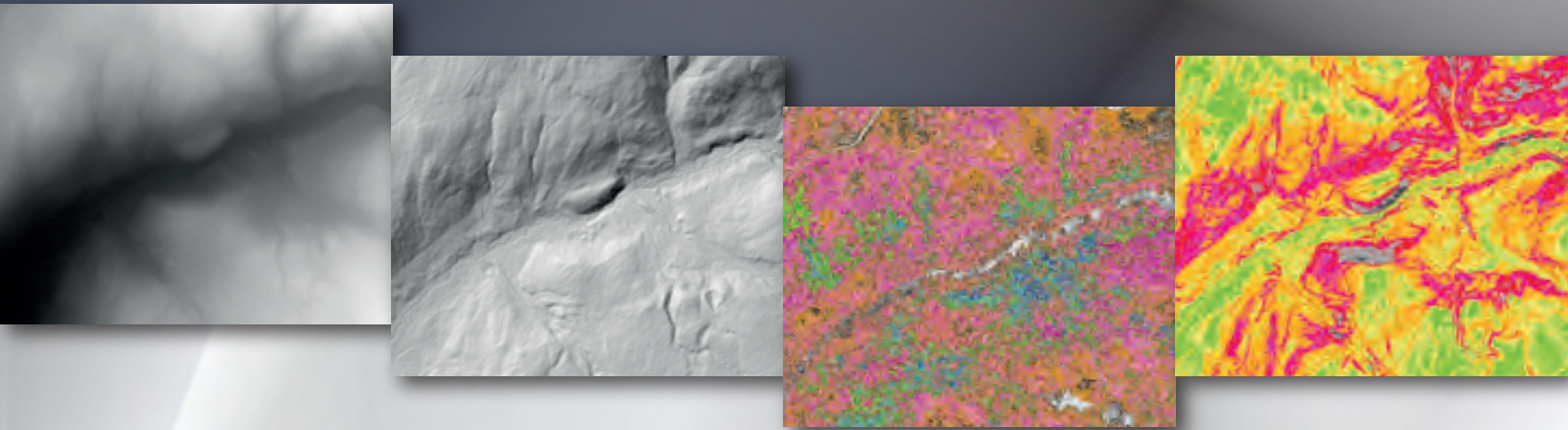


GUIDE

d'utilisation des produits dérivés du LiDAR



Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
Secteur des forêts
Direction des inventaires forestiers
Décembre 2016

RÉDACTION

Antoine Leboeuf, ing. f., Ph. D.

Isabelle Pomerleau, ing. f.

COLLABORATION À LA RÉDACTION

Marc-Olivier Lemonde, ing. f., M.Sc.

Dave Munger, analyste en géomatique

Frédéric Leblanc, ing. f.

MISE EN PAGE

Geneviève Barry, agente de secrétariat

ILLUSTRATION ET CARTE

Antoine Leboeuf, Jean Mercier et Marc-Olivier Lemonde

RÉVISION LINGUISTIQUE

Anne Veilleux, réviseure

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

inventaires.forestiers@mffp.gouv.qc.ca

www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire

Service à la clientèle

Téléphone : 418 627-8600

Sans frais : 1 866 CITOYEN (248 6936)

Télécopieur : 418 643-0720

service.citoyens@mffp.gouv.qc.ca

© Gouvernement du Québec

Dépôt légal – Bibliothèque et archives nationales du Québec 2016

ISBN pdf : 978-2-550-77405-1

Table des matières

RÉDACTION	2
COLLABORATION À LA RÉDACTION	2
MISE EN PAGE	2
ILLUSTRATION ET CARTE	2
RÉVISION LINGUISTIQUE	2
Direction des inventaires forestiers	2
Introduction	1
1. Produits dérivés du LiDAR.....	2
1.1. Modèle numérique de terrain (MNT)	2
1.2. Modèle numérique de terrain en relief ombré (MNT_ombré).....	2
1.3. Modèle de hauteur de canopée (MHC)	3
1.4. Carte de pentes (Pentes).....	4
2. Disponibilité des produits dérivés du LiDAR.....	5
3. Accès aux produits dérivés du LiDAR.....	6
4. Notions de base sur l'utilisation des données en format matriciel	7
4.1. Visualisation des données matricielles	7
4.2. Ajustement de la symbologie et choix des classes	8
4.3. Création d'une couche transparente de MNT et MNT_ombré	10
4.4. Refaire des reliefs ombrés.....	12
4.5. Assemblage de plusieurs rasters.....	16
4.6. Découpage d'un raster pour un secteur donné.....	18
Conclusion.....	21
Références	22

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. Ces retombées sont d'ailleurs déjà bien démontrées (Leboeuf et al. 2015²). Néanmoins, l'utilisation des données LiDAR brutes demeure complexe et requiert une grande expérience et des outils informatiques avancés. 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 généré et rendu disponibles des produits dérivés du LiDAR dans un format convivial.

L'objectif de ce document est donc de faciliter aux clientèles l'utilisation des produits dérivés de base du LiDAR. Ces produits et des techniques pour les utiliser et les transformer seront présentés.

¹ LiDAR : Light Detection and Ranging

² Accessible en ligne : http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/Analyse_retombes_LiDAR-Finale.pdf

1. Produits dérivés du LiDAR

Les quatre produits dérivés de base, conçus à partir des données LiDAR, sont 1) le modèle numérique de terrain, 2) le modèle numérique de terrain relief ombré, 3) le modèle de hauteur de canopée et 4) les pentes. Ces produits sont en format matriciel et peuvent donc être visualisés facilement dans des systèmes d'informations géographiques de base comme ArcGIS.

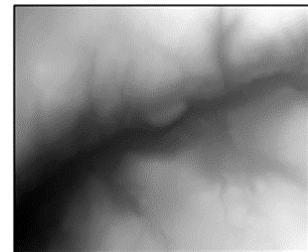
Voici une liste de caractéristiques techniques communes aux quatre produits présentés dans ce document :

Surface de référence géodésique	Ellipsoïde GRS 80
Système de référence géodésique	NAD 83
Projection	Mercator Transverse
Méthode de production	Traitement sur Lastools, R, Gdal et ArcGis
Logiciels pour visualiser les données	ArcGis, QGis, MapInfo, etc.

1.1. 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 mètre.

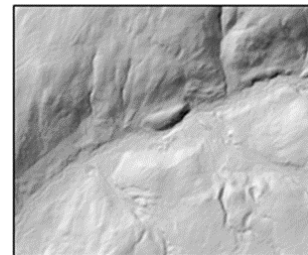
Le MNT est un produit de base découlant du LiDAR. Il sert d'abord à produire les MNT_Ombré et les pentes. Il sert aussi à la production de modèles hydrologiques, à la construction de chemins, à la gestion des risques d'inondation, aux analyses visuelles de paysage, etc.



1.2. Modèle numérique de terrain en relief ombré (MNT_ombré)

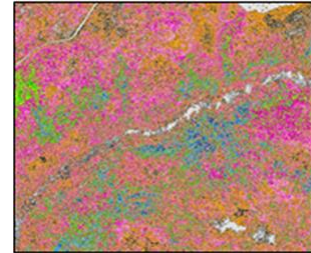
Ce fichier matriciel (raster) simule l'apparence tridimensionnelle d'une carte en relief. Il ne contient donc pas de valeur d'altitude. L'ombre et la lumière sont des nuances de gris associées à des entiers de 0 à 255 (du noir au blanc). La résolution spatiale de ce raster est de 2 mètres.

