
QGIS 10



Géotraitements en mode raster avec QGIS

Octobre 2024





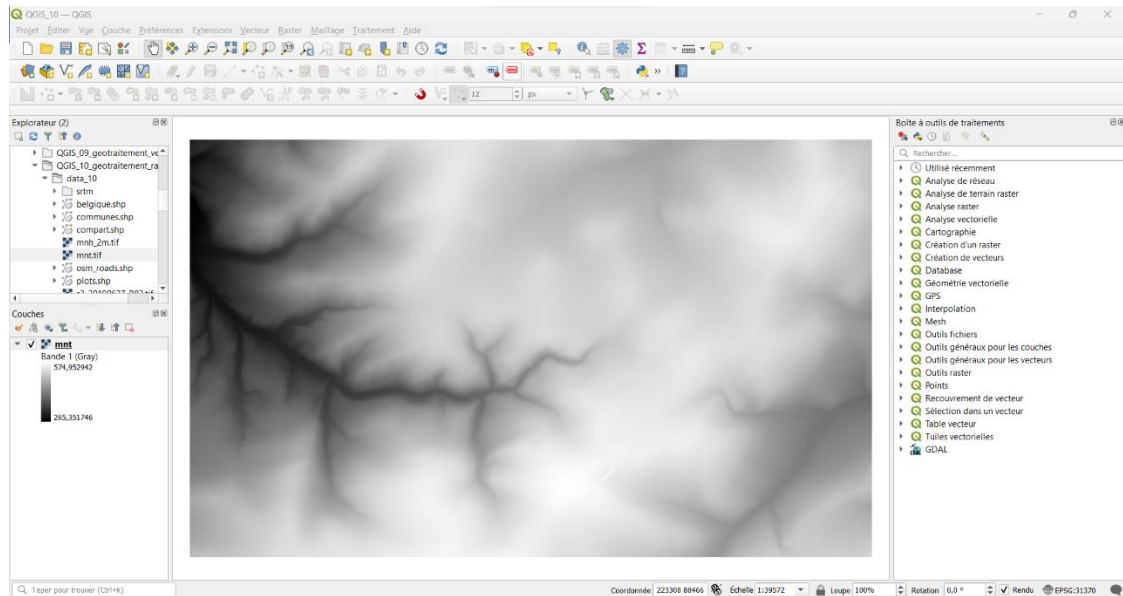
TABLE DES MATIERES

| | | |
|-----------|---|----------|
| 1. | PRINCIPAUX GEOTRAITEMENTS EN MODE RASTER..... | 1 |
| 1.1 | PROPRIETES D'UNE COUCHE RASTER | 1 |
| 1.2 | CALCULATRICE RASTER | 3 |
| 1.3 | STATISTIQUES DE ZONE | 5 |
| 1.4 | CALCUL DE PENTE ET D'EXPOSITION | 6 |
| 1.5 | CREATION DE CLASSES (RECLASSIFICATION) | 9 |
| 1.6 | STATISTIQUES DE CLASSES..... | 10 |
| 1.7 | SIMPLIFICATION D'UNE COUCHE RASTER (« TAMISAGE ») | 11 |
| 1.8 | VECTORISATION D'UNE COUCHE RASTER (« POLYGONISER »)..... | 13 |
| 1.9 | RASTERISATION D'UNE COUCHE VECTORIELLE (VECTEUR VERS RASTER) | 14 |
| 1.10 | CALCUL DE DISTANCE EUCLIDIENNE (PROXIMITE)..... | 16 |
| 1.11 | EXTRAIRE DES INFORMATIONS PONCTUELLES (POINT SAMPLING TOOL) | 18 |
| 1.12 | SRTM : UN MNS PLANETAIRE..... | 20 |
| 1.13 | JUSTAPOSER PLUSIEURS COUCHES RASTERS | 21 |
| 1.14 | REPROJETER UNE COUCHE RASTER (WARP)..... | 24 |
| 1.15 | REECHANTILLONNER UN RASTER | 26 |
| 1.16 | DECOUPER UN RASTER AUX LIMITES EXACTES D'UN AUTRE RASTER | 27 |
| 1.17 | COMPARER DEUX COUCHES RASTER | 29 |
| 1.18 | DECOUPER UN RASTER AUX LIMITES D'UNE COUCHE DE MASQUE | 30 |
| 1.19 | GESTION DES « NODATA » | 31 |
| 1.20 | EMPILER DIFFERENTS RASTERS POUR PRODUIRE UN RASTER MULTI-BANDES | 34 |
| 1.21 | EXERCICES SUPPLEMENTAIRES | 36 |

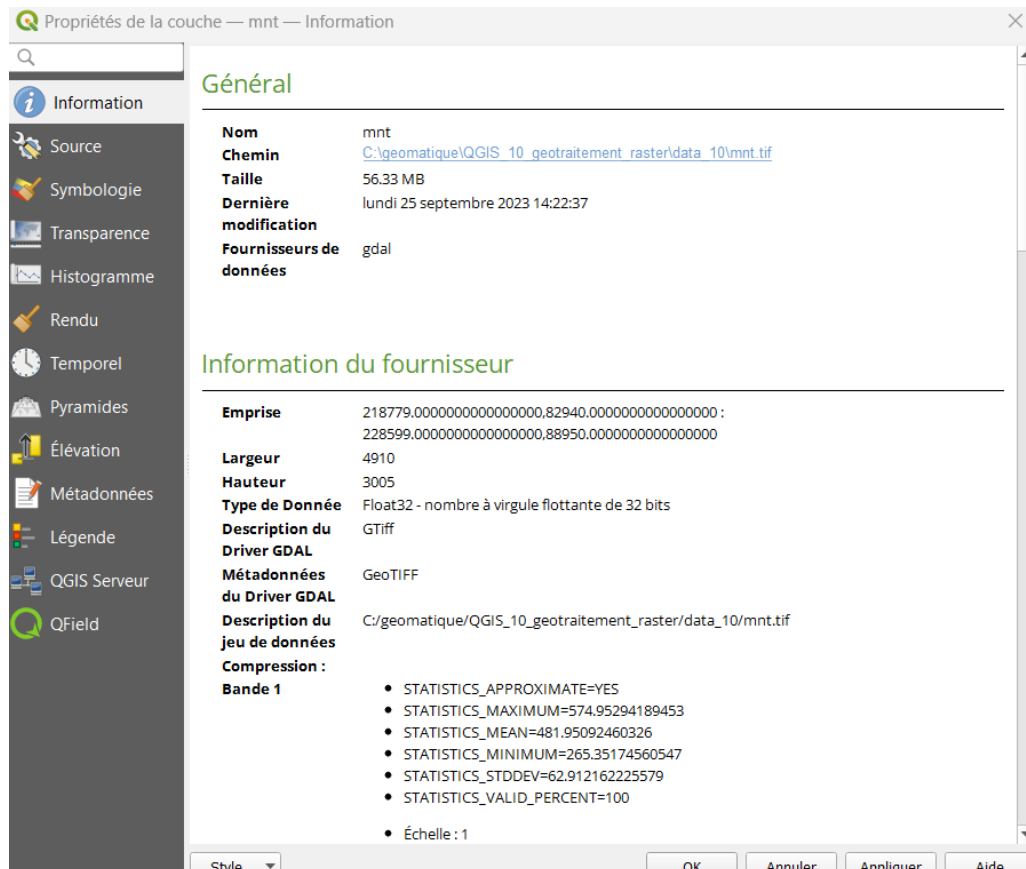
1. Principaux géotraitements en mode raster

1.1 Propriétés d'une couche raster

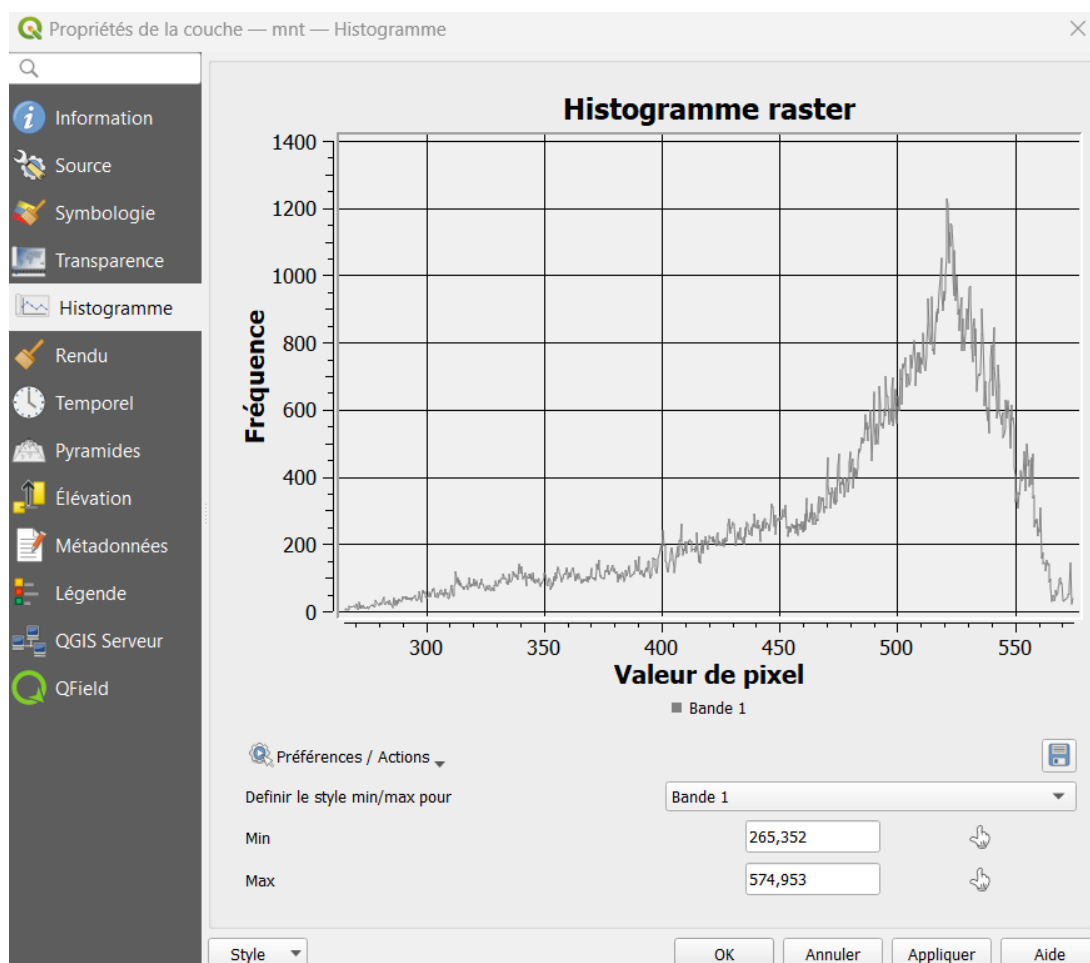
- Afficher la couche **mnt.tif** dans un projet QGIS. Elle correspond à un modèle numérique de terrain qui décrit les variations spatiales d'altitude (exprimée en m).



- Afficher les propriétés de la couche raster, de la même manière que pour une couche vecteur.



