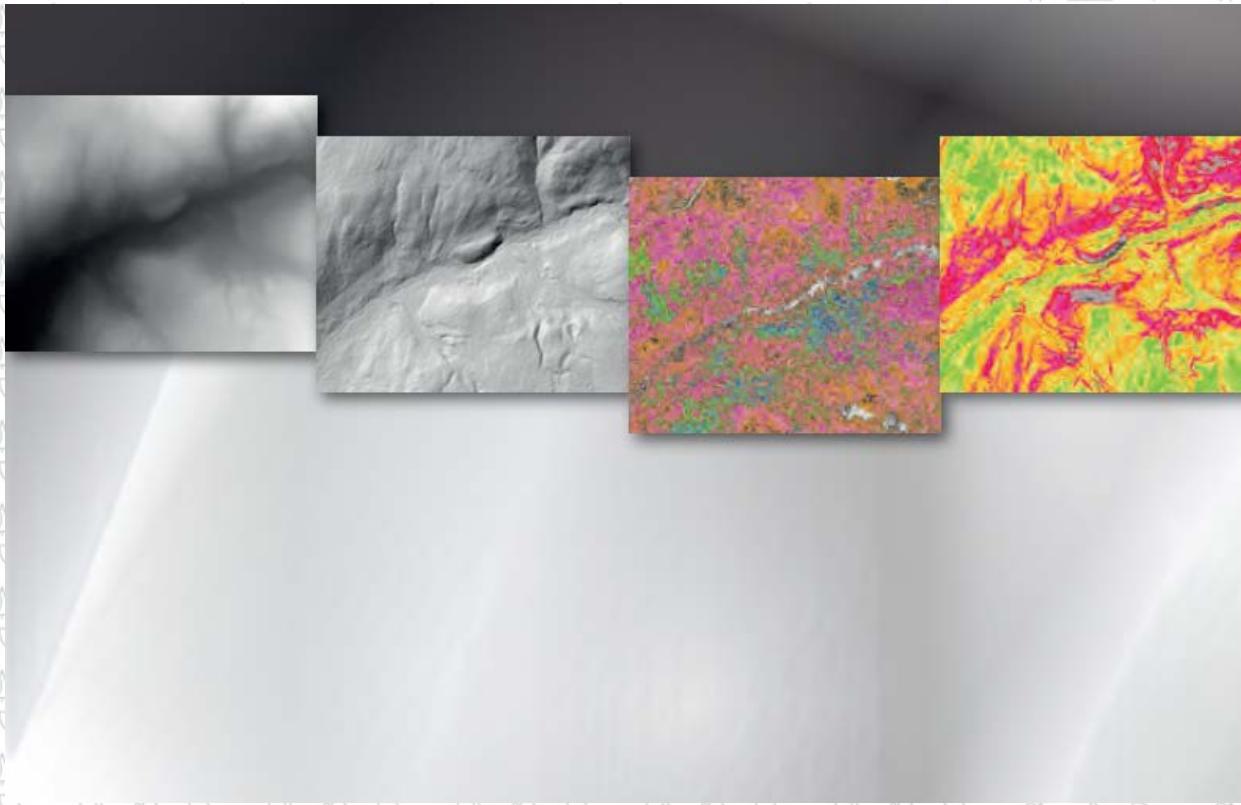


# Guide d'utilisation des produits dérivés du LiDAR

Avril 2020

**MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS**



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<sup>e</sup> 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](mailto:inventaires.forestiers@mffp.gouv.qc.ca)

[mffp.gouv.qc.ca/les-forets/inventaire-ecoforestier/](http://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<sup>e</sup> édition, avril 2020)

ISBN 978-2-550-77405-1 (1<sup>re</sup> 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	Produits dérivés du LiDAR.....	2
2.1	Modèle numérique de terrain (MNT).....	2
2.2	Modèle numérique de terrain en relief ombré (MNT_ombré) .....	2
2.3	Modèle de hauteur de canopée (MHC).....	3
2.4	Carte de pentes (pentes).....	4
3	Offre de produits dérivés du LiDAR .....	5
4	Accès aux produits dérivés du LiDAR.....	6
5	Utilisation des données en format matriciel dans ArcGIS .....	7
5.1	Notions 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	Notions 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	Utilisation des données en format matriciel dans QGIS.....	30
6.1	Téléchargement et installation du logiciel .....	30
6.2	Notions de base .....	31
6.2.1	Visualiser des données matricielles et télécharger des symbolisations 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	Notions 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	Conclusion.....	56
8	Références .....	57

## 1 INTRODUCTION

---

Il a été démontré à plusieurs reprises que l'information obtenue par les levés LiDAR<sup>1</sup> aériens génère des retombées économiques importantes pour l'industrie forestière et plusieurs autres secteurs d'activité du gouvernement du Québec (Lebœuf et coll., 2015<sup>2</sup>). 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.).

---

<sup>1</sup> LiDAR : *Light Detection and Ranging*.

<sup>2</sup> Accessible en ligne : [https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/inventaire/Analyse\\_retombees\\_LiDAR-Finale.pdf](https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/inventaire/Analyse_retombees_LiDAR-Finale.pdf)

## 2 PRODUITS DÉRIVÉS DU LiDAR

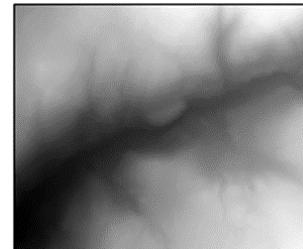
Les quatre produits dérivés de base conçus à partir des données LiDAR sont : 1) le modèle numérique de terrain (MNT); 2) le modèle numérique de terrain relief ombré (MNT\_ombré); 3) le modèle de hauteur de canopée; et 4) les pentes. Ces produits sont offerts en format matriciel et peuvent donc être visualisés 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 :

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

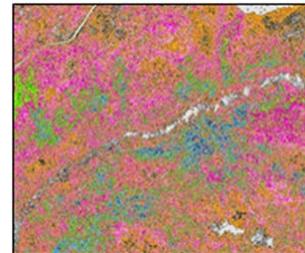
Ce fichier matriciel (raster) simule l'apparence tridimensionnelle d'une carte en relief. Il ne contient pas de valeurs d'altitude. L'ombre et la lumière sont des nuances de gris associées à des entiers de 0 à 255 (du noir au blanc). La résolution spatiale de ce raster est de 2 m.

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.



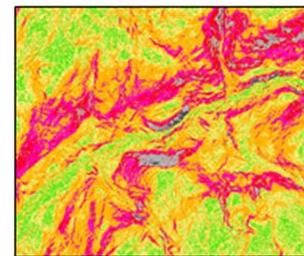
Le MHC permet les mesures de hauteur, de densité et de structure des peuplements. Il peut permettre d'établir des relations statistiques pour cartographier les volumes, les surfaces terrières, etc.

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 :

1. 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/m<sup>2</sup> (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<sup>e</sup> 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 ]<sup>3</sup>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 carte des pentes est utile comme soutien aux opérations forestières ou à la construction de routes et de sentiers.

---

<sup>3</sup> 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](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 : <https://www.foretoouverte.gouv.qc.ca>;
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 :

1. Consultez la [fiche des produits dérivés de base du LiDAR](#) 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.).
2. Accédez directement au répertoire de données par feuillets :  
[https://diffusion.mffp.gouv.qc.ca/Diffusion/DonneeGratuite/Foret/IMAGERIE/Produits\\_dérives\\_LiDAR/](https://diffusion.mffp.gouv.qc.ca/Diffusion/DonneeGratuite/Foret/IMAGERIE/Produits_dérives_LiDAR/)

## 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 [chapitre 6](#)). Notez également que les symbologies proposées ne fonctionnent pas avec ces autres logiciels.

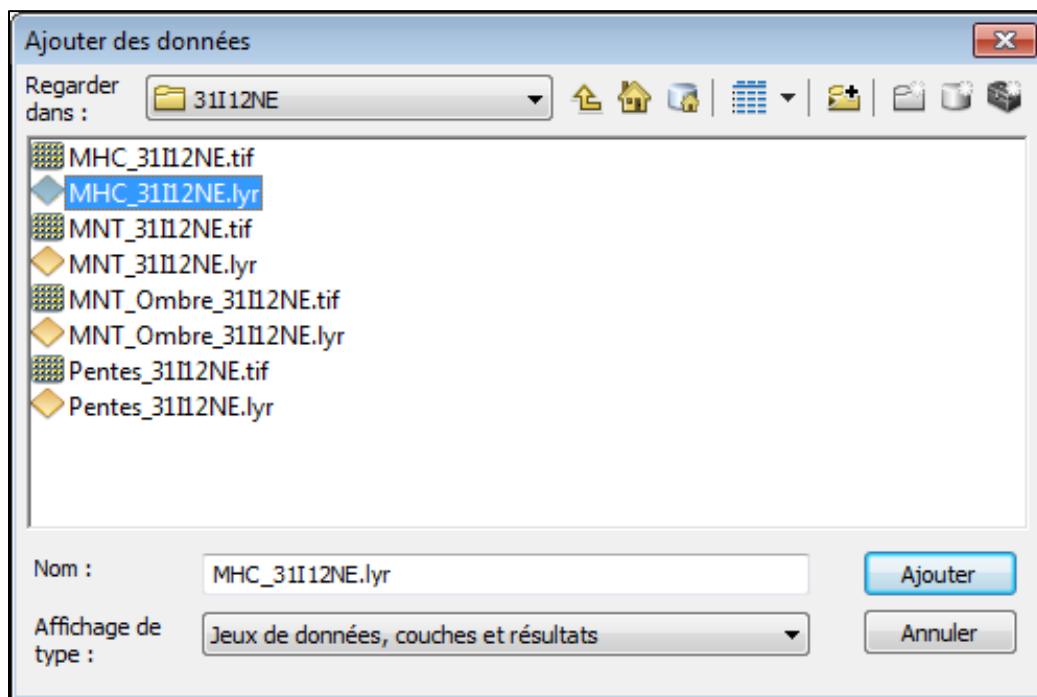
### 5.1 NOTIONS DE BASE

#### 5.1.1 Visualiser des données matricielles

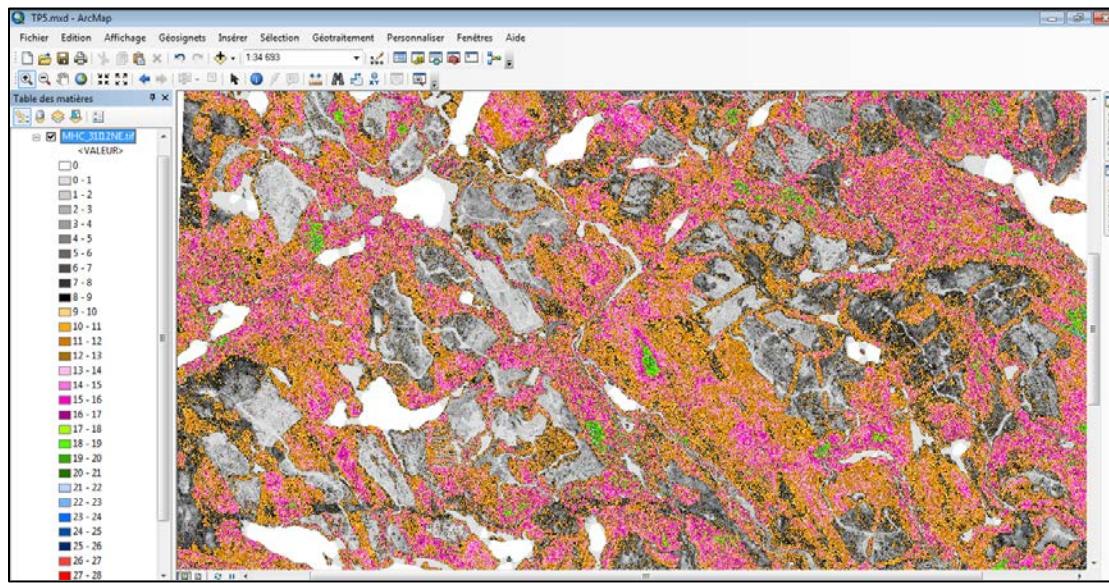
Lorsque les produits sont téléchargés, vous pouvez ouvrir les fichiers dans ArcGIS en cliquant sur le bouton « Ajouter des données ».



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.

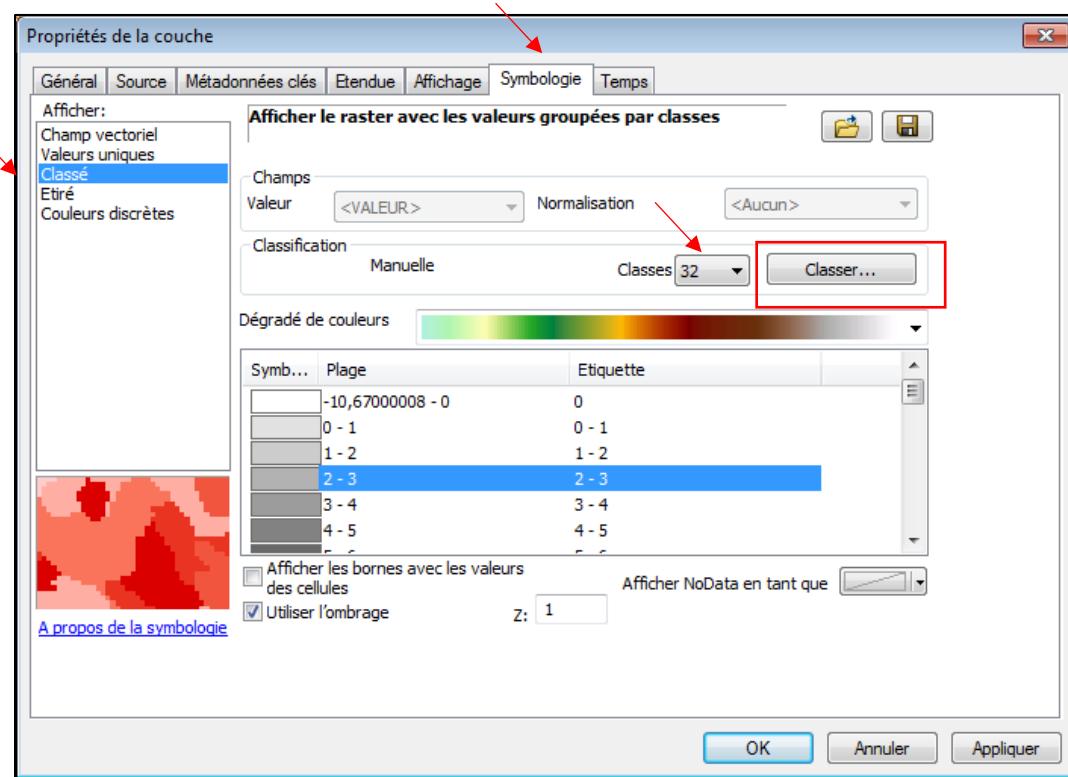


La symbologie proposée apparaîtra.

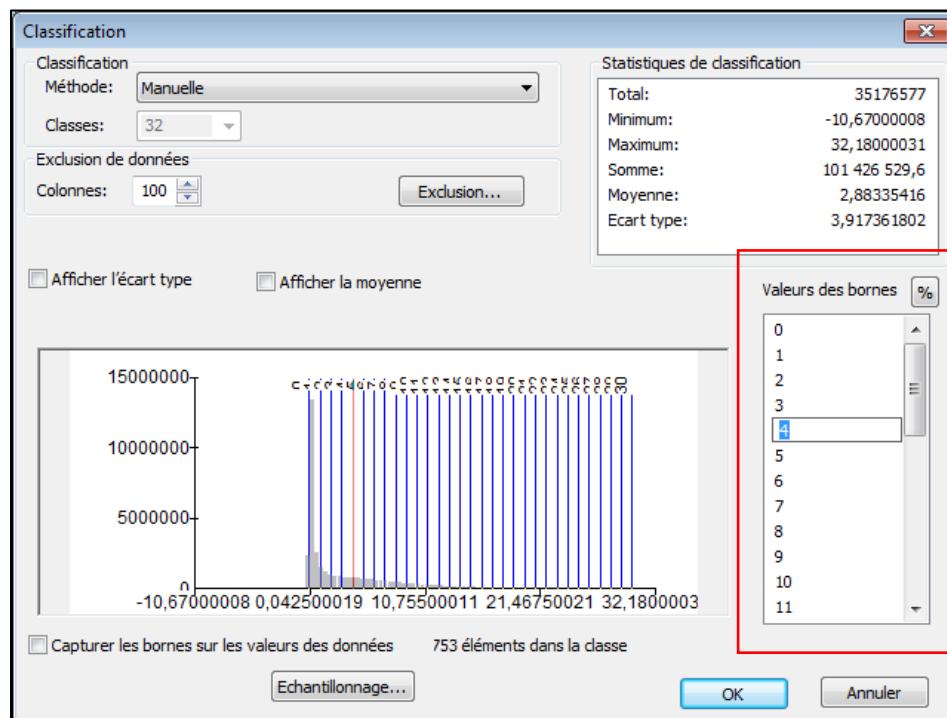


### 5.1.2 Modifier la symbologie et choisir des classes

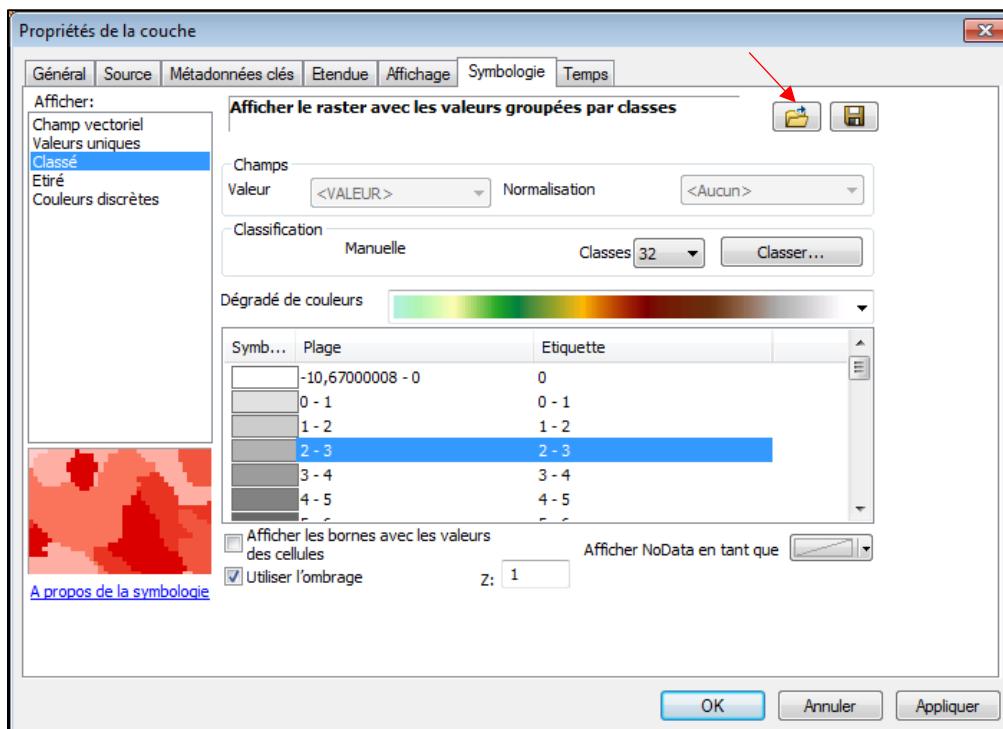
Si vous désirez modifier la symbologie proposée, positionnez le curseur sur le nom de la couche, cliquez sur le bouton de droite de la souris et sélectionnez les propriétés de la couche. La fenêtre suivante s'affichera. Dans l'onglet « Symbologie », sélectionnez la catégorie « Classé ». Vous pouvez alors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



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



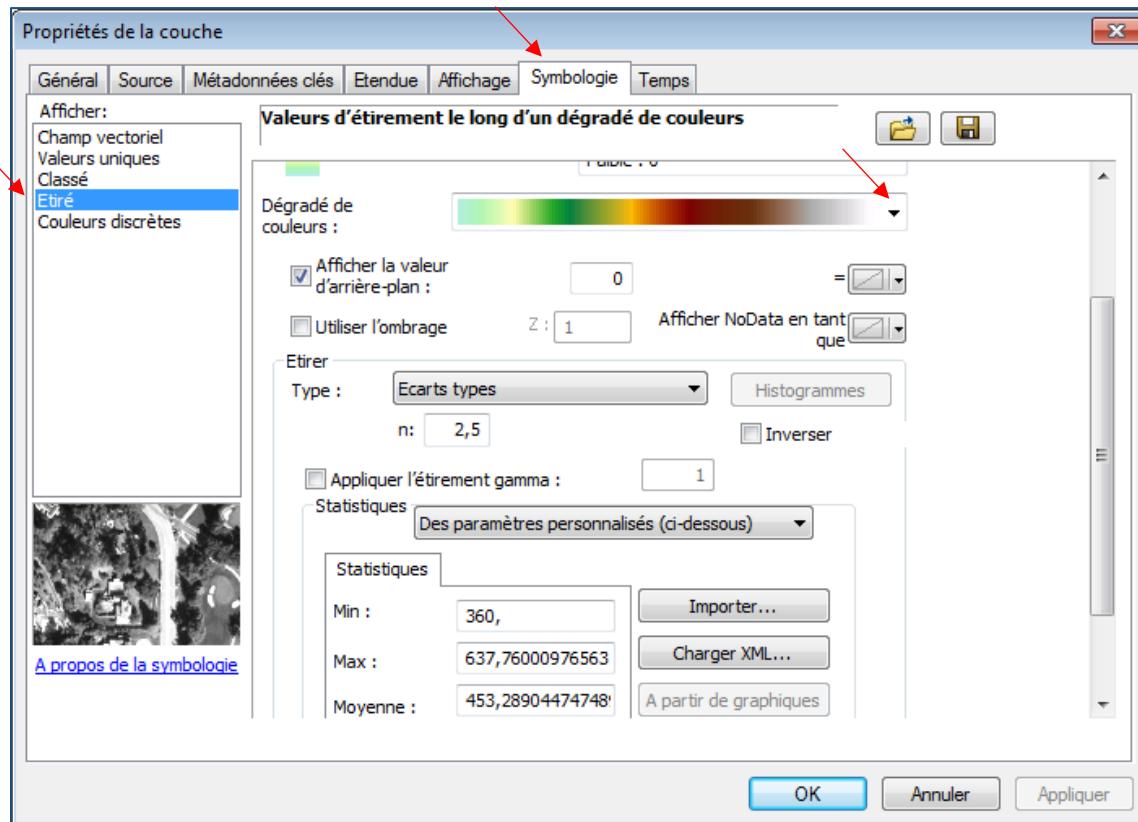
Pour enregistrer la nouvelle symbologie, positionnez le curseur sur le nom de la couche, cliquez sur le bouton de droite de la souris et choisir « Enregistrer comme fichier de couche ». Vous pouvez ensuite importer cette nouvelle symbologie « .lyr » à partir de l'icône « Importer » dans l'image suivante.