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



1.3. Modèle de hauteur de canopée (MHC)

Ce fichier matriciel (raster) fournit des valeurs numériques représentant la hauteur de canopée forestière ou autres éléments surélevés (ex. bâtiments). Ce produit correspond à la différence entre le modèle numérique de surface et le modèle numérique de terrain. Le fichier MHC_nofeuillet.lyr représente une symbologie (plages de couleur) de la hauteur au mètre. La résolution spatiale de ce raster est de 1 mètre. Le MHC permet les mesures de hauteur, de densité, de structure de peuplement. Il peut permettre de bâtir 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 :

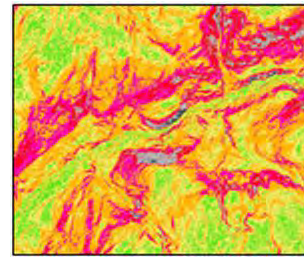
1. Les hauteurs d'arbres sont généralement sous-évaluées par le LiDAR. Cet écart est plus élevé dans les forêts résineuses que dans les forêts feuillues. Il est également plus élevé lorsque la densité de point est plus faible. À titre d'exemple, une étude réalisée dans le parc des Laurentides démontre une sous-estimation de -0,98 mètre basée sur 431 mesures d'arbres et une donnée LiDAR d'une densité de 7,1 points/m² (Sadeghi *et al.*, 2016). Par contre, étant donné que plusieurs facteurs sont à considérer (type de forêt, densité de point, recouvrements, etc.), **il est fortement suggéré à l'utilisateur d'effectuer sa propre campagne de mesure terrain** pour déterminer l'ajustement associé au jeu de données.
2. Le MHC permet de déterminer précisément la hauteur des arbres et de la végétation. Par 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 (ex., 20 m), a la couleur de la hauteur d'arbre. Les autres pixels alentour ont des valeurs plus basses de la cime (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 l'intégration des hauteurs (exemple, 95e percentile, hauteur modale, hauteur pondérée en fonction de la surface terrière, etc.).

1.4. 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. Le fichier Pentes_nofeuillet.lyr représente une symbologie (plages de couleur) en classes de pentes, soit : A (0 à 3 %), B (3 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 résolution spatiale de ce raster est de 2 mètres.

La carte des pentes permet un soutien aux opérations forestières ou à la construction de routes ou sentiers



2. Disponibilité des produits dérivés du LiDAR

Les premiers territoires bénéficiant de ces produits en 2016 sont le Saguenay-Lac-Saint-Jean (UA 024-51), la Mauricie (UA 041-51) et toute la région de l'Outaouais. 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 :

ftp://ftp.mrn.gouv.qc.ca/Public/DIF/Diffusion/LiDAR/Disponibilite_produits_derives_LIDAR.pdf




Figure 1. Planification de la disponibilité des produits dérivés du LiDAR

3. Accès aux produits dérivés du LiDAR

Ces produits sont accessibles gratuitement au moyen de la [carte interactive](#) des données écoforestières du Québec, supportée par l'Infrastructure Géographique Ouverte (IGO).

Cette carte permet, d'une part, la **visualisation du modèle numérique de terrain relief ombré** et, d'autre part, le **téléchargement gratuit pour tous les produits dérivés de base** énumérés ci-dessus. Pour ce faire :

1. Accédez à la carte interactive : <http://geoegl.msp.gouv.qc.ca/igo/mffpecofor/>;
2. Double-cliquez sur le thème « Produits dérivés de base du LiDAR »;
3. Cochez le thème « Téléchargement des produits dérivés de base » dans le menu de gauche;
4. Interrogez la couche à l'aide du  bouton « Information et téléchargement » pour accéder aux liens de téléchargement gratuits.

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

1. Consultez la fiche des produits dérivés de base du LiDAR de Données Québec : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/produits-derives-de-base-du-lidar>;

Option 1

- 1a. Télécharger le fichier « URL par feuillet » en format .csv;
- 1b. Ouvrir ce fichier à l'aide d'un logiciel tel que Microsoft Excel pour accéder aux liens de téléchargement gratuits;

Option 2

- 2a. Télécharger le fichier « URL par feuillet » en format .shp;
- 2b. Ouvrir ce fichier dans un logiciel SIG (ex. : QGIS) pour accéder aux liens de téléchargement gratuit.

Cette fiche contient également d'autres informations utiles à l'utilisation de ces produits telles que les métadonnées (année d'acquisition, densité des points et présence de feuilles).

4. Notions de base sur l'utilisation des données en format matriciel

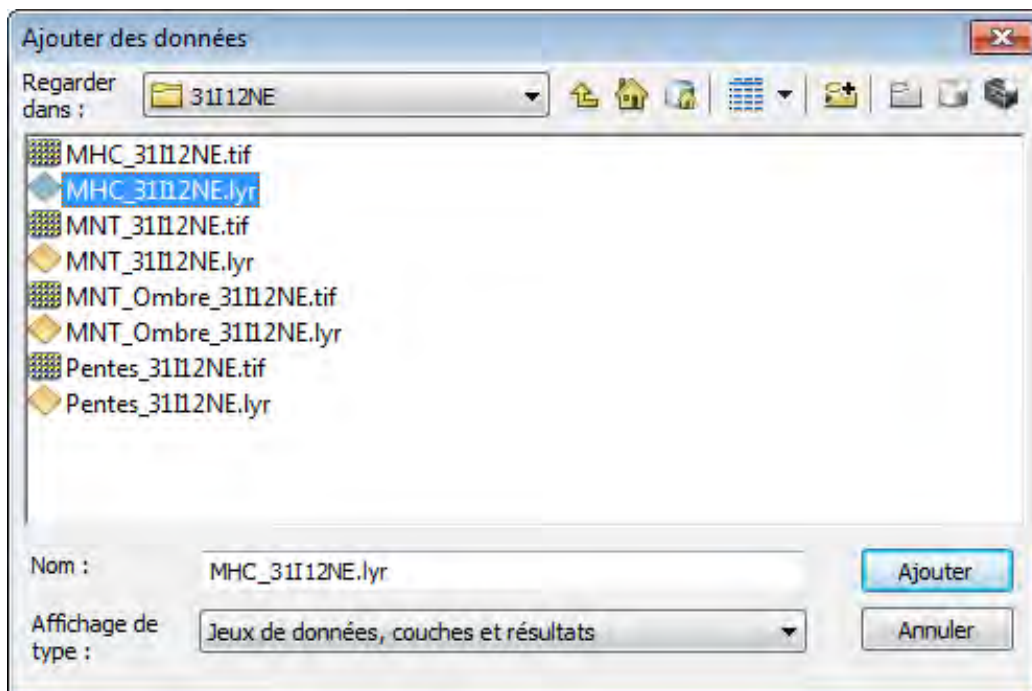
Cette section présente différentes manipulations de base pour faciliter l'utilisation des données LiDAR. Ces manipulations sont basées sur le logiciel commercial ArcGIS. Il faut donc noter qu'elles peuvent toutes être réalisées avec d'autres logiciels comme QGIS. Par contre, les symbologies proposées ne fonctionneront pas avec ces autres logiciels.