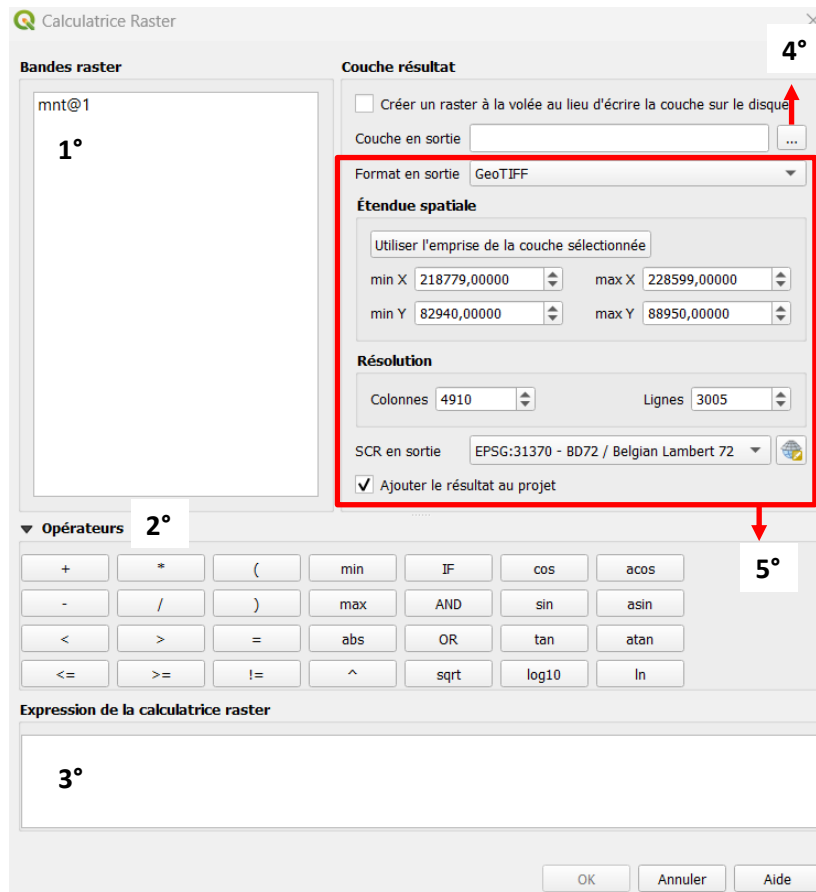
- Essayer de retrouver les informations suivantes dans l'onglet « Information » :
 - Taille des pixels : 2 mètres
 - Emprise du raster : $x_{\min} = 218779$, $x_{\max} = 228599$, $y_{\min} = 82940$, $y_{\max} = 88950$
 - Nombre de lignes et de colonnes : 4910, 3005
 - Nombre de bande : 1
 - Codage de pixels : Float32 - nombre à virgule flottante de 32 bits
 - SCR : EPSG : 31370 - BD72 / Belgian Lambert 72
 - Altitude moyenne : 481,95 mètres
- Afficher l'onglet « Histogramme » et cliquer sur le bouton « Calculer l'histogramme ».





1.2 Calculatrice raster

- La calculatrice raster est l'outil de prédilection pour réaliser des opérations arithmétiques ou de requêtes sur une ou plusieurs couche(s) raster.
- Pour ouvrir la calculatrice raster, utiliser la commande **[Raster] → [Calculatrice Raster]**.



1° Liste des couches raster contenues dans le projet QGIS.

2° Liste des opérateurs de calcul.

3° Fenêtre dans laquelle est construite l'expression de calcul.

4° Définition du fichier de sortie (nom, emplacement).

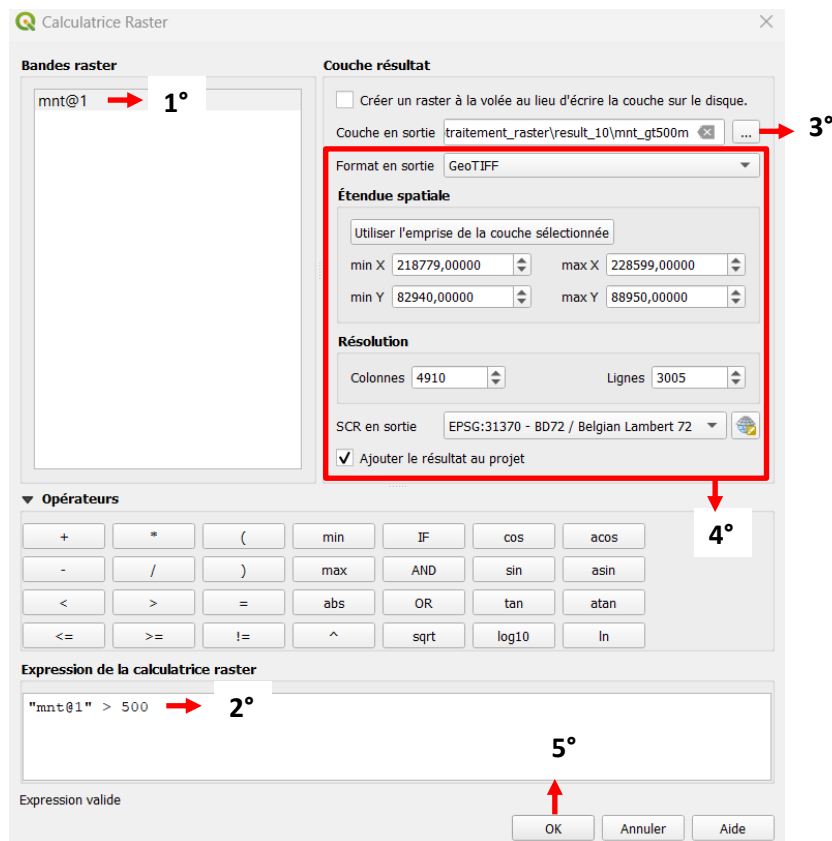
5° Propriétés du raster de sortie (format, emprise, SCR) : on conserve généralement les valeurs par défaut.

- **Remarque :** la configuration de l'interface de la calculatrice raster accessible depuis la boîte à outils de traitements est légèrement différente de celle qui est présentée ci-dessus, mais le principe de fonctionnement est le même.



Créer une nouvelle couche raster pour identifier les endroits où l'altitude est supérieure à 500 m. Nommer celle-ci **mnt_gt500m.tif**.

- Afficher la calculatrice raster et procéder comme expliqué dans la figure suivante pour écrire l'expression de calcul.



1° Double-cliquer sur la couche **mnt@1** dans la liste des bandes raster. Le suffixe **@1** correspond à la bande 1 du fichier **mnt.tif**. Ce double-clic a pour effet d'insérer la couche dans l'expression de calcul.

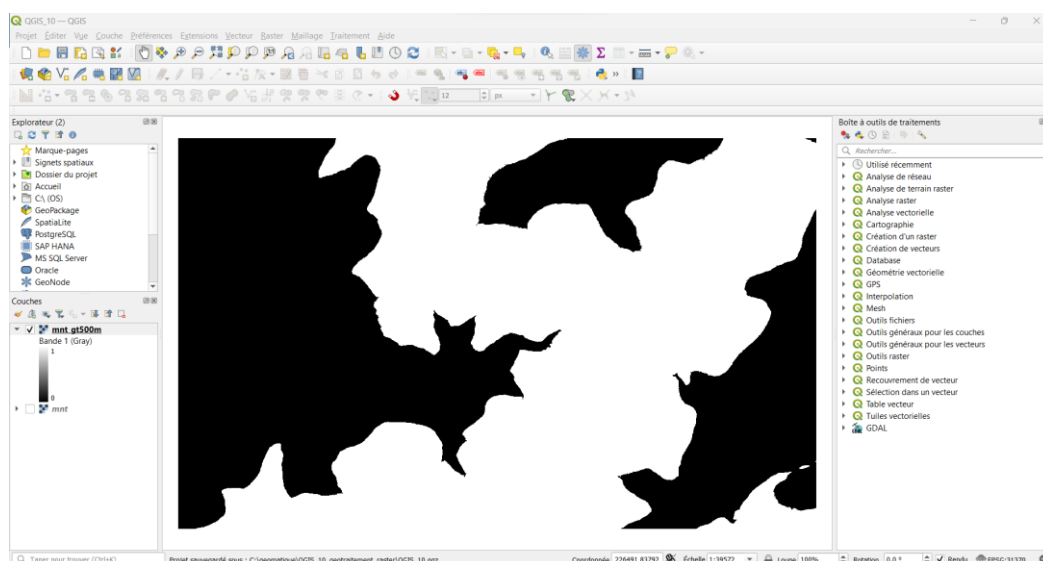
2° Compléter l'expression de calcul en ajoutant directement au clavier la condition « > 500 ».

3° Définir le nom et l'emplacement du fichier de sortie.

4° Conserver les valeurs par défaut pour les caractéristiques du fichier de sortie.

5° Exécuter le calcul en cliquant sur « OK ».

- L'expression « **mnt@1 > 500** » conduit à un résultat binaire qui prend la valeur « 1 » quand la condition est remplie et « 0 » quand elle ne l'est pas.





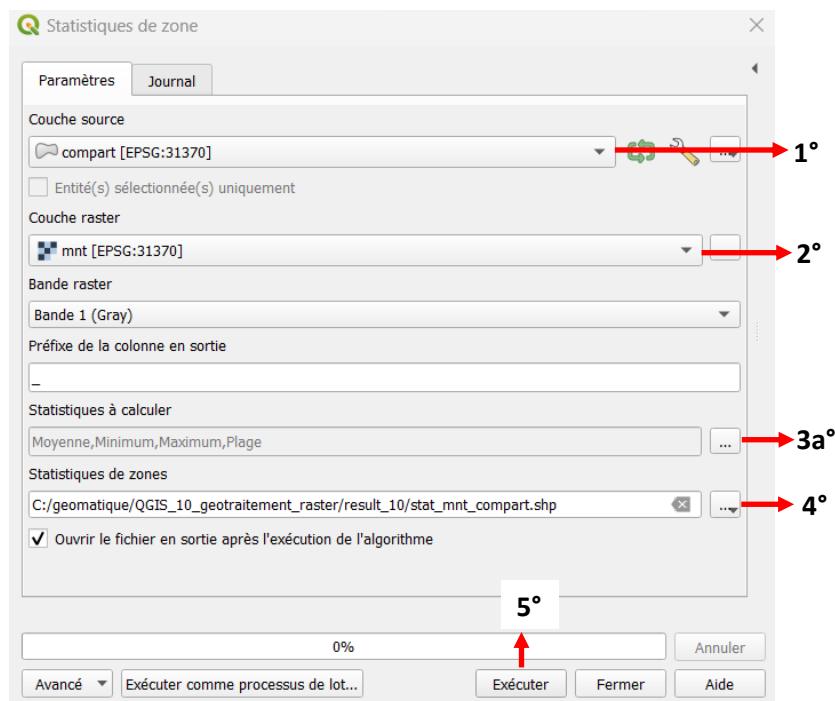
1.3 Statistiques de zone

- L'outil « Statistiques de zone » (ou statistiques zonales) est utilisé pour calculer des statistiques (somme, moyenne, minimum, maximum...) sur une couche raster, et ce pour chacun des polygones (zones) contenus au sein d'une couche vectorielle.

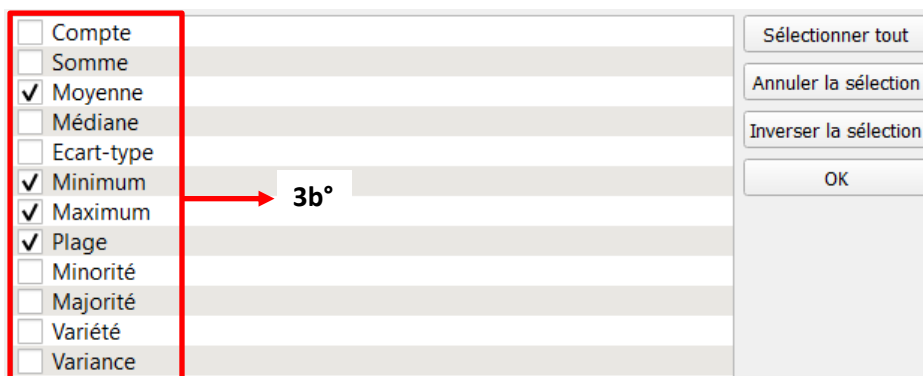


Calculer, pour les différents compartiments de la forêt de Saint-Michel décrits dans la couche **compart.shp**, les statistiques suivantes relatives à l'altitude : valeurs moyenne, minimale, maximale, ainsi que l'amplitude.

- Afficher les couches **compart.shp** et **mnt.tif**.
- Ouvrir l'interface de l'outil « Statistiques de zone » et définir les paramètres comme dans la figure suivante, puis exécuter la commande.



- 1° Sélectionner la couche vectorielle définissant les zones (**compart.shp**).
- 2° Sélectionner la couche raster à traiter (**mnt.tif**).
- 3° Sélectionner les opérateurs statistiques à mettre en œuvre : « Moyenne », « Minimum », « Maximum » et « Plage ».
- 4° Définir le nom et l'emplacement du fichier de sortie. Nommer celui-ci **stat_mnt_compart.shp**.
- 5° Exécuter l'algorithme avec le bouton « Exécuter ».



