Guide d'utilisation des produits

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS Q A Q Q A Q Q A Q







Pour obtenir des renseignements additionnels, veuillez communiquer avec le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec :

Direction des inventaires forestiers

5700, 4^e Avenue Ouest, local A-108 Québec (Québec) G1H 6R1 Téléphone : 418 627-8669 Sans frais : 1 877 936-7387 <u>inventaires.forestiers@mffp.gouv.qc.ca</u> mffp.gouv.qc.ca/les-forets/inventaire-ecoforestier/

© Gouvernement du Québec Dépôt légal – Bibliothèque et archives nationales du Québec 2020 ISBN 978-2-550-75080-2 (2^e édition, avril 2020) ISBN 978-2-550-77405-1 (1^{re} édition, décembre 2016)

RÉDACTION

Antoine Lebœuf, ing. f., Ph. D., Direction des inventaires forestiers, MFFP Marie-Soleil Fradette, ing. f., M. Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP Isabelle Pomerleau, ing. f., Direction des inventaires forestiers, MFFP Valérie Teasdale, biol., M. Sc., stagiaire du bacc. en aménagement et environnement forestiers

COLLABORATION À LA RÉDACTION

Marc-Olivier Lemonde, ing. f., M. Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP Jean-François Bourdon, ing. f., Direction des inventaires forestiers, MFFP Dave Munger, analyste en géomatique, Direction de la gestion des forêts du Saguenay-Lac-St-Jean, MFFP Mélanie Major, ing. f., M. Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP

MISE EN PAGE

Geneviève Barry, agente de secrétariat, Direction des inventaires forestiers, MFFP Josiane Savard, agente de secrétariat, Direction des inventaires forestiers, MFFP

ILLUSTRATIONS ET CARTE

Antoine Lebœuf, ing. f., Ph. D., Direction des inventaires forestiers, MFFP Jean Mercier, tech. f., Direction des inventaires forestiers, MFFP Valérie Roy, t.a.a.g., Direction des inventaires forestiers, MFFP Marc-Olivier Lemonde, ing. f., M. Sc., Direction des inventaires forestiers, MFFP

RÉVISION LINGUISTIQUE

Anne Veilleux, réviseure, Direction des communications, MFFP Pierre Sénéchal, réviseur linguistique (pigiste)

Référence

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2020). *Guide d'utilisation des produits dérivés du LiDAR*, Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, 64 p.

Table des matières

1	Introduction 1				
2	Pro	duits	dérivés du LiDAR	2	
	2.1	Мос	dèle numérique de terrain (MNT)	2	
	2.2	Мос	dèle numérique de terrain en relief ombré (MNT_ombré)	2	
	2.3	Мос	dèle de hauteur de canopée (MHC)	3	
	2.4	Cart	e de pentes (pentes)	4	
3	Offi	re de	produits dérivés du LiDAR	5	
4	Acc	ès au	x produits dérivés du LiDAR	6	
5	Util	isatio	on des données en format matriciel dans ArcGIS	7	
	5.1	Noti	ions de base	7	
	5.1.	1	Visualiser des données matricielles	7	
	5.1.	2	Modifier la symbologie et choisir des classes	8	
	5.1.	3	Générer une couche transparente de MNT et MNT_ombré	10	
	5.1.	4	Générer des MNT_ombré	12	
	5.1.	5	Générer un modèle de pente	16	
	5.1.	6	Assembler plusieurs rasters	19	
	5.1.	7	Découper un raster pour un secteur donné	20	
	5.2	Noti	ions avancées	23	
	5.2.	1	Générer des courbes de niveau	23	
	5.2.	2	Reclassification des rasters	25	
	5.2.	3	Convertir une image matricielle en format vectoriel (polygones)	25	
	5.2.	4	Générer un MHC focal	26	
	5.2.	5	Indice topographique d'humidité	27	
6	Util	isatio	on des données en format matriciel dans QGIS	30	
	6.1	Télé	chargement et installation du logiciel	30	
	6.2	Noti	ions de base	31	
	6.2.	1	Visualiser des données matricielles et télécharger des symbologies prédéfinies	31	
	6.2.	2	Modifier la symbologie et choisir des classes	34	
	6.2.	3	Générer une couche transparente de MNT et MNT_ombré	35	
	6.2.	4	Générer des MNT_ombré	36	

	6.2.5	Générer un modèle de pente	. 38
	6.2.6	Assembler plusieurs rasters	. 40
	6.2.7	Découper un raster pour un secteur donné	. 41
6.	3 Not	ions avancées	. 43
	6.3.1	Générer des courbes de niveau	. 43
	6.3.2	Reclassification des rasters	. 46
	6.3.3	Convertir une image matricielle en format vectoriel (polygones)	. 49
	6.3.4	Générer un MHC focal	. 51
	6.3.5	Indice topographique d'humidité	. 53
7	Conclusi	on	. 56
8	Référen	ces	. 57

1 INTRODUCTION

Il a été démontré à plusieurs reprises que l'information obtenue par les levés LiDAR¹ aériens génère des retombées économiques importantes pour l'industrie forestière et plusieurs autres secteurs d'activité du gouvernement du Québec (Lebœuf et coll., 2015²). Néanmoins, l'utilisation des données LiDAR brutes demeure complexe et requiert une grande expérience et des outils informatiques de pointe. C'est donc pour faciliter l'utilisation de ces données et optimiser les retombées du LiDAR que le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a développé et offert des produits dérivés du LiDAR dans un format convivial.

Les objectifs de ce document sont donc :

- i) De présenter les produits dérivés de base du LiDAR offerts en données ouvertes;
- ii) D'expliquer les outils de base permettant de faciliter leur utilisation dans le logiciel ArcGIS;
- iii) D'expliquer les outils de base permettant de faciliter leur utilisation dans le logiciel QGIS;
- iv) De présenter les outils offerts permettant de développer de nouveaux produits dérivés (p. ex., générer des courbes de niveau, reclasser des rasters, transformer des rasters en polygones, utiliser un outil pour remplir les lacs, répertorier les bassins versants, générer le modèle de hauteur de canopée [MHC] focal, les produits d'hydrographie, l'indice d'humidité topographique [*Topographic Wetness Index* {TWI}], etc.).

¹ LiDAR : *Light Detection and Ranging*.

² Accessible en ligne : <u>https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/inventaire/Analyse_retombees_LiDAR-</u> <u>Finale.pdf</u>

2 PRODUITS DÉRIVÉS DU LIDAR

Les quatre produits dérivés de base conçus à partir des données LiDAR sont : 1) le modèle numérique de terrain (MNT); 2) le modèle numérique de terrain relief ombré (MNT_ombré); 3) le modèle de hauteur de canopée; et 4) les pentes. Ces produits sont offerts en format matriciel et peuvent donc être visualisés facilement dans des systèmes d'information géographique de base comme ArcGIS ou QGIS.

Voici une liste de caractéristiques techniques communes aux quatre produits présentés dans ce document :

Surface de référence géodésique	Ellipsoïde GRS 80
Système de référence géodésique	NAD 83 SCRS
Projection	Mercator Transverse Modifiée (MTM)
Méthode de production	Traitement sur Lastools, R, Gdal et ArcGIS
Logiciels pour visualiser les données	ArcGIS, QGIS, MapInfo, etc.

2.1 MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN (MNT)

Ce fichier matriciel (raster) fournit des valeurs réelles numériques représentant des altitudes en mètres par rapport au niveau moyen des mers. L'altitude des pixels du raster correspond à l'interpolation linéaire du réseau de triangles irréguliers créé à partir des points sol. La résolution spatiale de ce raster est de 1 m. Le MNT est un produit dérivé de base du LiDAR. Il sert d'abord à produire les MNT en relief ombré et les pentes. Il peut aussi servir à la production de modèles hydrologiques, à la planification de la construction de chemins, à la gestion des risques d'inondation, aux analyses visuelles de paysages, etc.



2.2 MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN EN RELIEF OMBRÉ (MNT_OMBRÉ)

Ce fichier matriciel (raster) simule l'apparence tridimensionnelle d'une carte en relief. Il ne contient pas de valeurs d'altitude. L'ombre et la lumière sont des nuances de gris associées à des entiers de 0 à 255 (du noir au blanc). La résolution spatiale de ce raster est de 2 m.

Le MNT_ombré présente une image très détaillée du terrain et permet donc l'interprétation des dépôts de surface, du drainage, des milieux humides, etc.



2.3 MODÈLE DE HAUTEUR DE CANOPÉE (MHC)

Ce fichier matriciel (raster) fournit des valeurs numériques représentant la hauteur de la canopée forestière ou d'autres éléments surélevés (p. ex., bâtiments). Ce produit correspond à la différence entre le modèle numérique de surface et le modèle numérique de terrain. La résolution spatiale de ce raster est de 1 m. Il est accompagné du fichier « MHC_nofeuillet.lyr » qui représente une symbologie (plages de couleur) de la hauteur au mètre près.



Le MHC permet les mesures de hauteur, de densité et de structure des peuplements. Il peut permettre d'établir des relations statistiques pour cartographier les volumes, les surfaces terrières, etc.

Il faut noter que différents éléments doivent être pris en compte avant d'utiliser le MHC pour évaluer les hauteurs d'arbres ou de végétation :

- Les hauteurs d'arbres sont généralement sous-estimées par le LiDAR. Cet écart est plus grand dans les forêts résineuses que dans les forêts feuillues. Il est également plus grand lorsque la densité de points est plus faible. À titre d'exemple, une étude réalisée dans la réserve faunique des Laurentides démontre une sous-estimation de 0,98 m basée sur 431 mesures d'arbres et une donnée LiDAR d'une densité de 7,1 points/m² (Sadeghi et coll., 2016). Par contre, étant donné que plusieurs facteurs sont à considérer (type de forêt, densité de points, recouvrements, etc.), il est fortement suggéré à l'utilisateur d'effectuer sa propre campagne de mesure sur le terrain pour déterminer si une correction est nécessaire au jeu de données.
- 2. Le MHC permet de déterminer précisément la hauteur des arbres et de la végétation. En se basant sur les cimes résineuses coniques comme les sapins et les épinettes, le MHC peut, au premier coup d'œil, laisser paraître que les cimes sont beaucoup plus petites qu'elles ne le sont en réalité, car parfois seul un pixel, situé sur la pointe supérieure de l'arbre (p. ex., 20 m), a la couleur de la hauteur d'arbre. Les autres pixels alentour ont des valeurs inférieures à la cime (p. ex., 15 m).
- 3. Enfin, il faut noter que l'intégration des hauteurs d'arbres dans des polygones à partir du MHC requiert une certaine expertise. Il faut en effet prendre les maxima locaux (hauteur maximale de chaque cime) à partir du MHC et choisir parmi une multitude de méthodes de calcul pour intégrer les hauteurs (p. ex., 95^e percentile, hauteur modale, hauteur pondérée en fonction de la surface terrière, etc.).