4.1. Visualisation des données matricielles

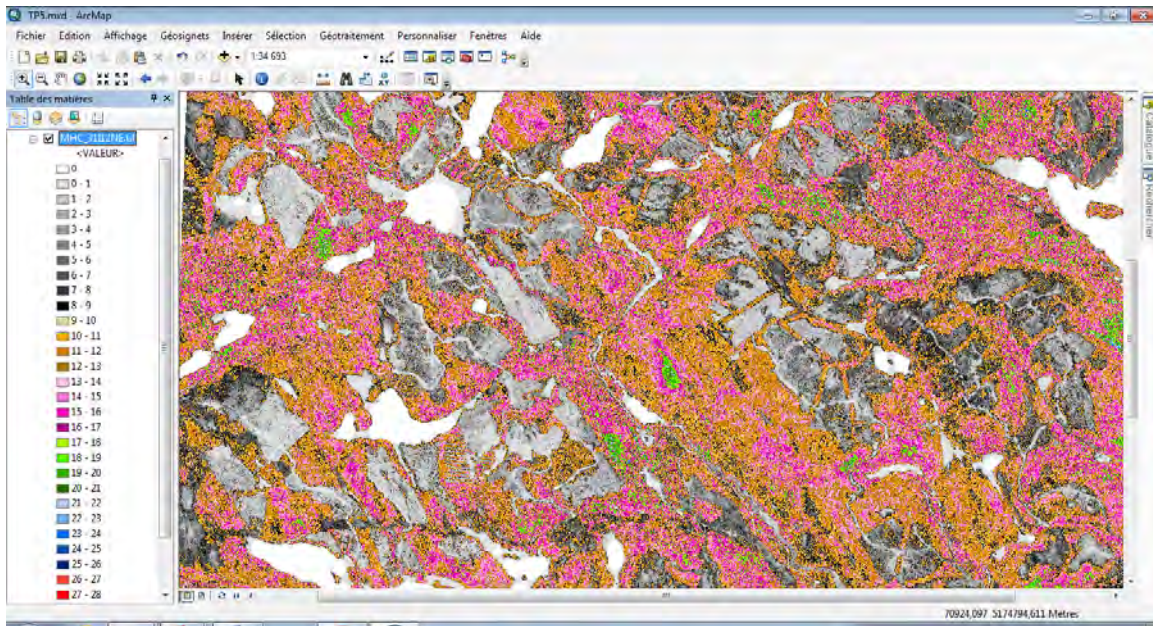
Lorsque les produits sont téléchargés, vous pouvez ouvrir les fichiers dans un logiciel SIG tel que ArcGIS en appuyant sur le bouton « ajouter des données ».



Ensuite, lorsque la fenêtre apparaît, sélectionnez le fichier « .lyr ».

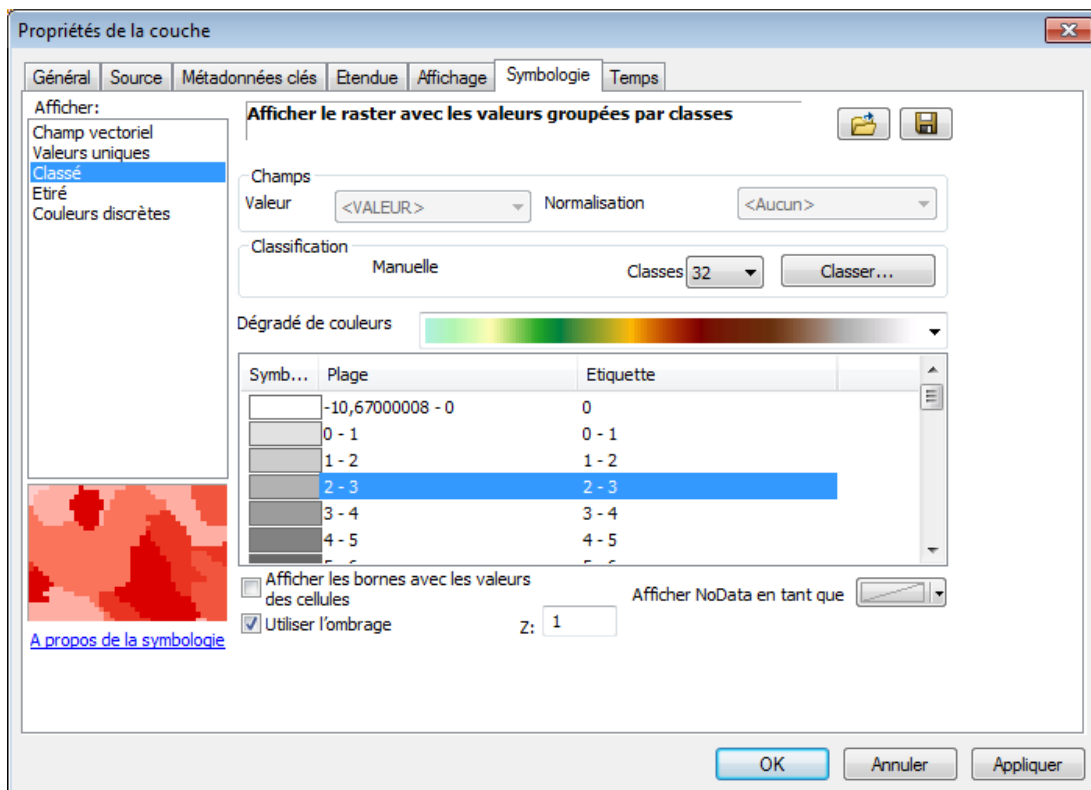


Vous pouvez ensuite commencer à travailler. La symbologie que nous avons proposée apparaîtra.