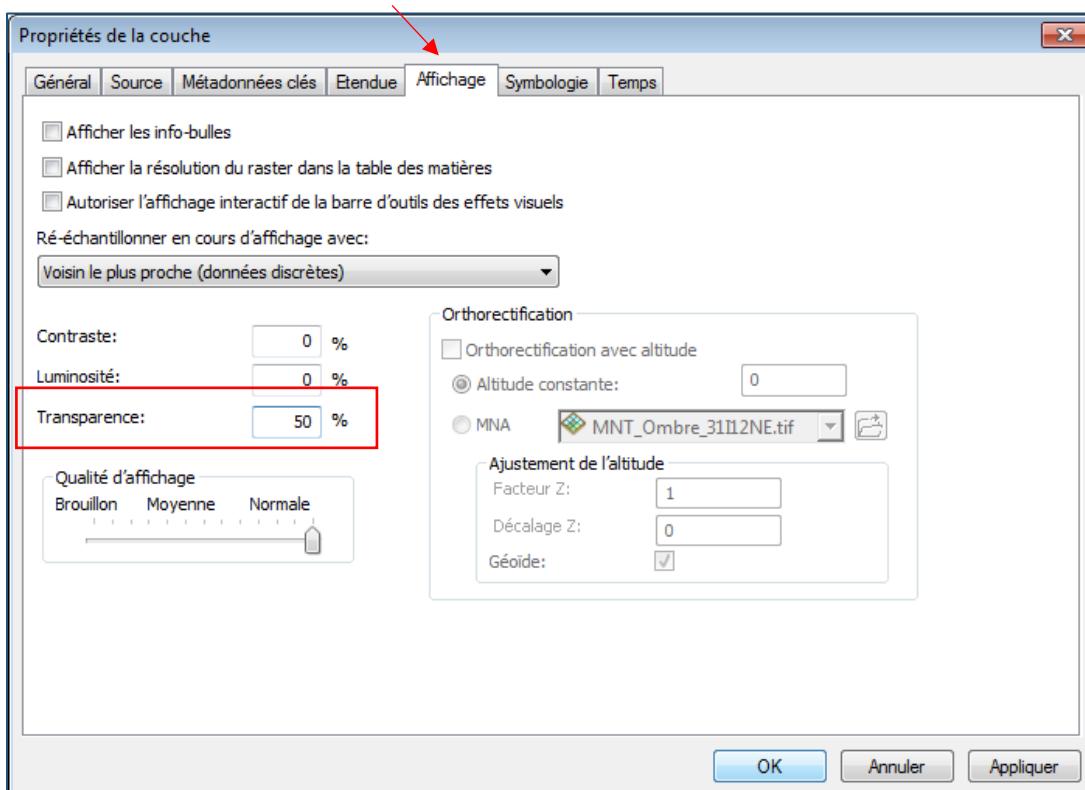
### 5.1.3 Générer une couche transparente de MNT et MNT\_ombré

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.

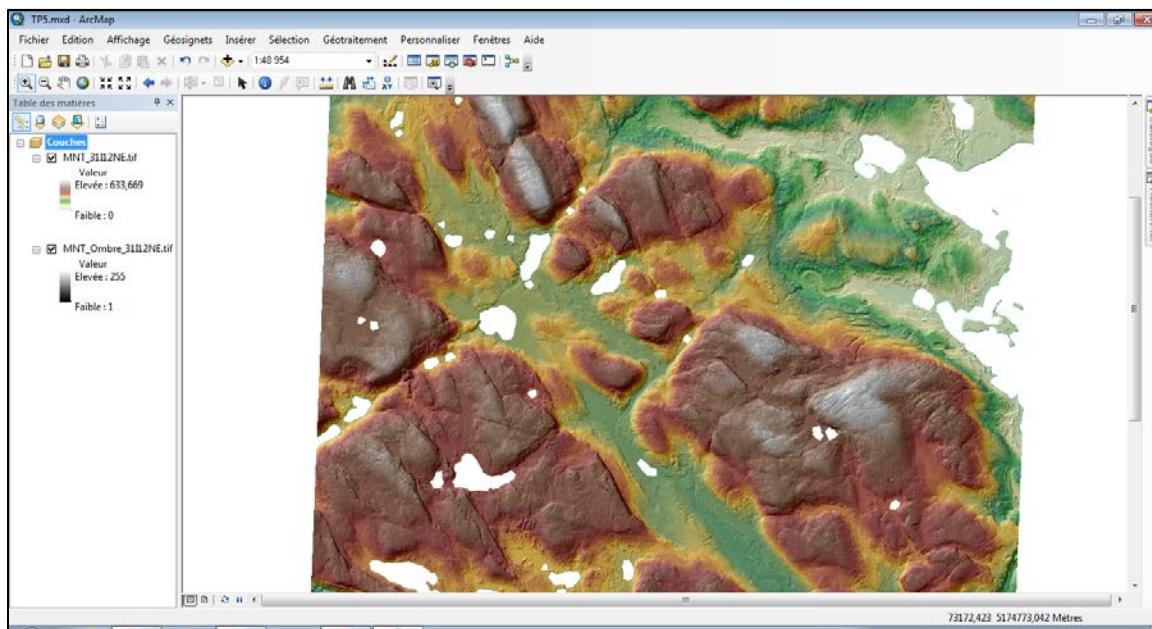
Ensuite, dans l'onglet « Symbologie », sélectionnez la catégorie « Étiré », choisissez un dégradé de couleur (qui est généralement le *no data*). Vous pouvez également importer le « .lyr » du MNT pour appliquer la symbologie prédéfinie (voir la [section 5.1.1](#)).



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



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.

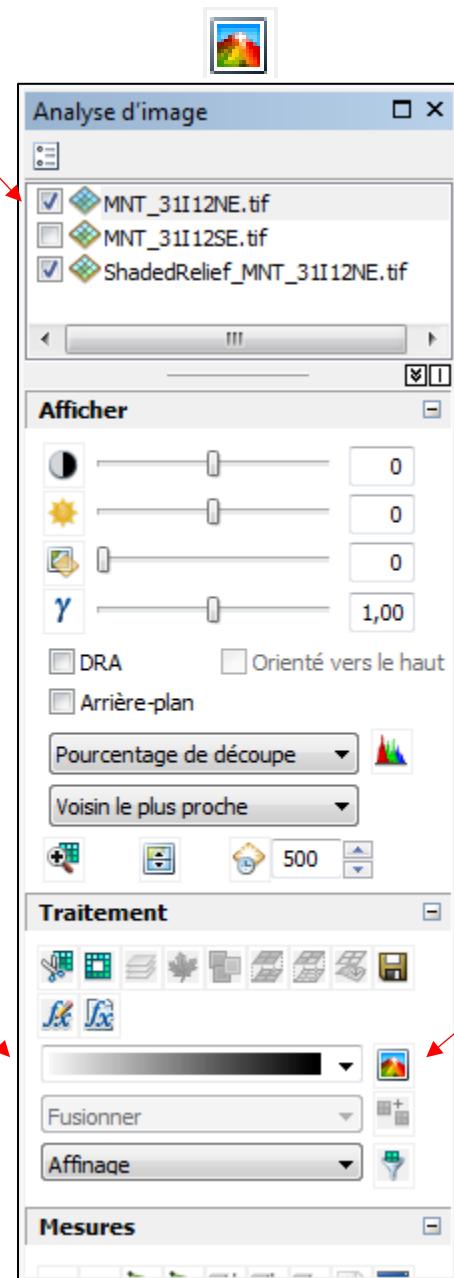


### 5.1.4 Générer des MNT\_ombré

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 » :



Le MNT\_ombré apparaîtra dans ArcGIS.

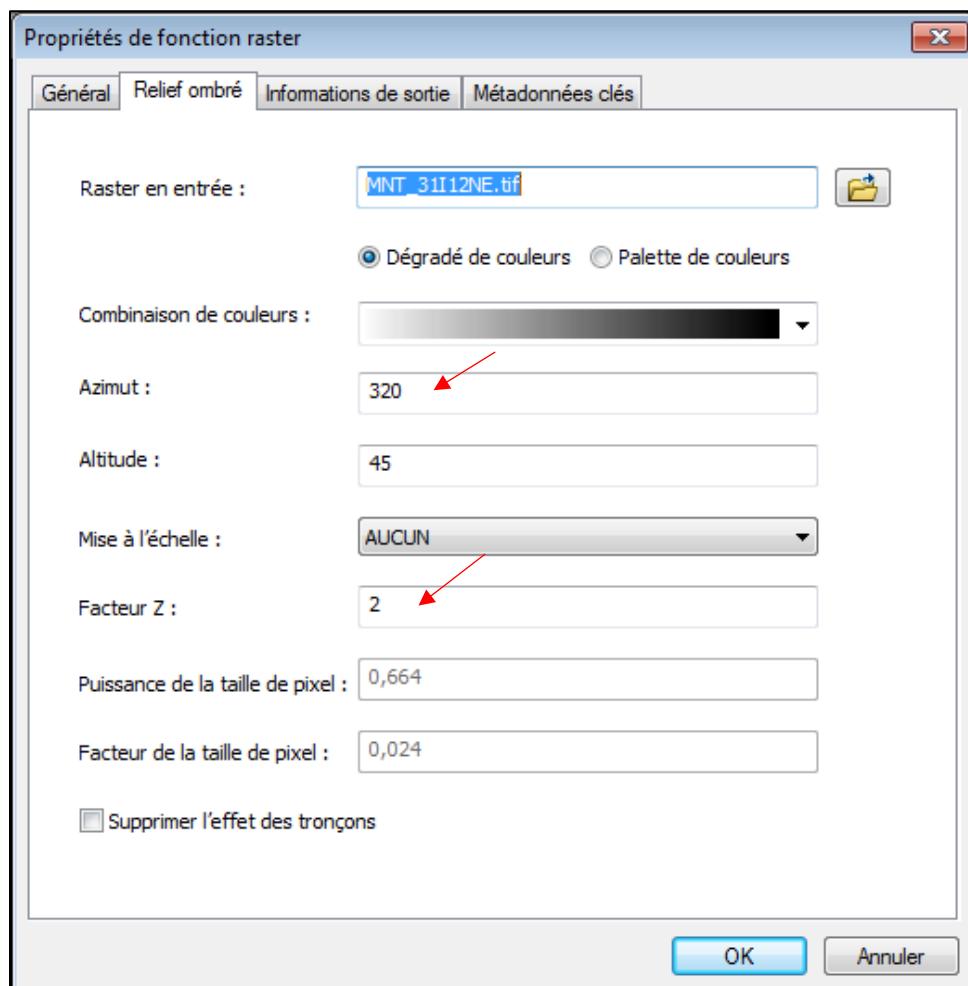
Pour modifier l'azimut du relief ombré, positionnez le curseur sur le nom de la nouvelle couche générée, cliquez sur le bouton de droite de la souris et choisissez les propriétés de la couche. Dans la nouvelle fenêtre qui s'affiche, sélectionnez l'onglet « Fonctions ». Ensuite, positionnez le curseur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



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

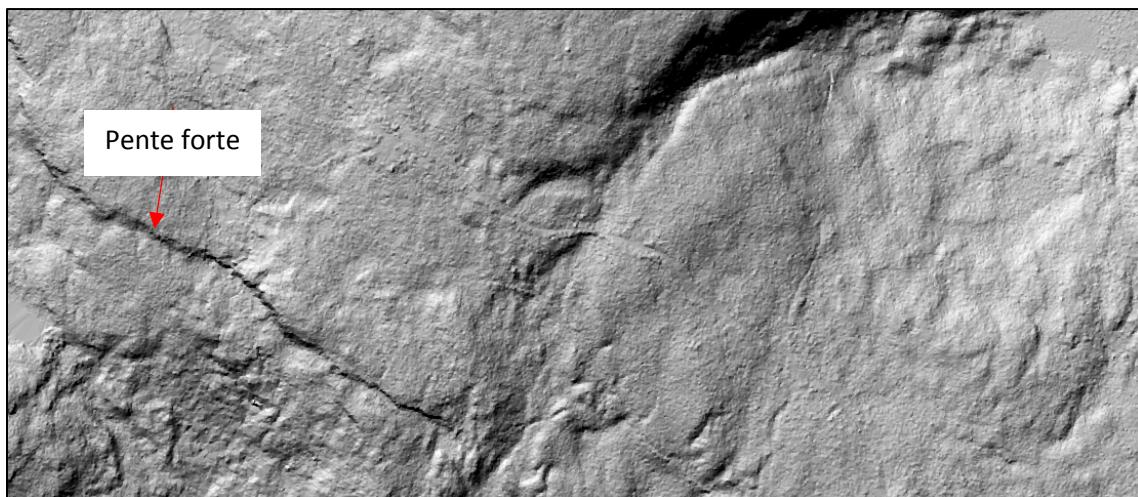
Il est recommandé d'appliquer le facteur Z à 2.

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 azimuthal du sud (p. ex., 180°), car la topographie sera inversée, comme dans le 3<sup>e</sup> exemple suivant.

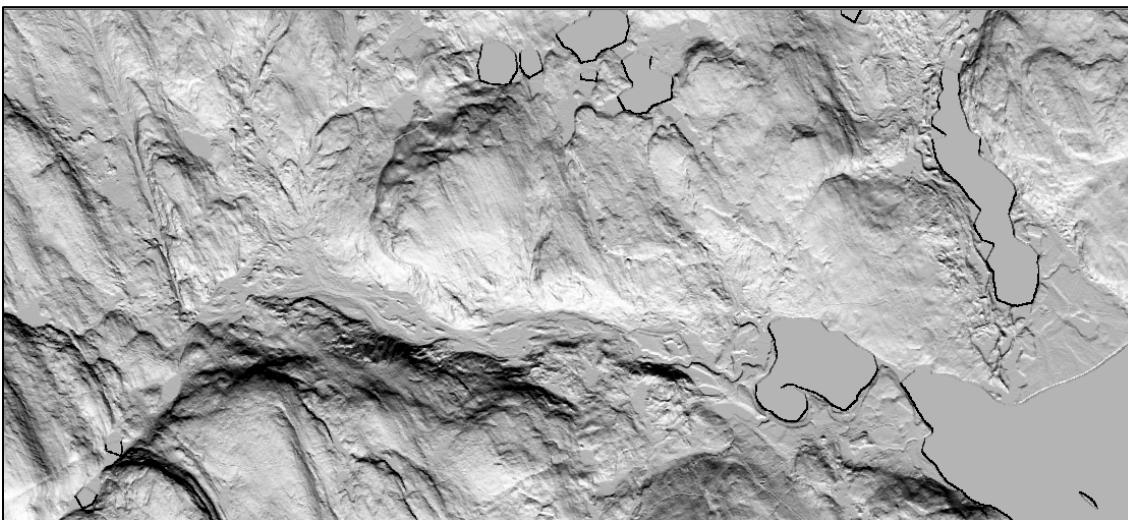




Exemple 1 : MNT\_ombré à 270° d'azimut et un facteur Z de 2.



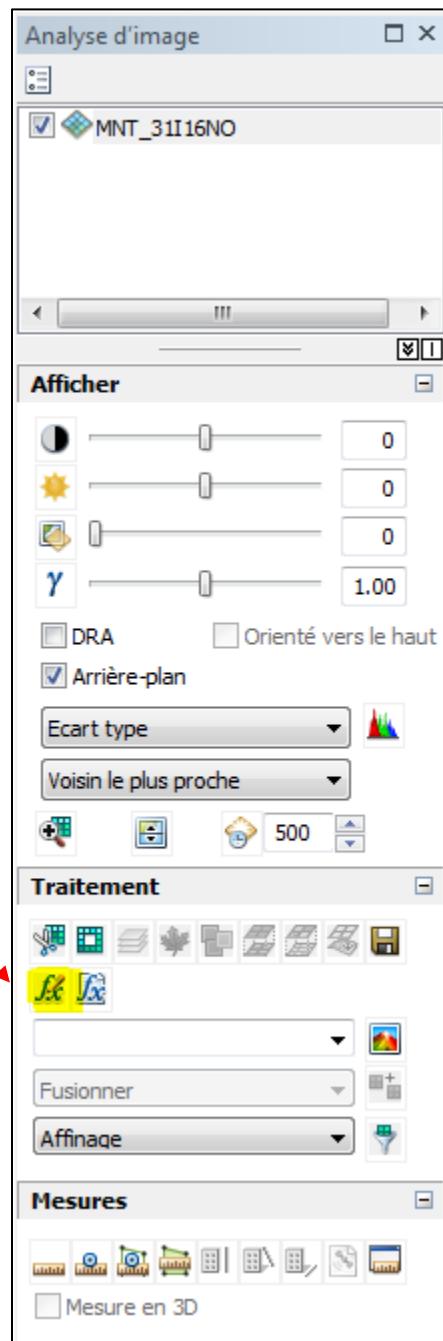
Exemple 2 : MNT\_ombré à 320° d'azimut et un facteur Z de 2.



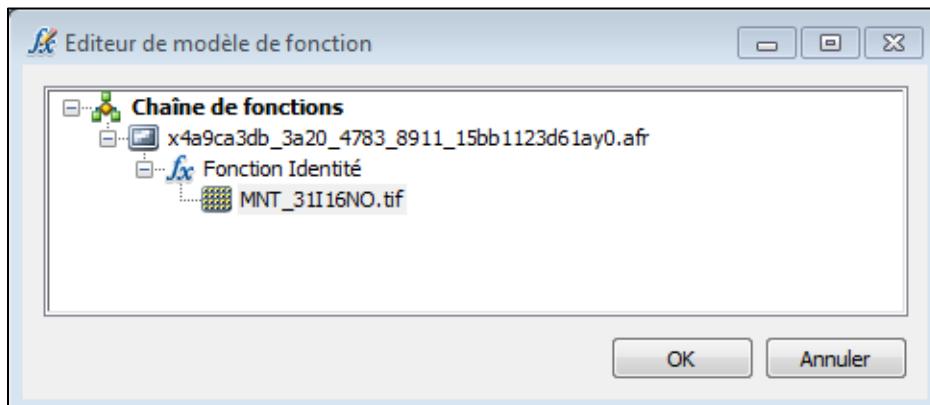
Exemple 3 : MNT\_ombré à 180° d'azimut (sud) dont la topographie est inversée.

### 5.1.5 Générer un modèle de pente

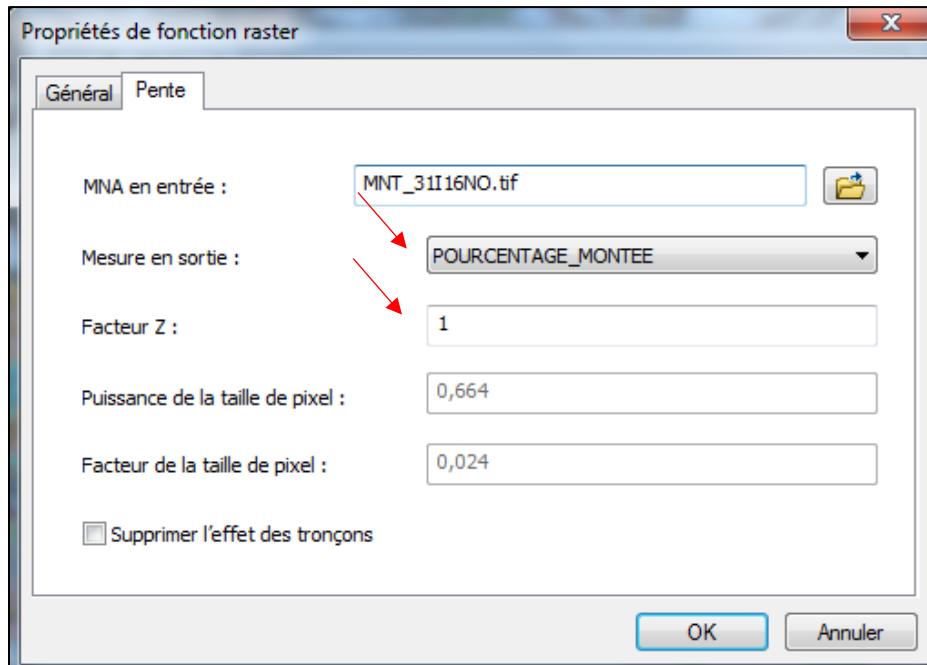
Pour pouvoir refaire un modèle de pente à partir du MNT, il faut ajouter le MNT de la région désirée dans la table des matières de la carte. Ensuite, cliquez sur « Fenêtres » dans la barre d'outils et choisir « Analyse d'image ». Une fois cette fenêtre ouverte, vous devez sélectionner le MNT sur lequel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



Une nouvelle fenêtre s'affichera.



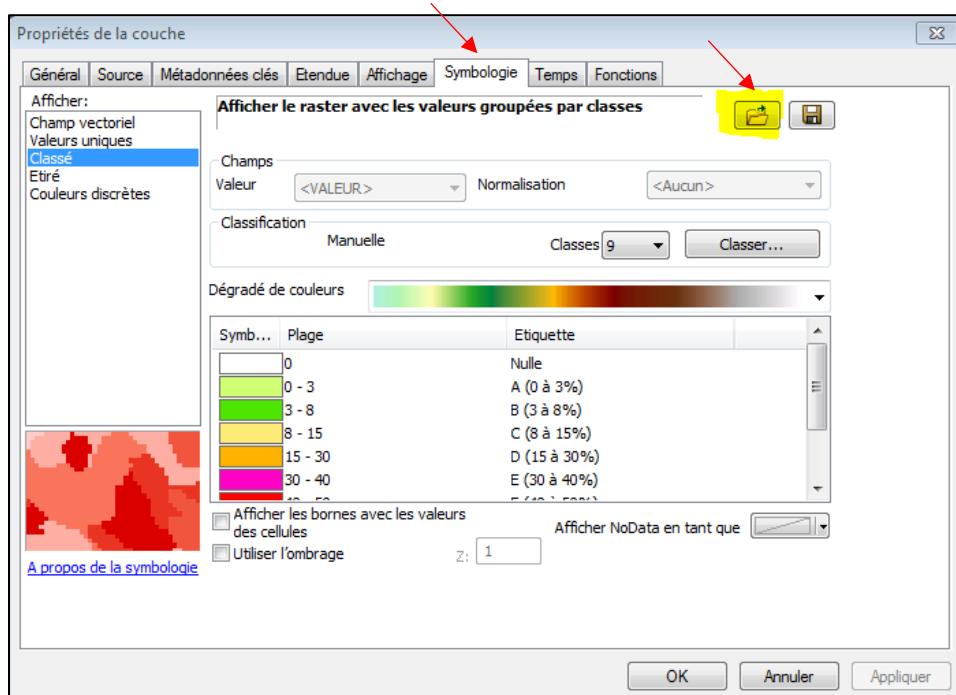
Dans celle-ci, placez le curseur sur le MNT, cliquez avec le bouton de droite de la souris et choisissez « Insérer une fonction ». Dans la liste de fonctions, vous devez choisir « Fonction pente ».



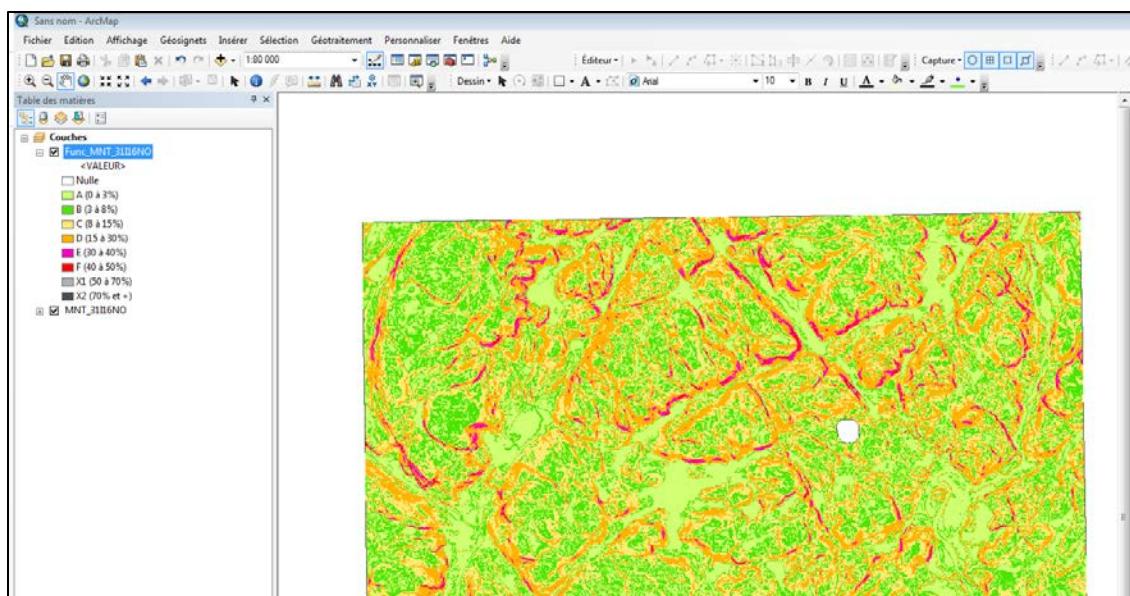
Une nouvelle fenêtre s'affichera et il vous suffira de choisir « POURCENTAGE\_MONTEE » comme mesure de sortie. Maintenez le facteur Z à 1 et cliquez sur OK. Ensuite, cliquez sur OK dans la fenêtre « Éditeur de modèle de fonction ». Vous obtiendrez un modèle de pente en noir et blanc. Vous pouvez modifier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

[https://diffusion.mffp.gouv.qc.ca/Diffusion/DonneeGratuite/Forêt/IMAGERIE/Produits\\_dérivés\\_LiDAR/](https://diffusion.mffp.gouv.qc.ca/Diffusion/DonneeGratuite/Forêt/IMAGERIE/Produits_dérivés_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.