- Visualiser le résultat en affichant la table d'attributs de la couche **stat_mnt_compart.shp**.



stat_mnt_compart — Total des entités: 100, Filtrées: 100, Sélectionnées: 0

| | NUM_PROP | NUM_COMP | _mean | _min | _max | _range |
|----|----------|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 1237 | 32 | 395,416460309... | 360,793060302... | 463,008697509... | 102,215637207... |
| 2 | 1237 | 23 | 422,002312786... | 384,351226806... | 458,903808593... | 74,5525817871... |
| 3 | 1237 | 99 | 509,493474079... | 456,478515625... | 534,612731933... | 78,1342163085... |
| 4 | 1237 | 74 | 504,082713047... | 495,398071289... | 517,224670410... | 21,8265991210... |
| 5 | 1237 | 49 | 473,826764424... | 444,597503662... | 505,512603759... | 60,9151000976... |
| 6 | 1237 | 24 | 452,129034584... | 403,444122314... | 479,062774658... | 75,6186523437... |
| 7 | 1237 | 15 | 374,302979483... | 335,267730712... | 411,409484863... | 76,1417541503... |
| 8 | 1237 | 91 | 531,340645208... | 513,959472656... | 548,125549316... | 34,1660766601... |
| 9 | 1237 | 66 | 521,303741390... | 511,632141113... | 531,570617675... | 19,9384765625... |
| 10 | 1237 | 41 | 352,291721520... | 321,895324707... | 384,936401367... | 63,0410766601... |

Montrer toutes les entités

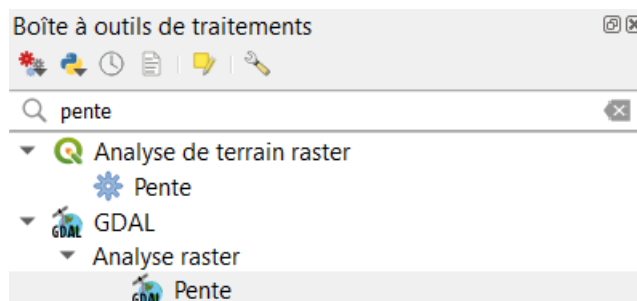
1.4 Calcul de pente et d'exposition

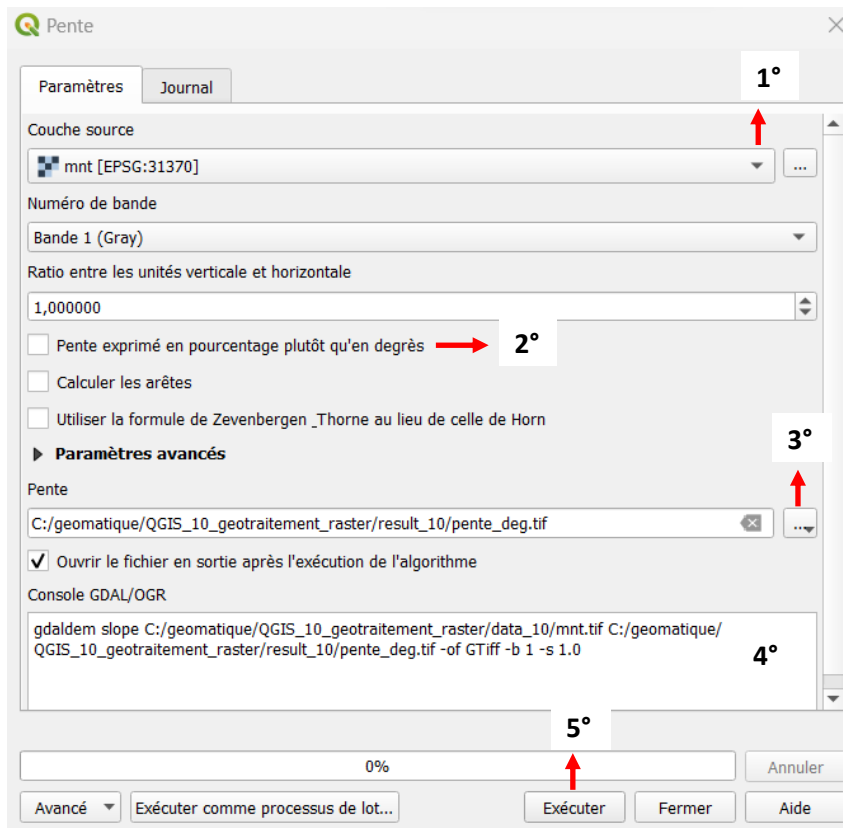
- La pente et l'exposition sont deux variables très souvent utilisées pour décrire un écosystème. Elles sont directement dérivées du MNT, en utilisant les outils « pente » (« *slope* ») et « exposition » (« *aspect* »).



Calculer la pente et l'exposition pour la zone couverte par la couche **mnt.tif**. Dans le cas de la pente, considérer les unités par défaut (degrés).

- Ouvrir l'interface de l'outil « Pente » et définir les paramètres comme dans la figure suivante, puis exécuter la commande.
- **Remarque** : la boîte à outils propose deux outils « Pente ». Préférer celui de la librairie GDAL qui est plus complet sur le plan des options offertes.





1° Sélectionner la couche raster correspondant au MNT.

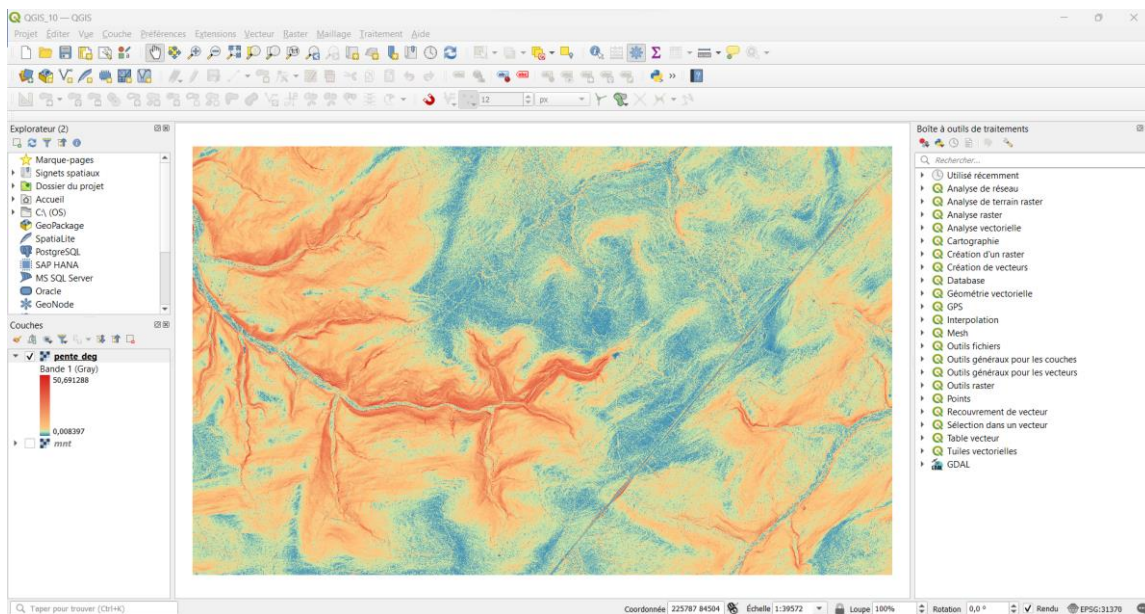
2° Option permettant de choisir l'unité dans laquelle est calculée la pente. Ne pas cocher la case pour une pente en degrés.

3° Définir le nom et l'emplacement du fichier de sortie. Nommer celui-ci **pente_deg.tif**.

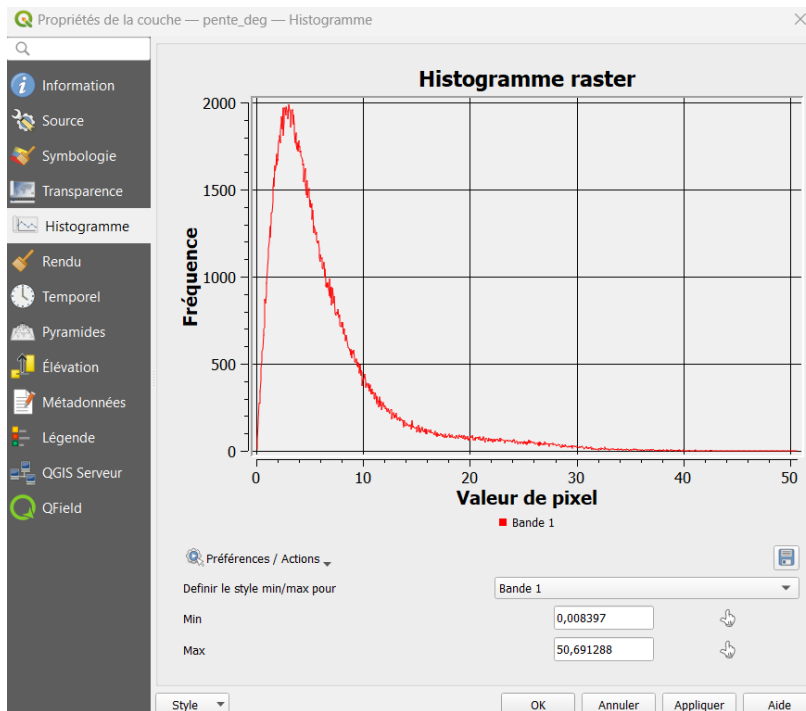
4° Expression « GDAL » générée par l'outil « *slope* » pour construire la couche de pente.

5° Exécuter la commande avec le bouton « **Exécuter** ».

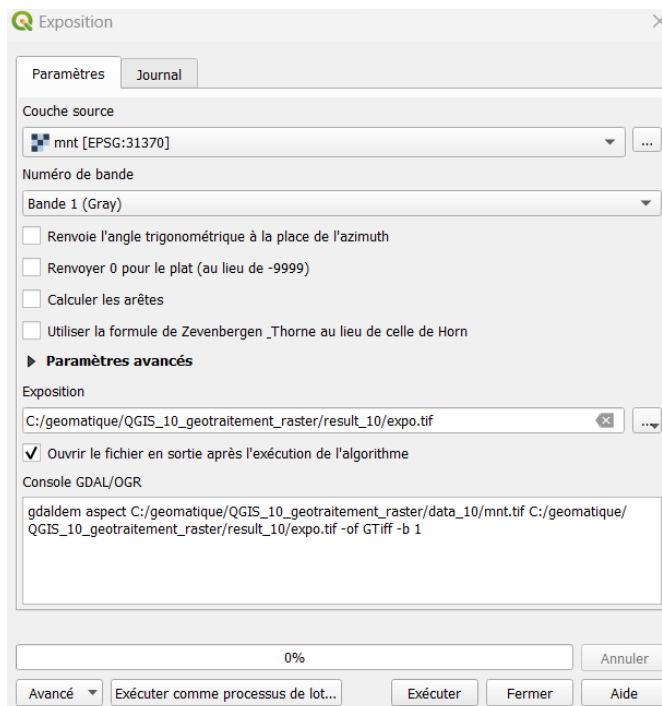
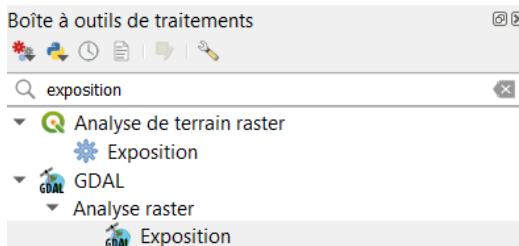
- Visualiser le résultat.



- Remarque : la couche **pente_deg.tif** de la figure ci-dessus est coloriée avec le fichier de style **slope.qml**.
- Afficher également l'histogramme des valeurs de pente.