2.4 CARTE DE PENTES (PENTES)

Ce fichier matriciel (raster) fournit des valeurs réelles numériques représentant des pentes. Ce produit est généré à partir du modèle numérique de terrain. La résolution spatiale de ce raster est de 2 m. Il est accompagné du fichier « Pentes_nofeuillet.lyr » qui représente une symbologie (plages de couleur) en classes de pentes, soit A [0 à 3 %], B]³3 à 8 %], C]8 à 15 %], D]15 à 30 %], E]30 à 40 %], F]40 à 50 %], X1]50 à 70 %], X2]70 % et +].



La carte des pentes est utile comme soutien aux opérations forestières ou à la construction de routes et de sentiers.

³ La parenthèse ouverte indique que la valeur est exclue de la classe.

3 OFFRE DE PRODUITS DÉRIVÉS DU LIDAR

Les premiers territoires bénéficiant des produits dérivés du LiDAR en 2016 ont été le Saguenay– Lac-Saint-Jean (UA 024-51), la Mauricie (UA 041-51) et toute la région de l'Outaouais. Au courant des années suivantes, plusieurs autres régions du Québec ont pu bénéficier de ces produits. Il est prévu que les produits du LiDAR soient disponibles pour l'ensemble du Québec méridional d'ici à la fin de 2022. Pour connaître les prochains territoires touchés par cette diffusion, consultez le calendrier de planification de la disponibilité des produits dérivés de base du LiDAR à l'adresse suivante :

https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/Disponibilite_produits_derives_LiDAR.pdf

4 ACCÈS AUX PRODUITS DÉRIVÉS DU LIDAR

Les produits dérivés du LiDAR sont accessibles gratuitement via la carte interactive Forêt ouverte.

Forêt ouverte permet, d'une part, la **visualisation** des différents produits dérivés de base du LiDAR et, d'autre part, leur **téléchargement gratuit**. Pour ce faire :

- 1. Accédez à la carte interactive : <u>https://www.foretouverte.gouv.qc.ca</u>;
- 2. Dans le menu, cliquez sur l'onglet « Cartes prédéfinies »;
- 3. Cliquez sur le thème « LiDAR »;
- 4. Visualisez les couches de votre choix en cliquant sur l'œil (celui-ci doit être vert);
- 5. Si l'œil vis-à-vis d'une couche est gris, zoomer davantage;
- 6. Pour télécharger les produits dérivés du LiDAR, affichez la couche « LiDAR Téléchargement (pleine qualité) » et cliquez sur le feuillet désiré de la carte;
- 7. En cas de superposition de couches, choisissez la couche « LiDAR Téléchargement (pleine qualité) » dans la nouvelle fenêtre qui s'affiche au bas de l'écran;
- 8. Sélectionnez le produit désiré en cliquant sur « Accéder ».

Vous pouvez également visualiser et télécharger les données dans un SIG (système d'information géographique) à partir du service de cartographie Web (WMS) suivant :

https://geoegl.msp.gouv.qc.ca/ws/mffpecofor.fcgi?

Il est aussi possible de télécharger ces produits directement à partir du site de Données Québec, le portail collaboratif des données ouvertes du gouvernement du Québec. Pour ce faire :

- Consultez la <u>fiche des produits dérivés de base du LiDAR</u> de Données Québec. Cette fiche contient également d'autres renseignements utiles à l'utilisation de ces produits tels que les métadonnées (année d'acquisition, densité des points et présence de feuilles, etc.).
- Accédez directement au répertoire de données par feuillets : <u>https://diffusion.mffp.gouv.qc.ca/Diffusion/DonneeGratuite/Foret/IMAGERIE/Produits</u> <u>derives_LiDAR/</u>

5 UTILISATION DES DONNÉES EN FORMAT MATRICIEL DANS ARCGIS

Cette section présente différentes manipulations de base pour faciliter l'utilisation des données LiDAR à l'aide du logiciel commercial ArcGIS. Ces manipulations peuvent toutes être réalisées avec d'autres logiciels SIG, mais il faut noter que les procédures diffèrent d'un logiciel à l'autre (les manipulations dans le logiciel QGIS sont décrites au <u>chapitre 6</u>). Notez également que les symbologies proposées ne fonctionnent pas avec ces autres logiciels.

5.1 NOTIONS DE BASE

5.1.1 Visualiser des données matricielles

Lorsque les produits sont téléchargés, vous pouvez ouvrir les fichiers dans ArcGIS en cliquant sur le bouton « Ajouter des données ».



Ensuite, lorsque la fenêtre s'affiche, vous pouvez sélectionner le fichier « .tif » correspondant au feuillet que vous souhaitez visualiser, ou vous pouvez sélectionner le fichier « .lyr » pour visualiser la symbologie proposée avec les données, autant pour le MNT que pour le MNT_ombré, les pentes ou le MHC.

Ajouter des don	nées 💽
Regarder ans :	31112NE 🔹 🛧 🏠 🗔 🏥 🗸 🖆 🗊 🚳
MHC_31112 MHC_31112 MNT_311121 MNT_311121 MNT_Ombr MNT_Ombr MNT_Ombr Pentes_3111 Pentes_3111	NE.tif NE.tyr NE.tif e_31112NE.tif e_31112NE.lyr 2NE.tif 2NE.tif 2NE.lyr
Nom :	MHC_31I12NE.lyr Ajouter
Affichage de type :	Jeux de données, couches et résultats Annuler



La symbologie proposée apparaîtra.

5.1.2 Modifier la symbologie et choisir des classes

Si vous désirez modifier la symbologie proposée, positionnez le curseur sur le nom de la couche, cliquez sur le bouton de droite de la souris et sélectionnez les propriétés de la couche. La fenêtre suivante s'affichera. Dans l'onglet « Symbologie », sélectionnez la catégorie « Classé ». Vous pouvez alors changer le nombre de classes. Cliquez sur le bouton « Classer... » pour changer la valeur des bornes des classes.

Afficher : Afficher le raster avec les valeurs groupées par classes Champ vectoriel Valeurs uniques Classé Champs Etiré Couleurs discrètes Classification Manuelle Classes Classes Dégradé de couleurs Classes	
Classé Champs Etiré Couleurs discrètes Classification Manuelle Classes 32 Classer	
Classification Manuelle Classes 32 Classer	
Dégradé de couleurs	
Symb Plage Etiquette	
-10,67000008 - 0 0	
2-3 2-3	
3-4 3-4	
Afficher les bornes avec les valeurs des cellules]
A propos de la symbologie Z: 1	

r		
Classification		X
Classification	Statistiques de clas	sification
Méthode: Manuelle 🔹	Total:	35176577
Classes: 32 -	Minimum:	-10,67000008
	Maximum:	32,18000031
	Somme:	101 426 529,6
Colonnes: 100	Moyenne:	2,88335416
	Ecart type:	3,917361802
Afficher l'écart type Afficher la moyenne		Valeurs des bornes 🛛 %
		0
		1
15000000 ciccidedecerecerecerecere	83333	2
		3
1000000-		4
		5
500000-		8
		9
		10
-10,67000008 0,042500019 10,75500011 21,467500	021 32,1800003	11 +
Capturer les bornes sur les valeurs des données 753 éléments dans	la classe	
Echantillonnace		
Echanolio inage	O	Annuler

La fenêtre suivante apparaîtra où vous pourrez modifier les valeurs des bornes.

Pour enregistrer la nouvelle symbologie, positionnez le curseur sur le nom de la couche, cliquez sur le bouton de droite de la souris et choisir « Enregistrer comme fichier de couche ». Vous pouvez ensuite importer cette nouvelle symbologie « .lyr » à partir de l'icône « Importer » dans l'image suivante.

Propriétés de la couche		×
Général Source Métad	Jonnées clés Etendue Affichage Symbologie Temps	
Afficher: Champ vectoriel Valeurs uniques Classé Etiré	Afficher le raster avec les valeurs groupées par classes	
Couleurs discrètes		
	Classification Manuelle Classes 32 Classer	
	Dégradé de couleurs	
	Symb Plage Etiquette	
	-10,67000008 - 0 0	
	2-3 2-3	
1 1 1 1 1 1	3-4 3-4	
	4-5 4-5	
A propos de la symbologie	Afficher les bornes avec les valeurs des cellules Utiliser l'ombrage Z: 1	
	OK Annuler Appliq	uer

5.1.3 Générer une couche transparente de MNT et MNT_ombré

Une combinaison du MNT et du MNT_ombré peut faciliter l'interprétation de certains éléments de terrain. Pour ce faire, il faut d'abord modifier la symbologie du MNT. Pour la modifier, vous devez positionner votre curseur sur le nom de la couche, cliquez sur le bouton de droite de la souris et sélectionnez les propriétés de la couche.

Ensuite, dans l'onglet « Symbologie », sélectionnez la catégorie « Étiré », choisissez un dégradé de couleur (qui est généralement le *no data*). Vous pouvez également importer le « .lyr » du MNT pour appliquer la symbologie prédéfinie (voir la <u>section 5.1.1</u>).

Propriétés de la couche		×
Général Source Métad	Ionnées clés Etendue Affichage Symbologie Temps	
Afficher: Champ vectoriel	Valeurs d'étirement le long d'un dégradé de couleurs	
Valeurs uniques Classé		*
Etiré Couleurs discrètes	Dégradé de couleurs :	
	✓ Afficher la valeur d'arrière-plan : 0	
	Utiliser l'ombrage Z : 1 Afficher NoData en tant que	
	Type : Ecarts types Histogrammes	
	n: 2,5 Inverser	=
	Appliquer l'étirement gamma :	_
	Des paramètres personnalisés (ci-dessous)	
	Statistiques	
	Min : 360, Importer	
A propos de la symbologie	Max : 637,76000976563 Charger XML	
	Moyenne : 453,28904474748: A partir de graphiques	Ŧ
	OK Annuler App	oliquer

Par la suite, allez dans l'onglet « Affichage » et appliquez une transparence à 50 %.

Propriétés de la couche Image: Symbologie Temps Général Source Métadonnées clés Etendue Affichage Temps Image: Afficher les info-bulles Image: Afficher la résolution du raster dans la table des matières Image: Afficher la résolution du raster dans la table des matières Image: Autoriser l'affichage interactif de la barre d'outils des effets visuels Ré-échantillonner en cours d'affichage avec: Image: Autoriser l'affichage avec: Image: Autoriser l'affichage avec:					
Contraste: 0 % Luminosité: 0 % Transparence: 50 %	Orthorectification Orthorectification avec altitude Altitude constante: MNA WNT_Ombre_31112NE.tif				
Qualité d'affichage Brouillon Moyenne Normale	Ajustement de l'altitude Facteur Z: 1 Décalage Z: 0 Géoïde:				

Lorsque vous superposez le MNT au MNT_ombré, l'interprétation des deux couches combinées fournit de l'information à la fois sur l'altitude et sur le relief.