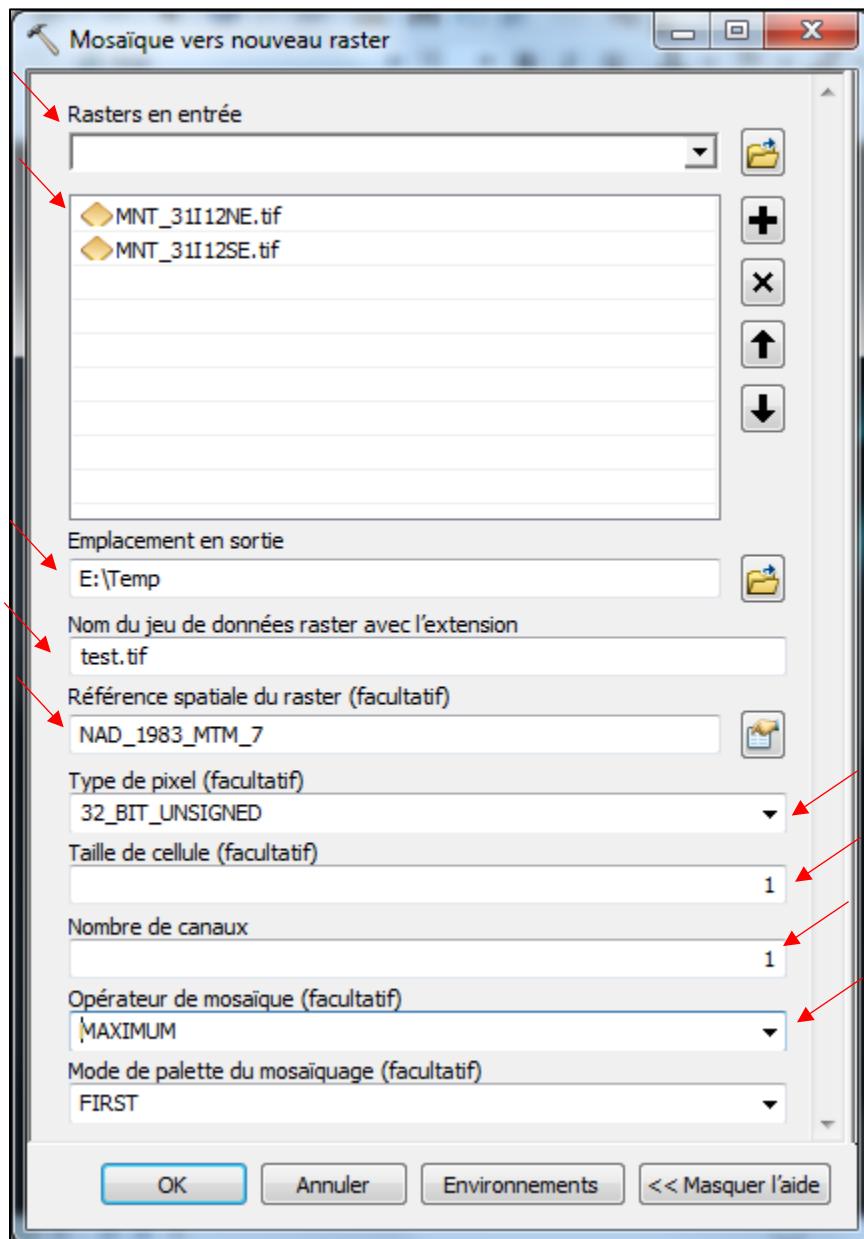


Vous obtiendrez donc une couche de pente avec la symbologie désirée. Celle-ci ressemblera à l'image suivante avec la symbologie standard pour les pentes (notez que la valeur supérieure de chaque classe est incluse dans cette dernière, par exemple, la classe 0 à 3 % inclut la valeur 3,000000 %, alors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

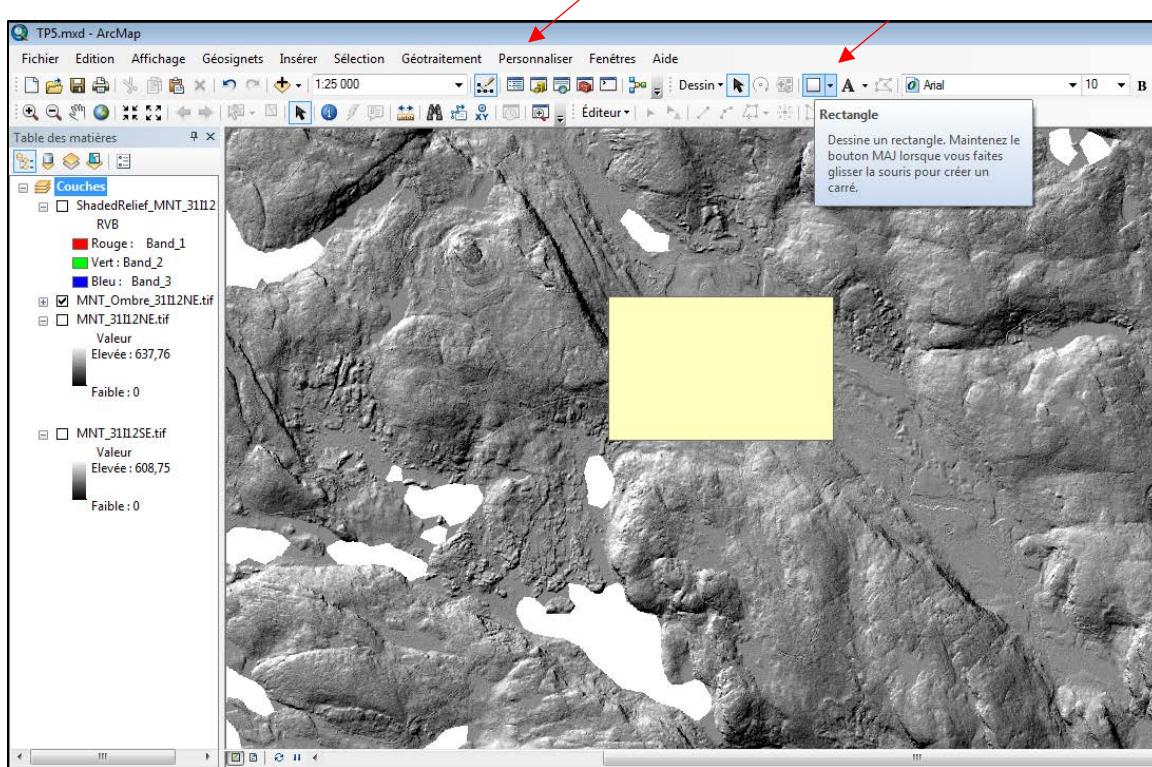


1. **Rasters en entrée** : sélectionnez les rasters à assembler, en format « .tif » et non en format « .lyr »;
2. **Emplacement en sortie** : indiquez le dossier où le nouveau raster sera enregistré;

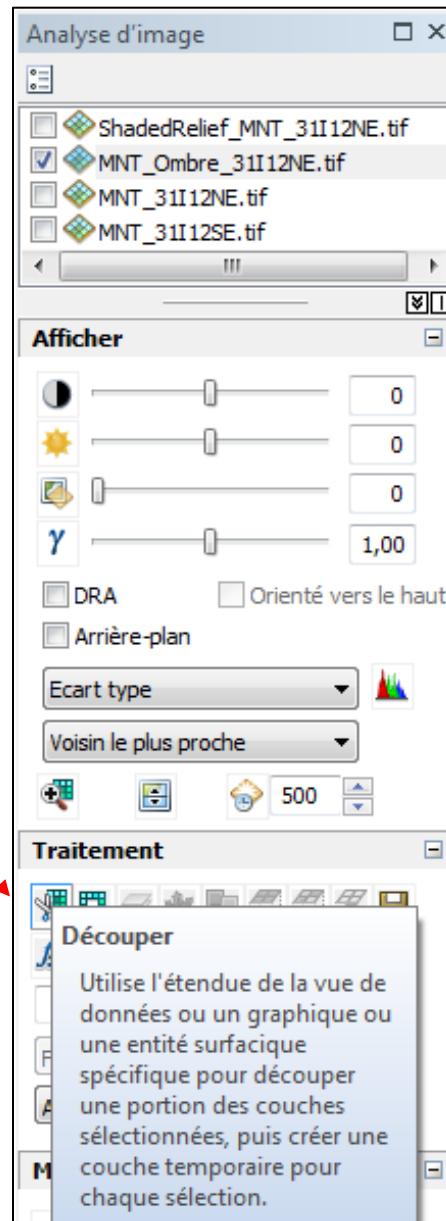
3. **Nom du jeu de données raster avec l'extension** : attribuez le nom du raster en sortie avec l'extension « .tif »;
4. **Référence spatiale du raster (facultatif)** : sélectionnez la référence d'une des couches de données;
5. **Type de pixel (facultatif)** : sélectionnez 8\_BIT\_UNSIGNED pour MNT\_ombré 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 mosaïque (facultatif)** : sélectionner « First ».

#### 5.1.7 Découper un raster pour un secteur donné

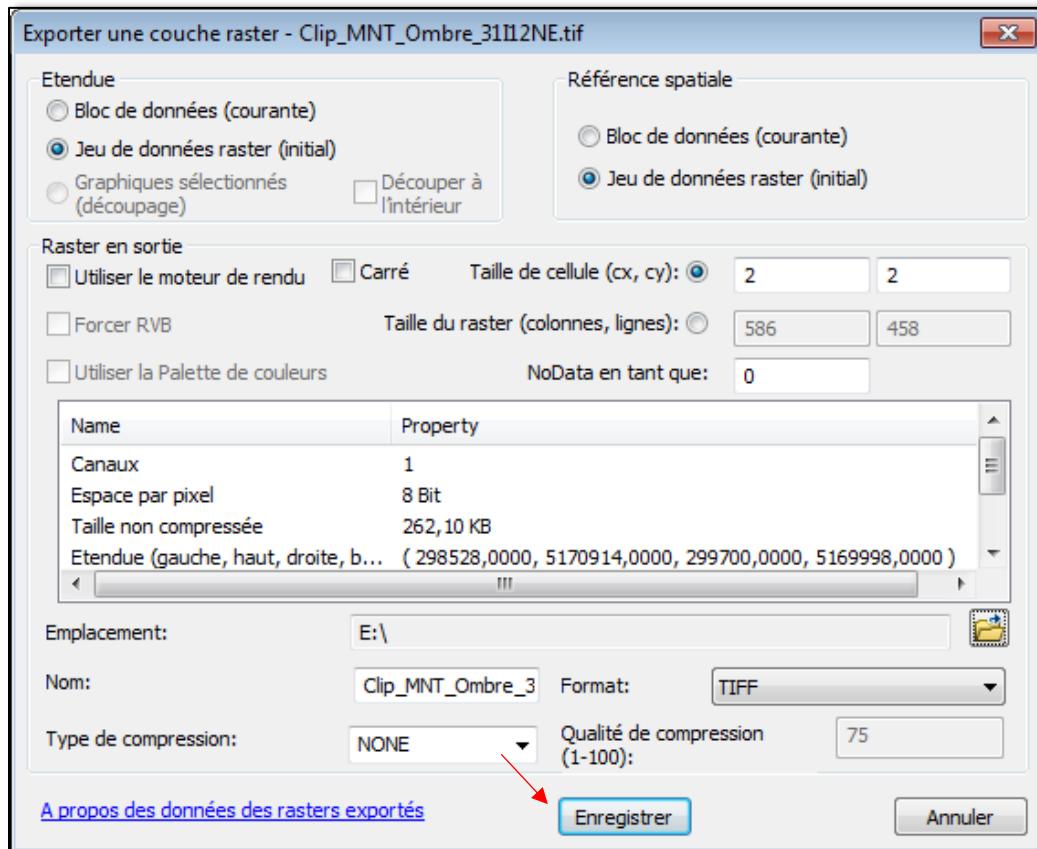
Pour découper un raster, affichez d'abord le raster à découper. Ensuite, choisissez l'onglet « Personnaliser », puis « Barres d'outils » et « Dessiner ». Vous pouvez créer un rectangle à découper à l'aide de l'outil « Rectangle ».



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 ».



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.



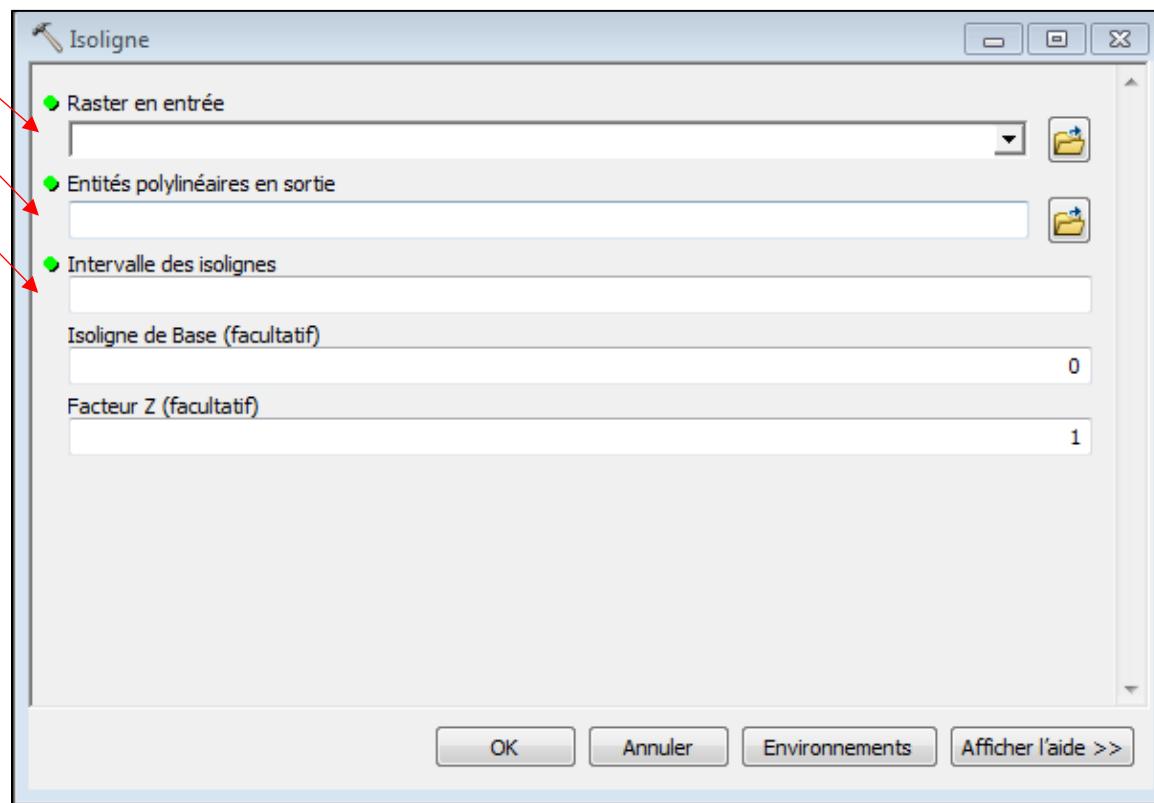
## 5.2 NOTIONS AVANCÉES

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.

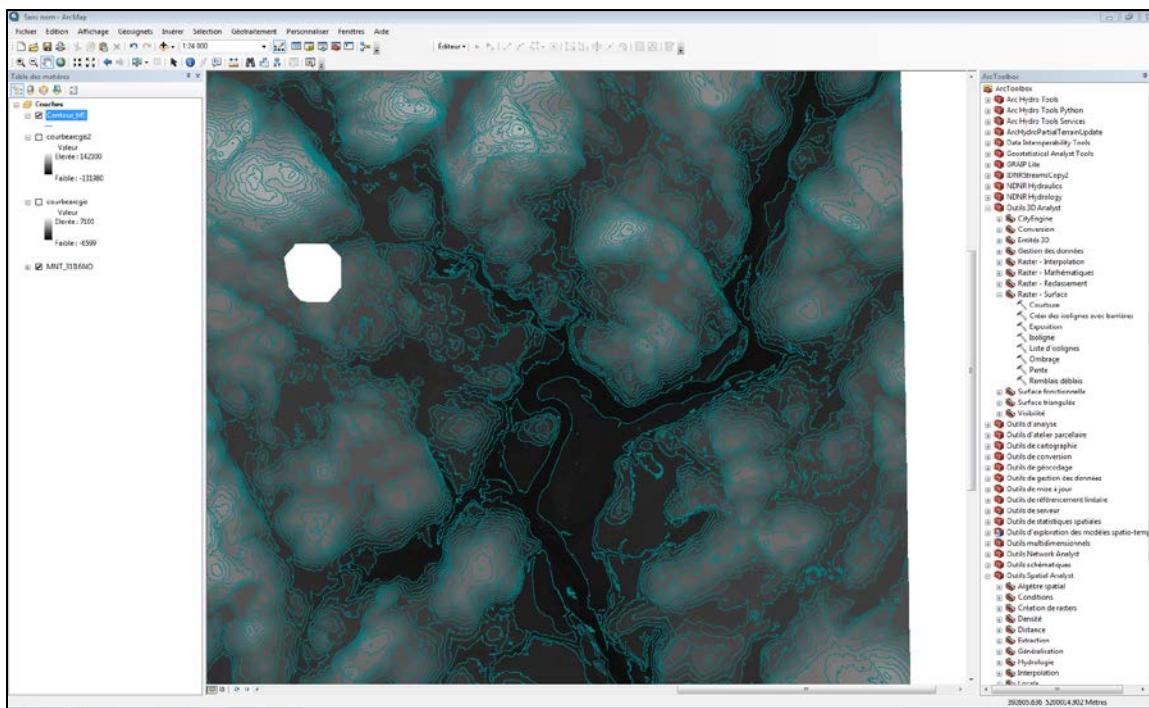
### 5.2.1 Générer des courbes de niveau

*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 » > « Isoline ». La fenêtre suivante s'affichera.

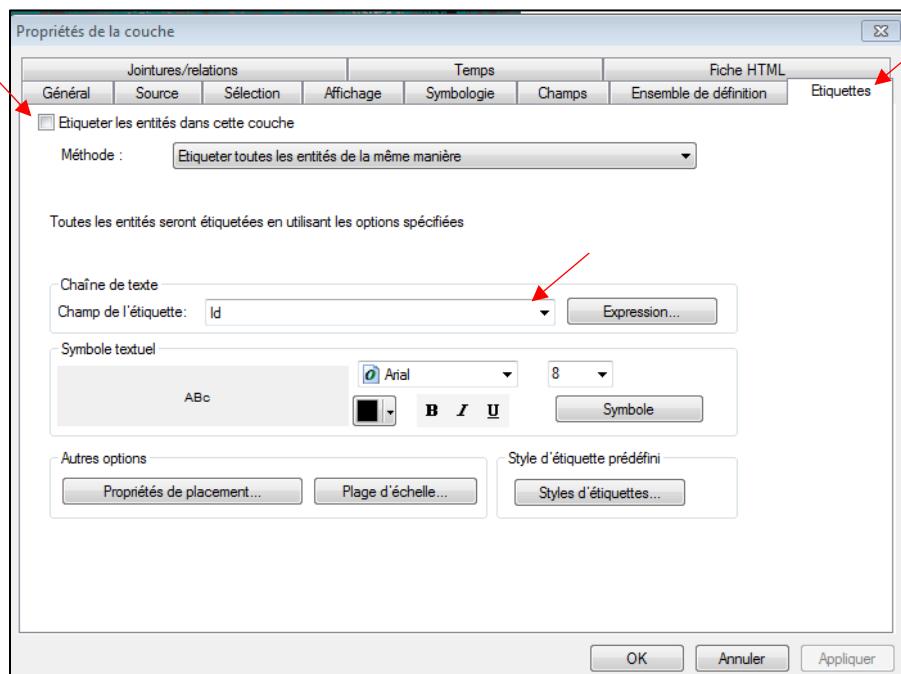


Dans celle-ci, vous devez choisir votre raster en entrée, choisir l'emplacement en sortie et indiquer la distance voulue entre chaque ligne dans « Intervalle des isolignes ». Vous obtiendrez un résultat analogue à l'image suivante.



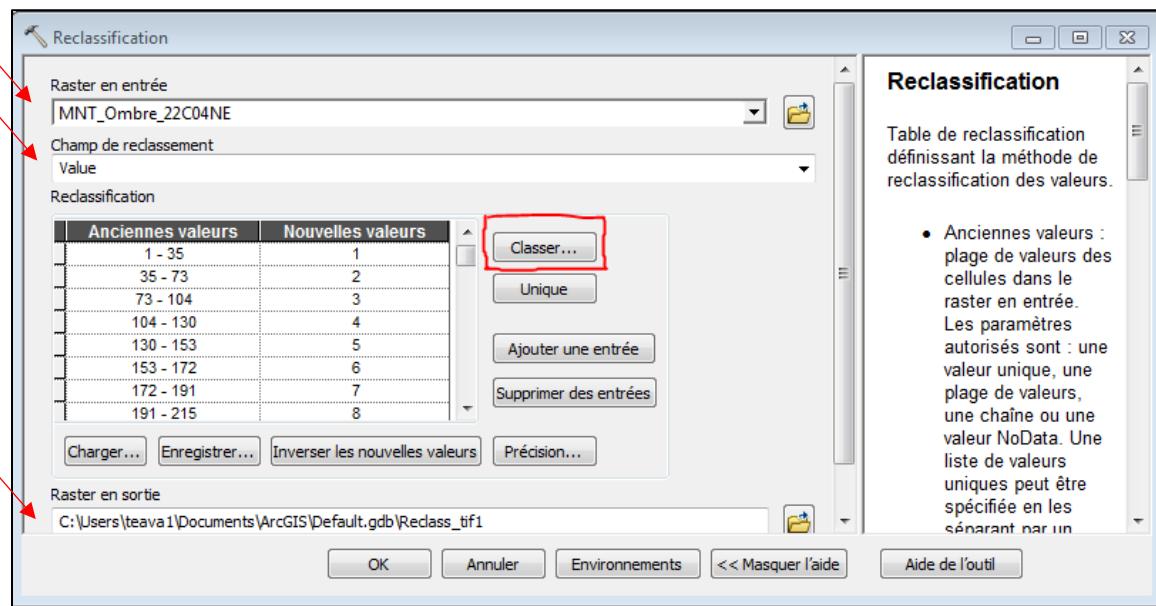
Il est possible de modifier la couleur des lignes en cliquant avec le bouton de droite de la souris sur la couche et en choisissant « Propriétés de la couche ». Par la suite, on peut modifier la couleur dans l'onglet « Symbologie ».

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.



### 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 » > « Reclassassement » > « Reclassification ». La fenêtre suivante s'affichera.