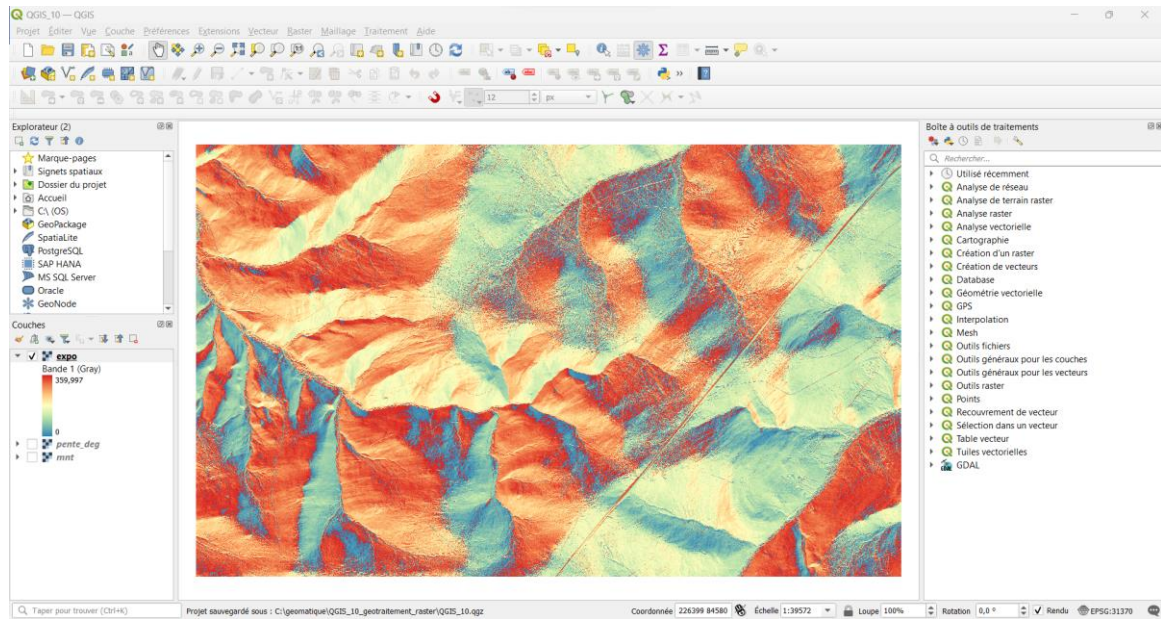


- La figure suivante correspond à l'interface de la commande « Exposition » (bibliothèque GDAL) appliquée à la couche **mnt.tif**. Nommer le fichier de sortie **expo.tif**.





- Visualiser ensuite le résultat. La couche **expo.tif** de la figure ci-dessus est coloriée avec le fichier de style **aspect.qml**.



1.5 Création de classes (reclassification)

- Très souvent, on souhaite transformer des couches raster correspondants à des variables continues (par exemple la pente) en variables discrètes correspondant à des classes plus simples à exploiter dans certaines analyses.



Créer une couche décrivant le relief selon trois classes de pente : classe 1 : $< 15^\circ$, classe 2 : $15^\circ \leq < 30^\circ$, classe 3 : $\geq 30^\circ$.

- Ouvrir la calculatrice raster et construire l'expression présentée dans la figure suivante.

Expression de la calculatrice raster

```
("pente_deg@1" >= 30) + ("pente_deg@1" >= 15) + 1
```

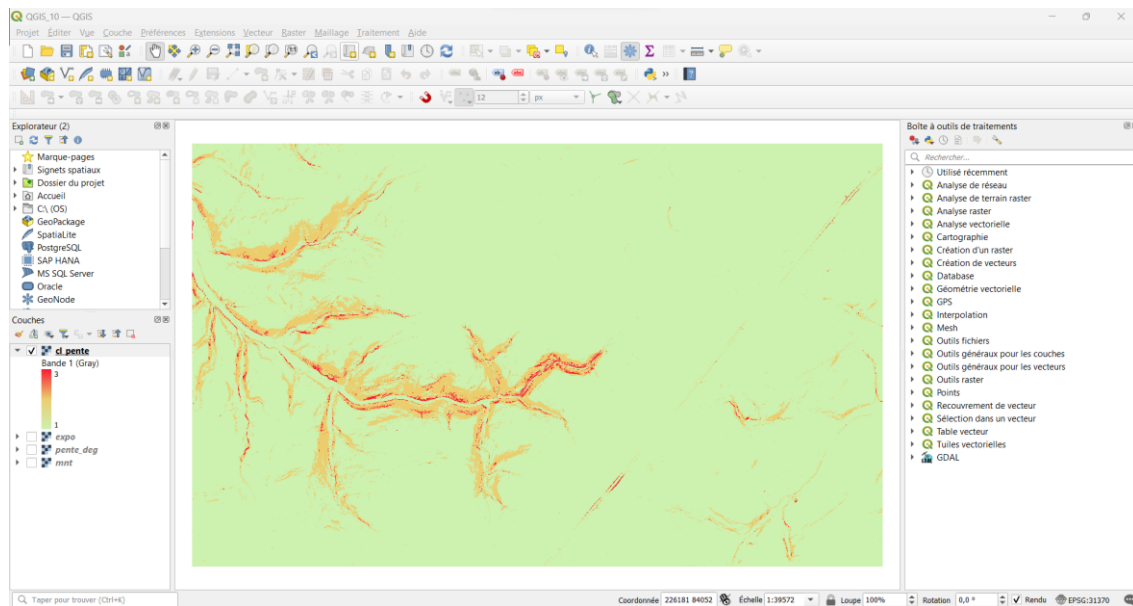
Remarque : dans l'expression utilisée, les termes qui contiennent un opérateur logique renvoient une valeur 0 ou 1 selon que la condition est respectée ou pas.

Par exemple, si un pixel contient une valeur de 35° de pente, $("pente_deg@1" \geq 30)$ vaut 1 et $("pente_deg@1" \geq 15)$ vaut également 1. Le résultat du calcul est $1+1+1 = 3$

Si la pente est de 22° , $("pente_deg@1" \geq 30)$ vaut 0 et $("pente_deg@1" \geq 15)$ vaut 1. Le résultat du calcul est $0+1+1 = 2$.

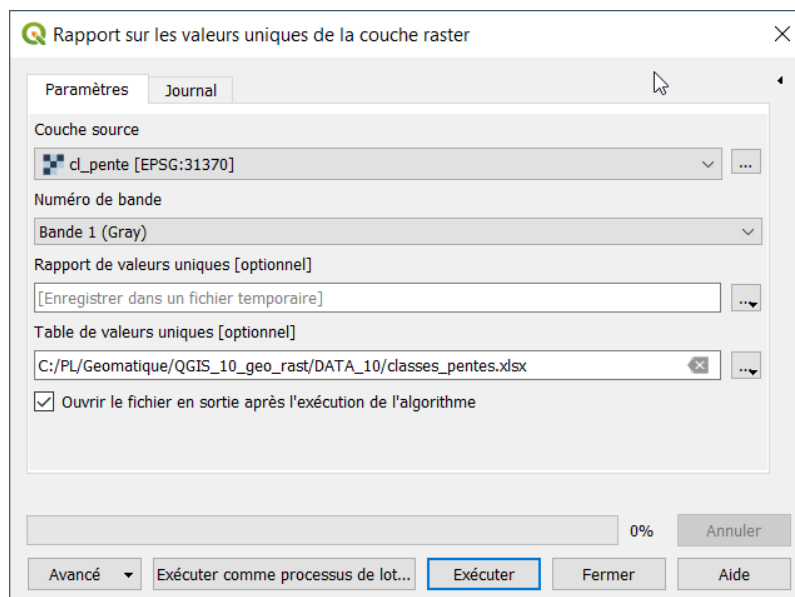
Enfin, pour une pente $< 15^\circ$, $("pente_deg@1" \geq 30)$ et $("pente_deg@1" \geq 15)$ valent 0. Le résultat final est 1.

- Nommer le fichier de sortie **cl_pente.tif**.
- Visualiser le résultat en utilisant le fichier de style **cl_pente.qml**.



1.6 Statistiques de classes

- Lorsque l'on dispose d'un raster constitué de valeurs discrètes (classes), il peut être intéressant de produire un tableau de fréquences relatif à ces classes (nombres de pixels), voire de calculer leurs surfaces.
- Cette opération est réalisée avec l'outil « Rapport sur les valeurs uniques de la couche raster ». Le résultat peut être sauvegardé dans une table (fichier .gpkg) ou dans un fichier Excel.
- Produire un tableau de ce type pour la couche **cl_pente.tif** qui vient d'être produite. Sauvegarder le résultat dans un fichier Excel baptisé **classes_pentes.xlsx**.



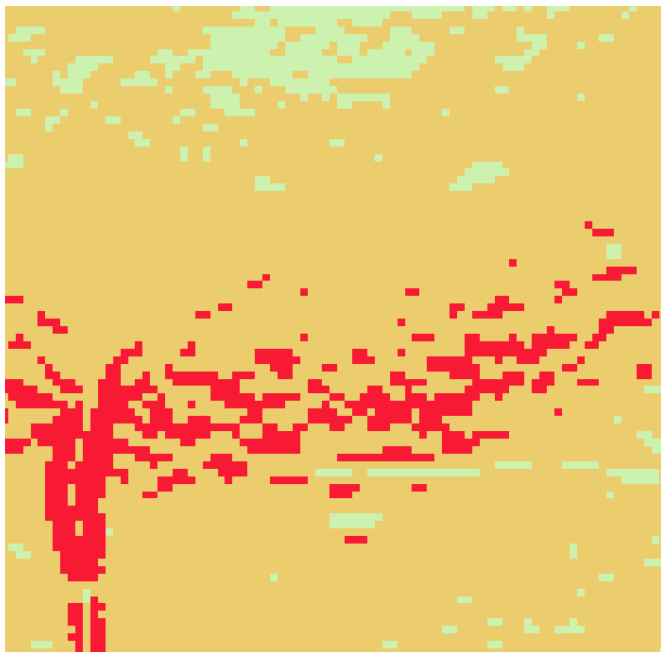


- Le résultat se présente comme dans la figure qui suit. Il comporte une colonne avec le code de classe, une colonne avec le nombre de pixels et une colonne avec les surfaces correspondantes.

| | value | count | m2 |
|---|-------|----------|----------|
| 1 | 1 | 13642756 | 54571024 |
| 2 | 2 | 1023622 | 4094488 |
| 3 | 3 | 88172 | 352688 |

1.7 Simplification d'une couche raster (« tamisage »)

- Si l'on analyse en détail la carte des classes de pentes produite au paragraphe précédent, on remarque une mosaïque de zones qui ne comportent parfois que quelques pixels. Dans certains cas, on souhaite simplifier un tel résultat et faire « disparaître » les groupes de pixels en-dessous d'une certaine surface. Derrière le terme « disparaître », il faut comprendre que ces pixels se voient attribuer la valeur dominante de leur entourage.

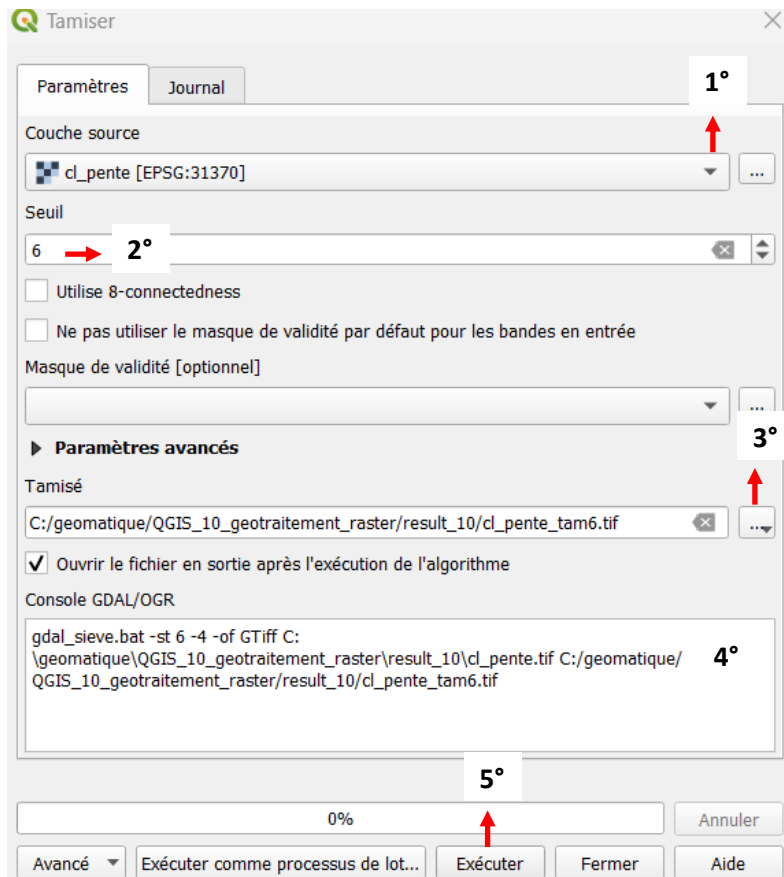


- Une telle opération est qualifiée de « tamisage » (« sieve »).