5.1.4 Générer des MNT_ombré

Le MNT_ombré proposé a été conçu avec la valeur d'azimut par défaut proposé par ArcGIS, soit 315°. Dans certains cas, selon la direction des glaciers, il peut être pertinent de générer un relief ombré à un autre azimut pour faire ressortir le relief de certaines structures comme les eskers.

Pour générer un autre relief ombré, il faut ajouter le MNT à ArcGIS. Ensuite, il faut ouvrir la fenêtre d'analyse d'image en cliquant sur « Fenêtres » > « Analyse d'image ».

Lorsque la fenêtre s'affiche, cochez le MNT à éditer. Dans la section « Traitement », sélectionnez le dégradé de couleur voulu (noir et blanc dans l'exemple) et cliquez sur l'icône « Relief ombré » :

	M	
	Analyse d'image	×
\mathbf{X}	0	
	MNT_31I12NE.tif	
	MNT_31I12SE.tif	
	M ShadedRelief_MNT_31112NE.tf	
	< III	•
	[¥11
	Afficher	
	0	
	÷ 0	
	0	
	γ 1,00	
	DRA Orienté vers le h	aut
	🔲 Arrière-plan	
	Pourcentage de découpe 🛛 🗕 🕌	
	Voisin le plus proche 🔹	
	Traitement	=
	· • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	
	K IX	
		-
	Fusionner 👻 🖷	
	Affinage 🔻 🔻	
	Mesures	

Le MNT_ombré apparaîtra dans ArcGIS.

Pour modifier l'azimut du relief ombré, positionnez le curseur sur le nom de la nouvelle couche générée, cliquez sur le bouton de droite de la souris et choisissez les propriétés de la couche. Dans la nouvelle fenêtre qui s'affiche, sélectionnez l'onglet « Fonctions ». Ensuite, positionnez le curseur sur la fonction du relief ombré, cliquez sur le bouton de droite de la souris, puis cliquez sur « Propriétés ».

Propriétés de la couche	
Général Source Métadonnées clés Etendue Affichage Symbologie Temps	Fonctions
Chaine de fonctions Stridd 38a7_ef 1f_4d4c_8cbc_14cb6f6be867y0.afr Conceinen Relief ombré MNT_31I12NE.tif	
	OK Annuler Appliquer

La fenêtre suivante, où vous pouvez modifier l'azimut et le facteur Z, s'affiche.

Il est recommandé d'appliquer le facteur Z à 2.

Il faut aussi noter qu'il est préférable de mettre l'azimut à une valeur perpendiculaire aux structures que l'on veut détecter, comme le démontrent les deux exemples ci-dessous où l'angle de 320° permet de bien discerner une pente forte, contrairement à l'angle de 270°. Enfin, il faut éviter d'utiliser un angle azimutal du sud (p. ex., 180°), car la topographie sera inversée, comme dans le 3^e exemple suivant.

Propriétés de fonction raster					
Général Relief ombré Information	ns de sortie Métadonnées clés				
Raster en entrée :	MNT_31I12NE.tif	ß			
Combinaison de couleurs :	Dégradé de couleurs O Palette de couleurs				
Azimut :	320				
Altitude :	45				
Mise à l'échelle :	AUCUN				
Facteur Z :	2				
Puissance de la taille de pixel :	0,664				
Facteur de la taille de pixel :	0,024				
Supprimer l'effet des tronço	ns				
	ОК	Annuler			



Exemple 1 : MNT_ombré à 270° d'azimut et un facteur Z de 2.



Exemple 2 : MNT_ombré à 320° d'azimut et un facteur Z de 2.



Exemple 3 : MNT_ombré à 180° d'azimut (sud) dont la topographie est inversée.

5.1.5 Générer un modèle de pente

Pour pouvoir refaire un modèle de pente à partir du MNT, il faut ajouter le MNT de la région désirée dans la table des matières de la carte. Ensuite, cliquez sur « Fenêtres » dans la barre d'outils et choisir « Analyse d'image ». Une fois cette fenêtre ouverte, vous devez sélectionner le MNT sur lequel vous souhaitez travailler et ensuite cliquer sur « Ajouter une fonction » (en jaune dans l'image ci-dessous).

	Analyse d'image	□ ×
	°	
	V 🕸 MNT_31I16NO	
	< III	-
		¥I.
	Afficher	Ξ
	•	0
	÷	0
		0
	γ	1.00
	DRA Orienté ve	rs le haut
	📝 Arrière-plan	
	Ecart type 🔹] 👗
	Voisin le plus proche 🔹	
		* *
	Traitement	Ξ
	V 🖬 🗃 🛊 🖿 🗂 🗂 🕯	3 🔒
×	St In	
	Fusionner	
	Affinage	
	Mesures	-
	📖 🕰 🚉 🚔 🗄 💷 🖉	- -
	Mesure en 3D	
L		

Une nouvelle fenêtre s'affichera.

🔏 Editeur de modèle de fonction	
Chaîne de fonctions Adagea 3db_3a20_4783_8911_15bb1123d61ay0.afr Growthered for the formation of the forma	
ОК	Annuler

Dans celle-ci, placez le curseur sur le MNT, cliquez avec le bouton de droite de la souris et choisissez « Insérer une fonction ». Dans la liste de fonctions, vous devez choisir « Fonction pente ».

Propriétés de fonction raster							
Général Pente							
MNA en entrée : MNT_3	1116NO.tif						
Mesure en sortie :							
Facteur Z :	1						
Puissance de la taille de pixel :	0,664						
Facteur de la taille de pixel :	0,024						
Supprimer l'effet des tronçons							
	OK Annuler						

Une nouvelle fenêtre s'affichera et il vous suffira de choisir « POURCENTAGE_MONTEE » comme mesure de sortie. Maintenez le facteur Z à 1 et cliquez sur OK. Ensuite, cliquez sur OK dans la fenêtre « Éditeur de modèle de fonction ». Vous obtiendrez un modèle de pente en noir et blanc. Vous pouvez modifier la symbologie (voir la <u>section 5.1.2</u>) ou appliquer un fichier « .lyr » contenant la symbologie désirée (voir la <u>section 5.1.1</u>). Vous pouvez télécharger le « .lyr » proposé pour les pentes dans le classeur Symbologie.zip sur :

https://diffusion.mffp.gouv.qc.ca/Diffusion/DonneeGratuite/Foret/IMAGERIE/Produits_derives_ LiDAR/ Ensuite, vous devez ouvrir les propriétés de la couche que vous avez créée en cliquant avec le bouton de droite de la souris sur la couche et en choisissant « Propriétés ». Dans l'onglet symbologie, vous devez cliquer sur « Importer » (en jaune sur l'image ci-dessous). Vous devez ensuite choisir le fichier « .lyr » contenant la symbologie (p. ex., « Pentes_31B16NE.lyr ») et cliquer sur OK.

erierai	Source	Métadonnées clés	Etendue Affich	age Symbologie	Temps Fo	nctions		
fficher: hamp ve aleurs u	ectoriel niques	Afficher I	e raster avec le	es valeurs grou	pées par cla	sses		
lassé tiré ouleurs	discrètes	Champs Valeur	<valeur></valeur>	⊸ Norma	alisation	<aucun></aucun>	*	
		Classificat	ion Manuelle		Classes	9 🗸	Classer	
		Dégradé de	couleurs				•	
		Symb	Plage	1	Etiquette Nulle			
			3 - 8 3 - 15	Ē	8 (3 à 8%) C (8 à 15%)			
1	2		15 - 30 30 - 40	E	0 (15 à 30%) E (30 à 40%)		-	
	de la sum	Afficher des cellu	les bornes avec l lles ombrage	es valeurs Z: 1	Afficher	NoData en tant o	que 🗾 🗸	
propos	ue la Symi	Dologie						

Vous obtiendrez donc une couche de pente avec la symbologie désirée. Celle-ci ressemblera à l'image suivante avec la symbologie standard pour les pentes (notez que la valeur supérieure de chaque classe est incluse dans cette dernière, par exemple, la classe 0 à 3 % inclut la valeur 3,000000 %, alors que la classe 3 à 8 % débute à 3,000001 % et inclut la valeur 8,000000 %).



5.1.6 Assembler plusieurs rasters

Pour assembler plusieurs images matricielles, vous pouvez utiliser l'outil « Mosaïque vers nouveau raster » qui se trouve dans « Outils de gestion de données » > « Raster » > « Jeu de données raster » d'ArcToolbox. Il faut noter que l'assemblage peut se faire pour un nombre limité de feuillets. Au-delà de 10 feuillets, le raster généré sera probablement trop lourd pour être utilisé.

5	Mosaïque vers nouveau raster		x
	Rasters en entrée		^
	·	1	
		×	
L			
		∎	
	Emplacement en sortie		
	E:\Temp	B	
	Nom du jeu de données raster avec l'extension		
	test.tr		
	NAD 1983 MTM 7	R	
	32_BIT_UNSIGNED	-	
	Taille de cellule (facultatif)		
		1	* /
	Nombre de canaux		
	Opérateur de mosaïque (facultatif)	1	
	MAXIMUM	-	▲
	Mode de palette du mosaïquage (facultatif)		
	FIRST	•	-
	OK Annuler Environnements << Mas	quer l'a	ide

- 1. Rasters en entrée : sélectionnez les rasters à assembler, en format « .tif » et non en format « .lyr »;
- 2. Emplacement en sortie : indiquez le dossier où le nouveau raster sera enregistré;

- 3. Nom du jeu de données raster avec l'extension : attribuez le nom du raster en sortie avec l'extension « .tif »;
- 4. **Référence spatiale du raster (facultatif)** : sélectionnez la référence d'une des couches de données;
- 5. **Type de pixel (facultatif)**: sélectionnez 8_BIT_UNSIGNED pour MNT_ombré et 32_BIT_FLOAT pour les autres produits;
- 6. Taille de cellule : sélectionnez la résolution désirée (1 m dans cet exemple);
- 7. Nombre de canaux : sélectionnez 1;
- 8. **Opérateur de mosaïque (facultatif)** : sélectionnez « Maximum », puisque les pixels superposés sont généralement similaires. Les autres types d'opérateurs n'auraient néanmoins que peu d'influence sur le résultat;
- 9. Mode de palette du mosaïquage (facultatif) : sélectionner « First ».

5.1.7 Découper un raster pour un secteur donné

Pour découper un raster, affichez d'abord le raster à découper. Ensuite, choisissez l'onglet « Personnaliser », puis « Barres d'outils » et « Dessiner ». Vous pouvez créer un rectangle à découper à l'aide de l'outil « Rectangle ».



Ensuite, il faut ouvrir la fenêtre d'analyse d'image en cliquant sur l'onglet « Fenêtres », puis sur « Analyse d'image ». Dans la fenêtre « Analyse d'image », cliquez sur l'outil « Découper ».