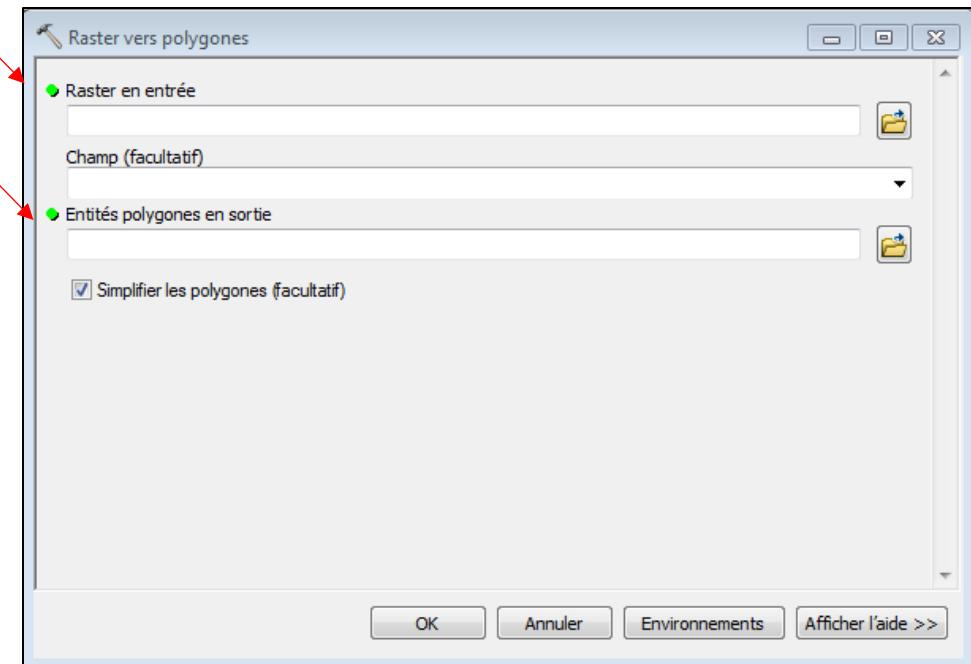


Par la suite, vous devez choisir le raster sur lequel vous voulez travailler et choisir « Value » dans la section « Champs de reclassement ». Pour pouvoir reclasser les valeurs, vous devez cliquer sur le bouton « Classer » de la section reclassification. La liste des valeurs apparaîtra dans l'encadré 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 [section 5.1.7](#)) avant de lancer le traitement. De plus, il est recommandé de reclasser le raster selon les classes à déterminer (voir la [section 5.2.2](#)) 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 ».

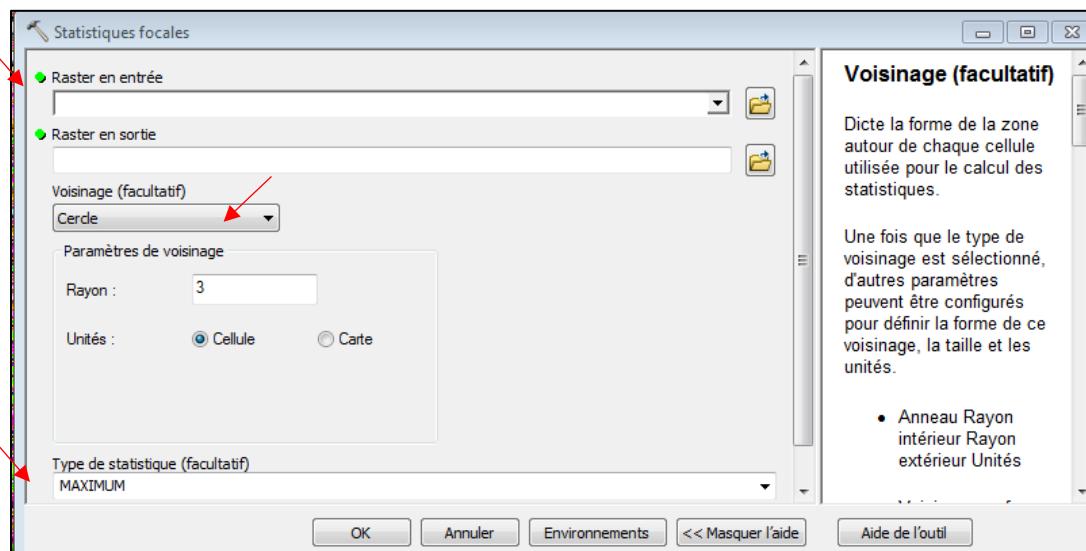


Dans celle-ci, vous devez choisir le raster voulu en entrée, choisir un emplacement pour le fichier de polygones en sortie et cliquer sur OK.

#### 5.2.4 Générer un MHC focal

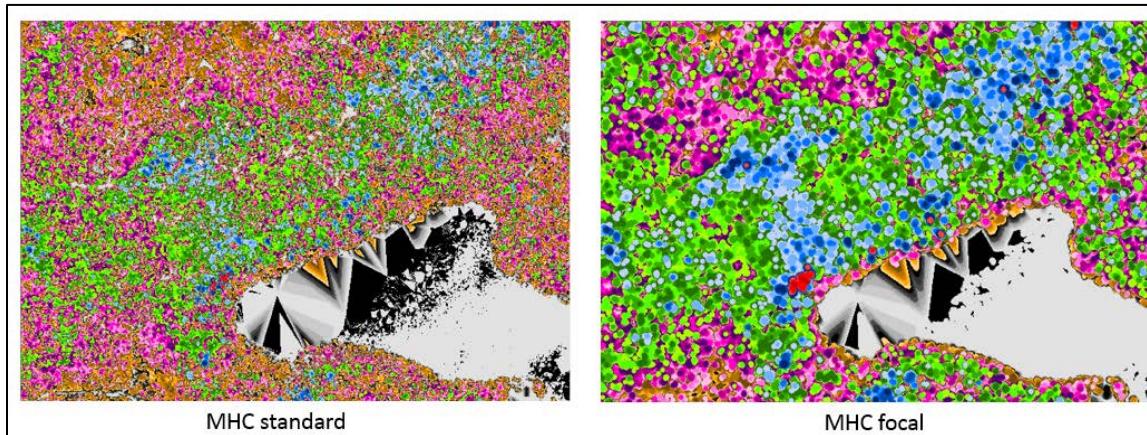
Il est possible de générer un MHC focal à partir du MHC d'un secteur. Cela permet de mieux observer la valeur de hauteur maximale des cimes d'arbres résineux et donc d'interpréter plus facilement la hauteur d'un peuplement. Toutefois, ce MHC focal surestime grandement la densité du couvert, car il élargit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



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.



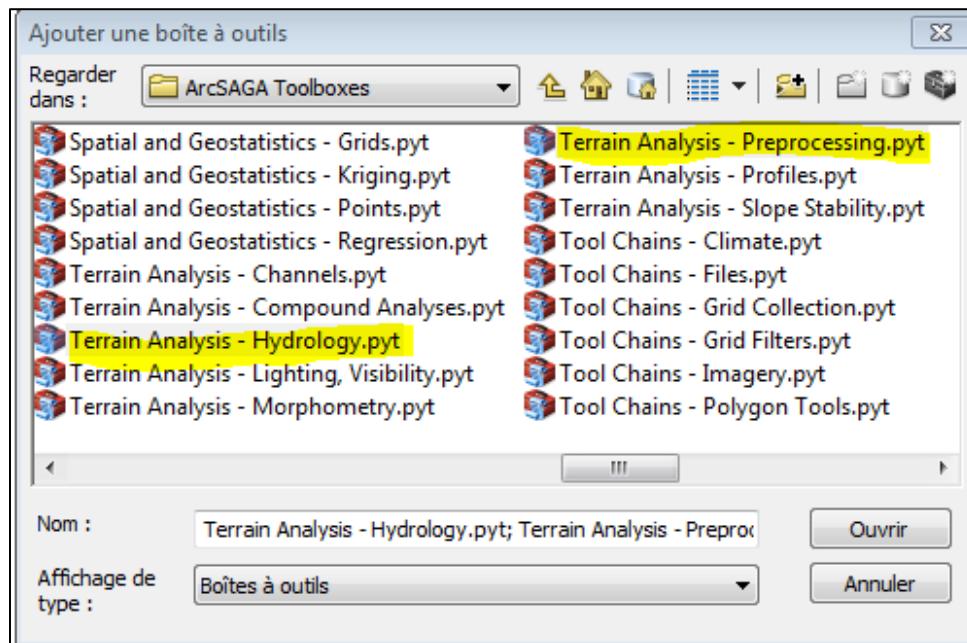
### 5.2.5 Indice topographique d'humidité

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.

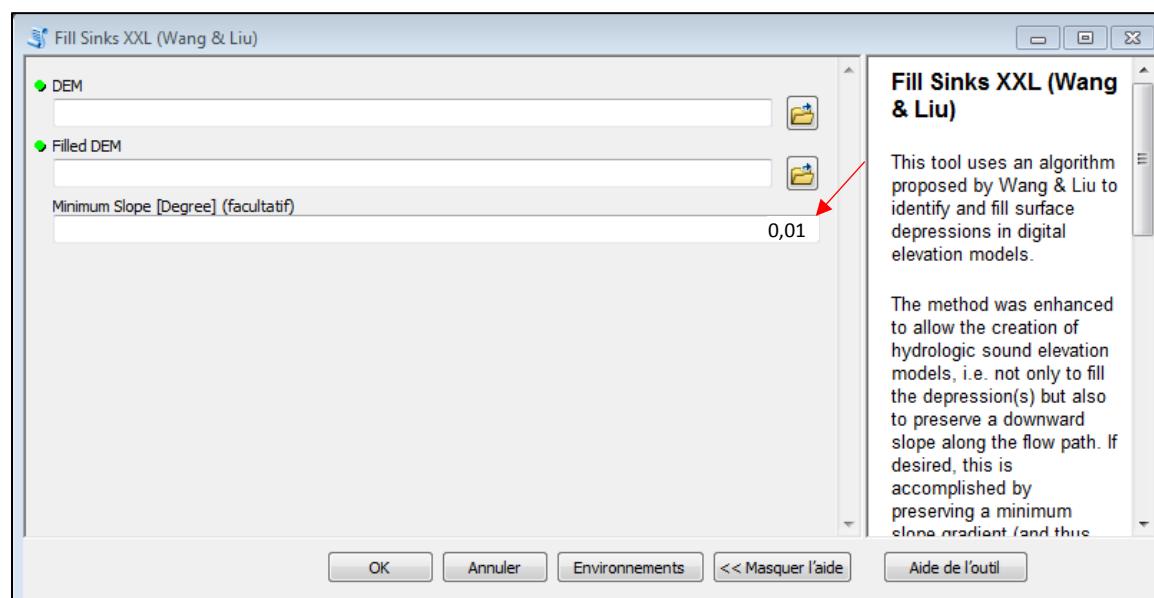
Vous devez donc télécharger le dossier associé à SAGA à partir de l'adresse Internet suivante : <https://sourceforge.net/projects/saga-gis/>.

The screenshot shows the SourceForge project page for SAGA GIS. At the top, there's a navigation bar with tabs for 'Open Source Software', 'Business Software', 'Services', and 'Resources'. Below the header, a breadcrumb trail indicates the path: Home / Browse / Science & Engineering / Simulations / SAGA GIS. The main content area features the SAGA logo (a stylized 'S' inside a circle), the text 'SAGA GIS', and the note 'Brought to you by: oconrad, reklov\_w'. Below this, there's a rating section with 5 stars and '48 Reviews', followed by 'Downloads: 1,070 This Week'. At the bottom, there are buttons for 'Download' (with a green background), 'Get Updates', and 'Share This'. A footer at the very bottom lists supported operating systems: 'BSD | Windows | Linux'.

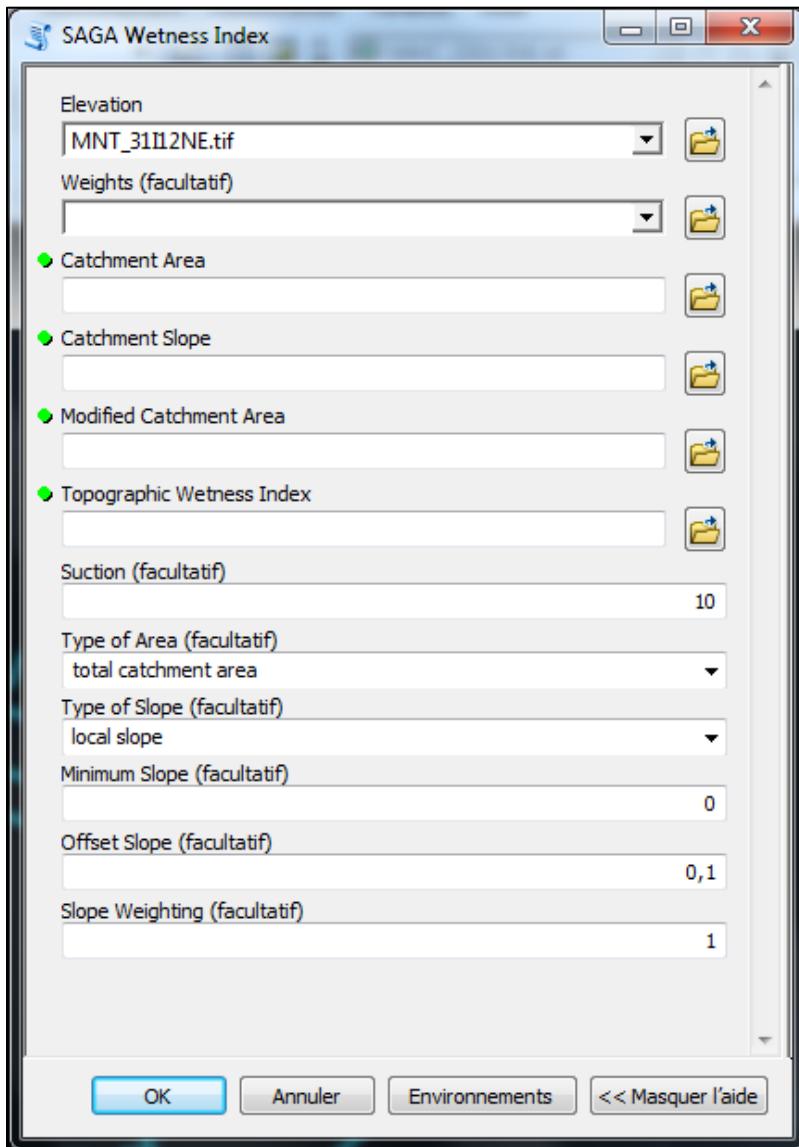
Vous devez ensuite installer les boîtes à outils SAGA requises. Pour ce faire, vous devez cliquer avec le bouton de droite de la souris sur « ArcToolbox » et choisir « Ajouter une boîte à outils ». Ensuite, sélectionnez le dossier dans lequel vous avez enregistré votre dossier SAGA. Dans celui-ci, vous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



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 ».



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



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 symbolique si vous le désirez (voir la [section 5.1.2](#)).

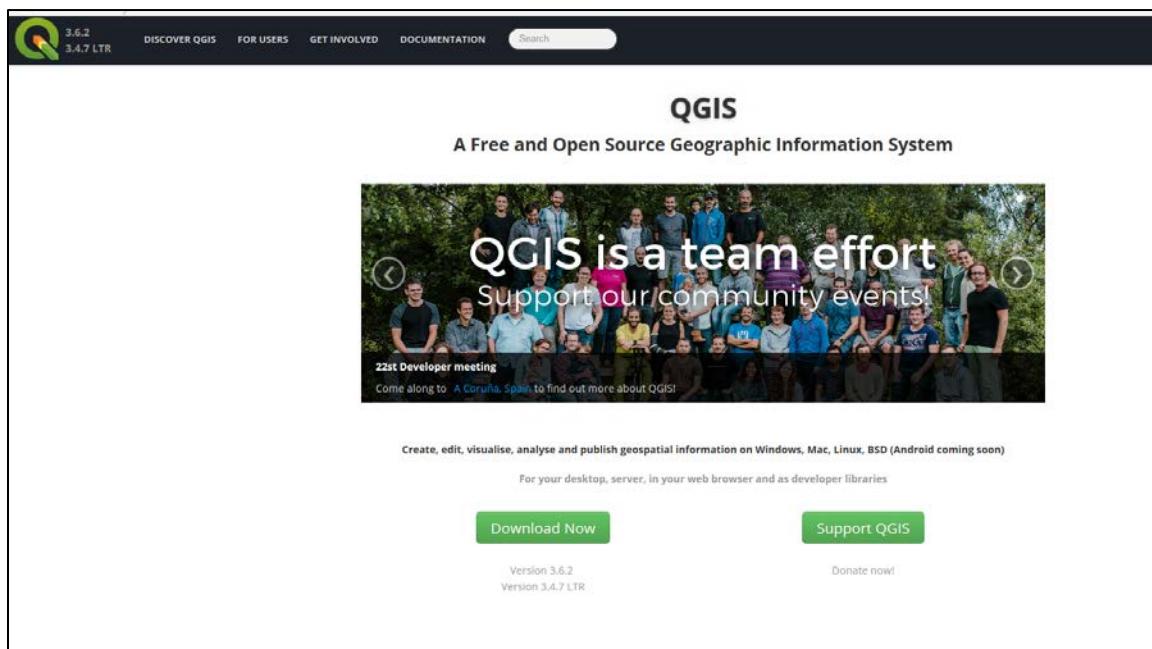
Pour obtenir plus de détails sur cette méthode, vous pouvez visualiser la vidéo suivante sur YouTube, réalisée par M. Sylvain Jutras de l'Université Laval et son équipe : <https://www.youtube.com/watch?v=V2hTDlhwo7s>.

## 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

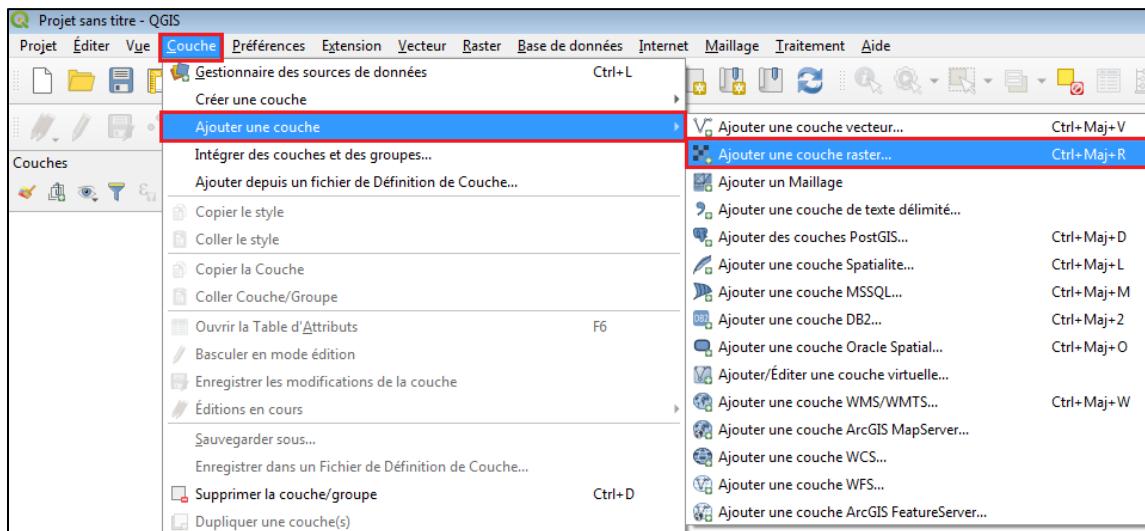
QGIS est un système d'information géographique en code ouvert (*Open Source*) et gratuit. Ce logiciel s'adresse à un large public et est simple d'utilisation. Il est possible de le télécharger sans frais à partir du site Internet de QGIS (<https://qgis.org/en/site/index.html>) et de l'installer au besoin 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.



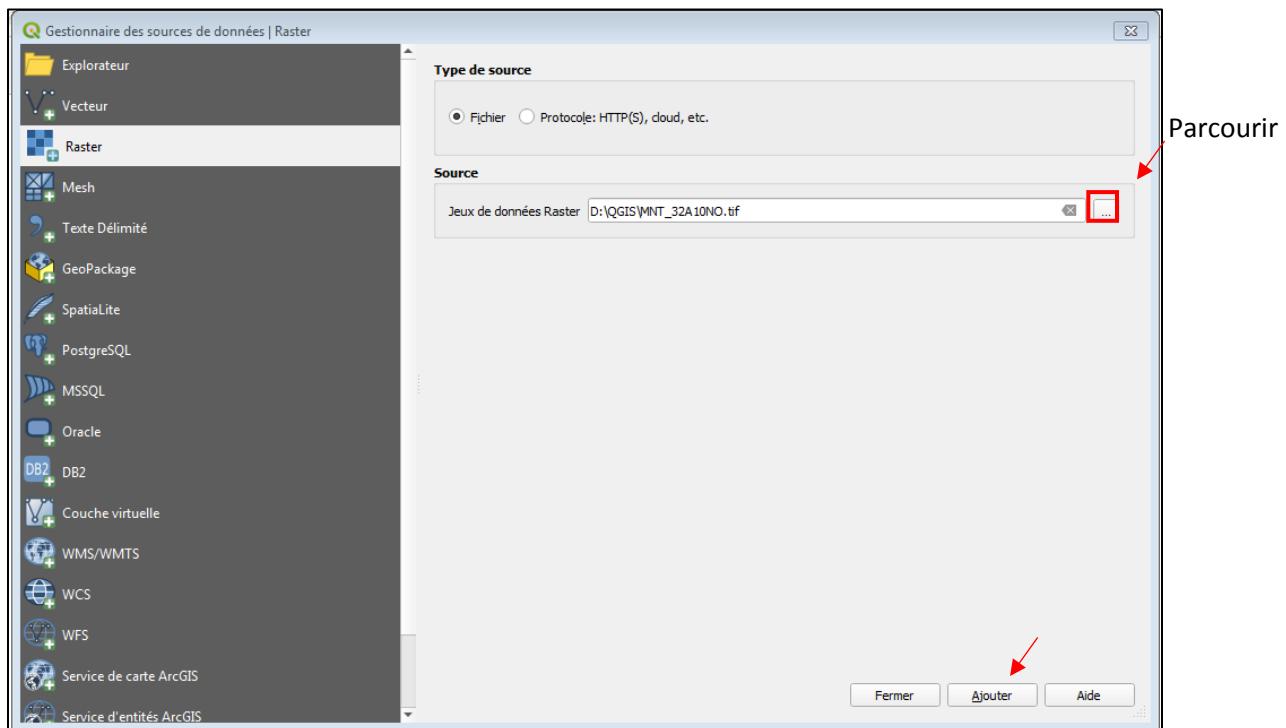
## 6.2 NOTIONS DE BASE

### 6.2.1 Visualiser des données matricielles et télécharger des symbologies prédefinies

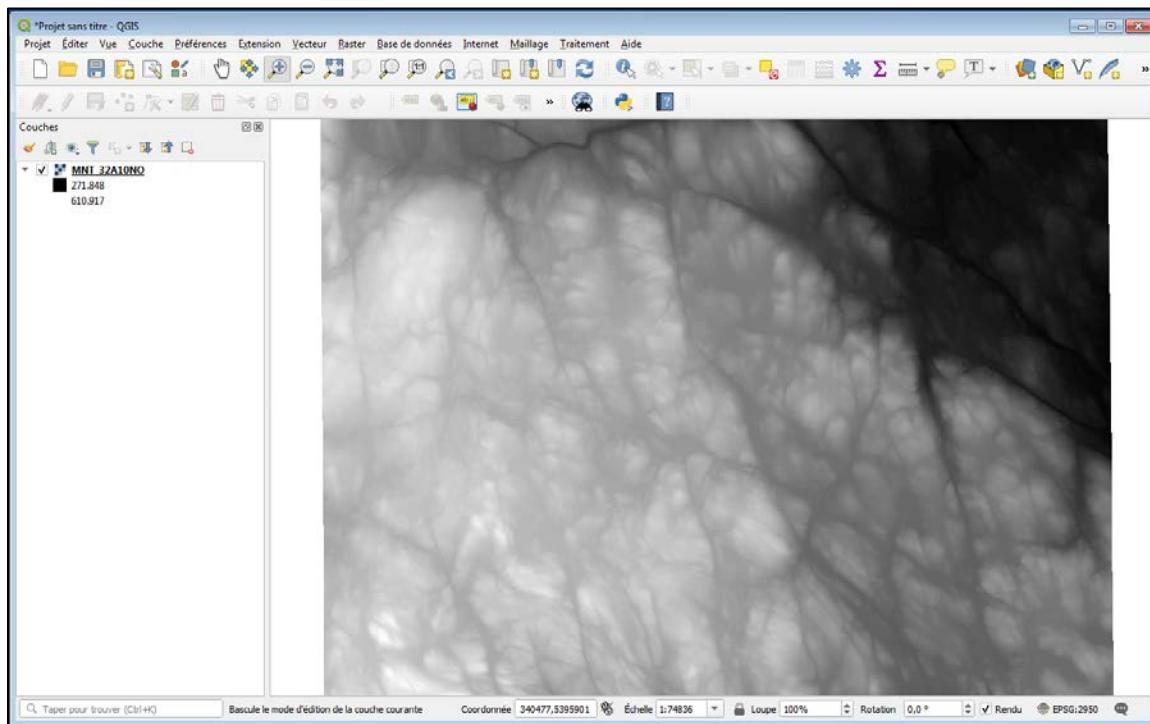
Une fois que vous avez installé le logiciel QGIS et que les produits dérivés du LiDAR sont téléchargés (voir le [chapitre 4](#)), vous pouvez ouvrir les fichiers dans le logiciel en cliquant sur l'onglet « Couche », puis « Ajouter une couche » et « Ajouter une couche raster ».