Simplifier la couche **cl_pente.tif** en supprimant les groupes dont la taille est inférieure à 6 pixels. Nommer la nouvelles couches **cl_pente_tam6.tif**.

- Ouvrir l'interface de l'outil « Tamiser » et définir les paramètres comme dans la figure suivante, puis exécuter la commande.



1° Sélectionner la couche raster à simplifier (cl_pente.tif).

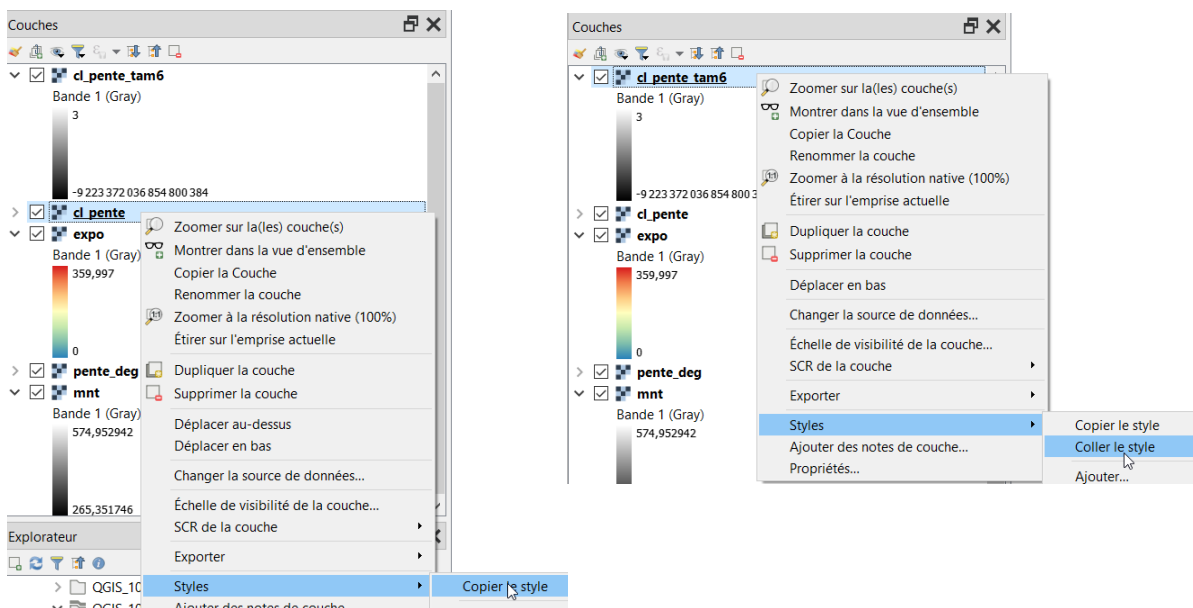
2° Fixer le seuil de taille des groupes de pixels à supprimer.

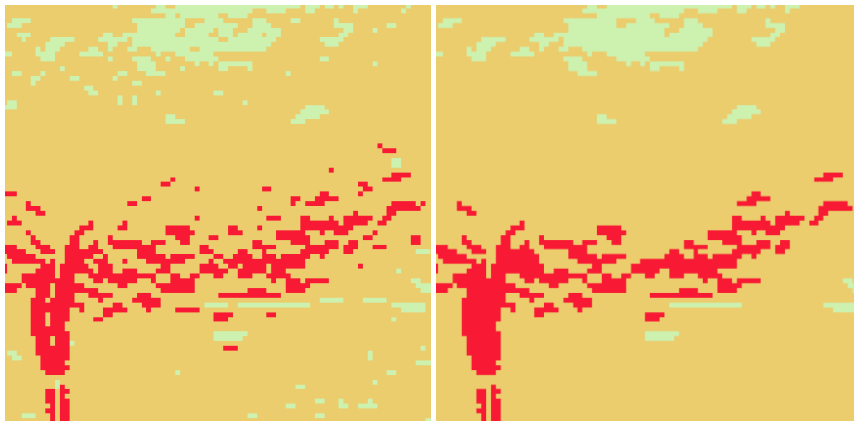
3° Définir le nom et l'emplacement du fichier de sortie. Nommer celui-ci cl_pente_tam6.tif.

4° Expression « GDAL » générée par l'outil « sieve » pour tamiser la couche.

5° Exécuter la commande avec le bouton « Exécuter ».

- Comparer les deux couches : avant et après simplification.
- Remarque importante : pour que la couche issue du tamisage s'affiche correctement, il convient de lui attribuer le même style que la couche originale avec un copier/coller du style.





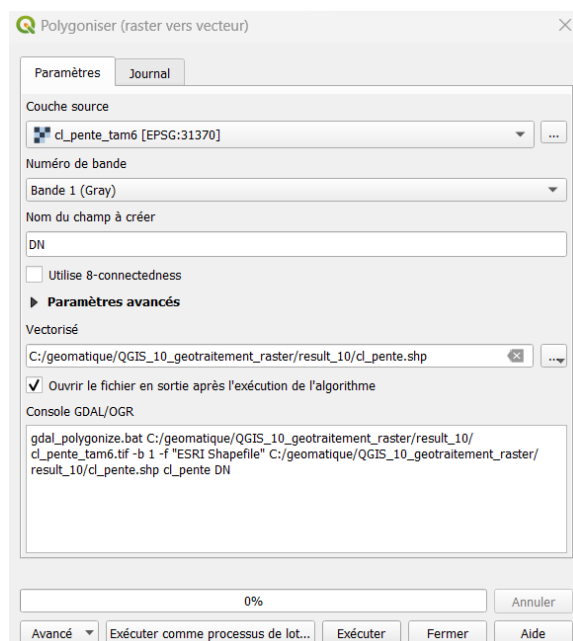
1.8 Vectorisation d'une couche raster (« polygoniser »)

- Lorsque l'on souhaite combiner une couche raster avec des couches vectorielles, une solution consiste à polygoniser la couche raster, c'est-à-dire constituer des polygones au départ des groupes de pixels présentant une même valeur. Il est important que le nombre de groupes de pixels de valeur identique ne soit pas trop important. Ainsi, polygoniser une couche raster décrivant les classes de pente est pertinent. Par contre, polygoniser un raster décrivant les pentes conduirait à créer un très grand nombre de polygones, car il existe très peu de pixels présentant une pente identique à celle de leur voisin.



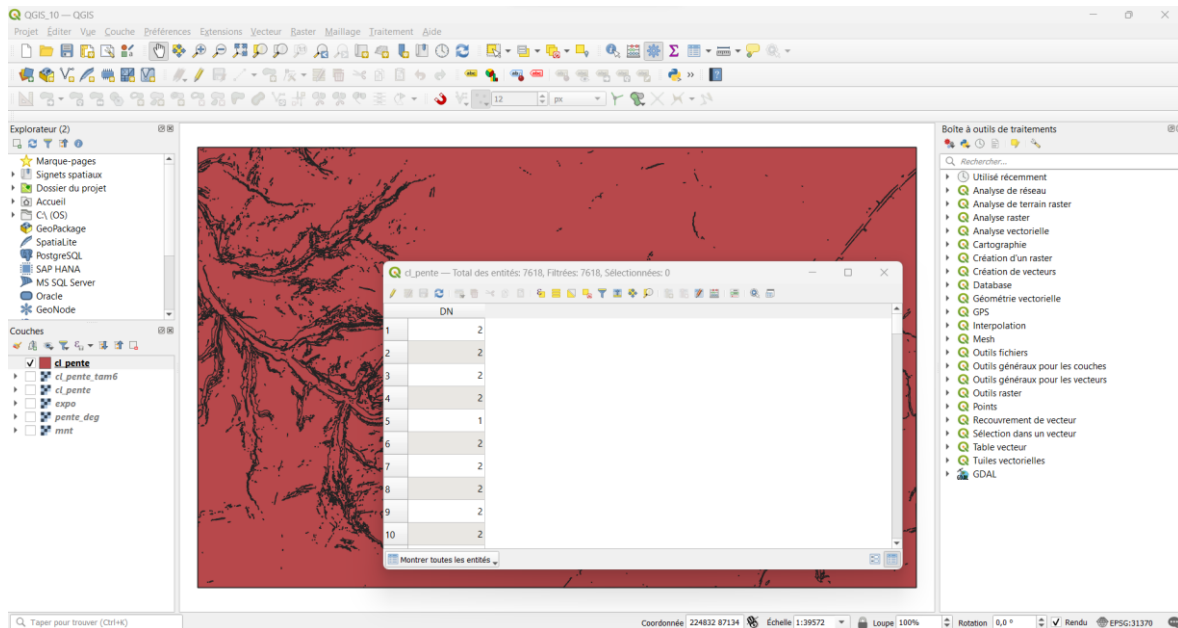
Créer une couche de polygones pour décrire les classes de pente de la couche **cl_pente_tam6.tif** produite au paragraphe précédent. Nommer le fichier de sortie **cl_pente.shp**.

- Ouvrir l'interface de la commande « Polygoniser (raster vers vecteur) » de la librairie GDAL.
- Définir les paramètres comme dans la figure suivante, puis exécuter la commande.





- Visualiser le résultat, notamment en ouvrant la table d'attributs du shapefile produit.



1.9 Rastérisation d'une couche vectorielle (vecteur vers raster)

- Pour effectuer certaines opérations, il est nécessaire de convertir une couche vectorielle en mode raster. Cette conversion peut porter sur des polygones, des lignes ou des points. Lors de cette conversion, les pixels reçoivent tous la même valeur, ou bien une valeur correspondant à un élément de la table d'attributs. La rasterisation implique de définir les caractéristiques géométriques du raster qui sera généré (emprise et taille des pixels).
- La rasterisation d'objets vectoriels est notamment nécessaire lorsque l'on souhaite générer une carte de distance par rapport à ces objets.



Rasteriser la couche **osm_roads.shp** décrivant le réseau routier dans la région de la forêt de Saint-Michel. Les pixels traversés par une route doivent prendre la valeur « 1 », les autres la valeur « 0 ». Le raster produit doit posséder les mêmes caractéristiques géométriques (emprise, taille de pixels) que la couche **mnt.tif**.

- Ouvrir l'interface de l'outil « Rasteriser (vecteur vers raster) ». Remplir les rubriques comme dans la figure qui suit. Exécuter ensuite la commande.

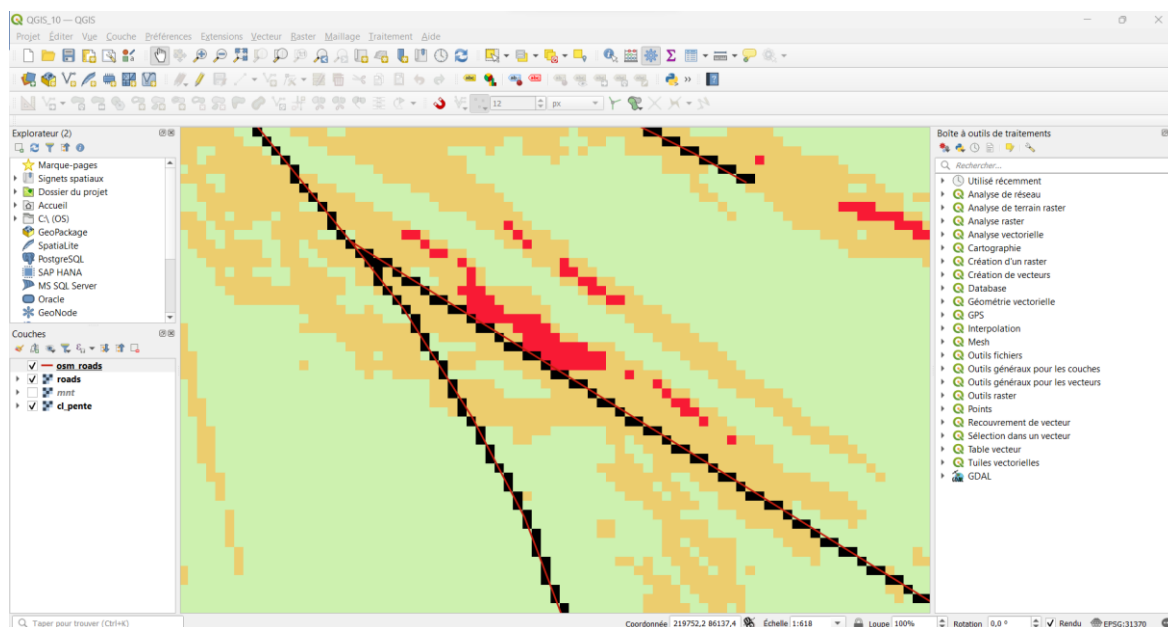
The image shows the 'Rasteriser (vecteur vers raster)' dialog box in QGIS. The dialog is divided into several sections:

- 1°**: 'Couche source' dropdown menu, currently set to 'osm_roads [EPSG:31370]'.
- 2°**: 'Valeur fixe à utiliser pour tous les pixels [optionnel]' input field, set to '1,000000'.
- 3°**: A red box highlights the 'Unité du raster résultat' section, which includes:
 - 'Unités géoréférencées' dropdown menu.
 - 'Largeur/Résolution horizontale' input field, set to '2,000000'.
 - 'Hauteur/Résolution verticale' input field, set to '2,000000'.
- 4a°**: 'Emprise du résultat [optionnel]' input field, set to '218779.0000,228599.0000,82940.0000,88950.0000 [EPSG:31370]'.
- 5°**: 'Rasterisé' output file path, set to 'C:/geomatique/QGIS_10_geotraitement_raster/result_10/roads.tif'.
- 6°**: 'Exécuter' button at the bottom of the dialog.