	Analyse d'image		×					
	°							
	ShadedRelief MNT_31112NE.tif							
	MNT Ombre 31I12NE.tif							
	☐							
	< III		Þ.					
		2	۶D					
	Afficher		-					
		0						
	÷	0						
		0						
	γ 1	,00						
	DRA Orienté vers	le ha	aut					
	🔲 Arrière-plan							
	Ecart type 🔹							
	Voisin le plus proche 🔹 🔻							
	et 😜 😔 500 🚔	1						
	Traitement		-					
۱								
	Découper		1					
	J Utilise l'étendue de la vue de données ou un graphique ou							
	une entité surfacique							
	spécifique pour découper							
	Interportion des couches sélectionnées puis créature							
	couche temporaire pour	ie.						
	chaque sélection.		۲					
			L					

Enfin, cliquez avec le bouton de droite de la souris sur le nom de l'image découpée, puis sur « Données » > « Exporter les données ». Cela vous permettra de sauvegarder le nouveau raster découpé.

Exporter une couche raster - Clip_MNT_Ombre_31112NE.tif								
Etendue Bloc de données (courante) Graphiques sélectionnés (découpage)	Référence spatial © Bloc de donn © Jeu de donne							
Raster en sortie Utiliser le moteur de rendu Carré Taille de cellule (cx, cy): 2 2								
Forcer RVB	Taille du raste	er (colonnes, lignes): 🔘	586	458				
Utiliser la Palette de couleurs		NoData en tant que: 0						
Name	Property			•				
Canaux Espace par pixel Taille non compressée Etendue (gauche, haut, droite, l	1 8 Bit 262, 10 KB b (298528,00	000, 5170914,0000, 299 II	700,0000, 51699	98,0000)				
Emplacement:	E:\							
Nom:	Clip_MNT_Ombr	e_3 Format:	TIFF	•				
Type de compression:	NONE	Qualité de compre (1-100):	ssion 75					
A propos des données des rasters exportés Enregistrer Annuler								

5.2 NOTIONS AVANCÉES

À partir des produits dérivés de base du LiDAR, il est possible de générer d'autres produits pouvant être utiles à l'analyse d'un territoire. Dans les deux logiciels présentés précédemment (ArcGIS et QGIS), il existe des outils permettant d'obtenir les courbes de niveau, de transformer un raster en polygones, de remplir les lacs, de délimiter les bassins versants, de reclasser les rasters, de générer le MHC focal, l'hydrographie, l'indice topographique d'humidité et encore plus.

5.2.1 Générer des courbes de niveau

Requiert la licence 3D Analyst (voir démarche sans licence avec QGIS à la section 6.3.1).

Afin de créer des courbes de niveau, vous aurez besoin du ou des MNT de la région dont vous voulez avoir les courbes. Il est préférable de découper ou de fusionner les MNT afin d'obtenir uniquement la zone désirée. Cela permettra d'augmenter la vitesse de traitement. Une fois votre zone préparée, ouvrez ArcToolbox et sélectionnez « Outils 3D Analyst » > « Raster-surface » > « Isoligne ». La fenêtre suivante s'affichera.

1	, Isoligne						23
•	Raster en entrée						*
					-	2	
•	Entités polylinéaires en sortie						
	Intervalle des isolignes						
	Isoligne de Base (facultatif)					0	
	Facteur Z (facultatif)						
						1	
							-
		ОК	Annuler	Environnements	Afficher	l'aide >	>

Dans celle-ci, vous devez choisir votre raster en entrée, choisir l'emplacement en sortie et indiquer la distance voulue entre chaque ligne dans « Intervalle des isolignes ». Vous obtiendrez un résultat analogue à l'image suivante.



Il est possible de modifier la couleur des lignes en cliquant avec le bouton de droite de la souris sur la couche et en choisissant « Propriétés de la couche ». Par la suite, on peut modifier la couleur dans l'onglet « Symbologie ».

Il est aussi possible d'afficher les étiquettes à partir de l'onglet « Étiquettes » dans « Propriétés de la couche ». Il suffit de cocher « Étiqueter les entités dans cette couche » et, ensuite, de sélectionner le champ que vous souhaitez afficher.

r	oprietes de l	a couche						23
	Jointures/relations			Temps			Fiche HTML	
	Général	Source	Sélection	Affichage	Symbologie	Champs	Ensemble de définition	Etiquettes
	Etiqueter	les entités dan	s cette couche					
	Méthode	e: Etiqu	ueter toutes les er	tités de la même	e manière		•	
Toutes les entités seront étiquetées en utilisant les options spécifiées Chaîne de texte Champ de l'étiquette: Id Symbole textuel ABc B X U Symbole								
	Autres of Pr	ptions ropriétés de pla	cement	Plage d'éc	helle	tyle d'étiquette Styles d'éti	prédéfini quettes	
							OK Annuler	Appliquer

5.2.2 Reclassification des rasters

La reclassification des rasters peut être utile entre autres pour convertir un fichier raster en couche vectorielle. Cette opération nécessite l'extension « Spatial Analyst » et s'effectue à partir du MNT_ombré. En premier lieu, il faut ajouter le MNT_ombré voulu à la table des matières du projet en cours. Ensuite, vous devez ouvrir ArcToolbox et choisir « Outils Spatial Analyst » > « Reclassement » > « Reclassification ». La fenêtre suivante s'affichera.

	~	, Reclassification			
		Raster en entrée		^	Reclassification
\setminus		MNT_Ombre_22C04NE		I 🖆 📋	Table de reclassification
		Champ de reclassement			définissant la méthode de
		Reclassification		•	reclassification des valeurs.
		Anciennes valeurs	Nouvelles valeurs		Anciennes valeurs :
		1 - 35	1	Classer	plage de valeurs des
		35 - 73	2	Unique	cellules dans le
		73 - 104	3		raster en entrée.
		104 - 130	4		Les paramètres
		130 - 153	5	Ajouter une entrée	autorisés sont : une
		153 - 172	6		valeur unique, une
		172 - 191	7	Supprimer des entrées	plage de valeurs,
		191 - 215	8		une chaîne ou une
		Charger Enregistrer	Inverser les nouvelles valeurs	Précision	valeur NoData. Une liste de valeurs
		Raster en sortie			uniques peut être
		C:\Users\teava1\Documents\	ArcGIS\Default adb\Peclass_tif	· ·	spécifiée en les
	I	c. pacia (reavar pocuments)	Hi coro (bellanin gub (keciass_u)	· 🖉 🍸	I sénarant nar un
			ОКА	Annuler Environnements << Masquer l'aide	Aide de l'outil

Par la suite, vous devez choisir le raster sur lequel vous voulez travailler et choisir « Value » dans la section « Champs de reclassement ». Pour pouvoir reclasser les valeurs, vous devez cliquer sur le bouton « Classer » de la section reclassification. La liste des valeurs apparaîtra dans l'encadré à gauche. Une classification prédéfinie vous sera proposée. Celle-ci peut être modifiée selon vos besoins. Une fois que la classification des valeurs correspond à vos besoins, vous devez choisir un emplacement pour votre raster en sortie et cliquer sur OK. Votre nouveau raster apparaîtra à l'écran.

5.2.3 Convertir une image matricielle en format vectoriel (polygones)

Cette procédure rend possible l'utilisation des données LiDAR sur certains appareils GPS ne pouvant lire les fichiers de type « raster ». Prenez note que ces procédures prennent beaucoup de temps, donc assurez-vous d'avoir découpé la zone désirée (voir la <u>section 5.1.7</u>) avant de lancer le traitement. De plus, il est recommandé de reclasser le raster selon les classes à déterminer (voir la <u>section 5.2.2</u>) afin que le logiciel ne produise pas un polygone pour chaque pixel, ce qui produirait une couche beaucoup trop lourde.

Pour effectuer cette opération avec ArcGIS, vous devez d'abord ouvrir le raster de la région désirée. Ensuite, vous devez choisir « Outils de conversion » > « À partir d'un raster » > « Raster vers polygones ».

	Kaster vers polygones		
X	Raster en entrée		^
	Champ (facultatif)		
			•
	 Entites polygones en sortie 		2
	Simplifier les polygones (facultatif)		
			-
		OK Annuler Environnements	Afficher l'aide >>

Dans celle-ci, vous devez choisir le raster voulu en entrée, choisir un emplacement pour le fichier de polygones en sortie et cliquer sur OK.

5.2.4 Générer un MHC focal

Il est possible de générer un MHC focal à partir du MHC d'un secteur. Cela permet de mieux observer la valeur de hauteur maximale des cimes d'arbres résineux et donc d'interpréter plus facilement la hauteur d'un peuplement. Toutefois, ce MHC focal surestime grandement la densité du couvert, car il élargit artificiellement les diamètres des cimes.

Pour réaliser ce MHC focal, vous devez ajouter le MHC désiré dans la table des matières du projet. Ensuite, dans « ArcToolbox », vous devez sélectionner « Outils d'analyse spatiale » > « Voisinage » > « Statistiques focales ». La fenêtre suivante s'affichera.

$\overline{\}$	*	Statistiques focale	es				
		Raster en entrée					Voisinage (facultatif) 🄶
		Raster en sortie Voisinage (facultatif	f)				Dicte la forme de la zone autour de chaque cellule utilisée pour le calcul des statistiques.
		Cerde Paramètres de vo Rayon :	visinage			E	Une fois que le type de voisinage est sélectionné, d'autres paramètres peuvent être configurés
		Unités :	Cellule	⊘ Carte			pour definir la forme de ce voisinage, la taille et les unités.
		Type de statistique	(facultatif)				 Anneau Rayon intérieur Rayon extérieur Unités
	Ĺ	MAXIMUM				• •	•
				ОК	Annuler Environnements <<	Masquer l'aide	Aide de l'outil

Dans celle-ci, vous devez choisir le MHC désiré comme raster en entrée et choisir un emplacement pour votre raster en sortie. Ensuite, vous devez choisir « Cercle » dans le menu déroulant de « Voisinage » et « MAXIMUM » dans le menu déroulant de « Type de statistique ». Une fois le traitement terminé, vous obtiendrez un raster analogue à l'image suivante.

Dans le cas du MHC en forêts résineuses ou mixtes, vous pouvez tester plusieurs valeurs de rayon, mais la valeur 3 donne de bons résultats et permet de mieux visualiser la valeur maximale des tiges résineuses.



5.2.5 Indice topographique d'humidité

L'indice topographique d'humidité (TWI) est un indice qui permet d'évaluer la capacité du terrain à retenir l'humidité. Cet indice prend en compte l'accumulation de l'eau et la pente à un endroit précis.

Vous devez donc télécharger le dossier associé à SAGA à partir de l'adresse Internet suivante : <u>https://sourceforge.net/projects/saga-gis/.</u>

🊸 source fo	RGE			
Open Source Software	Business Software		Resources	
Home / Browse / Science & Engin	eering / Simulations / SAGA GI	;		
SAGA GIS Brought to you by: oconrad, reklov_w				
★★★★★ 48 R		Downloads:	1,070 This Week	
	Get Up	dates Share This		
BSD Windows Linux				

Vous devez ensuite installer les boîtes à outils SAGA requises. Pour ce faire, vous devez cliquer avec le bouton de droite de la souris sur « ArcToolbox » et choisir « Ajouter une boîte à outils ». Ensuite, sélectionnez le dossier dans lequel vous avez enregistré votre dossier SAGA. Dans celuici, vous devez choisir « ArcSAGA Toolboxes » et installer les boîtes à outils « Preprocessing » et « Hydrology ».