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



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



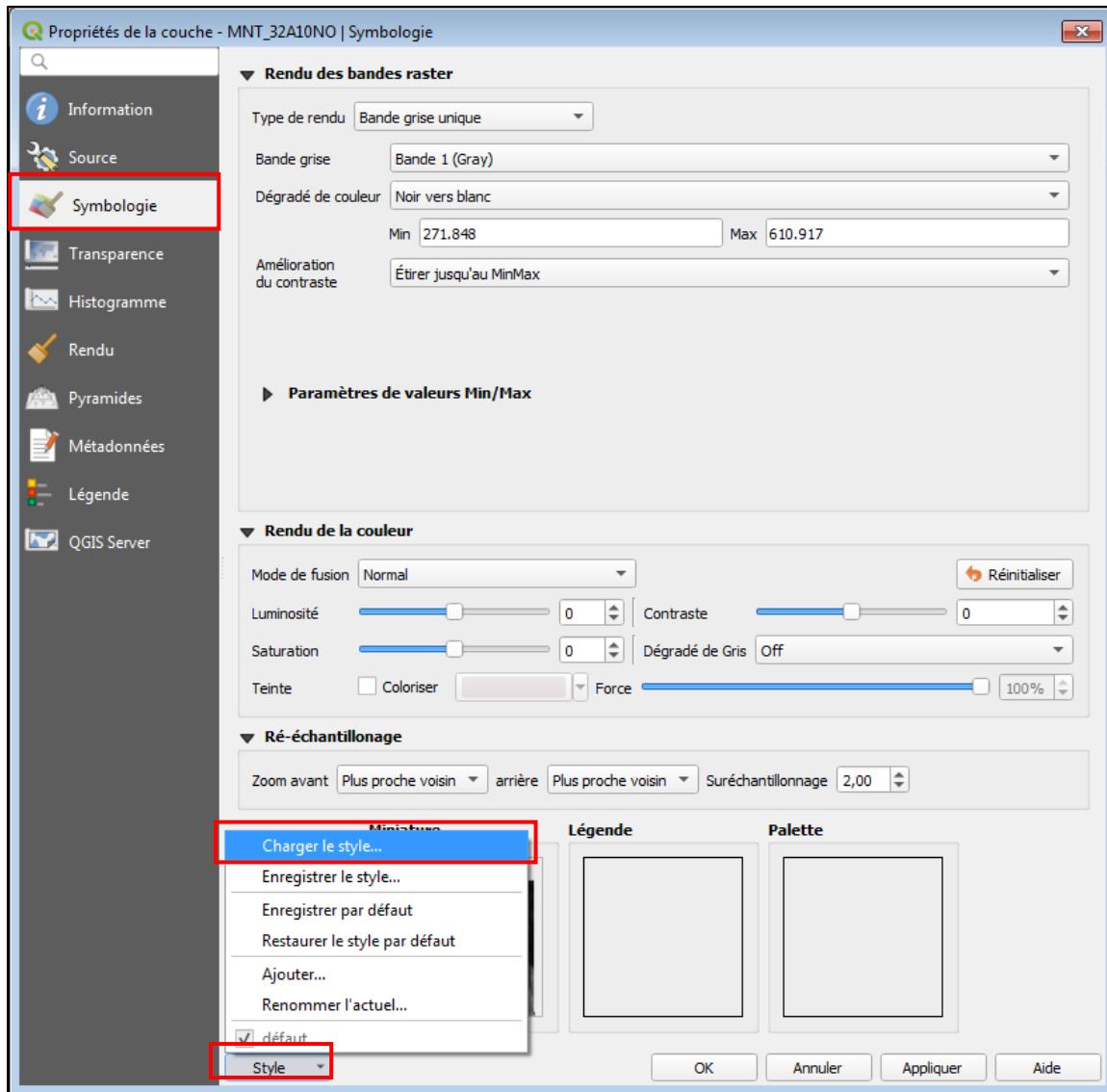
La symbolique proposée n'est pas associée au fichier « .tif ». Pour l'ajouter, il faut la télécharger en format « .qml » (le format « .lyr » ne fonctionne pas dans QGIS). Les symbologies se trouvent dans le dossier Symbologie.zip dans :

[ftp://transfert.mffp.gouv.qc.ca/Public/Diffusion/DonneeGratuite/Foret/IMAGERIE/Produits\\_dérivés\\_LiDAR/](ftp://transfert.mffp.gouv.qc.ca/Public/Diffusion/DonneeGratuite/Foret/IMAGERIE/Produits_dérivés_LiDAR/)

Date	Action	File
05/16/2018 12:00	Répertoire	<a href="#">22F</a>
11/18/2019 10:53	Répertoire	<a href="#">22G</a>
11/18/2019 10:53	Répertoire	<a href="#">22H</a>
05/16/2018 12:00	Répertoire	<a href="#">22I</a>
05/16/2018 12:00	Répertoire	<a href="#">22J</a>
12/05/2017 12:00	Répertoire	<a href="#">22K</a>
10/18/2017 12:00	Répertoire	<a href="#">22L</a>
05/16/2018 12:00	Répertoire	<a href="#">32D</a>
05/16/2018 12:00	Répertoire	<a href="#">32E</a>
05/16/2018 12:00	Répertoire	<a href="#">32F</a>
06/07/2019 12:00	Répertoire	<a href="#">32G</a>
06/07/2019 12:00	Répertoire	<a href="#">32H</a>
06/07/2019 12:00	Répertoire	<a href="#">32I</a>
03/10/2020 01:55	Répertoire	<a href="#">csv</a>
01/14/2020 05:23	20,118,809	<a href="#">metadonnees.zip</a>
03/09/2020 02:02	995,265	<a href="#">shp.zip</a>
01/14/2020 05:25	37,740	<a href="#">Symbologie.zip</a>

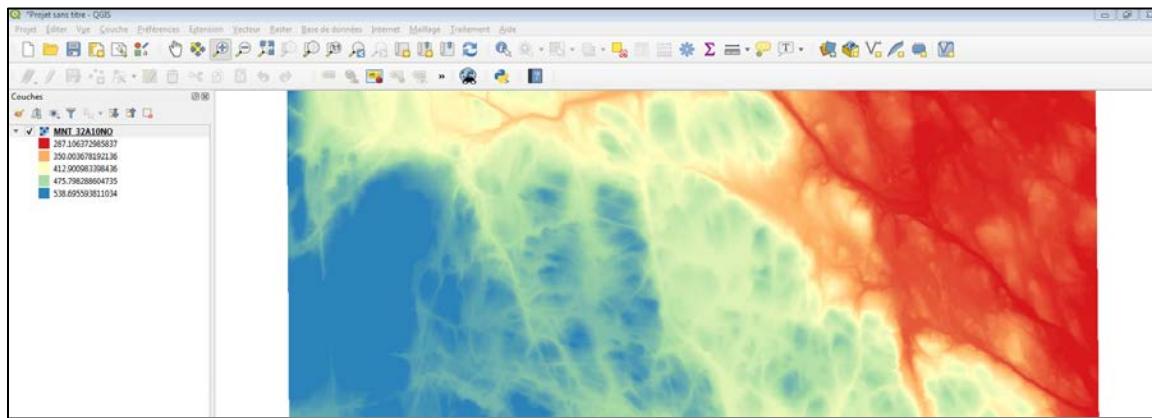
Les étapes suivantes peuvent être effectuées autant pour le MNT que pour le MNT\_ombré, les pentes ou le MHC.

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.



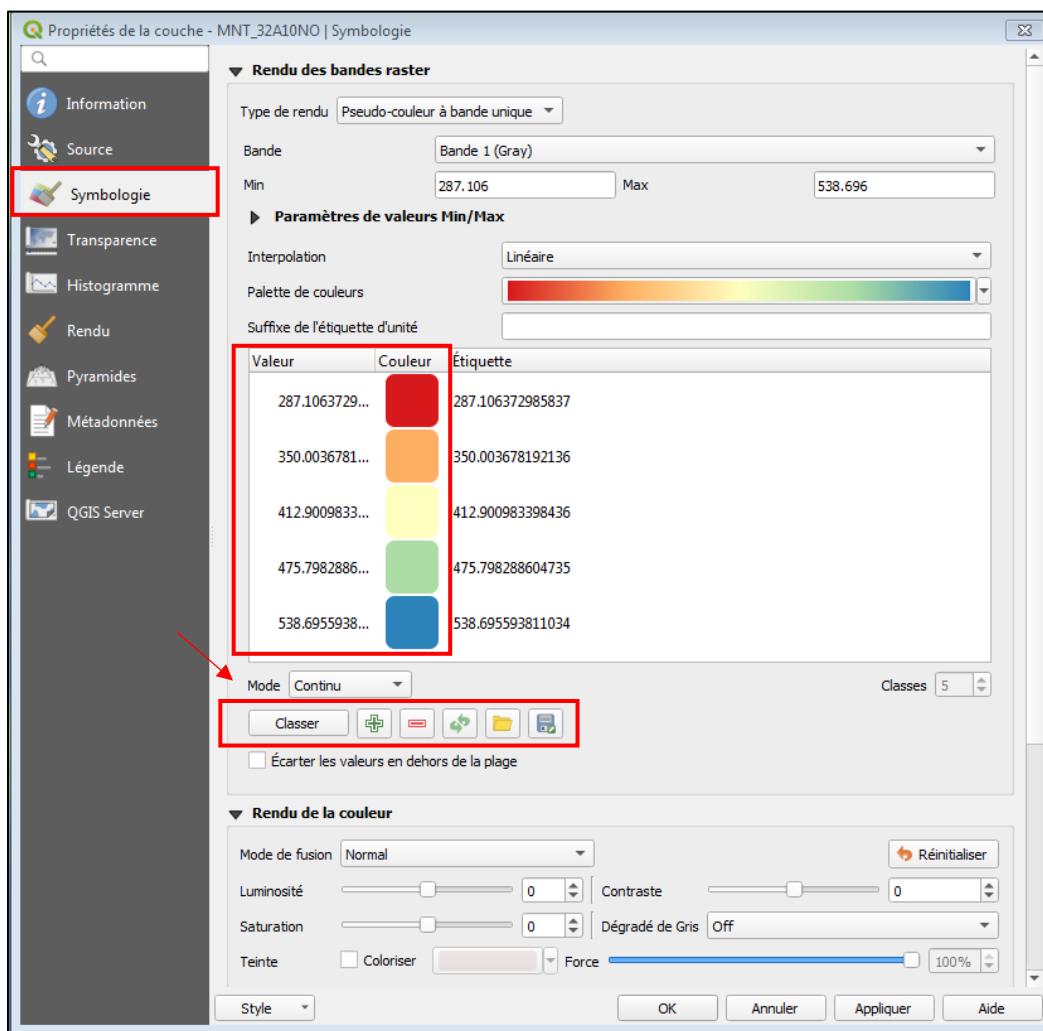
Ensuite, pour charger les fichiers « .qml » désirés, dans l'onglet « Symbologie », cliquez sur le bouton « Style » et sur « Charger le style ».

La symbologie proposée sera appliquée à la couche choisie.



### 6.2.2 Modifier la symbologie et choisir des classes

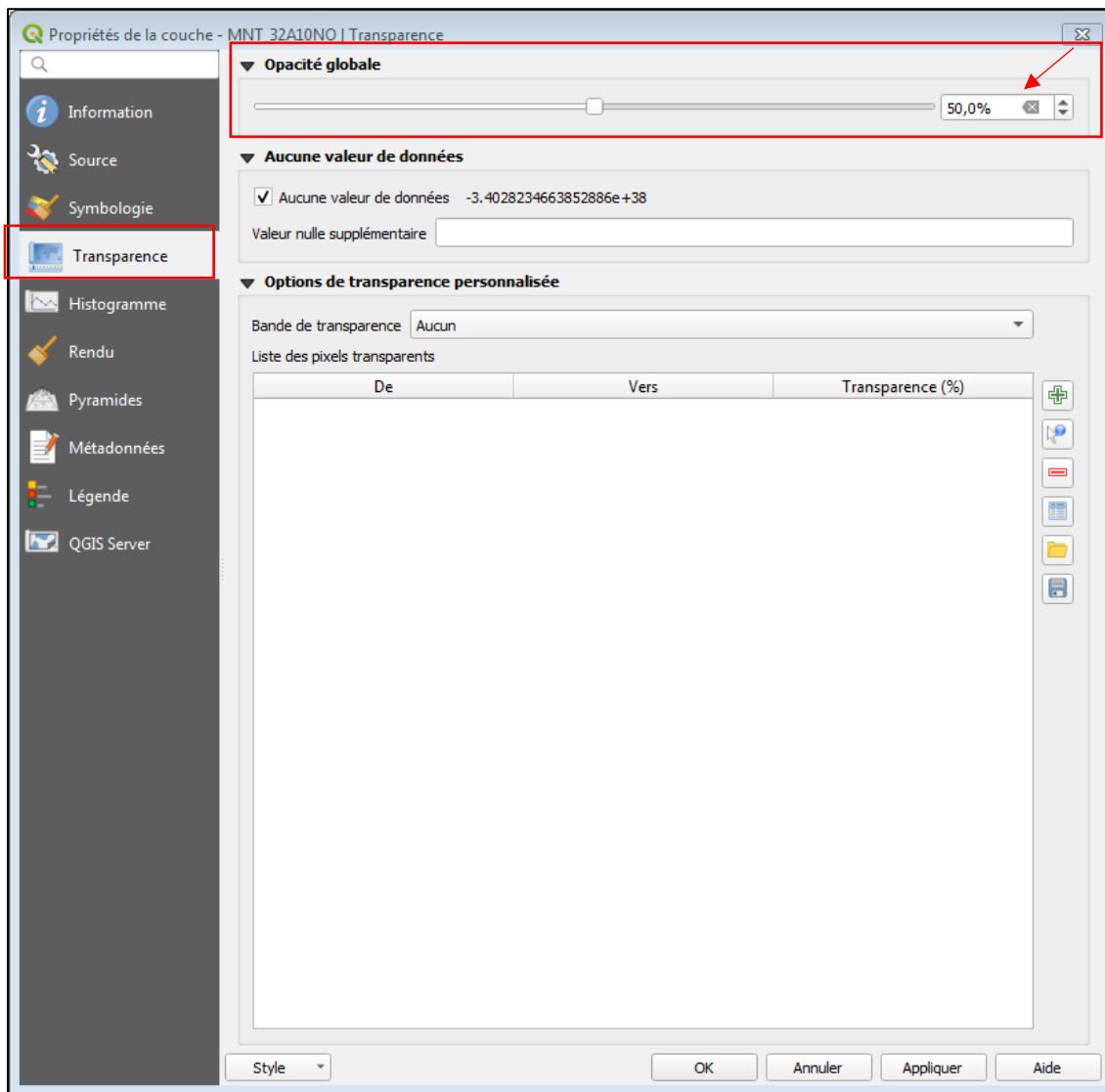
Il est possible de modifier la symbologie proposée pour l'adapter à vos besoins. Pour ce faire, affichez la fenêtre « Propriétés de la couche » (cliquez avec le bouton de droite sur le nom de la couche > « Propriétés »).



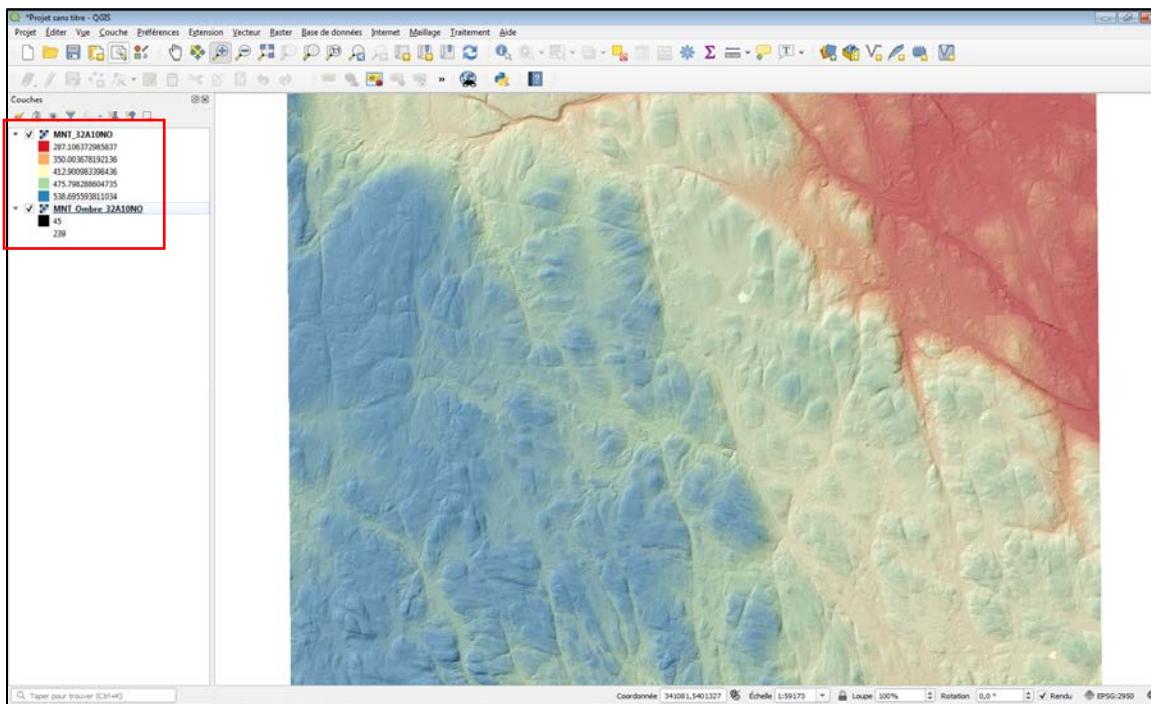
À partir de l'onglet « Symbologie » dans cette fenêtre, vous pouvez modifier les valeurs des bornes de chacune des classes ainsi que les couleurs associées en double cliquant sur la case de couleur. Vous pouvez choisir entre les différents modes de classification : continu, intervalles égaux et quantiles 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 [section 5.1.3](#), 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 [section 6.2.2](#). 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 %.



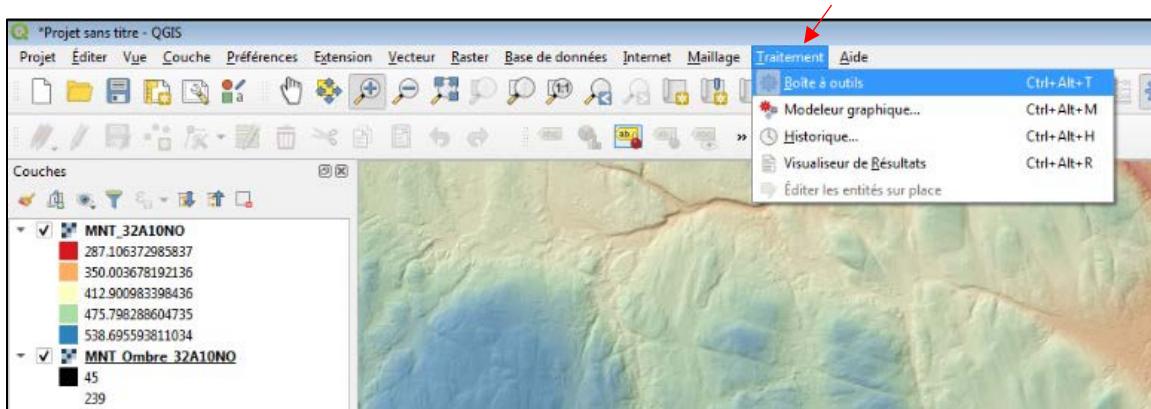
Ensuite, superposez le MNT au MNT\_ombré, l'interprétation des deux couches combinées fournit des renseignements à la fois sur l'altitude et le relief.

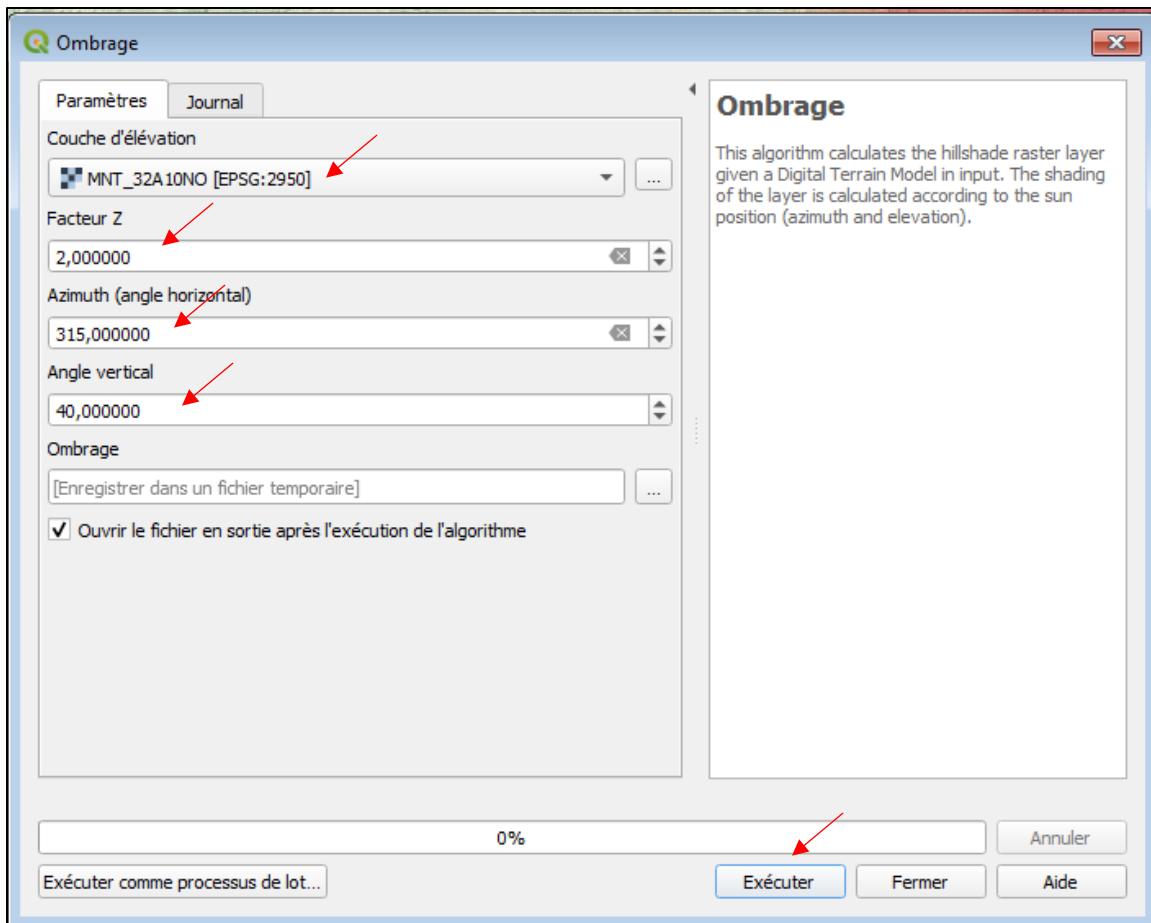


#### 6.2.4 Générer des MNT\_ombré

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 ».

