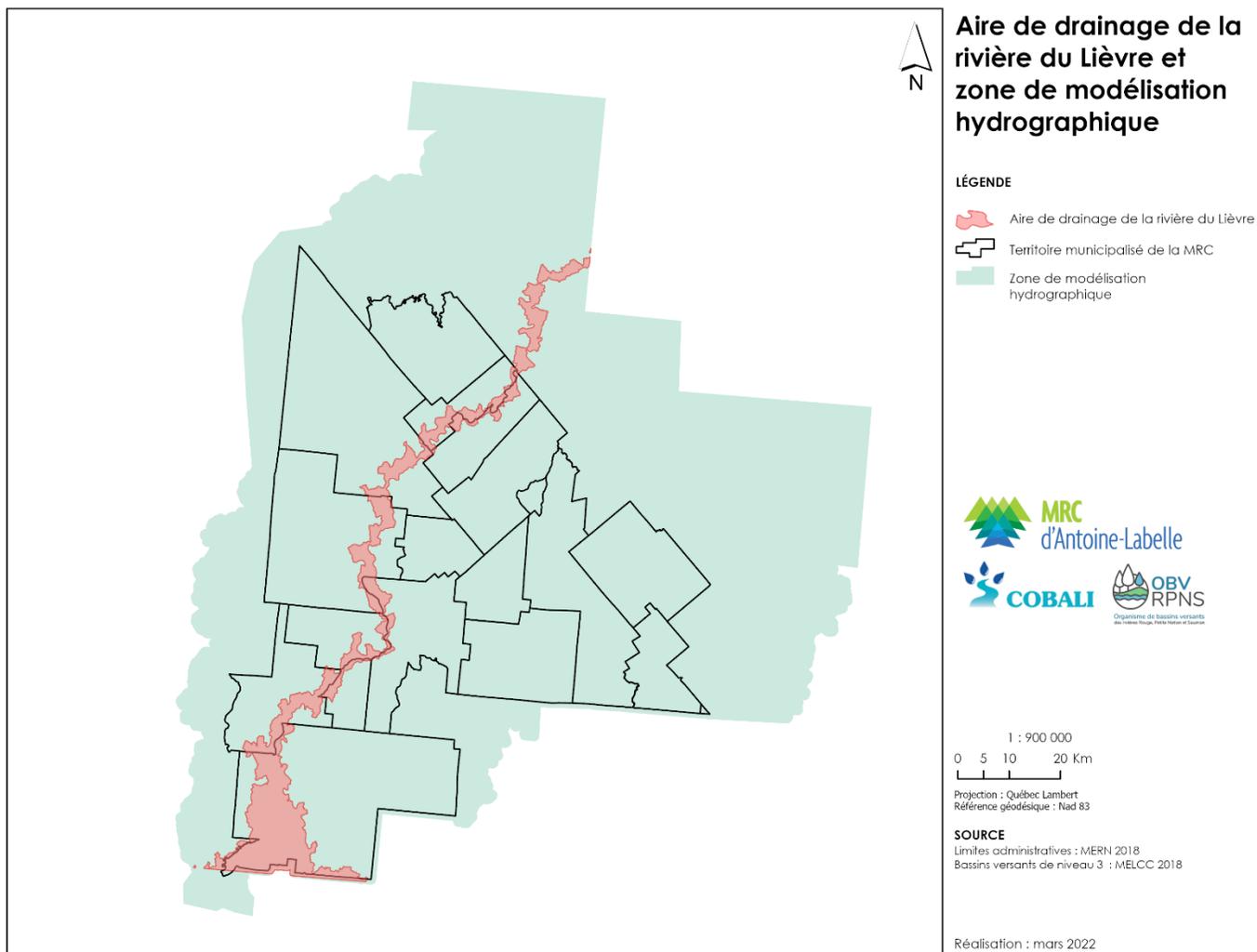


Figure 6. Aire de drainage de la rivière du Lièvre et zone de modélisation hydrographique