Regarder dans : ArcSAGA Toolboxes ArcSAGA Toolboxes ArcSAGA Toolboxes Spatial and Geostatistics - Grids.pyt Spatial and Geostatistics - Grids.pyt Terrain Analysis - Preprocessing.pyt Spatial and Geostatistics - Kriging.pyt Terrain Analysis - Profiles.pyt Spatial and Geostatistics - Points.pyt Terrain Analysis - Slope Stability.pyt Spatial and Geostatistics - Regression.pyt Terrain Analysis - Slope Stability.pyt Spatial and Geostatistics - Compound Analyses.pyt Tool Chains - Climate.pyt Terrain Analysis - Channels.pyt Tool Chains - Grid Collection.pyt Terrain Analysis - Lighting, Visibility.pyt Tool Chains - Grid Filters.pyt Terrain Analysis - Morphometry.pyt Tool Chains - Polygon Tools.pyt Nom : Terrain Analysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preprox Ouvrir Mitchanalysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preprox	Ajouter une boîte à outils	×
Spatial and Geostatistics - Grids.pyt Spatial and Geostatistics - Kriging.pyt Spatial and Geostatistics - Points.pyt Spatial and Geostatistics - Points.pyt Spatial and Geostatistics - Regression.pyt Terrain Analysis - Channels.pyt Terrain Analysis - Compound Analyses.pyt Terrain Analysis - Compound Analyses.pyt Terrain Analysis - Compound Analyses.pyt Terrain Analysis - Hydrology.pyt Terrain Analysis - Lighting, Visibility.pyt Terrain Analysis - Morphometry.pyt Mom : Terrain Analysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preproc Mom : Terrain Analysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preproc Mom : Terrain Analysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preproc Mom : Terrain Analysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preproc Mom : Terrain Analysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preproc Mom : Terrain Analysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preproc Mom : Terrain Analysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preproc Mom : Terrain Analysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preproc Mom : Terrain Analysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preproc Mathematical Analy	Regarder dans : ArcSAGA Toolboxes	- 👍 🗟 🏥 + 🖴 🖆 🗊 🚳
Nom : Terrain Analysis - Hydrology.pyt; Terrain Analysis - Preprox Ouvrir	 Spatial and Geostatistics - Grids.pyt Spatial and Geostatistics - Kriging.pyt Spatial and Geostatistics - Points.pyt Spatial and Geostatistics - Regression.pyt Terrain Analysis - Channels.pyt Terrain Analysis - Compound Analyses.py Terrain Analysis - Hydrology.pyt Terrain Analysis - Lighting, Visibility.pyt Terrain Analysis - Morphometry.pyt 	 Terrain Analysis - Preprocessing.pyt Terrain Analysis - Profiles.pyt Terrain Analysis - Slope Stability.pyt Tool Chains - Climate.pyt Tool Chains - Files.pyt Tool Chains - Grid Collection.pyt Tool Chains - Grid Filters.pyt Tool Chains - Imagery.pyt Tool Chains - Polygon Tools.pyt
Annuler Annuler	Nom : Terrain Analysis - Hydrology.py Affichage de Boîtes à outils type :	t; Terrain Analysis - Preproc Ouvrir Annuler

Une fois que les boîtes à outils sont installées, vous pouvez commencer à effectuer les traitements nécessaires. Le premier traitement est un remplissage. Pour ce faire, vous devez choisir « Preprocessing » > « Fill sink XXL ». Dans la fenêtre qui s'affichera, vous devez choisir le MNT voulu dans « DEM », choisir l'emplacement du fichier en sortie (Filled DEM) et saisir 0,01 dans la case « Minimum Slope ».

Fill Sinks XXL (Wang & Liu)	
DEM	Fill Sinks XXL (Wang 🔺 & Liu)
Filled DEM Minimum Slope [Degree] (facultatif) 0,01	This tool uses an algorithm proposed by Wang & Liu to identify and fill surface depressions in digital elevation models.
	The method was enhanced to allow the creation of hydrologic sound elevation models, i.e. not only to fill the depression(s) but also to preserve a downward slope along the flow path. If desired, this is accomplished by preserving a minimum slope gradient (and thus
OK Annuler Environnements << Masquer l'aide	Aide de l'outil

Ensuite, vous devez ouvrir « Hydrologie » > « SAGA Wetness Index ». La fenêtre suivante s'affichera.

SAGA Wetness Index		X
Elevation		^
MNT_31112NE.tif	-	3
Weights (facultatif)		
	-	3
Catchment Area		
		3
Catchment Slope		.
		3
Modified Catchment Area		.
		3
 Topographic Wetness Index 		.
Suction (facultatif)	1	0
Type of Area (facultatif)	-	
total catchment area		-
Type of Slope (facultatif)		
local slope		•
Minimum Slope (facultatif)		0
Offset Slope (facultatif)		
	0,	1
Slope Weighting (facultatif)		
		1
		~
OK Annuler Environnements	<< Masquer	l'aide

Dans celle-ci, vous devez choisir le MNT qui résulte du premier traitement (Filled DEM) dans la case « Elevation ». Ensuite, vous devez choisir un emplacement pour les fichiers en sortie, soit « Catchment Area », « Catchment Slope », « Modified Catchment Area » et « Topographic Wetness Index ». Finalement, vous devez choisir « total catchment area » pour le « Type of Area » et « local slope » pour « Type of Slope ». Les autres paramètres doivent correspondre aux valeurs par défauts. Vous obtiendrez donc votre TWI en format raster. Vous pouvez ensuite changer la symbologie si vous le désirez (voir la <u>section 5.1.2</u>).

Pour obtenir plus de détails sur cette méthode, vous pouvez visualiser la vidéo suivante sur YouTube, réalisée par M. Sylvain Jutras de l'Université Laval et son équipe : https://www.youtube.com/watch?v=V2hTDlhwo7s.

6 UTILISATION DES DONNÉES EN FORMAT MATRICIEL DANS QGIS

Cette section présente différentes manipulations de base pour faciliter l'utilisation des données LiDAR à l'aide du logiciel libre d'accès QGIS. Ces manipulations peuvent toutes être réalisées avec d'autres SIG, mais il faut noter que les procédures diffèrent d'un logiciel à l'autre. Notez également que les symbologies proposées ne fonctionnent pas avec ces autres logiciels.

6.1 TÉLÉCHARGEMENT ET INSTALLATION DU LOGICIEL

QGIS est un système d'information géographique en code ouvert (*Open Source*) et gratuit. Ce logiciel s'adresse à un large public et est simple d'utilisation. Il est possible de le télécharger sans frais à partir du site Internet de QGIS (<u>https://qgis.org/en/site/index.html</u>) et de l'installer au besoin sur plusieurs postes de travail. Il s'agit d'un logiciel créé et constamment amélioré grâce à un vaste réseau de bénévoles et de dons provenant des utilisateurs.



6.2 NOTIONS DE BASE

6.2.1 Visualiser des données matricielles et télécharger des symbologies prédéfinies

Une fois que vous avez installé le logiciel QGIS et que les produits dérivés du LiDAR sont téléchargés (voir le <u>chapitre 4</u>), vous pouvez ouvrir les fichiers dans le logiciel en cliquant sur l'onglet « Couche », puis « Ajouter une couche » et « Ajouter une couche raster ».

🔇 Projet sans titre - Q	GIS	
Projet <u>É</u> diter V <u>u</u> e	<u>Couche</u> <u>P</u> références E <u>x</u> tension <u>V</u> ecteur <u>R</u> aster <u>B</u> ase de données <u>I</u> nter	net <u>M</u> aillage <u>T</u> raitement <u>A</u> ide
- 🗅 👝 🗐 F	🥵 Gestionnaire des sources de données Ctrl+L	L IL II 21 : 0. 0 IV - II - L II III
	Créer une couche	
I // . / 🕞 ·	Ajouter une couche	 V^o_D Ajouter une couche vecteur Ctrl+Maj+V
Couches	Intégrer des couches et des groupes	Ajouter une couche raster Ctrl+Maj+R
	Ajouter depuis un fichier de Définition de Couche	🧱 Ajouter un Maillage
	Copier le style	> Ajouter une couche de texte délimité
	Coller le style	Ajouter des couches PostGIS Ctrl+Maj+D
	Copier la Couche	http://www.com/apatialite Ctrl+Maj+L
	Coller Couche/Groupe	Rjouter une couche MSSQL Ctrl+Maj+M
	Ouvrir la Table d' <u>A</u> ttributs F6	Ajouter une couche DB2 Ctrl+Maj+2
	// Basculer en mode édition	Ajouter une couche Oracle Spatial Ctrl+Maj+O
	Enregistrer les modifications de la couche	💹 Ajouter/Éditer une couche virtuelle
	🖉 Éditions en cours	, 🚱 Ajouter une couche WMS/WMTS Ctrl+Maj+W
	Sauvegarder sous	🥋 Ajouter une couche ArcGIS MapServer
	Enregistrer dans un Fichier de Définition de Couche	Ajouter une couche WCS
	Supprimer la couche/groupe Ctrl+D	Ajouter une couche WFS
	Dupliquer une couche(s)	🚱 Ajouter une couche ArcGIS FeatureServer

Lorsque la fenêtre s'affiche, cliquez sur « Parcourir » pour sélectionnez le fichier « .tif » correspondant au feuillet que vous souhaitez visualiser et cliquez sur « Ajouter ».

Q Gestionnaire des sources de données Raster		x,
📩 Explorateur	Type de source	
V+ Vecteur	Fichier O Protocole: HTTP(S), doud, etc.	Parcouri
Raster		
Mesh	Source	
7 Texte Délimité	Jeux de données Raster D:\QGIS\MNT_32A10NO.tif	
🥰 GeoPackage		
📕 SpatiaLite		
M. PostgreSQL		
MSSQL		
- Oracle		
DB2_ DB2		
Couche virtuelle		
C wms/wmts		
🕀 wcs		
WFS	/	
Service de carte ArcGIS	Fermer Ajouter Aide	
Service d'entités ArcGIS		



Une fois le fichier ouvert, une couche en noir et blanc apparaîtra à l'écran.

La symbologie proposée n'est pas associée au fichier « .tif ». Pour l'ajouter, il faut la télécharger en format « .qml » (le format « .lyr » ne fonctionne pas dans QGIS). Les symbologies se trouvent dans le dossier Symbologie.zip dans :

<u>ftp://transfert.mffp.gouv.qc.ca/Public/Diffusion/DonneeGratuite/Foret/IMAGERIE/Produits_der</u> ives LiDAR/.