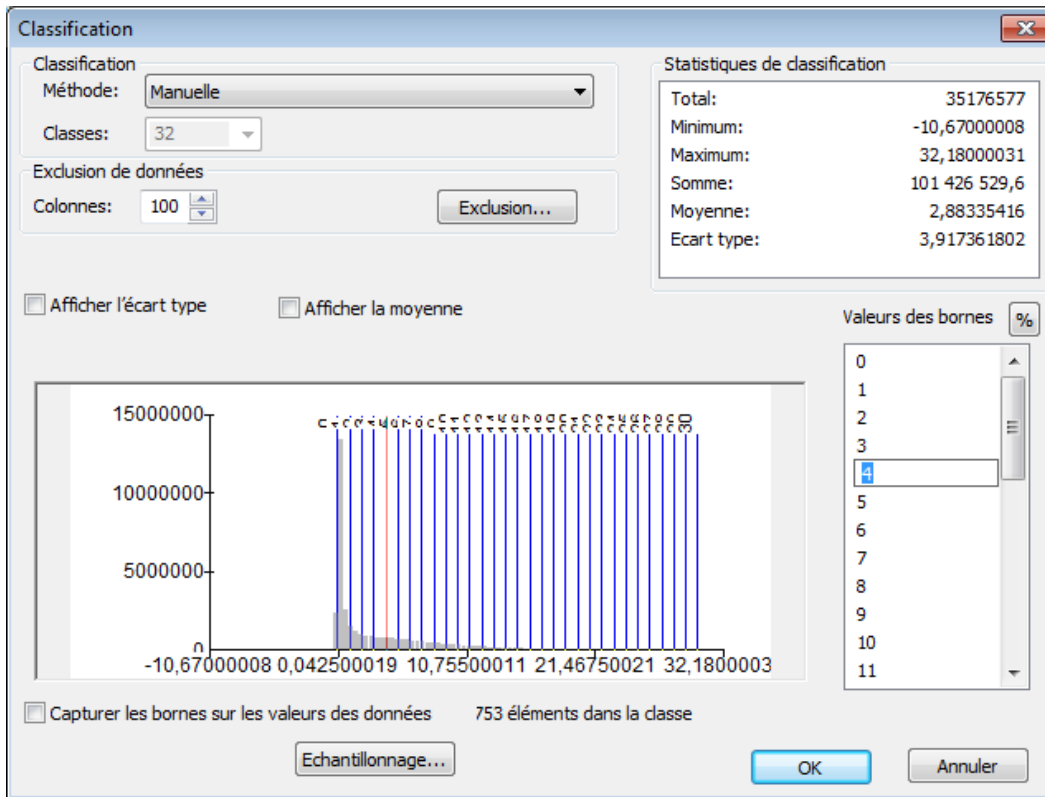


4.2. Ajustement de la symbologie et choix des classes

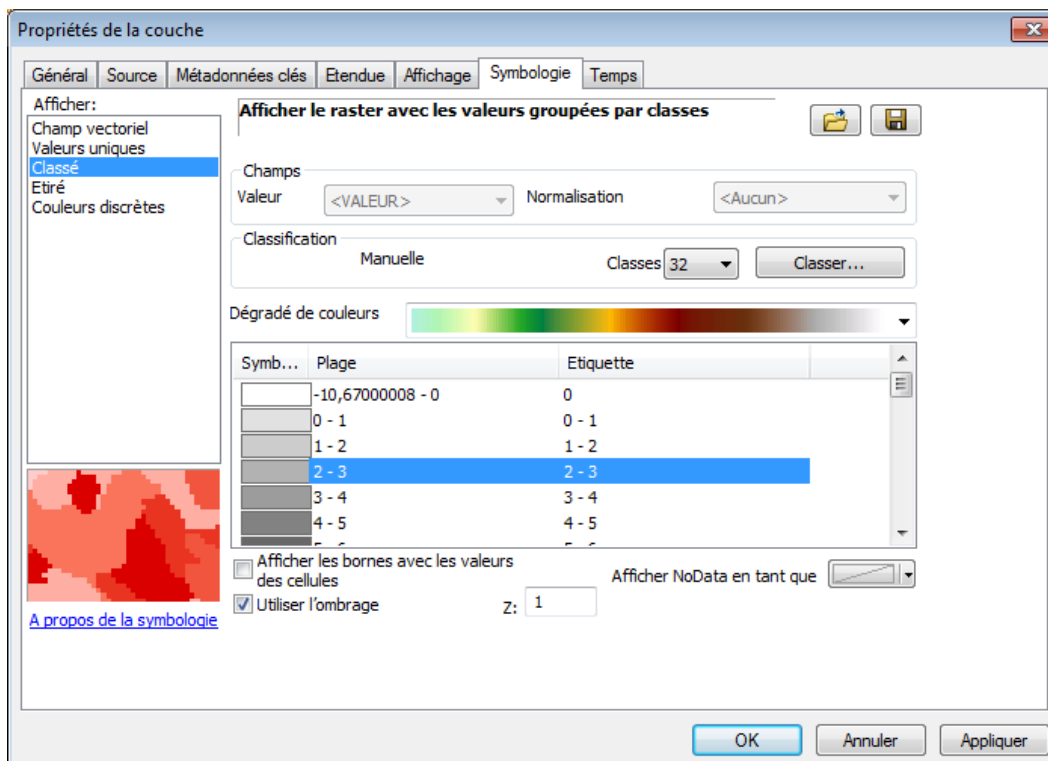
Si vous désirez modifier la symbologie proposée, cliquez sur le bouton de droite sur la couche et sélectionnez les propriétés de la couche. La fenêtre suivante apparaîtra.



Cliquez sur « Classer... » et vous pourrez changer la valeur des bornes.



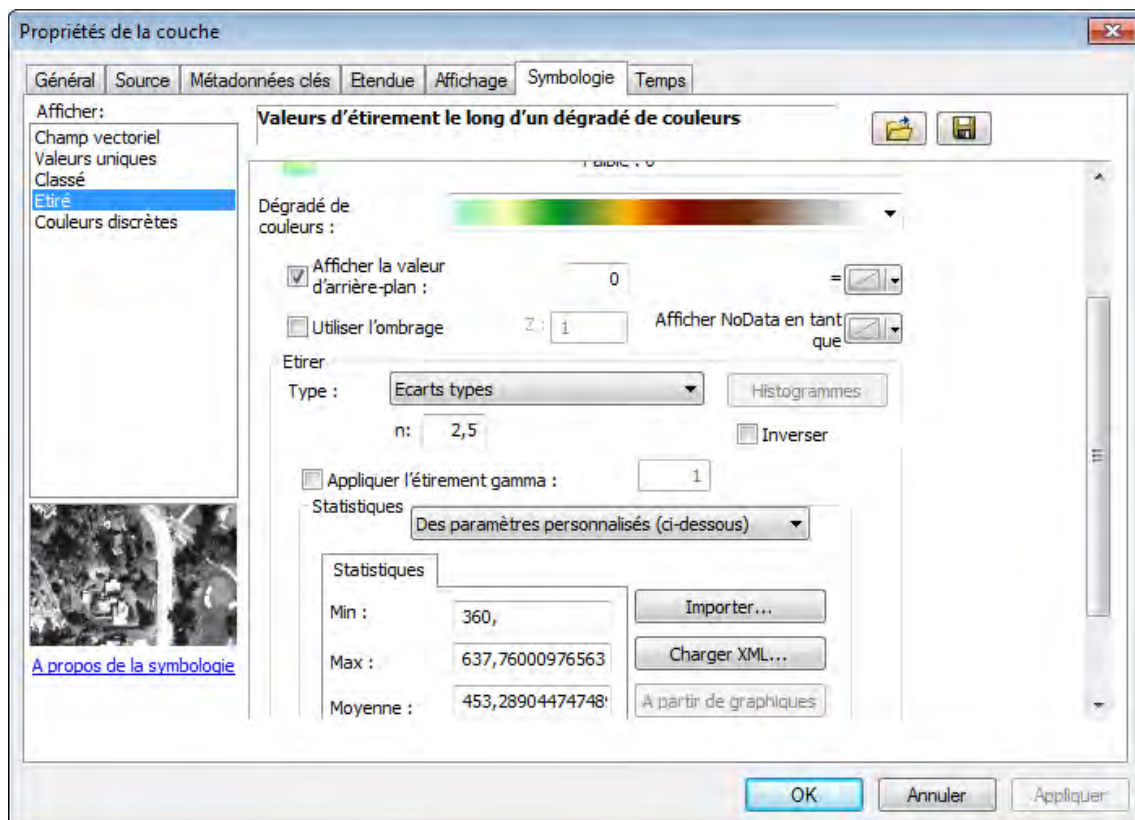
Vous pouvez enregistrer la nouvelle symbologie en cliquant sur le bouton de droite de l'image et « enregistrer comme fichier de couche ». Vous pourrez ensuite importer cette nouvelle symbologie à partir de l'icône « importer ».



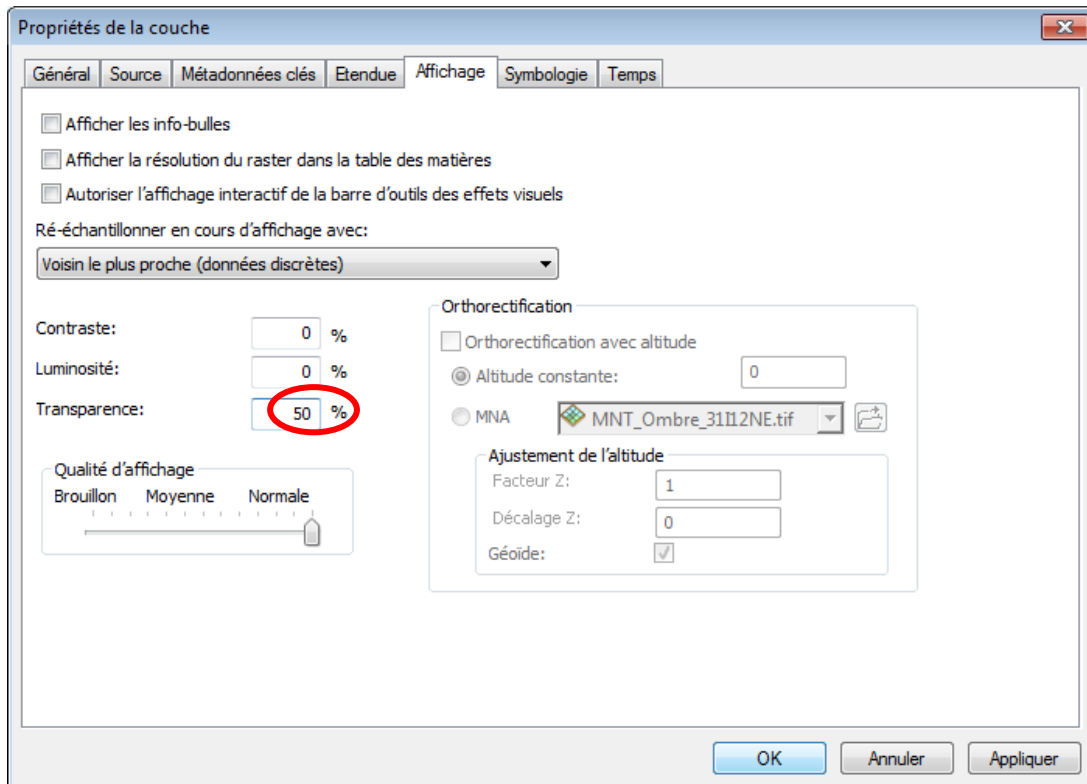
4.3. Création d'une couche transparente de MNT et MNT_ombré