2.11.2 La zone d'étude hors de l'aire de drainage de la rivière du Lièvre

Dans le reste de la zone de modélisation hydrographique, hors de l'aire de drainage de la rivière du Lièvre illustrée à la Figure 6, la segmentation des cours d'eau a été réalisée selon le calcul de l'ordre de Strahler (outil **Ordre d'écoulement**). Les segments ainsi formés ont été exportés en ligne (**Convertir le raster en entité**). Les lacs ont été retirés de la zone de cartographie, afin de pouvoir générer des statistiques de longueur de cours d'eau réalistes. Pour chacun de ces tronçons, l'aire de drainage et le caractère du cours d'eau (intermittent ou permanent) ont été attribués. Puisque la segmentation selon l'ordre de Strahler peut créer un tronçon dont l'aire de drainage passe du caractère intermittent (moins de 16 ha) à permanent (plus de 16 ha), le caractère de l'écoulement correspond au type d'écoulement qui compose majoritairement le tronçon (majorité de pixels). De plus, le champ attributaire *Transition_écoulement* a été créé afin d'indiquer si le modèle prédit qu'un tronçon comporte une zone de transition d'un écoulement intermittent à permanent. La base de données résultante n'a pas été découpée aux limites du territoire municipalisé de la MRC, afin de fournir un maximum de données générées à la MRC. Il est important de noter que les attributs des tronçons de cours d'eau de la rivière Rouge ne sont pas représentatifs de la réalité, puisque cette rivière n'a pas été modélisée depuis son amont hydrologique. Les opérations géomatiques réalisées pour la création de la base de données sont décrites à l'Annexe 1.

3. NOUVELLE BASE DE DONNÉES DES COURS D'EAU

3.1 Statistiques comparatives avec la GRHQ

Le Tableau 3 compare sommairement la longueur du réseau hydrographique modélisé avec celui de la GRHQ, dans le territoire municipalisé de la MRC et en excluant les tronçons qui traversent les lacs pour les deux sources de données. Une augmentation de 36 % de cours d'eau permanents et de 35 % de cours d'eau intermittents ont été obtenues.

Tableau 3 : Statistiques comparatives de la GRHQ et de la modélisation des cours d'eau dans le territoire municipalisé de la MRC d'Antoine-Labelle. Les tronçons traversant les lacs ont été effacés des deux bases de données pour le calcul des statistiques.

Caractère de l'écoulement	Longueur de cours d'eau selon la GRHQ (km)	Longueur de cours d'eau selon la modélisation hydrographique (km)
Permanent	3473	9708
Intermittent	4419	12584
Inconnu	542	0

3.2 Structure de la nouvelle base de données des cours d'eau

Le Tableau 4 décrit les champs attributaires de la nouvelle base de données des cours d'eau, nommée cours_eau_AL. Il s'agit d'un jeu de données de polygones, remis en projection NAD_1983_Lambert_Conformal_Conic en format .shp.

Tableau 4 : Champs attributaires du jeu de données cours_eau_AL

Nom du champ attributaire	Description
arcid	Identifiant du tronçon de cours d'eau
Long_m	Longueur du tronçon en mètres
Aire_drainage_m2	Aire de drainage du tronçon de cours d'eau, en mètres carrés*
O_Strahler	Ordre de Strahler du tronçon de cours d'eau
caractere_écoulement	Caractère du tronçon de cours d'eau en fonction de l'aire de drainage (permanent ou intermittent)
Transition_écoulement	Indique si un changement de caractère d'écoulement est présent sur un tronçon de cours d'eau (zone de transition entre un écoulement intermittent et permanent)
Methode_segmentation	Méthode utilisée pour générer les tronçons de cours d'eau (Selon l'ordre de Strahler, selon le caractère de l'écoulement ou selon une numérisation manuelle dans le cas de la rivière du Lièvre).

*L'aire de drainage des tronçons de la rivière Rouge n'est pas représentative de la réalité, puisque cette rivière n'a pas été modélisée depuis son amont hydrologique. Pour la rivière du Lièvre, numérisée manuellement, aucune aire de drainage n'est inscrite dans le champ attributaire pour la même raison.