Below the dialog, the 'Calculer depuis la couche' menu is open, showing a list of layers. A red arrow points to the 'mnt' layer, labeled **4b°**.

- 1° Sélectionner la couche à rasteriser (**osm_roads.shp**).
- 2° Définir la valeur utilisée pour coder les pixels traversés/couverts par un des éléments de la couche vectorielle.
- 3° Définir la taille des pixels : 2 m (unités géoréférencées).
- 4° Définir l'emprise spatiale du résultat : utiliser comme référence l'emprise de la couche **mnt.tif**.
- 5° Définir le nom et l'emplacement du fichier de sortie. Nommer celui-ci **roads.tif**.
- 6° Exécuter la commande avec le bouton « **Exécuter** ».

- Visualiser le résultat. Dans la figure ci-dessous, on peut notamment observer les routes en format vectoriel (lignes rouges) et les routes en format raster (pixels noirs). On constate également que les pixels de la couche **roads.tif** se superposent exactement avec ceux des couches dérivées de la couche **mnt.tif**.



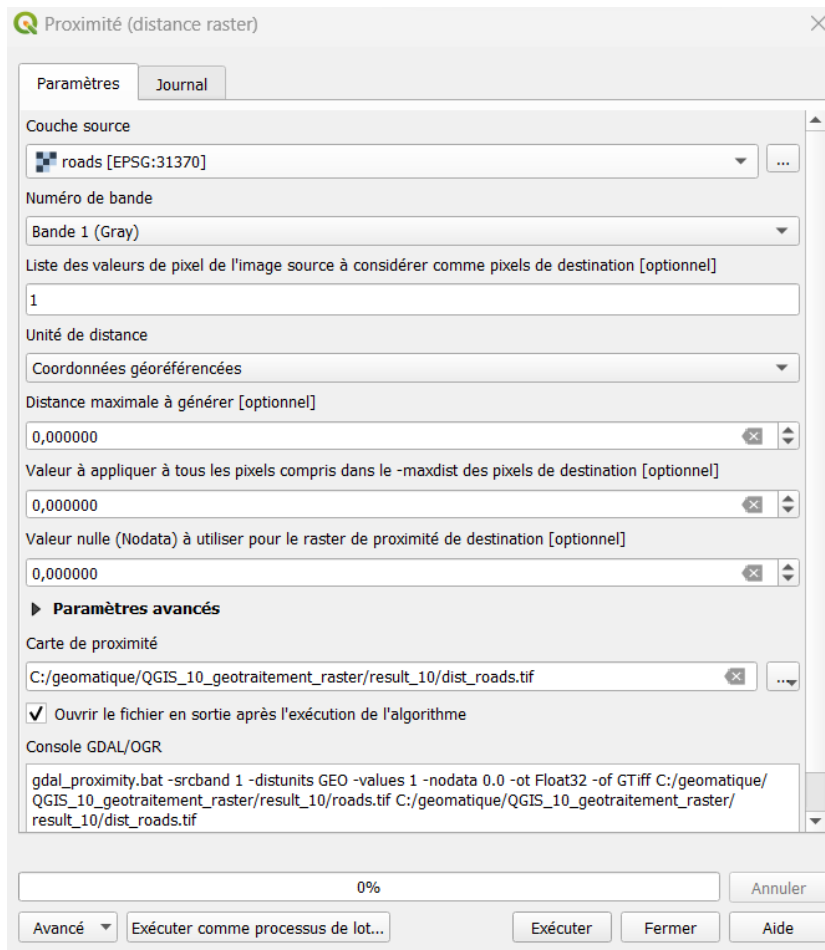
1.10 Calcul de distance euclidienne (Proximité)

- La fonction de calcul de distance euclidienne génère une couche raster traduisant la distance euclidienne minimale par rapport aux objets d'une couche de référence. Cette couche de référence doit avoir été, au préalable, rasterisée.

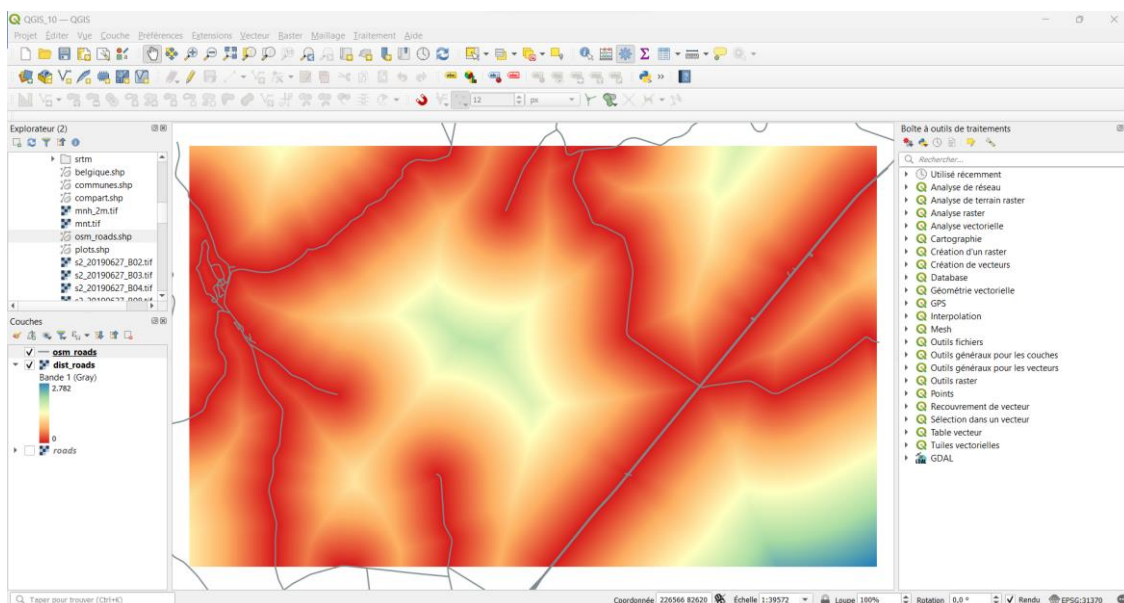


Produire une couche raster exprimant la proximité au réseau routier contenu en format raster dans la couche **roads.tif**.

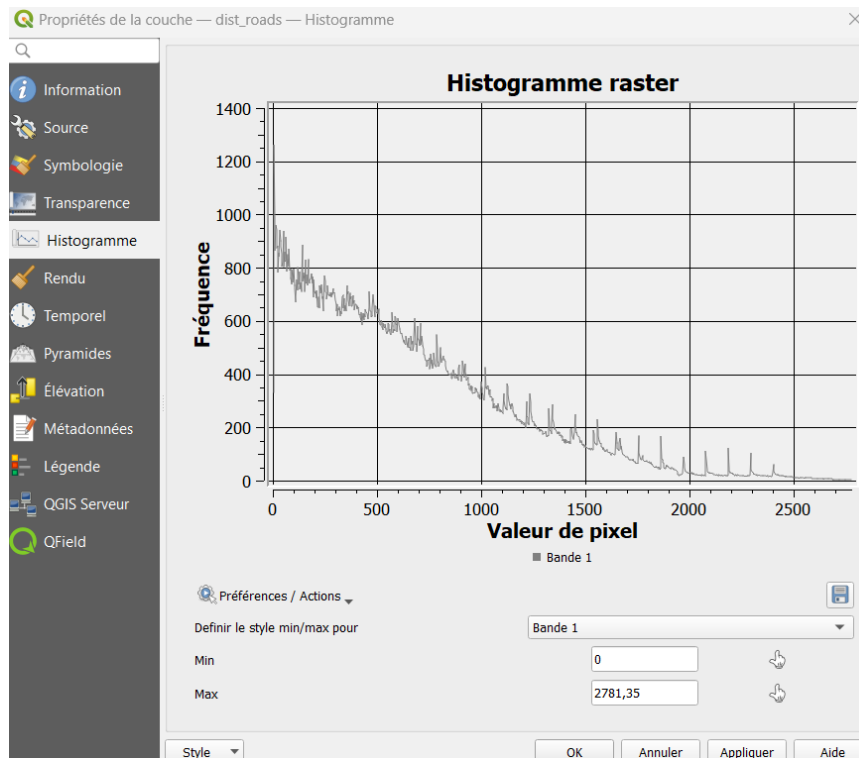
- Ouvrir l'interface de l'outil « Proximité (distance raster) » de la librairie GDAL. Remplir les rubriques comme dans la figure qui suit. Exécuter ensuite la commande.



- Visualiser le résultat en utilisant le fichier de style **d2roads.qml**.

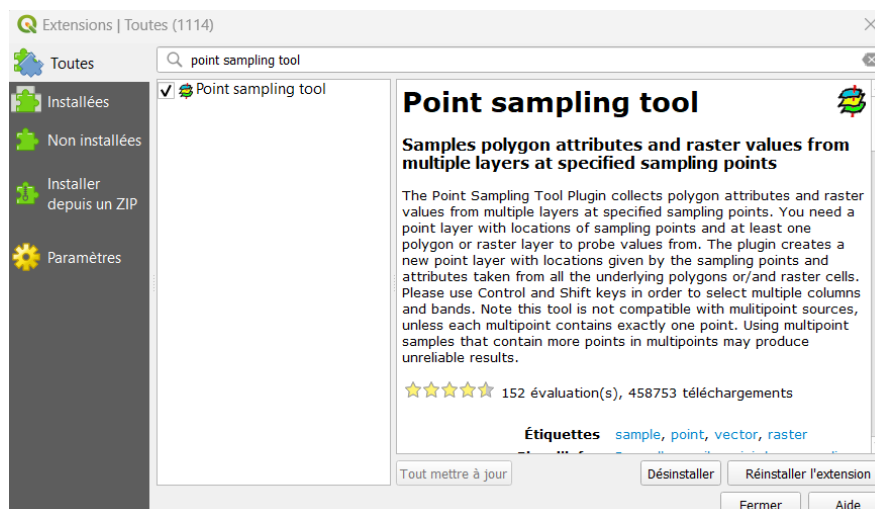


- L'histogramme des valeurs de distance se présente comme dans la figure ci-dessous.



1.11 Extraire des informations ponctuelles (Point sampling tool)

- Lorsque l'on étudie des objets ponctuels, on peut être intéressés de connaître les valeurs prises par différentes couches raster à l'emplacement de ces points.
- Cette extraction de valeurs ponctuelles est prise en charge par l'extension « Point Sampling Tool ». Celle-ci doit être installée et activée via le menu [Extensions].