Une combinaison du MNT et du MNT_ombré peut faciliter l'interprétation de certains éléments de terrain. Pour réaliser ce produit, il faut d'abord modifier la symbologie du MNT. Pour modifier la symbologie, vous devez cliquer sur le bouton de droite sur la couche et sélectionnez les propriétés de la couche.

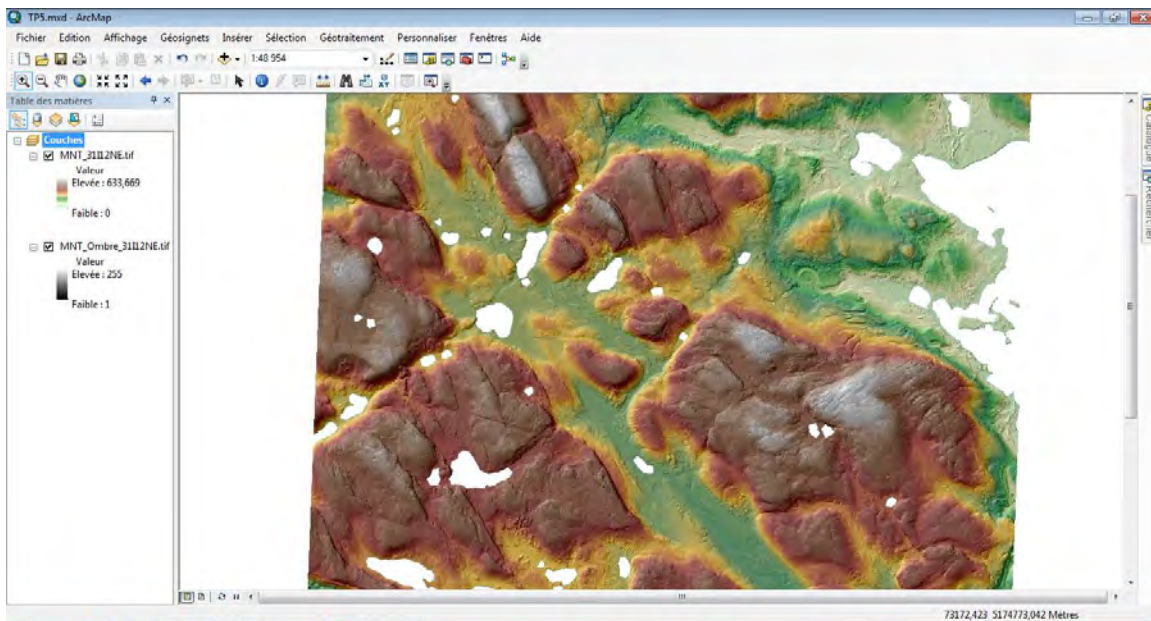
Ensuite, sélectionnez un dégradé de couleur et définissez les paramètres personnalisés selon les valeurs d'altitudes minimales du raster autres que le 0 (qui est généralement le *no data*).



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



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

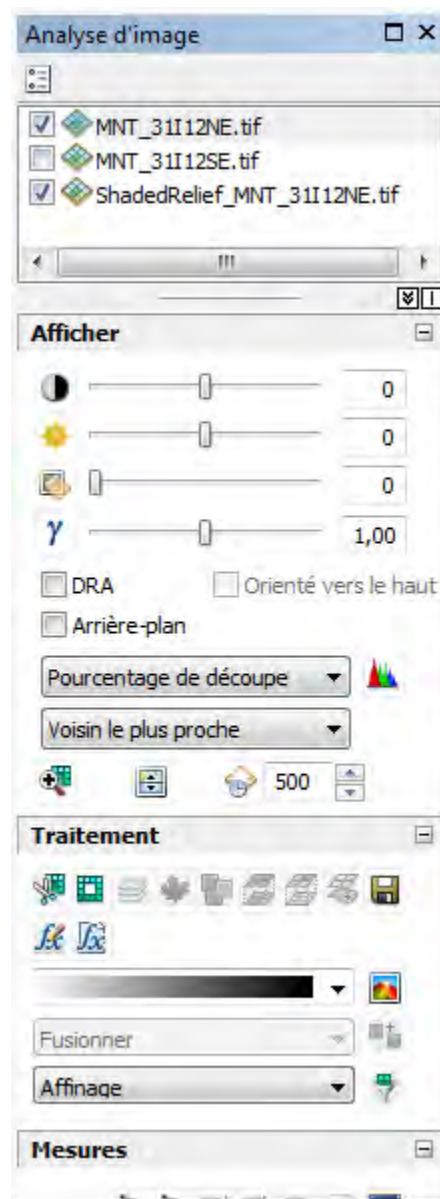



4.4. Refaire des reliefs ombrés

Le MNT relief ombré proposé a été conçu avec la valeur d'azimut par défaut proposé par ArcGIS, soit 315 degrés. 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.