3.3 Autres livrables

Le jeu de données ponceaux_modelisation_al combine les 1739 ponceaux issus de la photointerprétation (incluent les ponceaux fournis sous forme de points par la MRC) et les 13 136 ponceaux issus des croisements entre la GRHQ et les routes (voir section 2.5). Le champ attributaire « Source » différencie ces deux provenances de données.

4. LIMITES DE LA MÉTHODOLOGIE ET CAS PARTICULIERS

La modélisation hydrographique a montré des erreurs dans le secteur de la rivière du Lièvre, tel que décrit à la section 2.11.1. Le sens d'écoulement de l'eau n'a pas été généré correctement par le modèle, probablement à cause des modifications hydrologiques causées par le réservoir du Lac du Poisson Blanc qui s'y écoule. Il a toutefois été possible de générer le tracé des cours d'eau situés dans l'aire de drainage directe de la rivière selon leur caractère d'écoulement. Le tracé de la rivière du Lièvre a été tracé manuellement, mais les attributs relatifs à l'aire de drainage n'y ont pas été assignés. Pour la rivière Rouge, les attributs ne sont pas non plus représentatifs de la réalité, puisque celle-ci n'a pas été modélisée à partir de son amont hydrologique.

De plus, en raison du très faible dénivelé dans ces milieux, le tracé des cours d'eau peut être erroné ou imprécis dans les milieux humides, les rivières larges ou près des lacs. En zone agricole, les modifications au drainage naturel peuvent aussi causer des erreurs dans le résultat de la modélisation. Finalement, même si la photo-interprétation a permis d'améliorer l'emplacement des traverses de cours d'eau, ces données demeurent incomplètes en raison de l'impossibilité de repérer l'ensemble des ponceaux sur des photographies aériennes.

Les seuils d'initiation des cours d'eau permanents et intermittents pourraient être précisés par des relevés terrain sur le territoire de la MRC. De plus, lorsque l'aire de drainage se rapproche de la valeur seuil pour un type d'écoulement (permanent ou intermittent), le caractère de l'écoulement peut être variable pour une même aire de drainage selon d'autres caractéristiques du terrain (Lessard, Jutras et Guilbert, 2020). Ces zones de permanence et d'intermittence, dans lesquelles on retrouve une variabilité, n'ont pas été considérées dans le cadre de ce mandat.

La cartographie issue de la modélisation des cours d'eau présente des perspectives intéressantes pour aider les gestionnaires du territoire à localiser facilement le réseau hydrographique. Toutefois, le modèle peut comporter certaines erreurs liées aux infrastructures ou aux données sources. Il est important de traiter le livrable comme le résultat d'un modèle prédictif qui ne remplace pas une validation sur le terrain dans le cas de travaux ou d'interventions à échelle très locale.

5. RÉFÉRENCES

Lessard Francis, Jutras Sylvain et Guilbert Éric, 2020, *Optimisation cartographique de l'hydrographie linéaire fine*, Adresse : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/handle/20.500.11794/66887?locale=fr> [Consulté le : 10 février 2022].

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 2018a, « Adresses Québec - Jeux de données de la base de données AQRéseau+ ». Adresse : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/adresses-quebec>.

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 2018b, « Découpage administratif - Jeux de données ». Adresse : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/decoupages-administratifs> [Consulté le : 7 février 2022].

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 2020, « Géobase du réseau hydrographique du Québec (GRHQ) - Jeux de données ». Adresse : <https://mern.gouv.qc.ca/repertoire-geographique/reseau-hydrographique-grhq/>.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), 2018, « Bassins hydrographiques multiéchelles du Québec - Jeux de données ». Adresse : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/bassins-hydrographiques-multi-echelles-du-quebec> [Consulté le : 7 février 2022].

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), 2019, « LiDAR - Modèles numériques (terrain, canopée, pente) - Jeux de données ». Adresse : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/produits-derives-de-base-du-lidar> [Consulté le : 10 janvier 2022].

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), 2018, « Mosaïque d'orthophotographies aériennes de l'inventaire écoforestier du Québec méridional ». Adresse : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/mosaique> [Consulté le : 10 janvier 2022].

6. ANNEXE 1. ÉTAPES GÉOMATIQUES POUR LA CRÉATION DE LA BASE DE DONNÉES DE COURS D'EAU