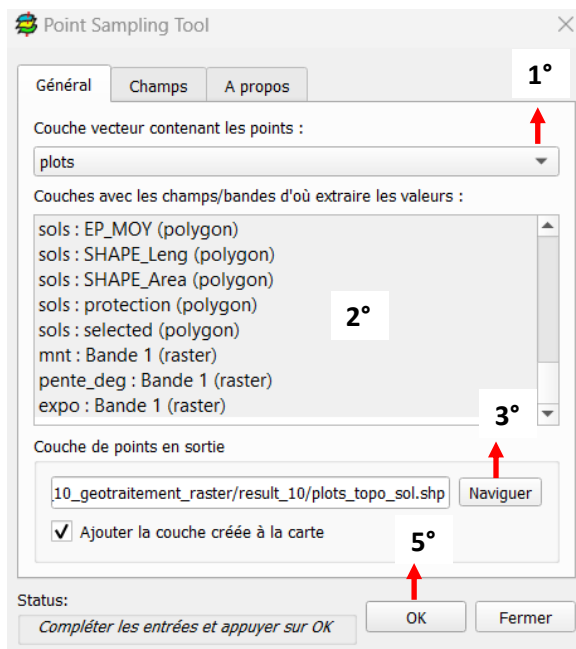
Remarque : en lisant le descriptif de l'extension « Point Sampling Tool », on remarque que celle-ci fonctionne également pour l'extraction de valeurs ponctuelles dans des couches vectorielles.

- Une fois installée et activée, cette extension est accessible via la commande [Extensions] → [Analyses] → [Point Sampling Tool].



Définir les caractéristiques topographiques (altitude, pente, exposition) pour les points de la couche **plots.shp**. Ceux-ci correspondent aux placettes d'un inventaire forestier par échantillonnage réalisé dans la forêt de Saint-Michel. Insérer également dans la table d'attributs les caractéristiques de l'unité de sol dans laquelle se trouve le point. Cette dernière information se trouve dans la couche **sol.shp**. Nommer la nouvelle couche **plots_topo_sol.shp**.

- Ouvrir l'interface de l'outil « Point Sampling Tool ». Remplir les rubriques comme dans la figure qui suit. Exécuter ensuite la commande.



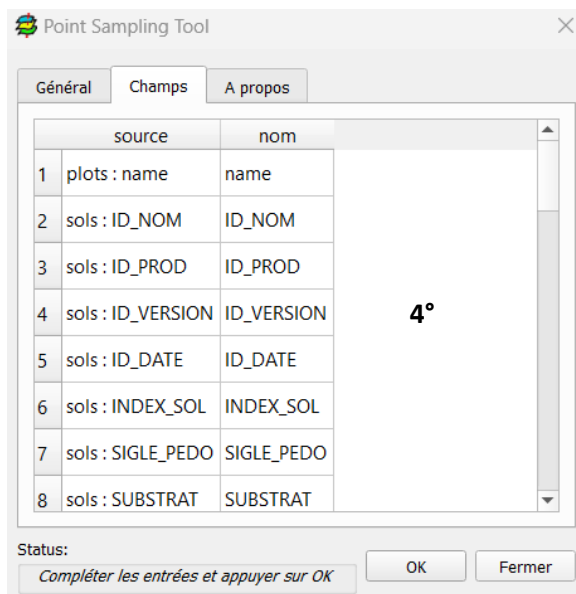
1° Sélectionner la couche de points à utiliser (**plots.shp**).

2° Sélectionner les attributs (couches vectorielles) ou les bandes (couches raster) dont on souhaite extraire les valeurs : il suffit de réaliser un clic-gauche sur chaque item souhaité en maintenant la touche CTRL enfoncée.

3° Définir le nom et l'emplacement du fichier de sortie. Nommer celui-ci **plots_topo_sol.shp**.

4° L'onglet « Champs » permet de vérifier et/ou modifier les noms des champs qui seront générés dans la couche de sortie.

5° Exécuter la commande avec le bouton « **OK** ».



- Visualiser le contenu de la table d'attributs de la nouvelle couche produite.

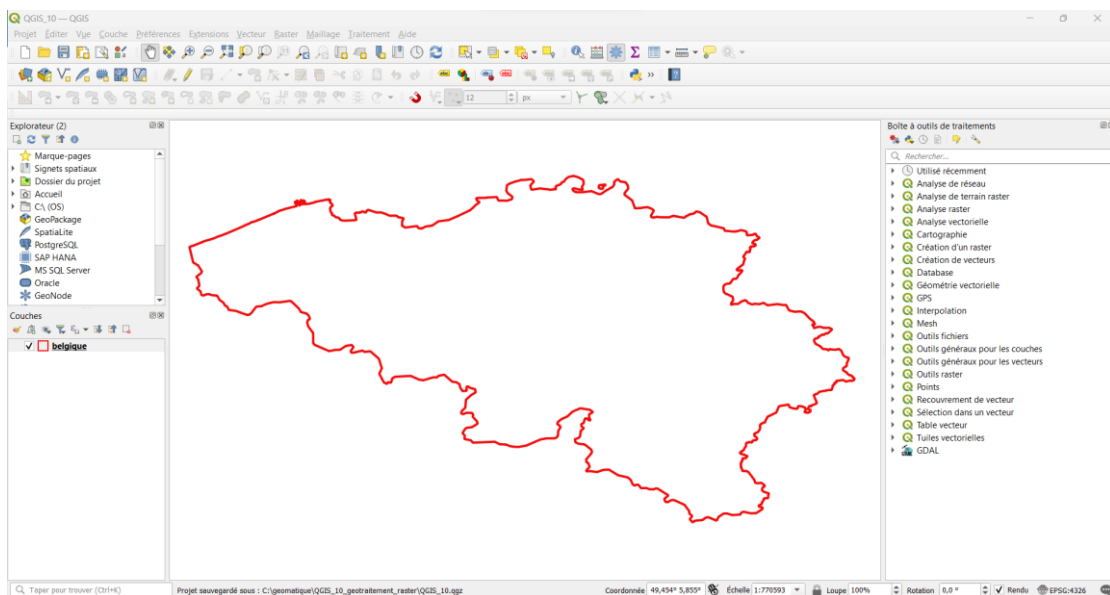


Construire une MNT pour le territoire belge au départ de données SRTM. La couche finale doit être produite dans le SCR EPSG : 31370, avec une résolution de 30 m.

- La réponse à cette question est abordée en plusieurs étapes correspondant aux paragraphes 1.12, 1.13 et 1.14.

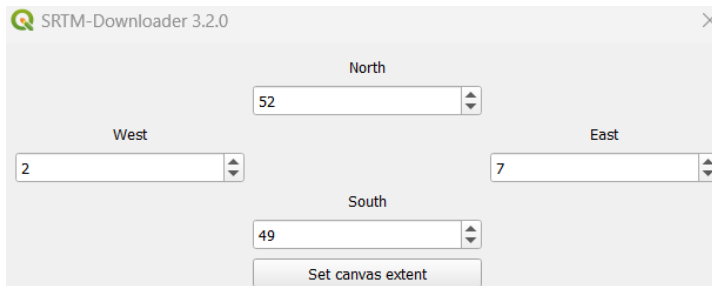
1.12 SRTM : un MNS planétaire

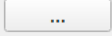
- Le projet SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) a produit un Modèle Numérique de Surface à l'échelle planétaire (entre les latitudes 56°S et 60°N). Les données sont disponibles sous forme de tuiles à différentes résolutions dont la plus fine est 30 m. Ces données sont téléchargeables, notamment au départ du site <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- L'extension QGIS baptisée « SRTM-Downloader » permet de télécharger des données SRTM directement dans QGIS. Les données sont fournies en coordonnées géographiques (EPSG : 4326) sous la forme de tuiles de 1 degré de côté. Cette extension nécessite de disposer d'un compte utilisateur sur le site <https://urs.earthdata.nasa.gov>.
- L'étape de téléchargement des données SRTM est FACULTATIVE. Les données sont disponibles dans le répertoire `\srtm` du jeu de données.
- Procéder comme suit pour réaliser le téléchargement des données SRTM :
 - Afficher la couche **belgique.shp** dans un projet QGIS.
 - Modifier le SCR du projet pour qu'il soit en coordonnées géographiques (EPSG : 4326).
 - Régler le cadrage de la fenêtre cartographique comme dans la figure ci-dessous.

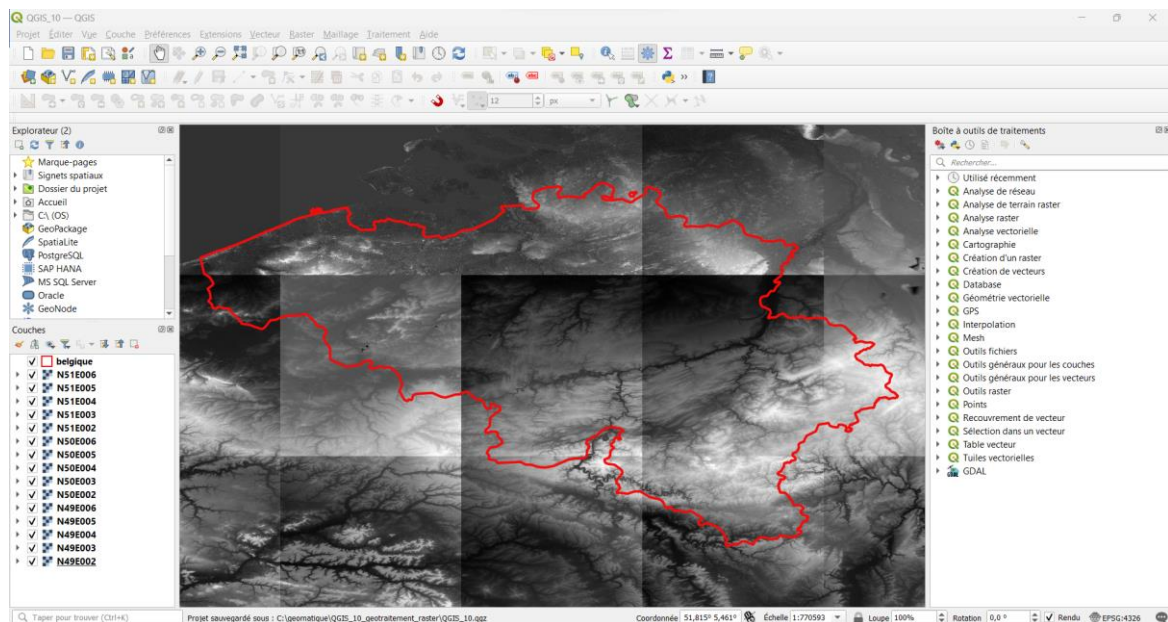


- Afficher l'interface de l'extension « SRTM-Downloader » via la commande [Extensions] → [SRTM-Downloader] → [SRTM Downloader].

- Cliquer sur le bouton « Set canvas extent » pour définir l’emprise des tuiles SRTM à télécharger.




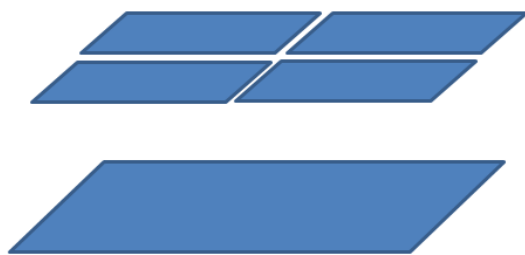
- Utiliser le bouton  pour définir le répertoire dans lequel sauvegarder les données SRTM.
- Cliquer sur le bouton « Download » pour lancer le téléchargement.
- À l’issue du téléchargement, le projet QGIS devrait se présenter comme dans la figure suivante.



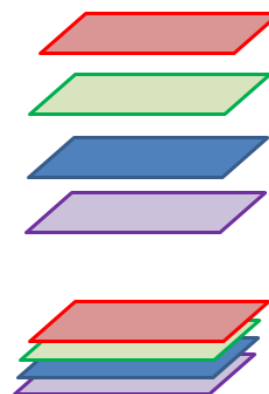
- Si les données n’ont pas été téléchargées, afficher les différentes couches présentes dans le répertoire \srtm. Le résultat devrait être identique à celui de la figure précédente.