() () () () () () () () () ()	mffp.gouv.qc.ca/Pt 🔎 👻 🖒	Sépertoire FTP /Public/Diffusi	<i>ể</i> Répertoire FTP /Public/D
Fichier Edition Affichage	e Favoris Outils ?		
05/16/2018 12:00	Repertoire 22F		
11/18/2019 10:53	Répertoire 22G		
11/18/2019 10:53	Répertoire 22H		
05/16/2018 12:00	Répertoire 221		
05/16/2018 12:00	Répertoire 22J		
12/05/2017 12:00	Répertoire 22K		
10/18/2017 12:00	Répertoire 22L		
05/16/2018 12:00	Répertoire <u>32D</u>		
05/16/2018 12:00	Répertoire <u>32E</u>		
05/16/2018 12:00	Répertoire <u>32F</u>		
06/07/2019 12:00	Répertoire <u>32G</u>		
06/07/2019 12:00	Répertoire 32H		
06/07/2019 12:00	Répertoire 321		
03/10/2020 01:55	Répertoire csv		
01/14/2020 05:23	20,118,809 metadonn	ees.zip	
03/09/2020 02:02	995,265 shp.zip		
01/14/2020 05:25	37,740 Symbolog	ie.zip	

Les étapes suivantes peuvent être effectuées autant pour le MNT que pour le MNT_ombré, les pentes ou le MHC.

Une fois que le dossier contenant les symbologies a été téléchargé, vous pourrez les afficher dans QGIS. Pour ce faire, positionnez le curseur sur le nom de la couche, cliquez avec le bouton de droite de la souris et sélectionnez « Propriétés » pour afficher les propriétés de la couche. La fenêtre suivante s'affichera.

• Q Propriétés de la couche -	MNT_32A10NO Symbologie
Q	▼ Rendu des bandes raster
🧿 Information	Type de rendu Bande grise unique
💸 Source	Bande grise Bande 1 (Gray)
😻 Symbologie	Dégradé de couleur Noir vers blanc 🔹
Transmarkan co	Min 271.848 Max 610.917
Transparence	Amélioration du contraste Étirer jusqu'au MinMax 🔹
istogramme Histogramme	
≼ Rendu	
🚵 Pyramides	Paramètres de valeurs Min/Max
📝 Métadonnées	
- Légende	
QGIS Server	▼ Rendu de la couleur
	Mode de fusion Normal
	Luminosité O 💠 Contraste O 💠
	Saturation 0 🗘 Dégradé de Gris Off 🔹
	Teinte Coloriser Force
	▼ Ré-échantillonage
	Zoom avant Plus proche voisin 👻 arrière Plus proche voisin 👻 Suréchantillonnage 2,00 🗘
	Légende Palette
	Enregistrer le style
	Enregistrer par défaut
	Aiouter
	Renommer l'actuel
-	√ défaut
L	Style * OK Annuler Appliquer Aide

Ensuite, pour charger les fichiers « .qml » désirés, dans l'onglet « Symbologie », cliquez sur le bouton « Style » et sur « Charger le style ».



La symbologie proposée sera appliquée à la couche choisie.

6.2.2 Modifier la symbologie et choisir des classes

Il est possible de modifier la symbologie proposée pour l'adapter à vos besoins. Pour ce faire, affichez la fenêtre « Propriétés de la couche » (cliquez avec le bouton de droite sur le nom de la couche > « Propriétés »).

Q Propriétés de la couche - MNT_32A10NO Symbologie	8		
▼ Rendu des bandes raster			
i Information Type de rendu Pseudo-couleur à bande unique 💌			
Source Bande Bande 1 (Gray)			
Symbologie Min 287.106 Max 538.696			
Paramètres de valeurs Min/Max			
Interpolation			
Palette de couleurs			
Kendu Suffixe de l'étiquette d'unité			
Valeur Couleur Étiquette			
287.1063729 287.106372985837			
E Légende			
QGIS Server 412.9009833 412.900983398436			
475.7982886 475.798288604735			
538.6955938 538.695593811034			
Mode Continu Classes 5			
Classer 🕀 😑 🐟 📄			
Écarter les valeurs en dehors de la plage			
Rendu de la couleur			
Mode de fusion Normal Sector			
Saturation 0 ♀ Dégradé de Gris Off ▼			
Teinte Coloriser	-		
Style * OK Annuler Appliquer Aide	:		

À partir de l'onglet « Symbologie » dans cette fenêtre, vous pouvez modifier les valeurs des bornes de chacune des classes ainsi que les couleurs associées en double cliquant sur la case de couleur. Vous pouvez choisir entre les différents modes de classification : continu, intervalles égaux et quantiles grâce à l'onglet déroulant « Mode ». Vous pouvez aussi modifier le nombre de classes en cliquant sur les boutons « classer », « + » et « – ».

6.2.3 Générer une couche transparente de MNT et MNT_ombré

Comme mentionné dans la <u>section 5.1.3</u>, la combinaison du MNT et du MNT_ombré peut faciliter l'interprétation de certains éléments de terrain. Ajoutez d'abord le MNT et le MNT_ombré à QGIS et chargez la symbologie « .qml » associée au MNT de la même façon que présentée dans la <u>section 6.2.2</u>. Par la suite, dans la fenêtre « Propriétés de la couche » (cliquez avec le bouton de droite sur le nom de la couche « Propriétés ») du MNT, allez dans l'onglet « Transparence » et réduisez l'opacité totale à 50 %.

Q Propriétés de la couche - l	MNT 32A10NO Transparence			23
۹	▼ Opacité globale			
(i) Information			50,0%	
Source	Aucune valeur de données			
Symbologie	Aucune valeur de données -3.4028	234663852886e+38		
Transparence	Valeur nulle supplémentaire			
	 Options de transparence personn 	alisée		
Histogramme	Bande de transparence Aucun			-
≼ Rendu	Liste des pixels transparents			
A Pyramides	De	Vers	Transparence (%)	
E Légende				
QGIS Server				
	Style *	OK	Annuler Appliquer	Aide

Ensuite, superposez le MNT au MNT_ombré, l'interprétation des deux couches combinées fournit des renseignements à la fois sur l'altitude et le relief.



6.2.4 Générer des MNT_ombré

Le MNT_ombré suggéré a été conçu avec la valeur d'azimut par défaut proposé par ArcGIS, soit 315°. Dans certains cas, selon la direction des glaciers, il peut être pertinent de générer un MNT_ombré à un autre azimut pour faire ressortir le relief de certaines structures comme les eskers.

Pour générer un MNT_ombré dans QGIS, ajouter d'abord le MNT à QGIS. Par la suite, cliquez sur « Traitement » dans la barre d'outils principale, puis sur « Boîte à outils ». La fenêtre « Boîte à outils traitements » apparaîtra alors. Ensuite, cliquez sur « Analyse de terrain raster » et sur « Ombrage ».



🔇 Ombrage	—
Paramètres Journal Couche d'élévation Image: MINT_32A10NO [EPSG:2950] Facteur Z 2,000000 Image: Azimuth (angle horizontal) 315,000000 Image: Angle vertical 40,000000 Image: Angle vertical	Ombrage This algorithm calculates the hillshade raster layer given a Digital Terrain Model in input. The shading of the layer is calculated according to the sun position (azimuth and elevation).
(40,000000 · · · · · · · · · · · · · · · ·	
[Enregistrer dans un fichier temporaire] ✓ Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme	
0%	Annuler
Exécuter comme processus de lot	Exécuter Fermer Aide

Dans la fenêtre « Ombrage », sélectionnez votre MNT en tant que couche d'élévation et déterminez le facteur Z et l'azimut voulu pour le MNT_ombré que vous allez créer. L'azimut standard (angle horizontal) est de 315° et le facteur Z recommandé est 2. Il est aussi recommandé de laisser 40° pour l'angle vertical. Finalement, si vous voulez sauvegarder définitivement la couche, choisissez un emplacement de sauvegarde et un nom. Sinon, la couche créée ne sera que temporaire et sera perdue lors de la fermeture du projet. Appuyez sur « Exécuter ».

Comme mentionné dans la <u>section 5.1.4</u>, il faut noter qu'il est préférable de placer l'azimut à une valeur perpendiculaire aux structures que l'on veut détecter et il faut éviter d'utiliser un angle azimutal du sud (p. ex., 180°), car la topographie sera inversée.

À la suite de cette manipulation, une image analogue à celle à la page suivante sera générée. Le petit signe à côté du nom de la couche signifie qu'il s'agit d'une couche temporaire, car aucun emplacement de sortie n'a été indiqué. Pour la sauvegarder de manière permanente, il faut cliquer avec le bouton de droite sur le nom de la couche, puis sur « Exporter » et « Enregistrer sous... ». Dans la nouvelle fenêtre, cliquez sur « Parcourir » à droite de l'encadré « Nom de fichier » et choisissez l'emplacement et le nom de la couche. Avant de fermer un projet, c'est une bonne idée de vérifier les noms de couche suivis de ce symbole.



6.2.5 Générer un modèle de pente

Pour générer un modèle de pente à l'aide de QGIS, vous devez ouvrir le MNT de la région souhaitée. Vous devez ensuite, dans « Boîte à outils traitements » (« Barre d'outils principale » > « Traitement » > « Boîte à outils »), cliquez sur « Analyse de terrain raster » et sur « Pente ».



La fenêtre suivante s'affichera.

2 Pente		— ———————————————————————————————————
Paramètres Journal	•	Pente
Couche d'élévation		This algorithm calculates the angle of inclination of
MNT_32A10NO [EPSG:2950]		expressed in degrees,
Facteur Z		
Pente		
[Enregistrer dans un fichier temporaire]		
Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme		
0%		Annuler
Exécuter comme processus de lot		Exécuter Fermer Aide

Dans celle-ci, sélectionnez votre MNT en tant que couche d'élévation, laissez le facteur Z à 1 et choisissez un emplacement de sortie si désiré dans l'encadré « Pente ». Sinon, la couche créée sera temporaire et supprimée à la fermeture du projet. Finalement, cliquez sur « Exécuter » : le nouveau raster que vous obtiendrez s'affichera en noir et blanc.



Pour pouvoir obtenir la symbologie standard, il vous faudra la charger en suivant les étapes décrites dans la <u>section 6.2.2</u>, en sélectionnant le fichier « Pente.qml ». Vous obtiendrez donc un résultat semblable à l'image présentée ci-dessous.



6.2.6 Assembler plusieurs rasters

Pour assembler plusieurs images matricielles, cliquez sur « Raster » dans la barre d'outils principale et, ensuite, sélectionnez « Fusionner » dans l'onglet « Divers ».



La fenêtre suivante s'affichera. Il faut noter que l'assemblage peut se faire pour un nombre limité de feuillets. Au-delà de 10 feuillets, le raster généré sera probablement trop lourd pour être utilisé.