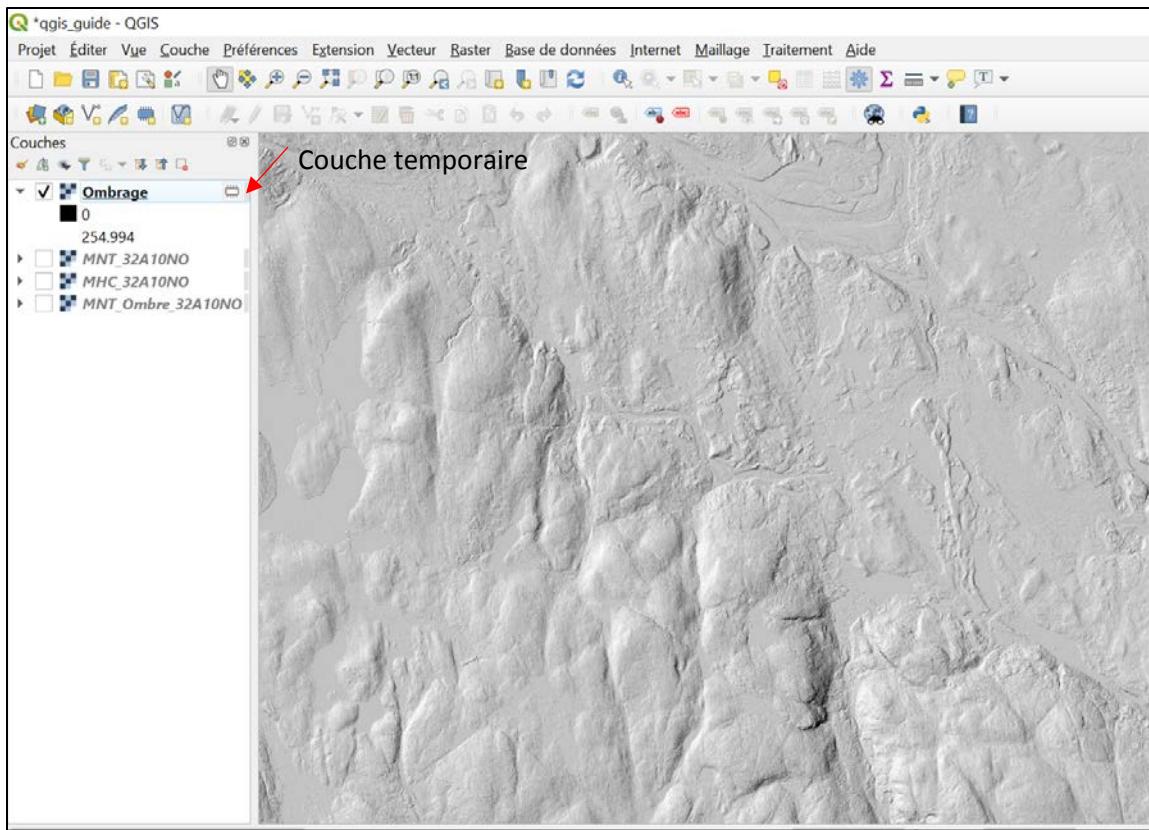




Dans la fenêtre « Ombrage », sélectionnez votre MNT en tant que couche d'élévation et déterminez le facteur Z et l'azimut voulu pour le MNT\_ombré que vous allez créer. L'azimut standard (angle horizontal) est de 315° et le facteur Z recommandé est 2. Il est aussi recommandé de laisser 40° pour l'angle 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 ».

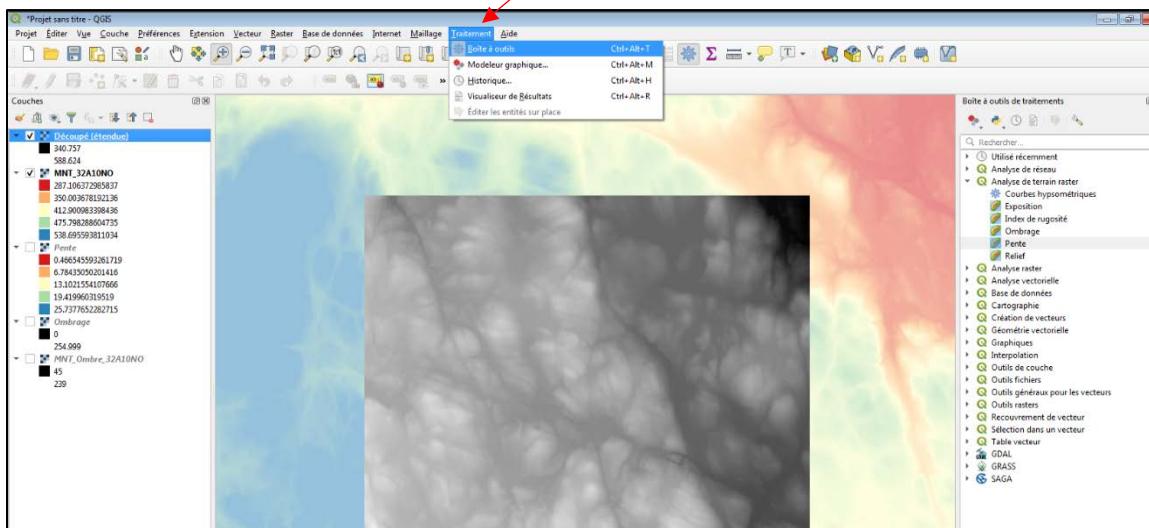
Comme mentionné dans la [section 5.1.4](#), il faut noter qu'il est préférable de placer l'azimut à une valeur perpendiculaire aux structures que l'on veut détecter et il faut éviter d'utiliser un angle azimuthal du sud (p. ex., 180°), car la topographie sera inversée.

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.

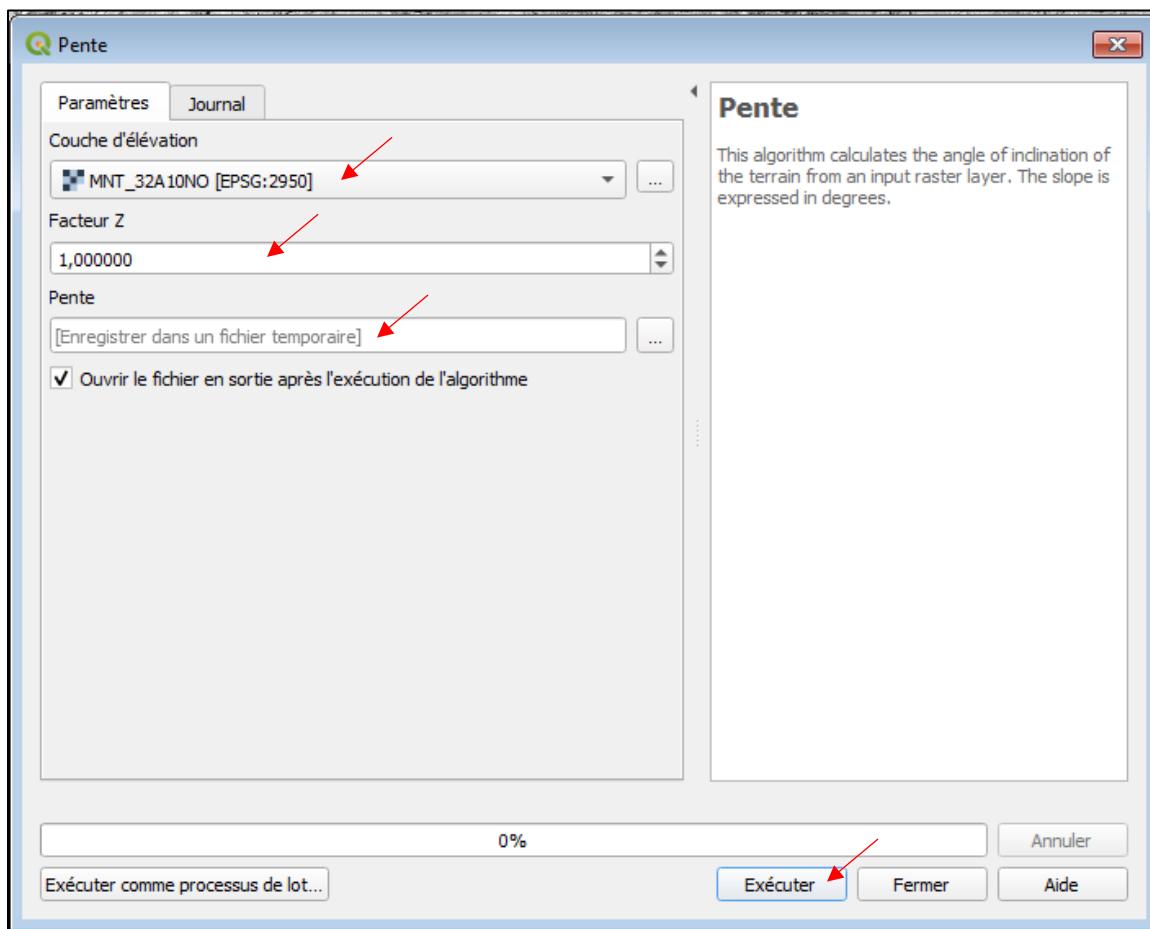


### 6.2.5 Générer un modèle de pente

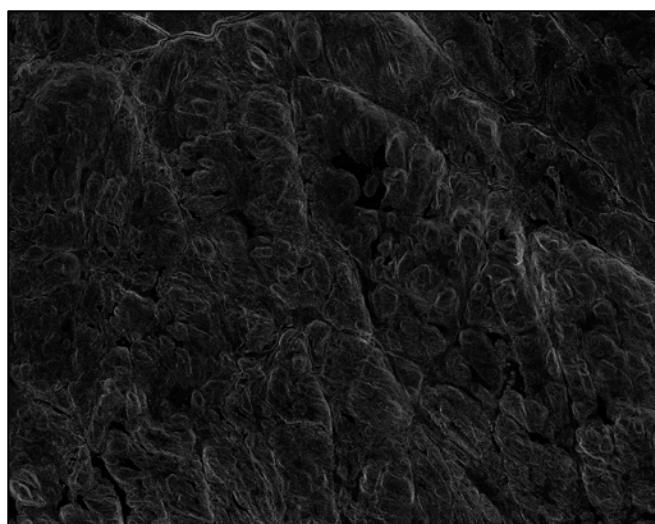
Pour générer un modèle de pente à l'aide de QGIS, vous devez ouvrir le MNT de la région souhaitée. Vous devez ensuite, dans « Boîte à outils traitements » (« Barre d'outils principale » > « Traitement » > « Boîte à outils »), cliquez sur « Analyse de terrain raster » et sur « Pente ».



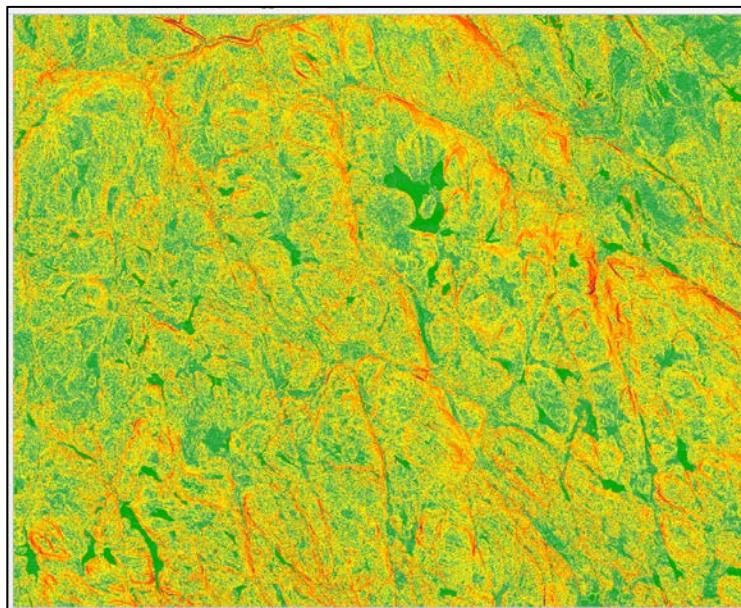
La fenêtre suivante s'affichera.



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.

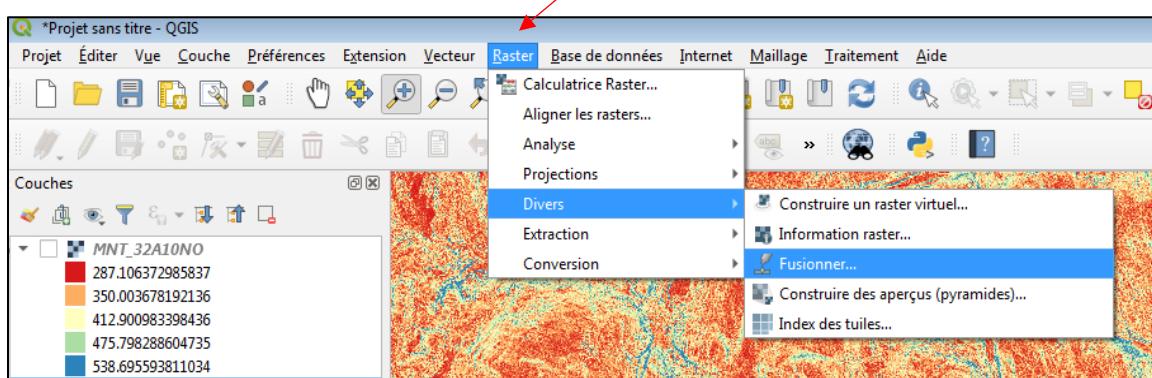


Pour pouvoir obtenir la symbologie standard, il vous faudra la charger en suivant les étapes décrites dans la [section 6.2.2](#), en sélectionnant le fichier « Pente.qml ». Vous obtiendrez donc un résultat semblable à l'image présentée ci-dessous.

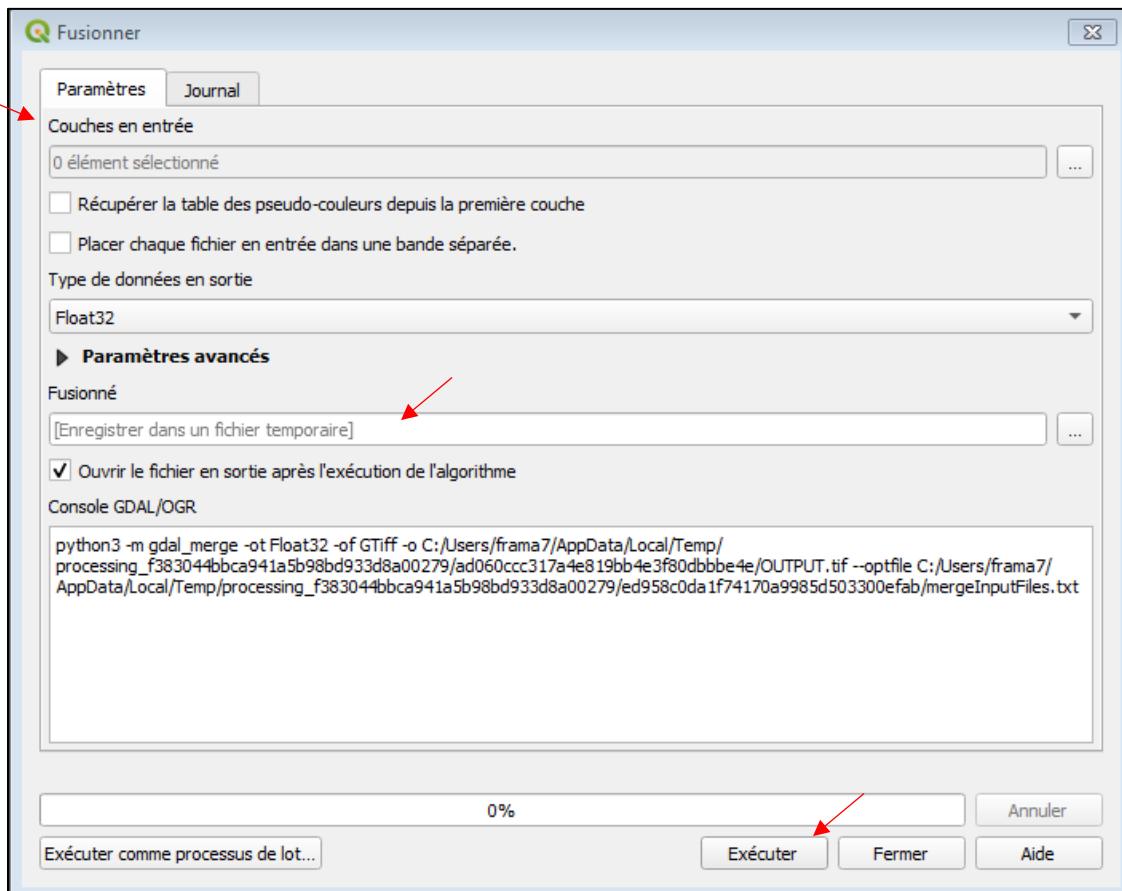


### 6.2.6 Assembler plusieurs rasters

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



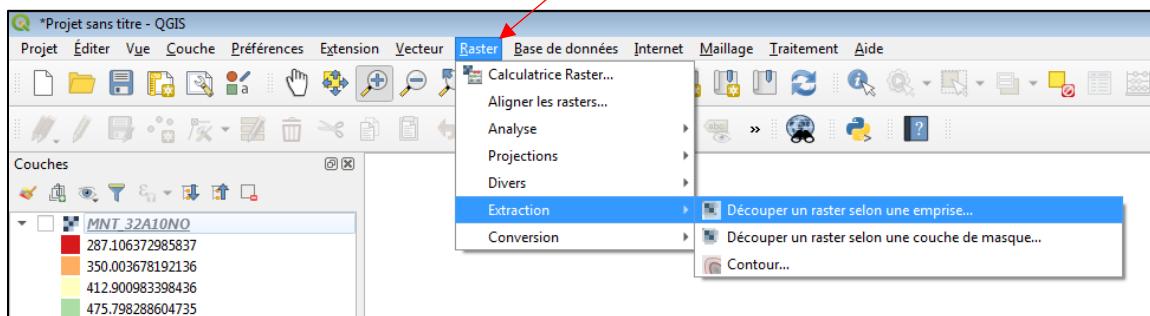
La fenêtre suivante s'affichera. Il faut noter que l'assemblage peut se faire pour un nombre limité de feuillets. Au-delà de 10 feuillets, le raster généré sera probablement trop lourd pour être utilisé.



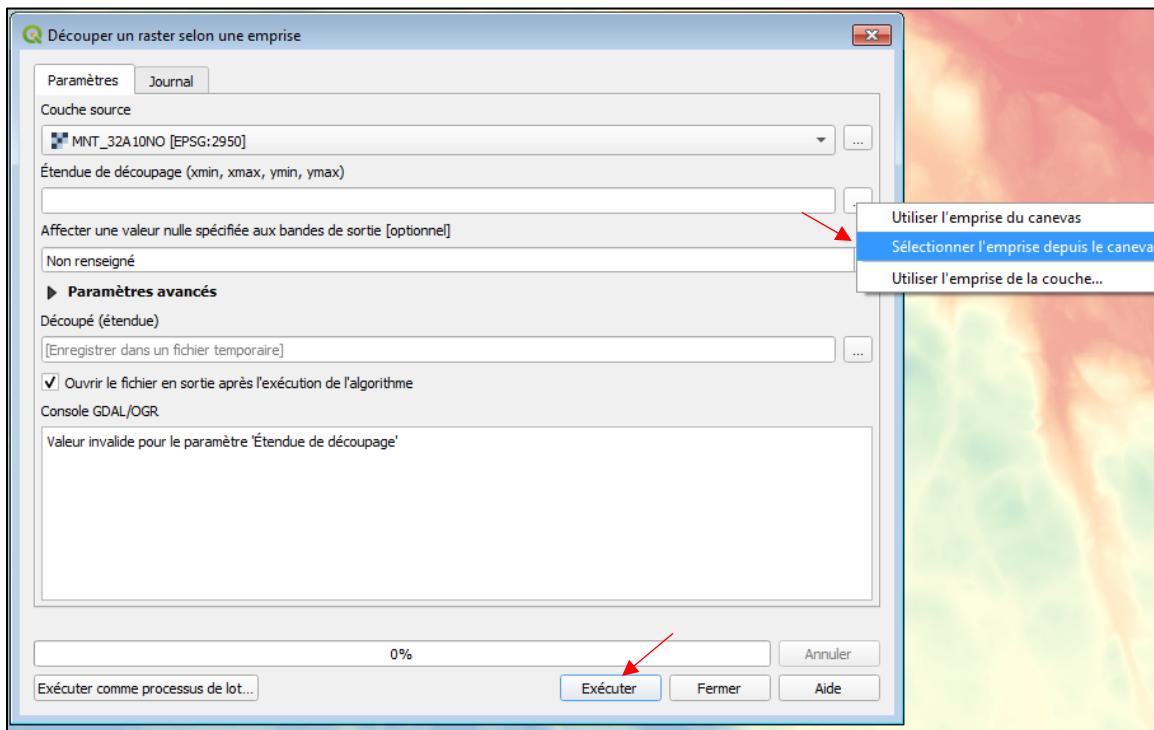
Dans cette fenêtre, vous devez sélectionner les rasters à assembler en tant que « Couche en entrée » et choisir l'emplacement de la sortie dans l'encadré « Fusionné ». Sinon, la couche créée sera temporaire et supprimée à la fermeture du projet. Cliquez sur « Exécuter ».

### 6.2.7 Découper un raster pour un secteur donné

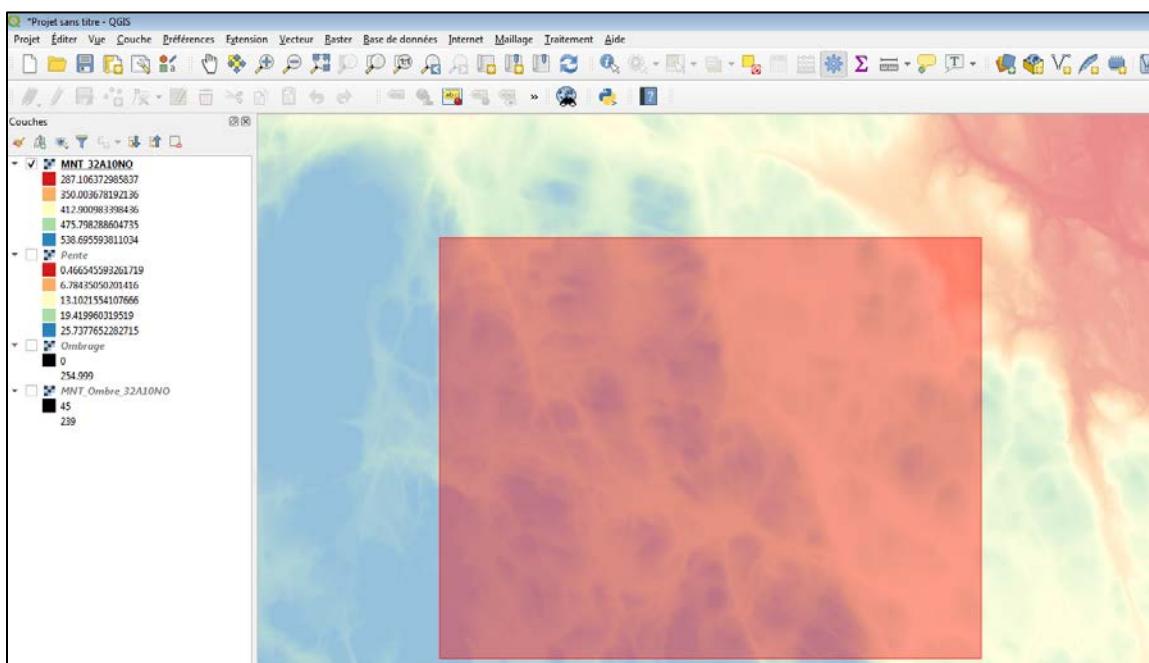
Pour découper un raster, affichez d'abord le raster à découper. Ensuite, vous devez cliquer sur « Raster » dans la barre d'outils principale. Puis, vous devez sélectionner « Découper un raster selon une emprise » dans l'onglet « Extraction ».