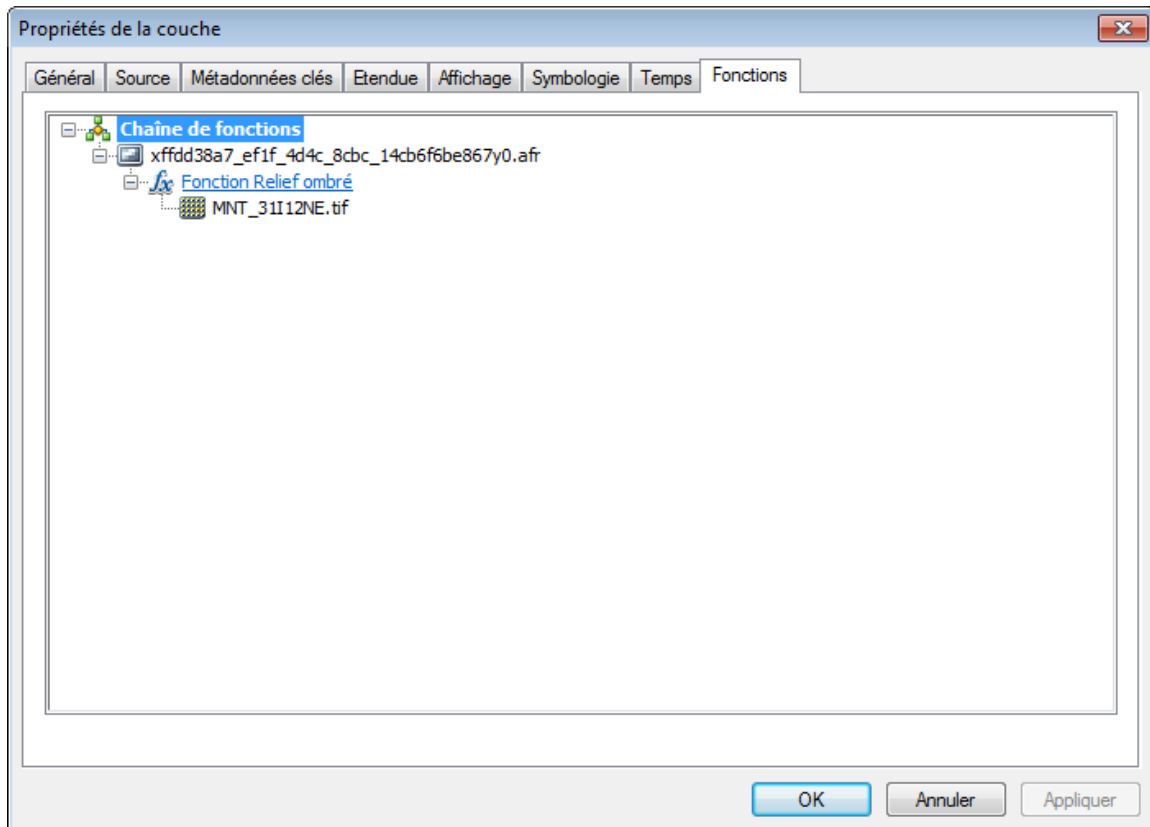
Ensuite, il faut ouvrir la fenêtre d'analyse d'image en cliquant sur Fenêtre/Analyse d'image.



Lorsque la fenêtre apparaît, cochez le MNT à éditer, sélectionnez le dégradé de couleur voulu (noir et blanc dans l'exemple) et appuyez sur l'icône « Relief ombré :  »

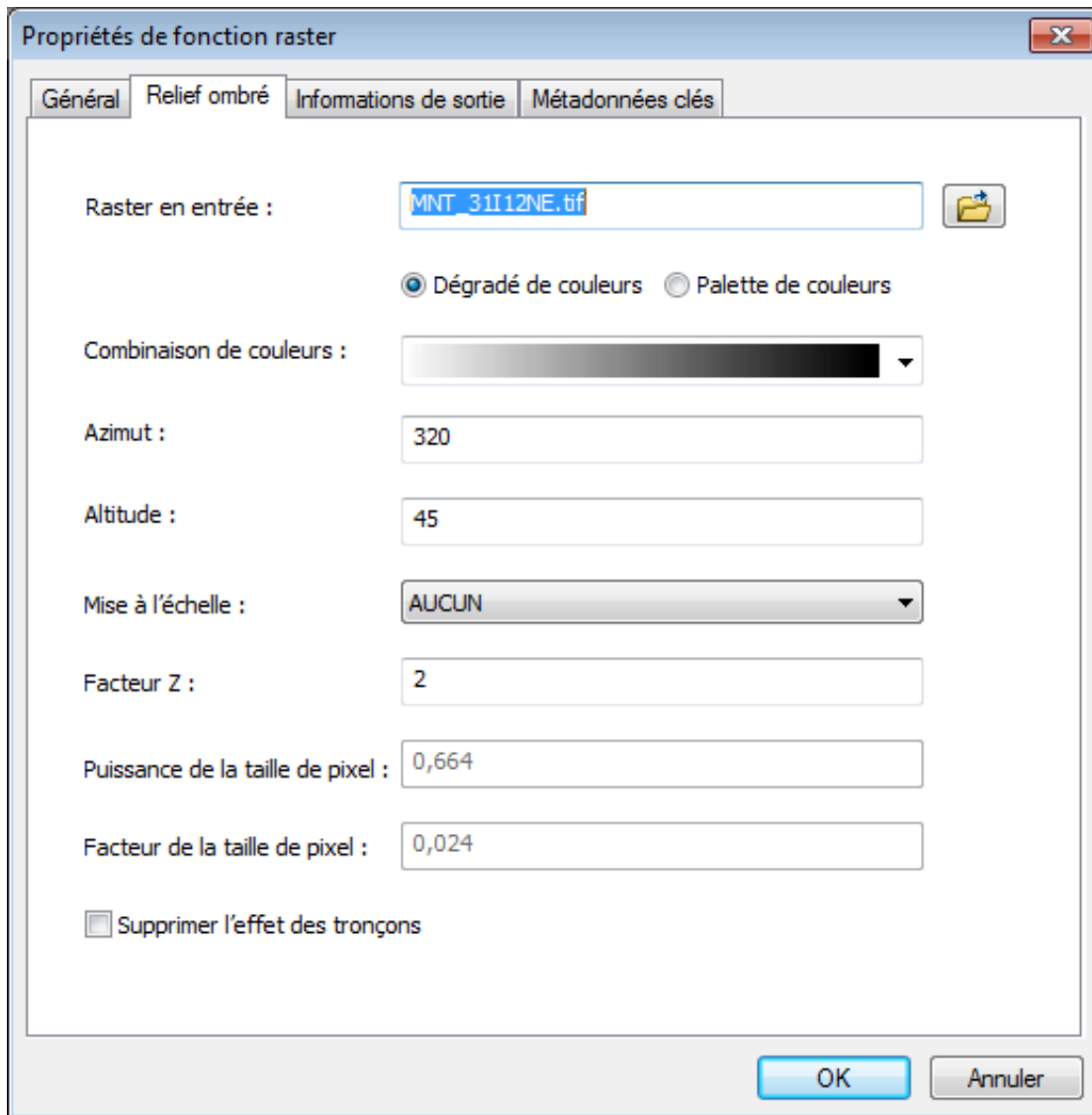
Le relief ombré apparaîtra dans ArcGIS.

Pour modifier l'azimut du relief ombré, appuyez sur le bouton de droite de la nouvelle couche générée. Cliquez ensuite sur les propriétés de la couche et sélectionnez l'onglet « fonction ».



Ensuite, cliquez sur le bouton de droite sur la fonction du relief ombré puis cliquez sur Propriétés.

La fenêtre suivante apparaît.



Vous pouvez donc modifier l'azimut et le facteur Z.

Il est recommandé de mettre 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.



Figure 2. MNT relief ombré à 270 degrés d'azimut et un facteur Z de 2



Figure 3. MNT relief ombré à 320 degrés d'azimut et un facteur Z de 2

Enfin, il faut éviter de mettre un angle azimutal du sud (ex. 180), car la topographie sera inversée comme l'exemple suivant.