Q Fusionner	23
Paramètres Journal	
Couches en entrée	
0 élément sélectionné	
Récupérer la table des pseudo-couleurs depuis la première couche	
Placer chaque fichier en entrée dans une bande séparée.	
Type de données en sortie	
Float32	•
Paramètres avancés	
Fusionné	
[Enregistrer dans un fichier temporaire]	
✓ Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme	
Console GDAL/OGR	
python3 -m gdal_merge -ot Float32 -of GTiff -o C:/Users/frama7/AppData/Local/Temp/ processing_f383044bbca941a5b98bd933d8a00279/ad060ccc317a4e819bb4e3f80dbbbe4e/OUTPUT.tifoptfile C:/Us AppData/Local/Temp/processing_f383044bbca941a5b98bd933d8a00279/ed958c0da1f74170a9985d503300efab/merg	ers/frama7/ geInputFiles.txt
0%	Annuler

Dans cette fenêtre, vous devez sélectionner les rasters à assembler en tant que « Couches en entrée » et choisir l'emplacement de la sortie dans l'encadré « Fusionné ». Sinon, la couche créée sera temporaire et supprimée à la fermeture du projet. Cliquez sur « Exécuter ».

6.2.7 Découper un raster pour un secteur donné

Pour découper un raster, affichez d'abord le raster à découper. Ensuite, vous devez cliquer sur « Raster » dans la barre d'outils principale. Puis, vous devez sélectionner « Découper un raster selon une emprise » dans l'onglet « Extraction ».



La fenêtre suivante s'affichera.

Occouper un raster selon une emprise Paramètres Journal Couche source MNT_32A10NO [EPSG:2950]	
Étendue de découpage (xmin, xmax, ymin, ymax)	
Affecter une valeur nulle spécifiée aux bandes de sortie [optionnel]	Utiliser l'emprise du canevas
	Sélectionner l'emprise depuis le canevas
Paramètres avancés	Utiliser l'emprise de la couche
Découpé (étendue)	and an and shares in
[Enregistrer dans un fichier temporaire]	
✓ Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme	
Console GDAL/OGR	
Valeur invalide pour le paramètre 'Étendue de découpage'	
0% Annuler	
Exécuter comme processus de lot Exécuter Fermer Aide	

La couche source correspond au raster que vous souhaitez découper. Pour l'étendue de découpage, choisissez « Sélectionner l'emprise depuis le canevas » et, avec le curseur, sélectionnez la zone à découper sur votre raster. Finalement, choisissez l'emplacement de la sortie dans l'encadré « Découpé (étendue) ». Sinon, la couche créée sera temporaire et sera supprimée à la fermeture du projet. Finalement, cliquez sur « Exécuter ».



6.3 NOTIONS AVANCÉES

À partir des produits dérivés de base du LiDAR, il est possible de générer d'autres produits pouvant être utiles à l'analyse d'un territoire. Dans les deux logiciels présentés précédemment (ArcGIS et QGIS), il existe des outils permettant d'obtenir les courbes de niveau, de transformer un raster en polygones, de remplir les lacs, de délimiter les bassins versants, de reclasser les rasters, de générer le MHC focal, l'hydrographie, l'indice topographique d'humidité et encore plus.

6.3.1 Générer des courbes de niveau

Afin de créer des courbes de niveau, vous aurez besoin du ou des MNT de la région d'où vous voulez les courbes. Il est préférable de découper ou de fusionner les MNT afin d'obtenir uniquement la zone désirée. Cela permettra d'augmenter la vitesse de traitement. Une fois votre zone préparée, cliquez sur « Raster » dans la barre d'outils et sélectionnez « Contour » dans l'onglet « Extraction ».



La fenêtre suivante s'affichera.

Contour
Paramètres Journal
Couche en entrée
T MNT_32A 10NO [EPSG:2950]
Numéro de bande
Bande 1 (Gray)
Intervalle entre les courbes de niveaux
10,000000
Nom de l'attribut (si non indiqué, aucun attribut d'élévation ne sera attaché) [optionnel]
ELEV
Décalage par rapport à zéro pour l'interprétation des intervalles [optionnel]
0,000000 🖾 🗘
Paramètres avancés
Contours
[Enregistrer dans un fichier temporaire]
✓ Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme
0% Annuler
Exécuter comme processus de lot Exécuter Fermer Aide

Dans cette fenêtre, vous devez sélectionner le raster de votre choix en tant que couche en entrée et sélectionner un emplacement pour votre fichier de sortie (encadré « Contours »). L'encadré « Intervalle entre les courbes de niveau » permet de choisir l'intervalle désiré entre les lignes de contour. Appuyez sur « Exécuter ». Un fichier contenant les courbes de niveau sera ajouté à votre table des matières.



Par la suite, dans la fenêtre « Propriétés de la couche » (cliquez avec le bouton de droite sur le nom de la couche > « Propriétés »), il est possible de modifier les couleurs associées aux courbes de niveau (« Symbologie » dans le menu latéral) et aussi d'afficher l'altitude en faisant apparaître les étiquettes. Pour les étiquettes, cliquez sur « Étiquettes » dans le menu latéral. Sélectionnez « Étiquettes simples » et choisir « ELEV » dans le menu déroulant « Étiquetter avec ». Ensuite, sélectionnez « Position » et cochez « Incurvé » pour que les étiquettes suivent les courbes.

Q Propriétés de la couche -	· Contours Étiquettes	
Q	📾 Étiquettes simples	✓ (
🥡 Information	Étiqueter avec 1.2 EL	
Source	▼ Echantillon de te	xte
💸 Symbologie	Lorem Ipsum	
(abc Étiquettes	-	▼
Diamana a	Lorem Ipsum	1:4738 💌 🔤
Diagrammes	^{abc} Texte	Position
🜳 Vue 3D	<pre>+ab < c Formatage</pre>	^
·	abc Tampon	Parallèle Tocurvé Horizontal
Champs source	Arrière-plan	
Formulaire	Ombre	
	Position	Positions autorisées 🗹 Au-dessus de la ligne 📄 Sur la ligne 📄 En-dessous de la ligne 📢 🗐
Jointures	Kendu	Orientation de la ligne suivant la position
Stockage auxiliaire		Distance 0,0000
(Actions		
		Milimètre 🔹 📢
🦵 Infobulles		Répéter Pas de répétition
🞸 Rendu		Millimètre 🔹 🗸
8 Variables		Angle maximum entre les caractères incurvés
📝 Métadonnées		à l'intérieur 25,0 🗘 à l'extérieur 25,0 🗘 🖶
Dépendances		
- Lénende		Generateur de geometrie
Legende		
QGIS Server		
Mumérisation		Point / Multi-Point
		▼ Donnée définie
		Coordonnée X (, Y (),
		Alignement horizontal (=, vertical (=,
	Style 👻	OK Annuler Appliquer Aide



6.3.2 Reclassification des rasters

Pour reclasser les rasters à l'aide de QGIS, il faut utiliser l'extension GRASS GIS qui est normalement téléchargée en même temps que le logiciel QGIS. Il est important d'ouvrir la version du logiciel dans laquelle elle est incluse.

Programmes (8)
Q QGIS Desktop 3.8.2
Q OGIS Desktop 3.8.2 with GRASS 7.6.1
QGIS Browser 2.18.2
QGIS Browser 2.18.2 with GRASS 7.0.5
🚀 QGIS Desktop 2.18.2
🚀 QGIS Desktop 2.18.2 with GRASS 7.0.5
🚀 Qt Designer with QGIS 2.18.2 custom widgets
Q Qt Designer with QGIS 3.8.2 custom widgets

Si vous ne possédez pas l'extension, il est possible de la télécharger sur le site Internet suivant : <u>https://grass.osgeo.org/download/</u>.

Une fois le téléchargement du logiciel effectué et la bonne version du logiciel ouverte, vous pouvez avoir accès à la boîte à outils de GRASS dans la « Boîte à outils traitements » (barre d'outils principale > « Traitement » > « Boîte à outils »). Si ce n'est pas le cas, cliquez sur « Option » dans la barre des tâches de la « Boîte à outils traitements ».

Guide d'utilisation des produits dérivés du LiDAR



Dans la fenêtre qui s'affichera, sélectionnez l'onglet « Traitements », puis « Fournisseurs de traitements », puis l'onglet « GRASS ». Vous devez vous assurer que la case « Activer » est cochée.

Q 01	ptions Traitement]
Q		Paramètres	Valeur	
52	Général	💌 🌞 Fournisseurs de traitements 🦰		
	General	👻 🚮 GDAL		
ેે	Système	🚋 Activer		
		👻 🙊 GRASS		
W	SCR	Activer		
冒	Sources de données	Emplacement de la documentation de GRASS	https://grass.osgeo.org/grass76/manuals/	
		🞡 Journaliser la sortie de la console		
	Rendu	Journaliser les commandes d'exécution		
	Commune at léana de	Pour des couches vecteur, utiliser v.external (plus rapide) plutôt que v.in.ogr		
	Canevas et legende	▶ OTB		
	Outils	- 😵 SAGA		
	cartographiques	S Activer	✓	
	Couleurs	S Activer les optimisations d'Import/Export de SAGA	v	
17/2	Numérisation	🛞 Journaliser la sortie de la console	v	
	- Constantin	S Journaliser les commandes d'exécution	✓	
	Mises en pages	🕨 🌞 Général		
	GDAL	🕨 🧮 Menus	Remettre à défaut	
	ODAL	🕨 🏇 Modèles		
3	Variables	🕨 📌 Scripts		
	Authentification			
	Réseau			
Q	Localisateur			
	Avancé			
<u> </u>				
E	Accélération			
-	Traitement			
			OK Annuler Aide	

Paramètres Journal Input raster layer		4	r.reclass		
MNT_32A 10NO [EPSG:2950]			Cree une nouvelle co des catégories sont b	uche carte dor asées sur la re	nt les valeurs e-classification
ile containing reclass rules [optionnel]			des catégories d'une	couche raster	existante.
Reclass rules text (if rule file not used) [optionnel] 🚩					
1 thru 300 = 1 301 thru 400 = 2 401 thru 500 = 3 501 thru 600 = 4					
Paramètres avancés	/				
Reclassified					
[Enregistrer dans un fichier temporaire]					
 Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algor 	rithme				
			/		

Dans la boîte à outils « GRASS », cliquez sur « Raster (r.*) » et sur « r.reclass ». La fenêtre suivante s'affichera.

Dans celle-ci, vous devez choisir le raster en entrée et l'indiquer dans le champ « Input raster layer ». Vous devez aussi inclure les règles de classification. Celles-ci peuvent être appliquées soit en important un document contenant les règles de classification dans la section « File containing reclass rules » ou soit en les inscrivant manuellement dans la section « Reclass rules text ». Finalement, vous devez choisir un emplacement pour votre fichier de sortie pour le rendre permanent dans la case « Reclassified » et cliquez sur « Exécuter ». Votre raster avec les nouveaux critères de classification apparaîtra à l'écran. Dans l'exemple plus haut, les valeurs du MNT seront reclassées en quatre classes, selon l'altitude.