La fenêtre suivante s'affichera.



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 ».

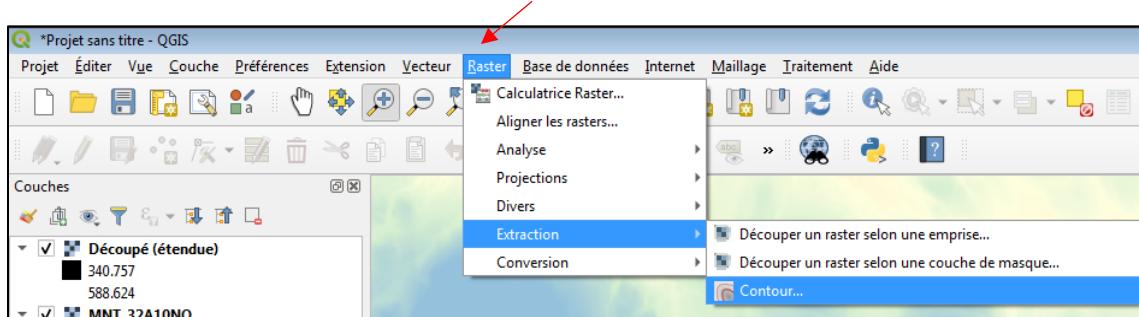


## 6.3 NOTIONS AVANCÉES

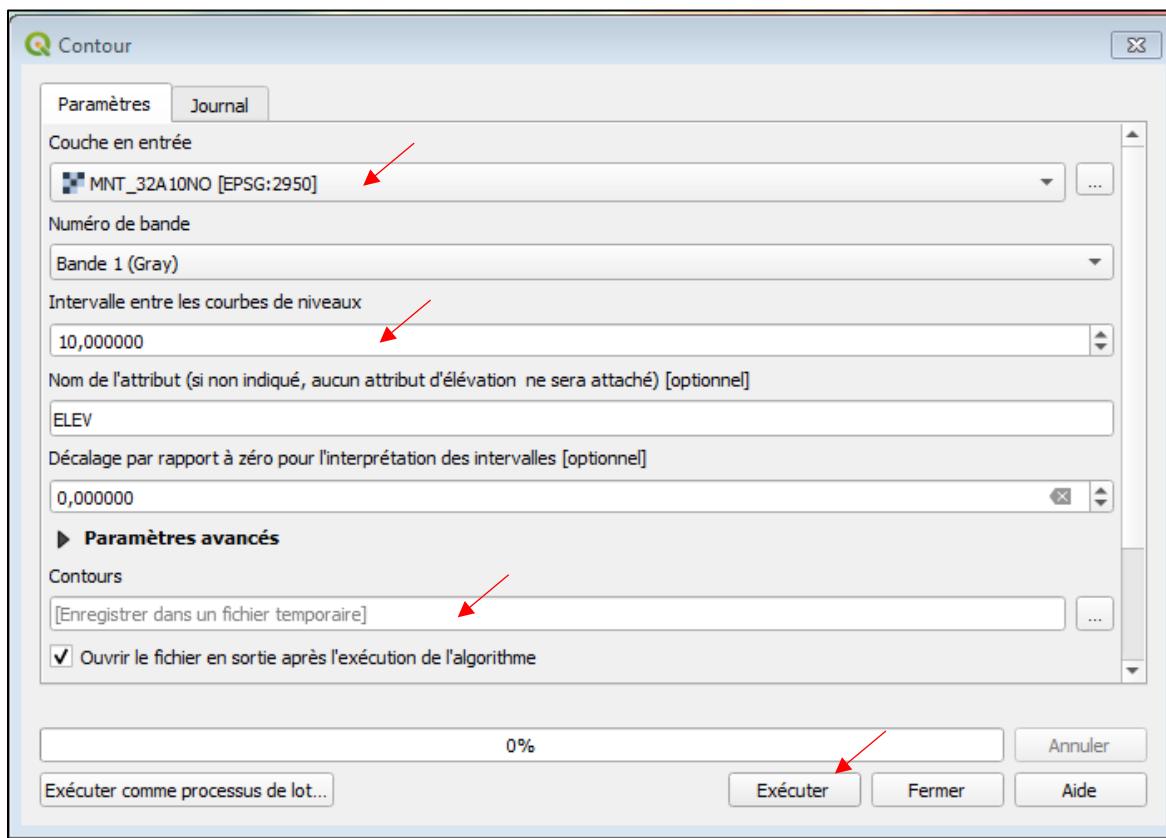
À partir des produits dérivés de base du LiDAR, il est possible de générer d'autres produits pouvant être utiles à l'analyse d'un territoire. Dans les deux logiciels présentés précédemment (ArcGIS et QGIS), il existe des outils permettant d'obtenir les courbes de niveau, de transformer un raster en polygones, 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

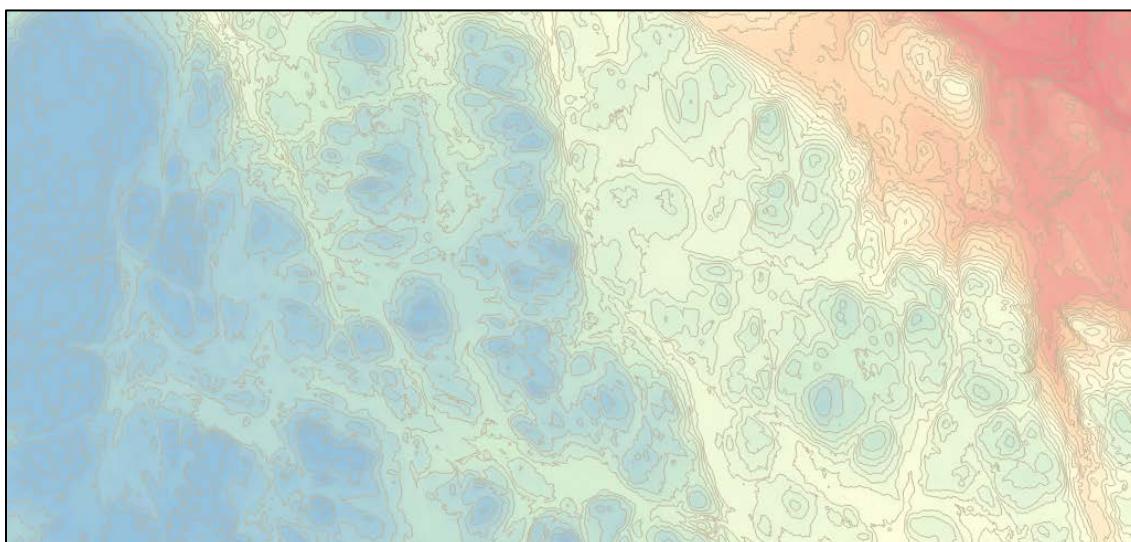
Afin de créer des courbes de niveau, vous aurez besoin du ou des MNT de la région d'où vous voulez les courbes. Il est préférable de découper ou de fusionner les MNT afin d'obtenir uniquement la zone désirée. Cela permettra d'augmenter la vitesse de traitement. Une fois votre zone préparée, cliquez sur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



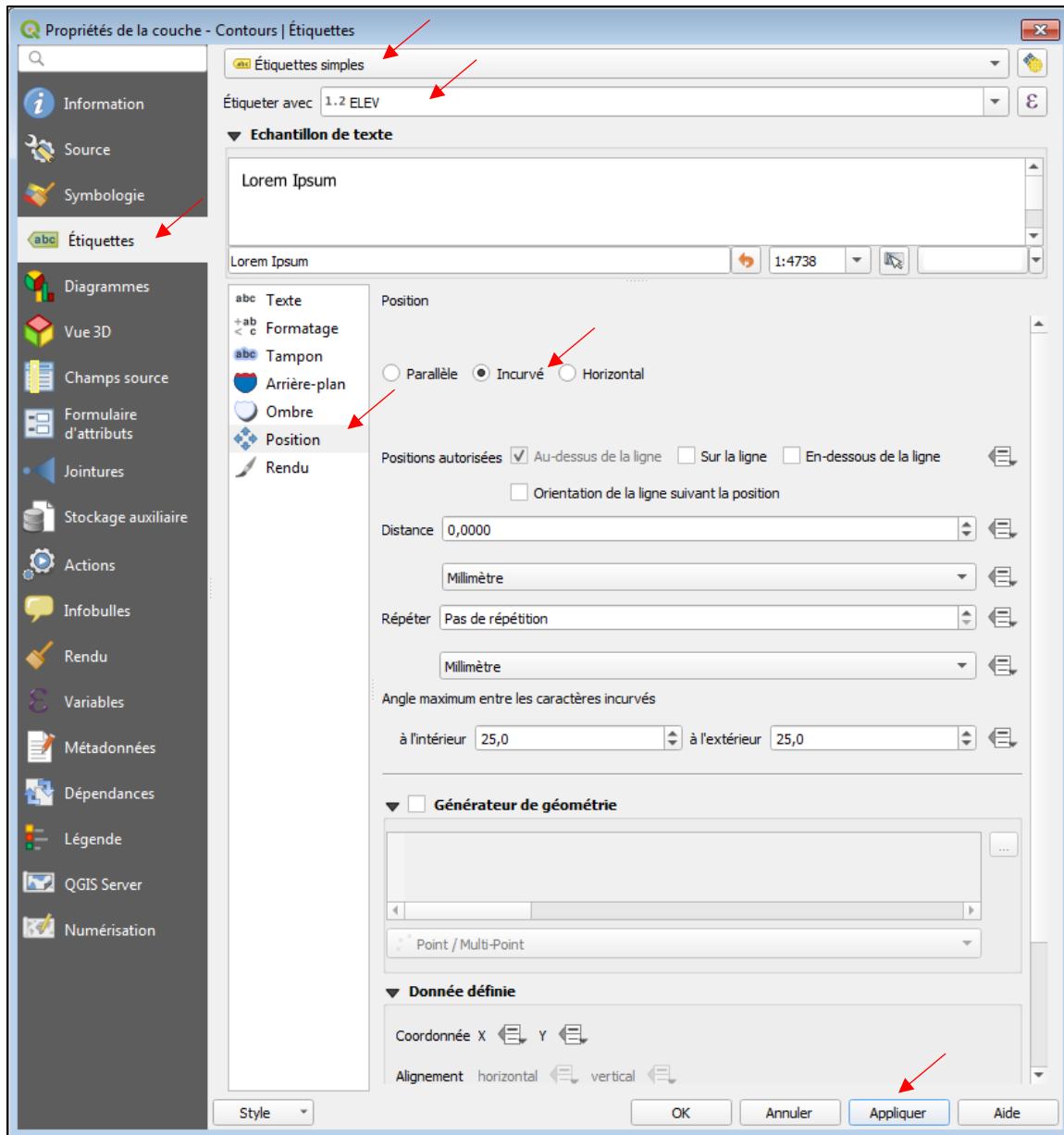
La fenêtre suivante s'affichera.

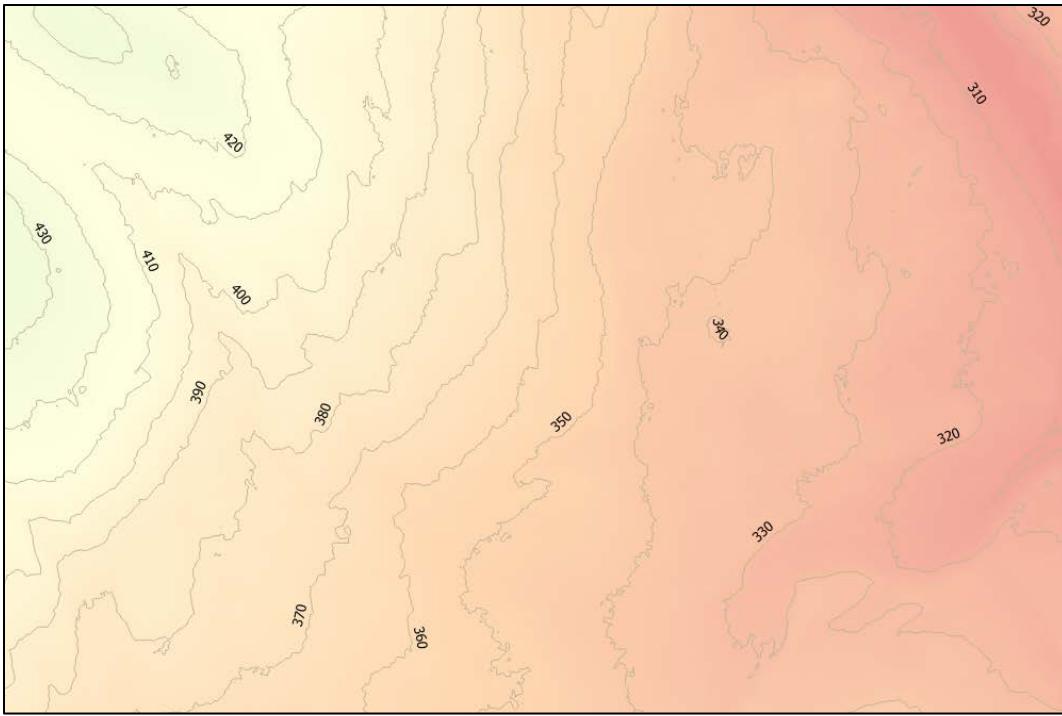


Dans cette fenêtre, vous devez sélectionner le raster de votre choix en tant que couche en entrée et sélectionner un emplacement pour votre fichier de sortie (encadré « Contours »). L'encadré « Intervalle entre les courbes de niveau » permet de choisir l'intervalle désiré entre les lignes de contour.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



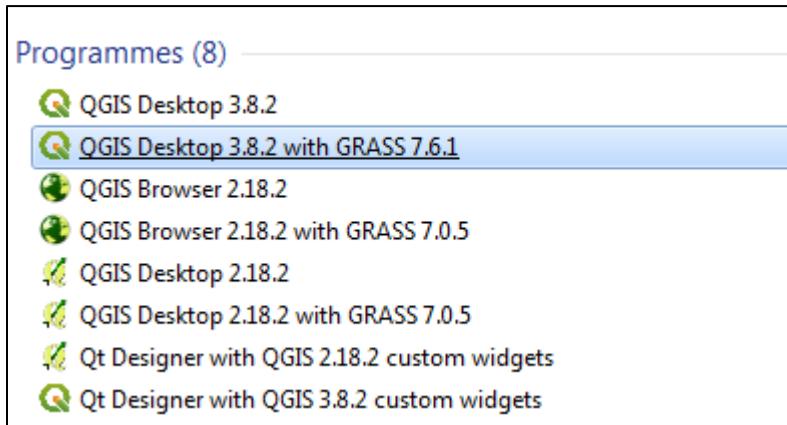
Par la suite, dans la fenêtre « Propriétés de la couche » (cliquez avec le bouton de droite sur le nom de la couche > « Propriétés »), il est possible de modifier les couleurs associées aux courbes de niveau (« Symbologie » dans le menu latéral) et aussi d'afficher l'altitude en faisant apparaître les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





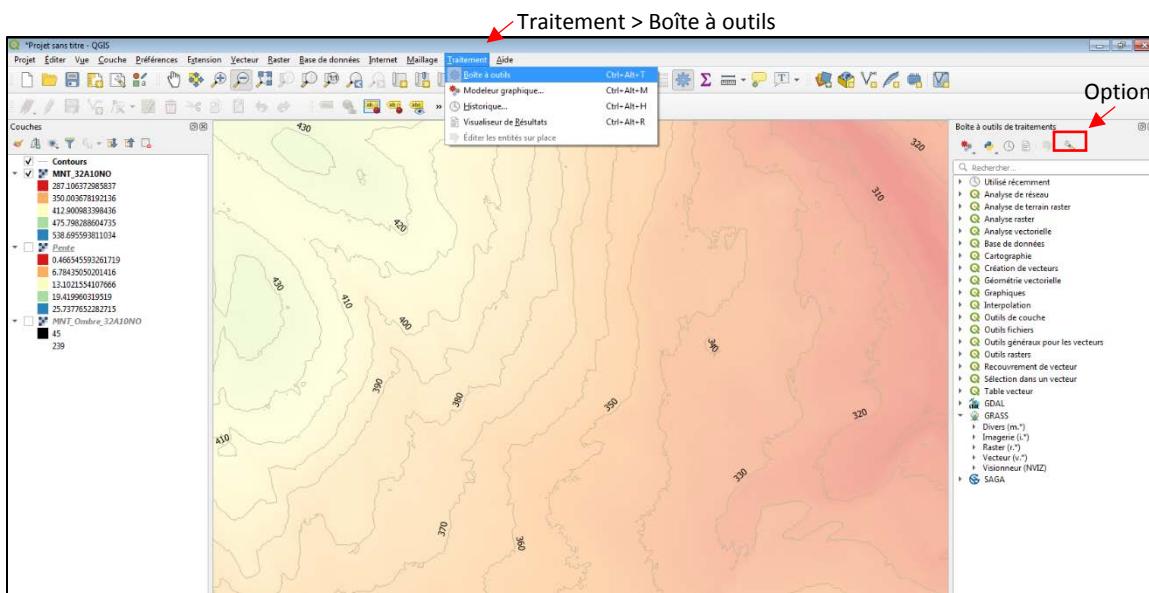
### 6.3.2 Reclassification des rasters

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.

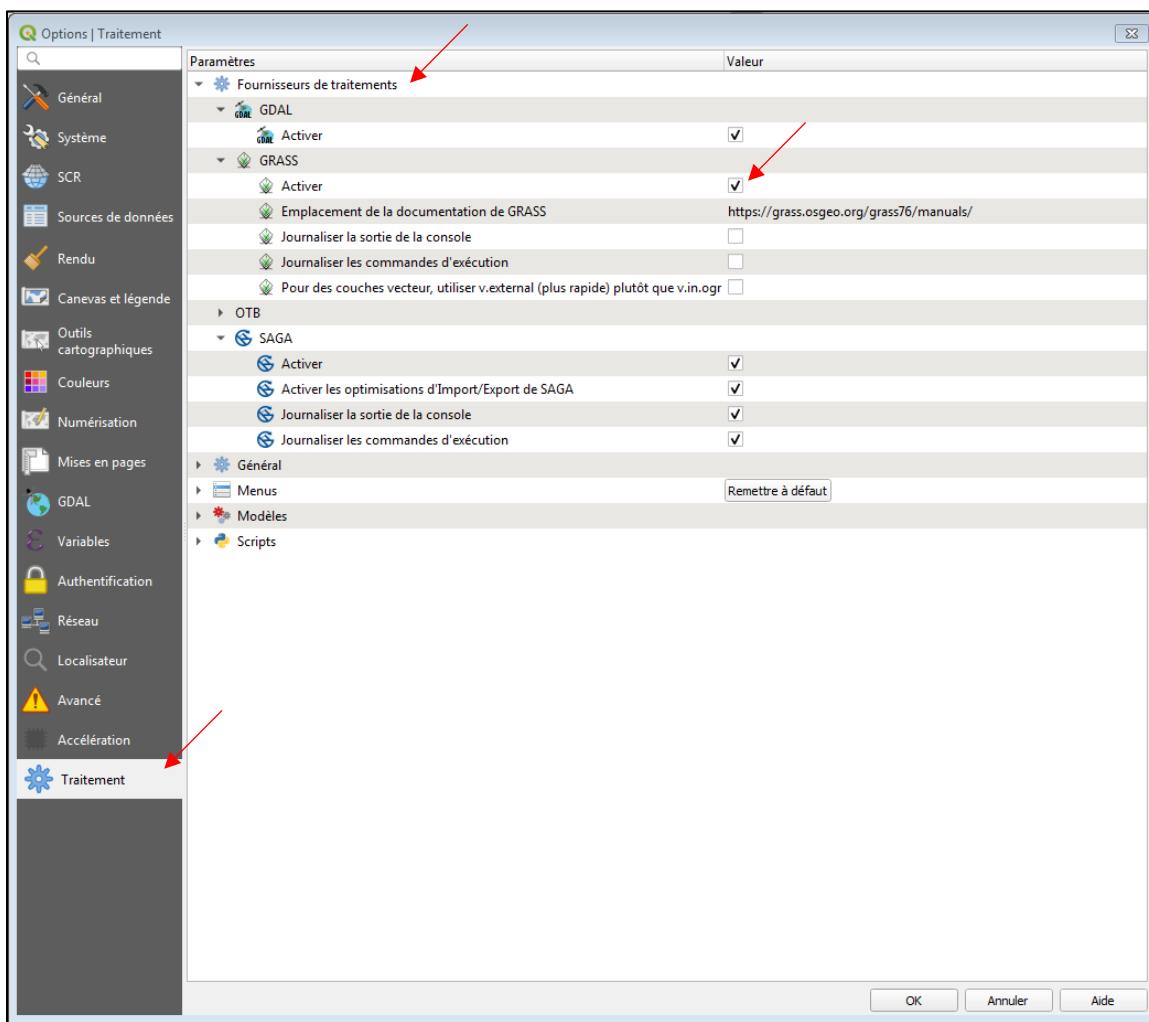


Si vous ne possédez pas l'extension, il est possible de la télécharger sur le site Internet suivant : <https://grass.osgeo.org/download/>.

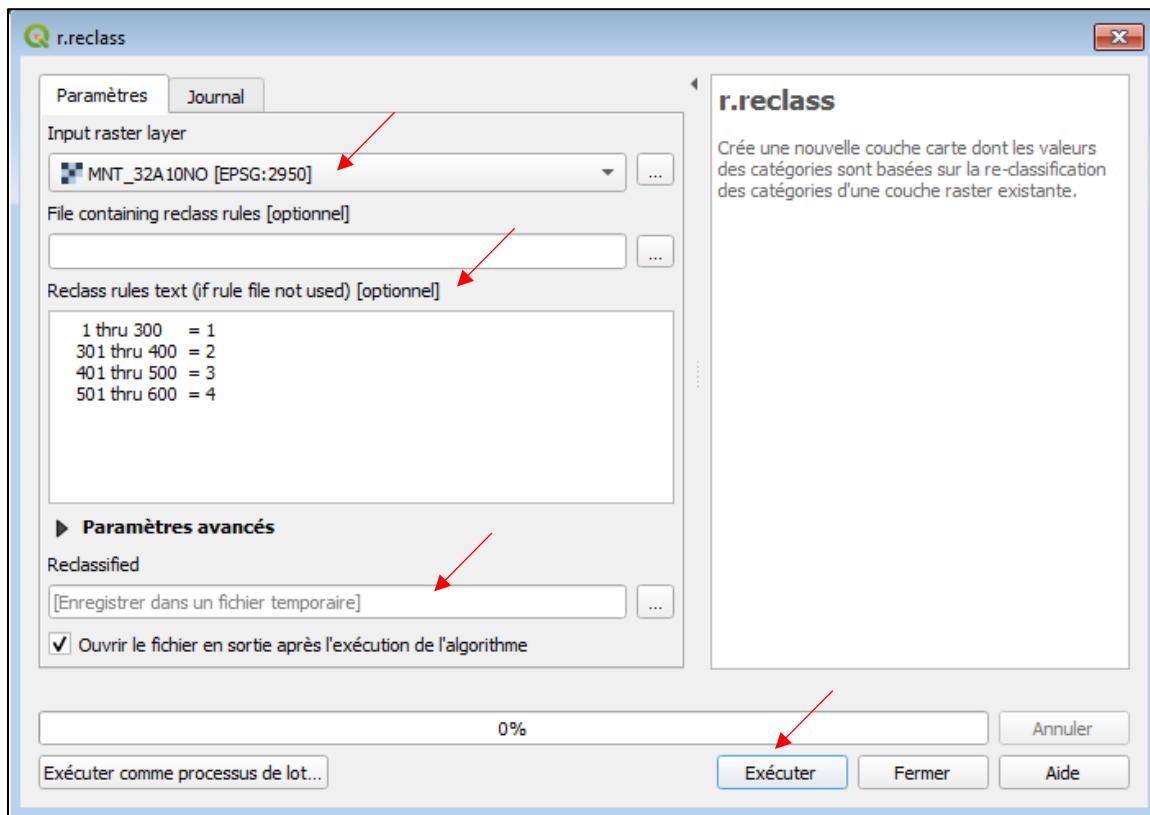
Une fois le téléchargement du logiciel effectué et la bonne version du logiciel ouverte, vous pouvez avoir accès à la boîte à outils de GRASS dans la « Boîte à outils traitements » (barre d'outils principale > « Traitement » > « Boîte à outils »). Si ce n'est pas le cas, cliquez sur « Option » dans la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



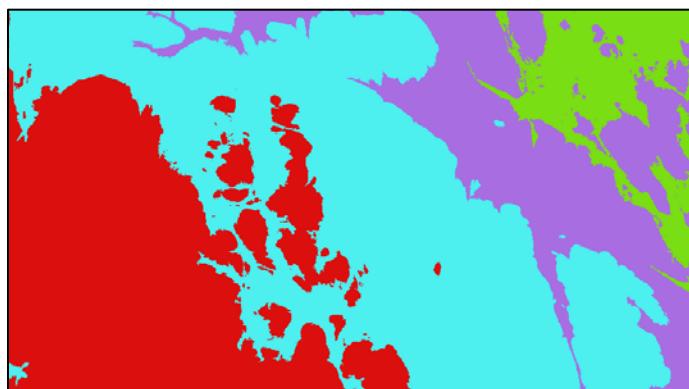
Dans la fenêtre qui s'affichera, sélectionnez l'onglet « Traitements », puis « Fournisseurs de traitements », puis l'onglet « GRASS ». Vous devez vous assurer que la case « Activer » est cochée.