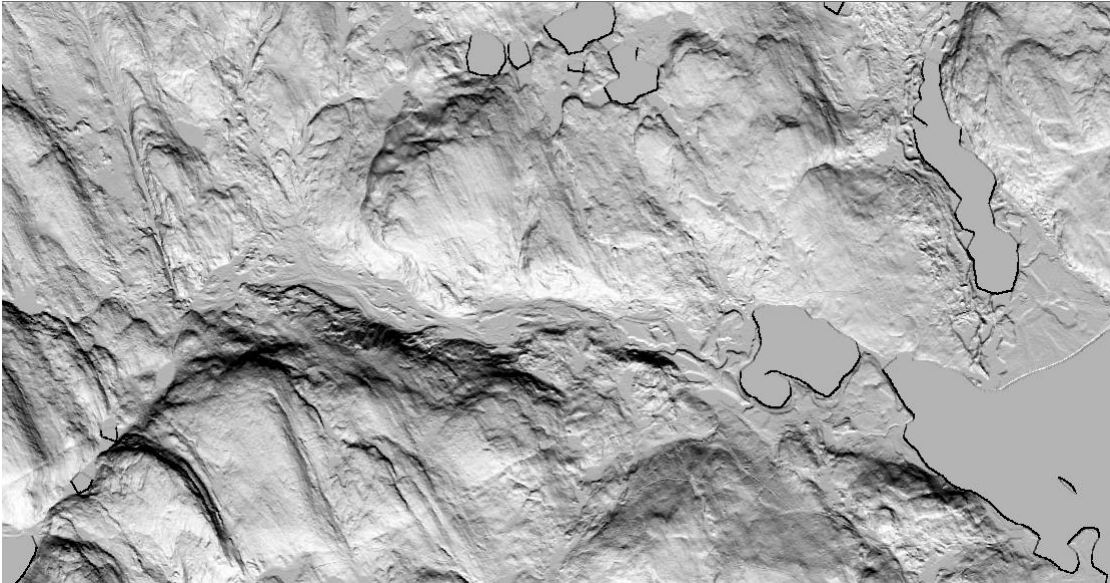
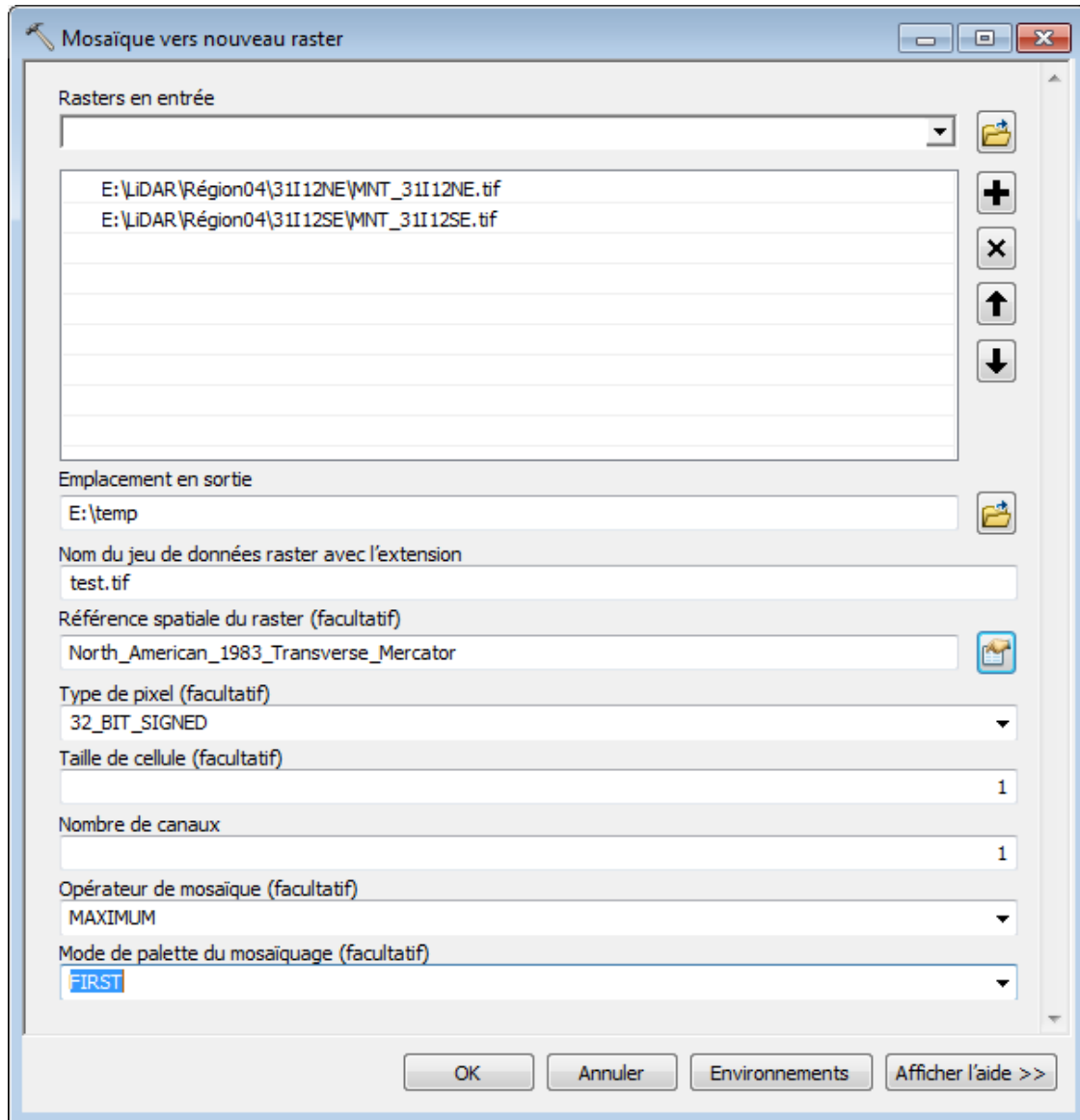


Figure 4. MNT Relief ombré à 180 degrés d'azimut (sud)

4.5. Assemblage de plusieurs rasters

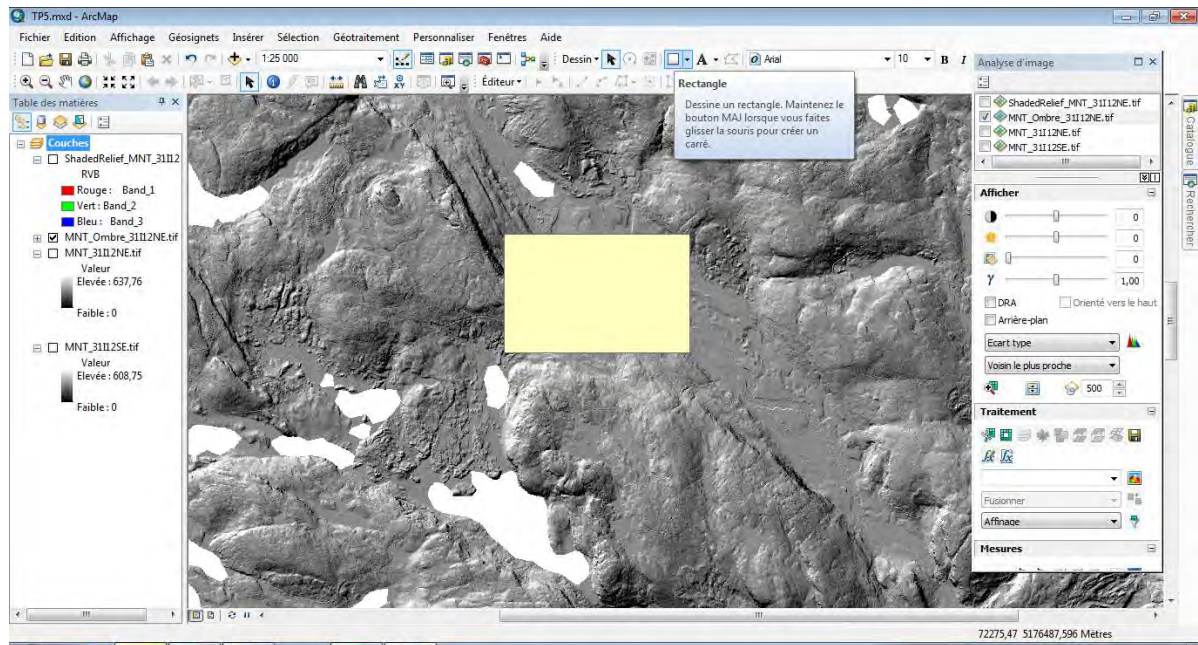
Pour assembler plusieurs images matricielles ensemble, vous pouvez utiliser l'outil « Mosaïque vers nouveau raster ». Il faut noter que l'assemblage peut se faire pour un nombre limité de feuillets. Au-delà d'un assemblage de 10 feuillets, le raster généré sera probablement trop lourd pour y être utilisé.