6.3.3 Convertir une image matricielle en format vectoriel (polygones)

Cette procédure rend possible l'utilisation des données LiDAR sur certains appareils GPS ne pouvant lire les fichiers de type « raster ». Prenez note que ces procédures prennent beaucoup de temps, donc assurez-vous d'avoir découpé la zone désirée avant de lancer le traitement. De plus, il est recommandé de classifier le raster au préalable afin que le logiciel ne produise pas un polygone pour chaque pixel, ce qui produirait une couche beaucoup trop lourde. En ce sens, il faut d'abord reclasser l'image selon les classes à déterminer (voir la section 6.3.2).

Pour convertir un raster en polygones avec QGIS, vous devez cliquer sur « Raster » dans la barre d'outils principale. Ensuite, choisissez l'onglet « Conversion » et cliquez sur l'outil « Polygoniser ».



La fenêtre suivante s'affichera.

Q Polygoniser (Raster vers Vecteur)
Paramètres Journal
Couche source
Reclassified [EPSG:2950]
Numéro de bande
Bande 1 (Palette)
Nom du champ à créer
DN
Use 8-connectedness
Vectorisé
[Enregistrer dans un fichier temporaire]
✓ Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme Console GDAL/OGR
python3 -m gdal_polygonize C:/Users/frama7/AppData/Local/Temp/ processing_f1e4fdc1980f44c48b40d45c63da97e1/75ebf26edac741329bfe2473ba720644/output.tif C:/Users/frama7/AppData/Local/ Temp/processing_f1e4fdc1980f44c48b40d45c63da97e1/ca72830cac3b47fa968e5ba212371cbe/OUTPUT.shp -b 1 -f "ESRI Shapefile" OUTPUT DN
0% Annuler
Exécuter comme processus de lot Exécuter Fermer Aide

La couche source est le raster à polygoniser et l'encadré « Vectorisé » permet de sauvegarder de manière permanente la couche en choisissant un emplacement pour le fichier de polygones en sortie. Cliquer sur « Exécuter ». Vous obtiendrez un fichier analogue à l'image ci-dessous.



Pour ouvrir la table d'attributs, cliquez avec le bouton de droite de la souris sur le nom de la couche et sur « Ouvrir la table d'attributs ». Si vous voulez que la table d'attributs soit intégrée à la fenêtre de votre projet, cliquez sur « Préférence » dans la barre d'outils principale, puis sur « Options ». Dans la nouvelle fenêtre, sélectionnez l'onglet « Sources de données » et cochez « Ouvrir les nouvelles tables attributaires dans une fenêtre intégrée ».



Préférenc	ces					
Youides - QGIS Projet Éditor Vije Couche Pidformon Este Profits gélisset	rnsion <u>V</u> ecteur <u>B</u> aster <u>B</u> ase teurs +	e de données Internet Muillage	: Iraitement Aide	· • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	s 🔹 Vi 🔏 👒 😡	
Couches Couches	te style uronalides wier in de l'interface Options	Coptions Sources de sonn Coptions Sources de sonn Coptions Sources de sonnes Sources de données Rendu	vées ▼ Attributs et tables ▼ Ounr les nouvelles tables Copre les entités comme Comportement des tables d'Attributs Vac par défaut Cache de la table attributaire Représentation des valeurs 18.11.	utaires dans une fenêtre intégrée Texte uniquement, géoradore WKT Monter toutes les entités Se souverir de la dernière vue 10000 © Indut		•
		Cunces et Hgende Cuilis Cuilis Cuiligraphiques Cuileurs Cuileurs Mices en pages GDAL Variables	Gestion des sources des donn Rechercher les fichers values dans f Rechercher du contenu dans les fich Demander pour les sous couches na de sous couches na de source de couches PostICS av Apouter des couches PostICS av Demander exemptions edites Debanter des couches PostICS av Debanter des couches PostICS av	ées (replorateur en compressés (*.sp)) ter fortodoge des shapefiles es un double-dis et sélectionner en mode étendu un double-dis et sélectionner en mode étendu un veur a possible	verifier Festension Scan basique Texplore	•
	Vectorist I Tetal des enthéss fid 1 1833 2 1832 3 1835 4 1834 5 1837 6 1838 7 1839 8 1838 9 1825	Authentification Reseau Localisatour Avance Acceleration Traitement		nplorateur		
Q. Tanier opur trouver (CtrLHC)	Montrer toutes les entités	<u>-</u>		Coordonnee 337085.5402063 NB Echelle 1:159782 *	OK Annuler	Aide

6.3.4 Générer un MHC focal

Il est possible de générer un MHC focal à partir du MHC d'un secteur. Cela permet de mieux observer la valeur de hauteur maximale des cimes d'arbres résineux. Ce nouveau MHC produit permet donc d'interpréter plus facilement les hauteurs d'un peuplement. Toutefois, ce MHC focal surestime grandement la densité du couvert, car il élargit artificiellement les diamètres des cimes.

Pour générer un MHC focal, vous devez ajouter le MHC désiré dans la table des matières du projet. Dans la « Boîte à outils traitements » (barre d'outils principale > « Traitement » > « Boîte à outils »), sélectionnez la boîte « GRASS » (voir la <u>section 6.3.2</u> au besoin pour l'installation de l'extension GRASS), cliquez sur « Raster (r.*) » et sur « r.neighbors ». La fenêtre suivante s'affichera.

Q r.neighbors	
Paramètres Journal Input raster layer Input raster layer Image: MHC_32A 10NO [EPSG:2950] Image: Couche Raster pour sélectionner les cellules qui doivent être traitées [optional] Couche Raster pour sélectionner les cellules qui doivent être traitées [optional] Imaximum Imaximum Taille de voisinage [optionnel] 3 Imaximum Value de voisinage [optionnel] Non renseigné Quantile to calculate for method=quantile [optionnel] Imaximum Imaximum <	r.neighbors Rend la variable de catégorie de chaque cellule une fonction des valeurs assignées aux cellules voisines
UEnregistrer dans un fichier temporaire	
0%	Annuler
Exécuter comme processus de lot	Exécuter Fermer Aide

Dans celle-ci, vous devez configurer certains paramètres. Vous devez, premièrement, choisir le MHC que vous désirez en tant que raster en entrée (« Input raster layer »). Ensuite, vous devez choisir « maximum » dans « Neighborhood operation », indiquer « 3 » dans « Taille de voisinage » et cocher « Use circular neighborhood ». Finalement, choisissez l'emplacement de sortie pour votre MHC focal (encadré « Voisins ») et cliquez sur « Exécuter ». Vous obtiendrez un raster analogue à celui-ci.



Il est possible que, dans certaines versions de QGIS, l'option circulaire ne soit pas disponible, vous obtiendrez donc un MHC focal avec des cimes carrées.

6.3.5 Indice topographique d'humidité

Un autre outil qu'il est possible de produire à l'aide des produits du LiDAR et du logiciel QGIS est l'indice topographique d'humidité (TWI). Cet indice permet de visualiser rapidement les zones ayant un fort potentiel d'accumulation d'eau. Pour ce faire, vous devrez avoir installé l'extension « SAGA ».

Vous devez donc télécharger le dossier associé à SAGA à l'adresse Internet suivante : <u>https://sourceforge.net/projects/saga-gis/.</u>

I source fc	DRGE			
Open Source Software	Business Software			
SA Brough	AGA GIS ht to you by: oconrad,	as Freklov_w		ľ
★★★★★ 481		Downloads: 1	1,070 This Week	
Se Downloa	d Get	Jpdates Share This		
BSD Windows Linux				

La boîte à outils SAGA sera accessible dans la « Boîte à outils de traitements » (barre d'outils principale > « Traitement » > « Boîte à outils »). Si ce n'est pas le cas, cliquez sur « Option » dans la barre des tâches.

La première étape pour pouvoir générer le TWI est le remplissage des dépressions du modèle numérique de terrain. Pour ce faire, référez-vous à la <u>section 5.2.5</u>.

Ensuite, dans la « Boîte à outils de traitements » (Barre d'outils principale > « Traitement » > « Boîte à outils »), sélectionnez « SAGA », « Terrain Analysis-hydrology » et « SAGA Wetness Index ». La fenêtre suivante s'affichera.

🔇 Saga wetness index	×
Daramètres lournal	
Elevation	
Filled DEM []	
Suction	
10,000000	\$
Type of Area	
[0] absolute catchment area	•
Type of Slope	
[0] local slope	•
Suction	
0,000000	\$
Suction	
0,100000	\$
Suction	
1,000000	\$
Catchment area	
[Enregistrer dans un fichier temporaire]	
✓ Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme	
Catchment slope	
[Enregistrer dans un fichier temporaire]	
✓ Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme	
Modified catchment area	
[Enregistrer dans un fichier temporaire]	
✓ Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme	
Topographic Wetness Index	
[Enregistrer dans un fichier temporaire]	
✓ Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme	•
0%	Annuler
Exécuter comme processus de lot	Fermer

Dans celle-ci, vous devez utiliser le raster du MNT rempli pour la section élévation. Ensuite, vous devez choisir « absolute catchment area » dans la section « Type of area » et « local slope » pour la section « Type of slope ». Finalement, vous devez choisir l'emplacement pour les quatre fichiers en sortie, soit « Catchment Area », « Catchment Slope », « Modified Catchment Area » et « Topographic Wetness Index ». Vous obtiendrez alors votre TWI qui devrait être analogue à la figure suivante, une fois les couleurs modifiées. Il est important de noter que ce processus est très long, donc il est préférable de limiter la modélisation à la zone que vous désirez.



7 CONCLUSION

Ce document constitue une aide à l'utilisation des produits dérivés du LiDAR. Si vous avez des commentaires ou des suggestions d'améliorations, n'hésitez pas à communiquer avec la Direction des inventaires forestiers pour nous en faire part.

Inventaires.forestiers@mffp.gouv.qc.ca

8 RÉFÉRENCES

- LACROIX, S. et F. CHARRETTE (2013). Une meilleure planification grâce à l'inventaire forestier amélioré par LiDAR, Rapport Avantage, vol. 14., n° 1, 8 p.
- LEBŒUF, A., S. LACROIX et S. VÉZEAU (2015). *Projet d'acquisition de données par le capteur LiDAR* à l'échelle provinciale. Analyse des retombées et recommandations, 18 p. [En ligne] [https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/inventaire/Analyse_retombees_LiDA <u>R-Finale.pdf</u>].
- SADEGHI, Y., B. ST-ONGE, B. LEBLON et M. SIMARD (2016). "Canopy Height Model (CHM) Derived from a TanDEM-X INSAR DSM and an Airborne Lidar DTM in Boreal Forest", IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 9, n° 1 : 381-397.

A P Q A P Q A P Q A P Q A P Q A P Q A P Q A P Q A P Q A P $A \phi \phi A \phi A \phi \phi A \phi \phi A \phi A$ A P Q A P Q A P Q A P Q A P Q A P Q A P Q A P Q A P Q A P