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



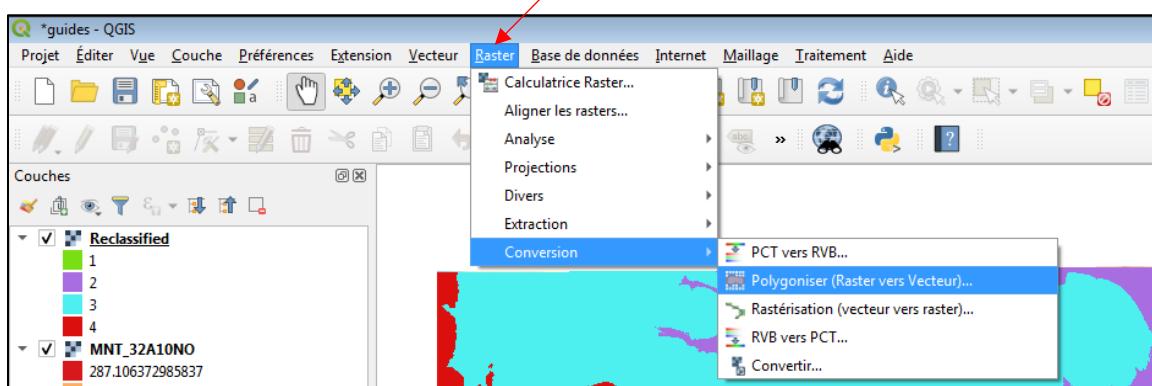
Dans celle-ci, vous devez choisir le raster en entrée et l'indiquer dans le champ « Input raster layer ». Vous devez aussi inclure les règles de classification. Celles-ci peuvent être appliquées soit en important un document contenant les règles de classification dans la section « File containing reclass 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.



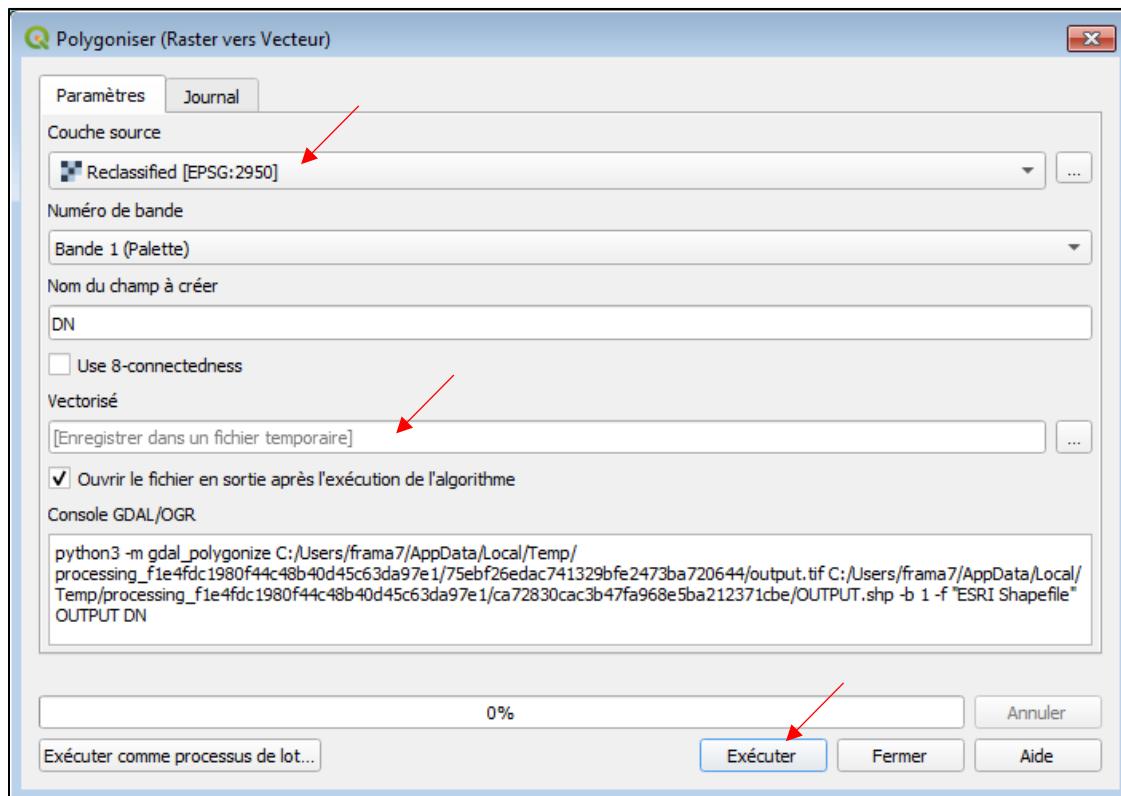
### 6.3.3 Convertir une image matricielle en format vectoriel (polygones)

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 ».



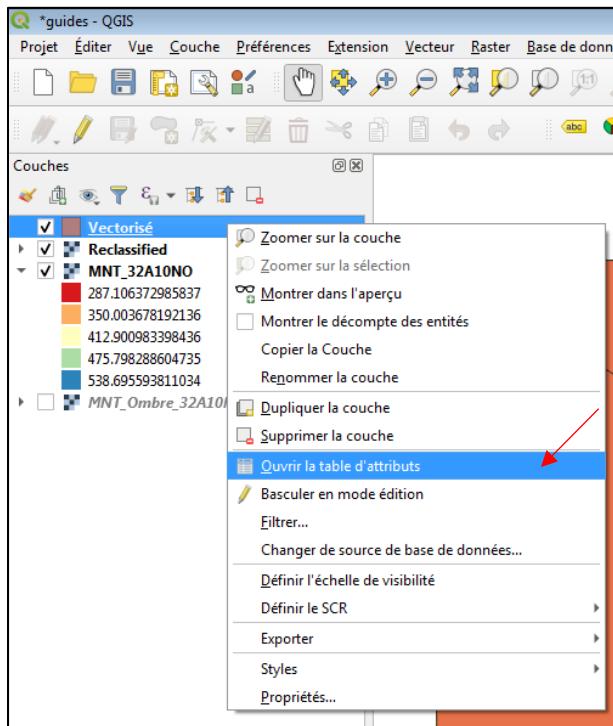
La fenêtre suivante s'affichera.

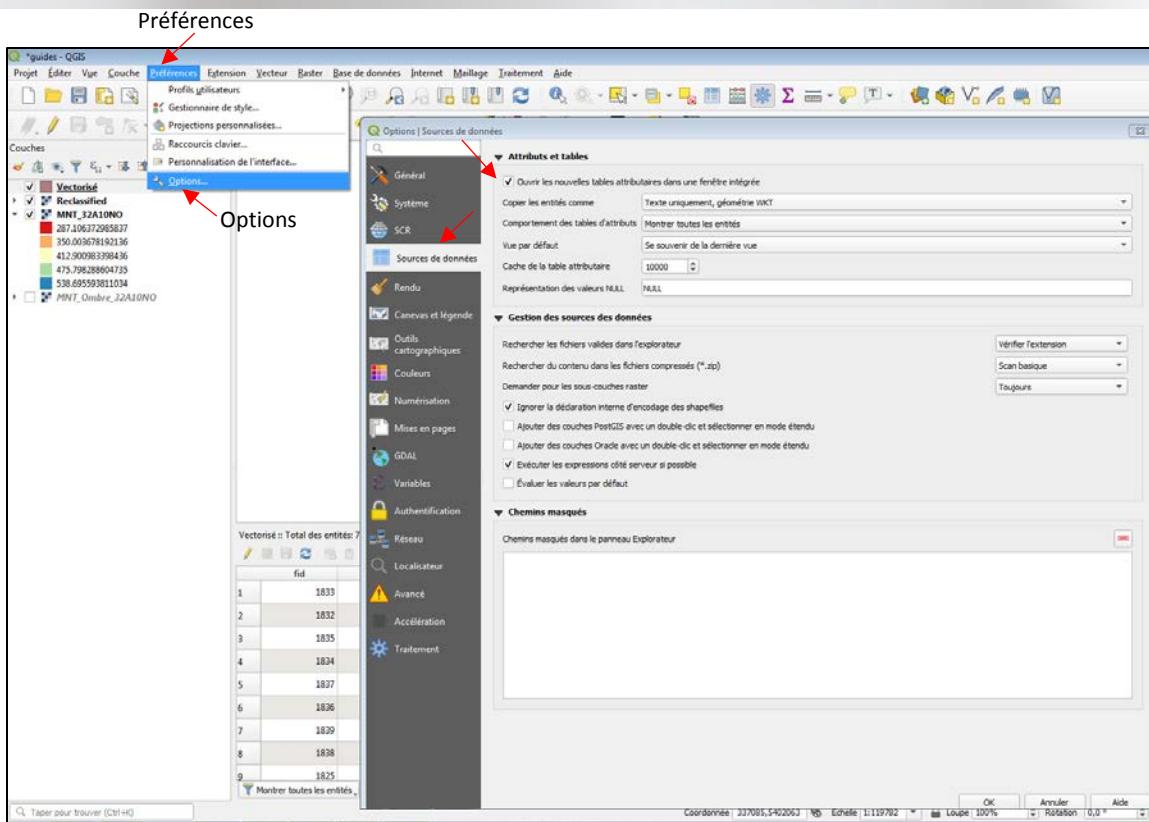


La couche source est le raster à polygoniser et l'encadré « Vectorisé » permet de sauvegarder de manière permanente la couche en choisissant un emplacement pour le fichier de polygones en sortie. Cliquer sur « Exécuter ». Vous obtiendrez un fichier analogue à l'image ci-dessous.



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 ».

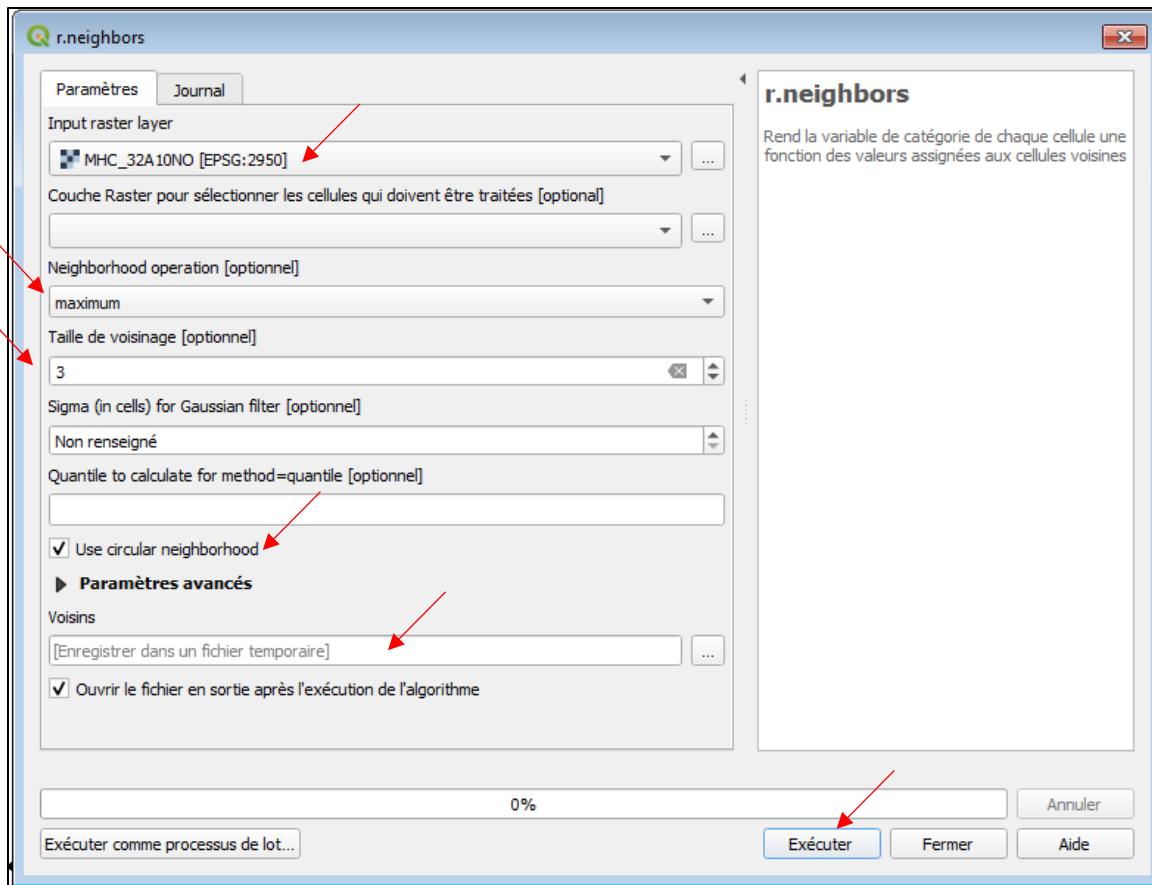




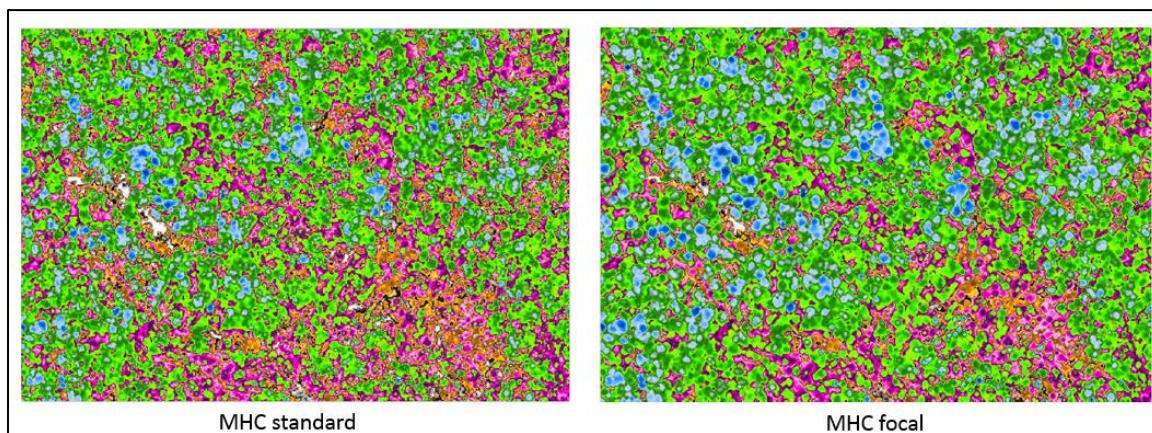
### 6.3.4 Générer un MHC focal

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 [section 6.3.2](#) au besoin pour l'installation de l'extension GRASS), cliquez sur « Raster (r.\*) » et sur « r.neighbors ». La fenêtre suivante s'affichera.



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 ».

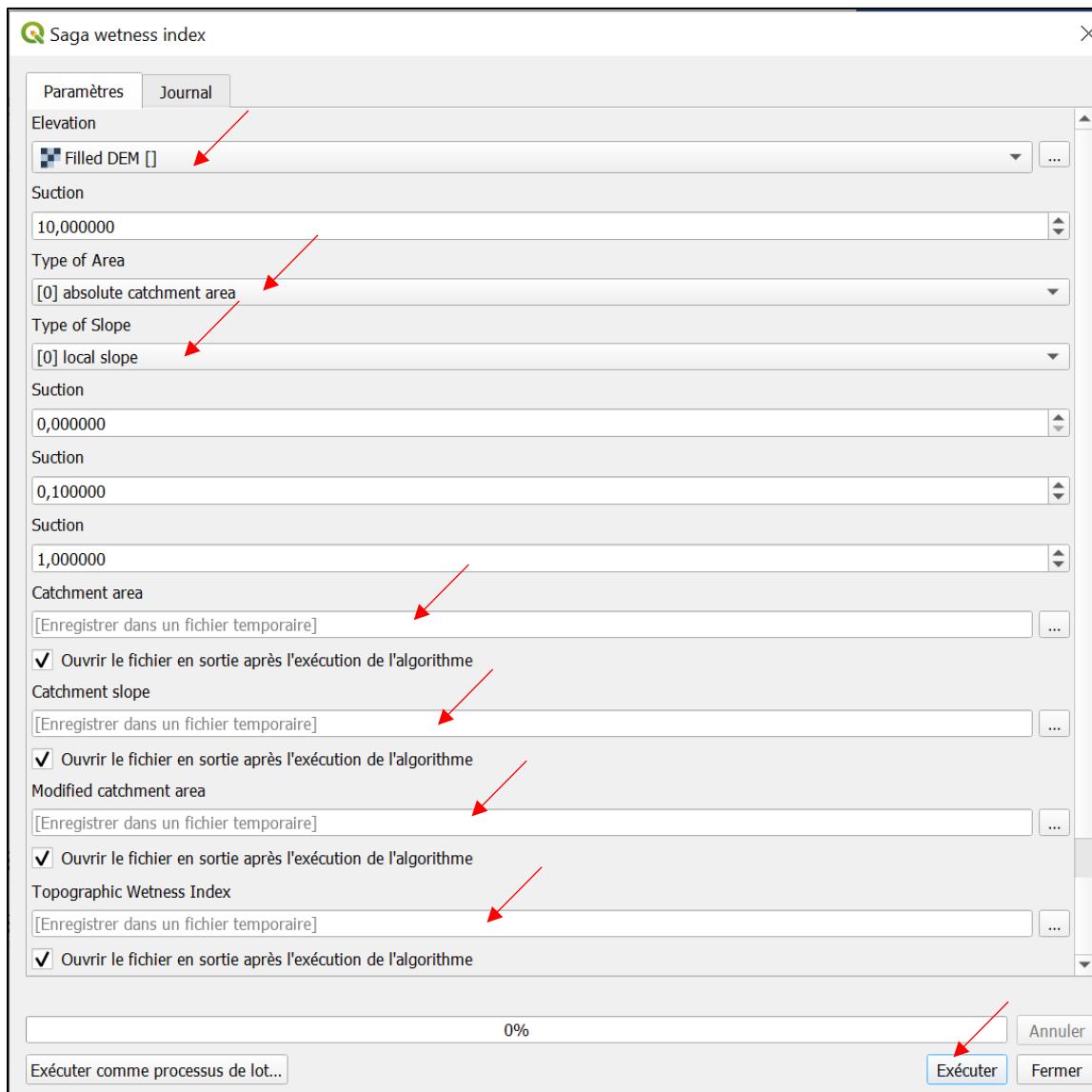
Vous devez donc télécharger le dossier associé à SAGA à l'adresse Internet suivante : <https://sourceforge.net/projects/saga-gis/>.



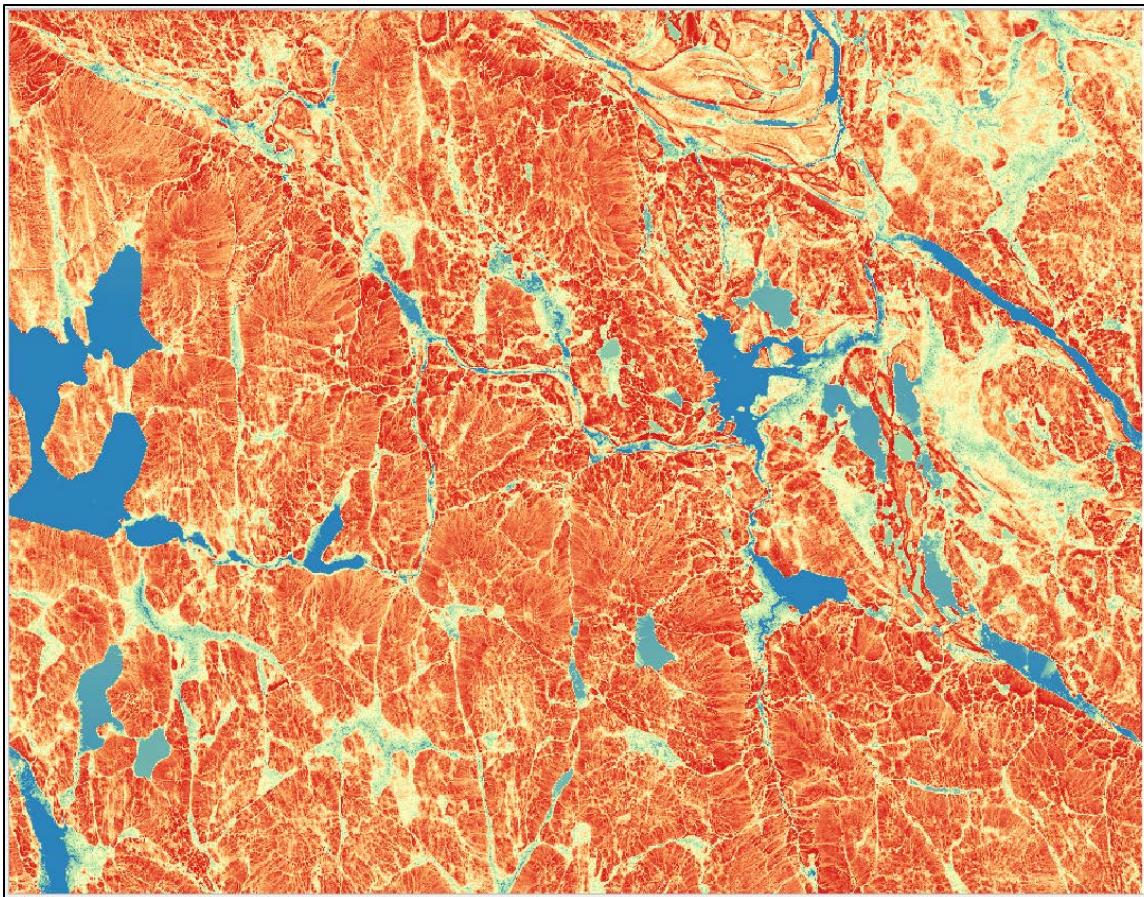
La boîte à outils SAGA sera accessible dans la « Boîte à outils de traitements » (barre d'outils principale > « Traitement » > « Boîte à outils »). Si ce n'est pas le cas, cliquez sur « Option » dans la barre des tâches.

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 [section 5.2.5](#).

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.



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](mailto: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\\_R-Finale.pdf](https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/inventaire/Analyse_retombees_LIDA_R-Finale.pdf)].
- 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.

**Forêts, Faune  
et Parcs**