1. **Nom du jeu de données raster avec l'extension** : vous sélectionnez les images en .tif et non les .lyr;
2. **Référence spatiale du raster (facultatif)** : vous pouvez sélectionner la référence d'une des couches de données;
3. **Type de pixel (facultatif)** : vous sélectionnez 8_BIT_UNSIGNED pour MNT_Ombre et 32_BIT_FLOAT pour le reste.
4. **Taille de cellule** : vous sélectionnez la résolution désirée (1 m dans cet exemple-ci).
5. **Nombre de canaux** : sélectionnez 1;
6. **Opérateur de mosaïque (facultatif)** : vous pouvez sélectionner « maximum » puisque les pixels superposés sont généralement similaires. Les autres types d'opérateurs n'auraient néanmoins que peu d'impact;
7. **Mode de palette du mosaïquage (facultatif)** : vous pouvez sélectionner « first ».

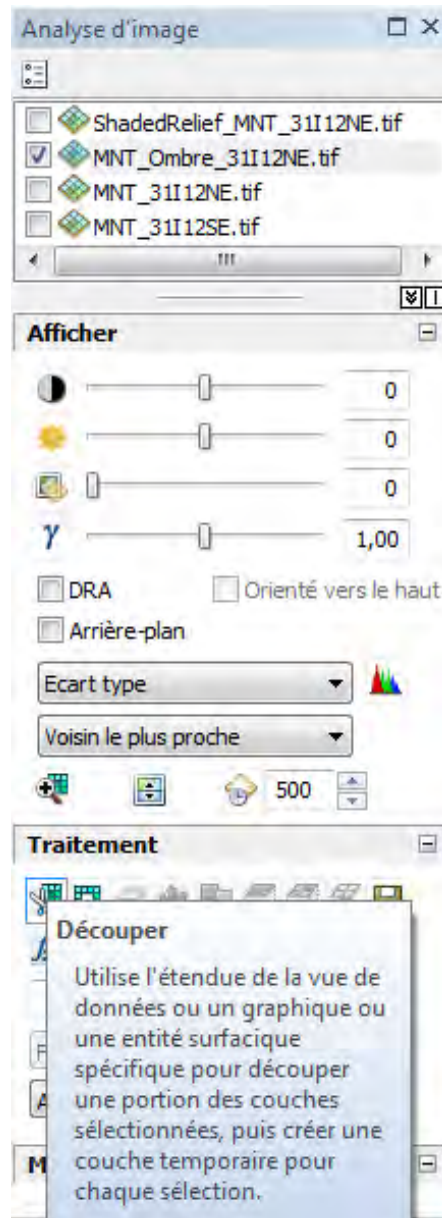
4.6. Découpage d'un raster pour un secteur donné

Pour découper un raster, affichez d'abord le raster à découper. Ensuite, il faut faire l'onglet Personnaliser/Barres d'outils/Dessiner. Vous pouvez faire un rectangle à découper à l'aide de l'outil rectangle.

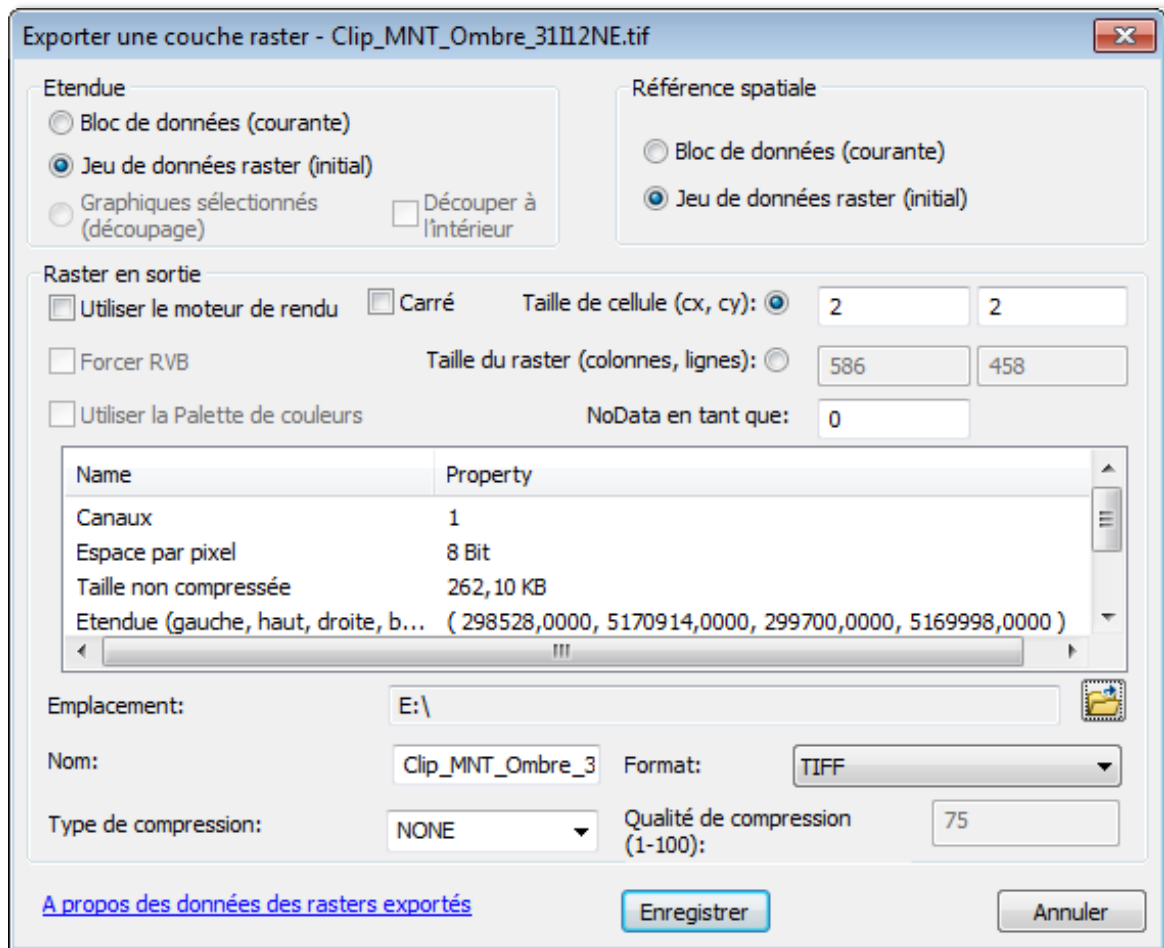


Ensuite, il faut ouvrir la fenêtre d'analyse d'image en cliquant sur Fenêtre/Analyse d'image.

Dans la fenêtre d'analyse d'image, vous cliquez sur l'outil Découper.



Enfin, vous cliquez sur le bouton de droite sur l'image découpée puis sur Données/Exporter les données.



Conclusion

Ce présent document constitue donc une aide à l'utilisation des produits dérivés du LiDAR. Il est certain qu'il ne couvre qu'une partie des nombreuses manipulations possibles. Néanmoins, nous entendons publier d'autres versions plus complètes prochainement. Par conséquent, si vous avez des commentaires ou suggestions d'améliorations, n'hésitez pas à communiquer avec la Direction des inventaires forestiers pour nous en faire part.

Références

Leboeuf, 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.

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.

Sadeghi, Y., B. St-Onge, B. Leblon, and 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, 9(1):381-397.