1.13 Juxtaper plusieurs couches rasters

- La fusion de couches rasters peut s’envisager selon deux modalités différentes :
 - Juxtaposition (mosaïquage) de plusieurs rasters pour former un raster mono-bande.
 - Superposition (empilement) de plusieurs rasters pour former un raster multi-bandes.
-  Il est important de bien faire la distinction entre ces deux modalités car elles sont mises en œuvre au départ de la même commande.



in : 4 rasters « 1 bande »
out : 1 raster « 1 bande »



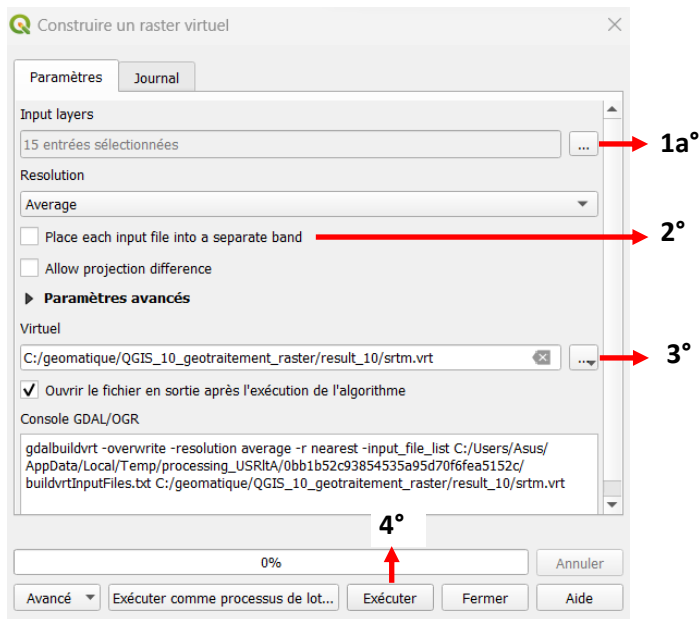
in : 4 rasters « 1 bande »
out : 1 raster « 4 bandes »

- Indépendamment des modalités d'assemblage des couches raster (juxtaposition, empilement), il convient de considérer la nature du fichier raster qui est généré. À ce niveau, il existe aussi deux options qui sont prises en charge par deux commandes différentes :
 - Création d'un fichier raster « en dur » : le fichier raster contient physiquement les données. Cette option est prise en charge par la commande « Fusion » de la librairie GDAL.
 - Création d'un « raster virtuel » : le fichier contient la liste des adresses des différents fichiers raster assemblés, ainsi que les caractéristiques géométriques du raster résultat. Cette option est prise en charge par la commande « Construire un raster virtuel » de la librairie GDAL.



Réaliser une mosaïque avec les différentes tuiles SRTM présentes dans le projet QGIS. Produire cette mosaïque sous la forme d'un raster virtuel. Baptiser le fichier **srtm.vrt**.

- Afficher l'interface de l'outil « Construire un raster virtuel » de la librairie GDAL.
- Suivre les instructions de la figure suivante pour exécuter correctement la commande.

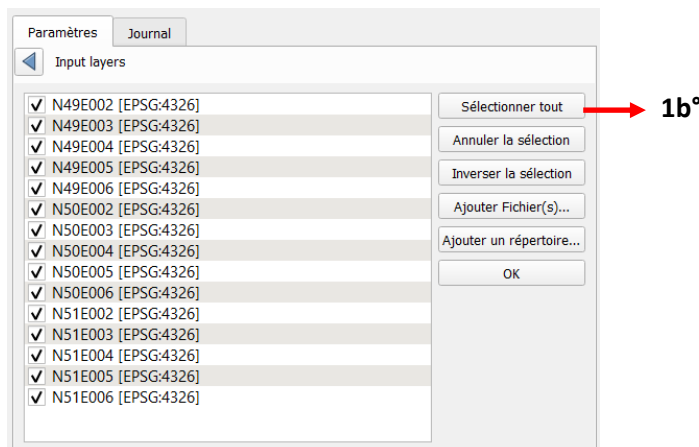


1° Sélectionner les fichiers raster à assembler.

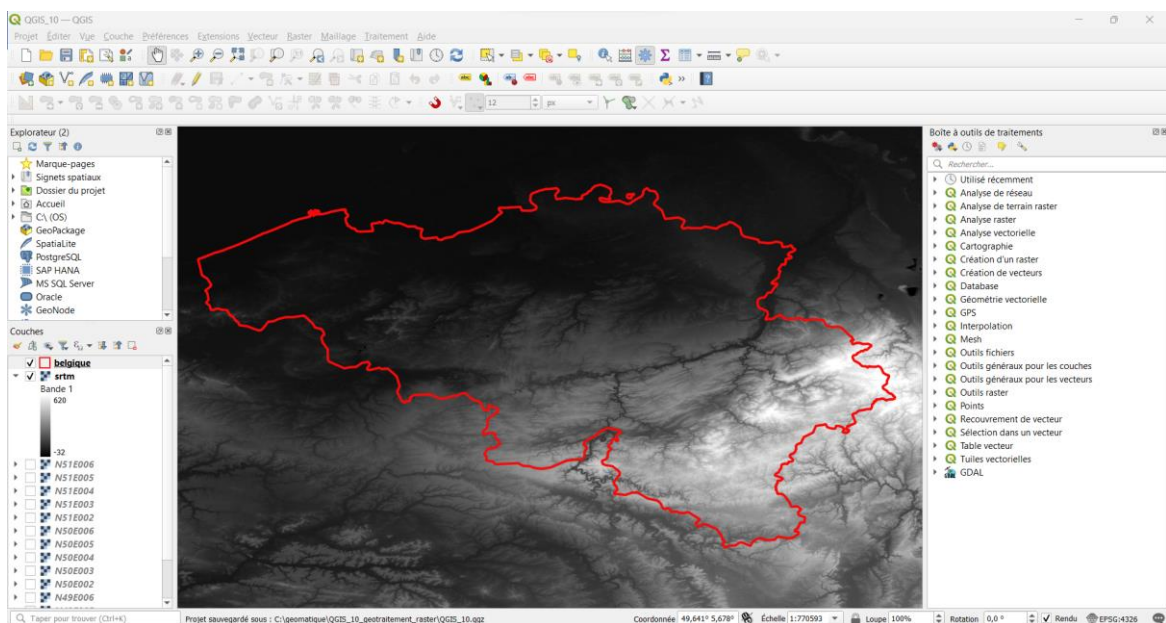
2° Désélectionner l'option de stockage des fichiers dans des bandes séparées. Celle-ci est réservée à l'empilement de fichiers pour produire un raster multi-bandes.

3° Définir le nom et l'emplacement du fichier de sortie. Nommer celui-ci **srtm.vrt**.

4° Exécuter la commande avec le bouton « Exécuter ».



- Le résultat se présente comme dans la figure suivante.



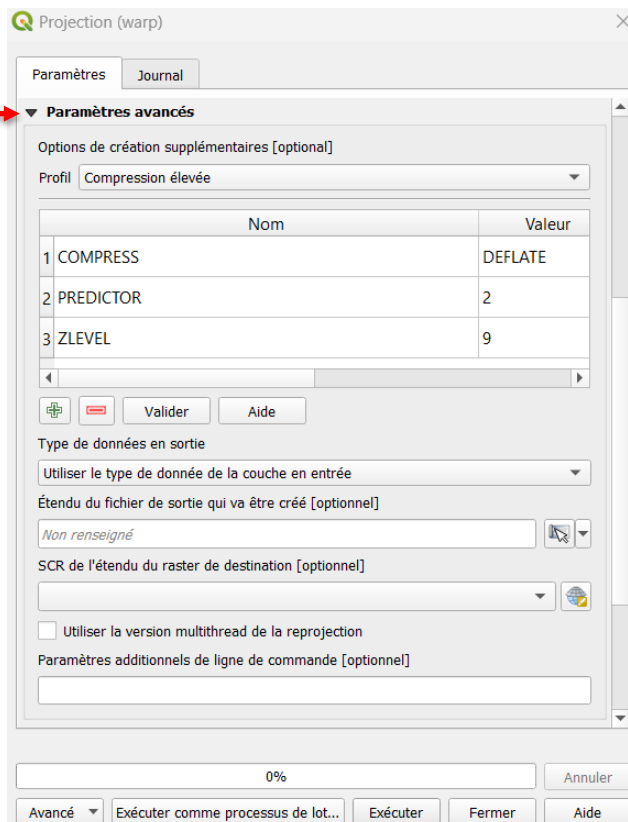
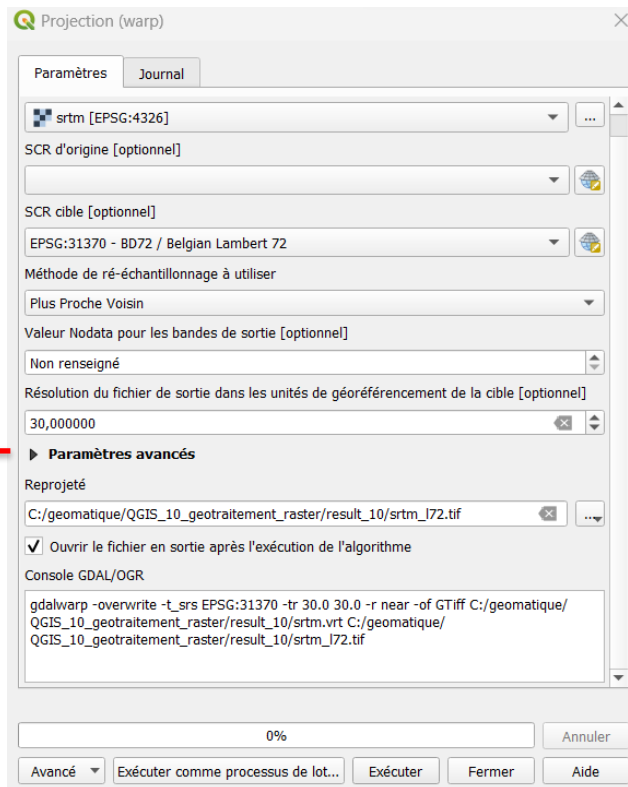
- La figure suivante monte un extrait du fichier **srtm.vrt** qui a été créé.

```
<VRTDataset rasterXSize="18001" rasterYSize="10801">
  <SRS dataAxisToSRSAxisMapping="2,1">GEOGCS["WGS 84",DATUM["WGS_1984",SPHEROID["WGS
84",6378137,298.257223563,AUTHORITY["EPSG","7030"]],AUTHORITY["EPSG","6326"]],PRIMEM["Greenwich",0,AUTHORITY["EPSG","8901"]],UNIT["degree"
,0.0174532925199433,AUTHORITY["EPSG","9122"]],AXIS["Latitude",NORTH],AXIS["Longitude",EAST],AUTHORITY["EPSG","4326"]]</SRS>
  <GeoTransform> 1.999861111111111e+00, 2.777777777777778e-04, 0.000000000000000e+00, 5.2000138888888891e+01, 0.000000000000000e+
00, -2.777777777777778e-04</GeoTransform>
  <VRTRasterBand dataType="Int16" band="1">
    <NoDataValue>-32768</NoDataValue>
    <ComplexSource resampling="nearest">
      <SourceFilename relativeToVRT="0">C:/geomatique/QGIS_10_geotraitement_raster/data_10/srtm/N49E002.hgt</SourceFilename>
      <SourceBand>1</SourceBand>
      <SourceProperties RasterXSize="3601" RasterYSize="3601" DataType="Int16" BlockXSize="3601" BlockYSize="1" />
      <SrcRect xOff="0" yOff="0" xSize="3601" ySize="3601" />
      <DstRect xOff="0" yOff="7200" xSize="3601" ySize="3601" />
      <NODATA>-32768</NODATA>
    </ComplexSource>
    <ComplexSource resampling="nearest">
      <SourceFilename relativeToVRT="0">C:/geomatique/QGIS_10_geotraitement_raster/data_10/srtm/N49E003.hgt</SourceFilename>
      <SourceBand>1</SourceBand>
      <SourceProperties RasterXSize="3601" RasterYSize="3601" DataType="Int16" BlockXSize="3601" BlockYSize="1" />
      <SrcRect xOff="0" yOff="0" xSize="3601" ySize="3601" />
      <DstRect xOff="3600" yOff="7200" xSize="3601" ySize="3601" />
      <NODATA>-32768</NODATA>
    </ComplexSource>
    <ComplexSource resampling="nearest">
      <SourceFilename relativeToVRT="0">C:/geomatique/QGIS_10_geotraitement_raster/data_10/srtm/N49E004.hgt</SourceFilename>
```

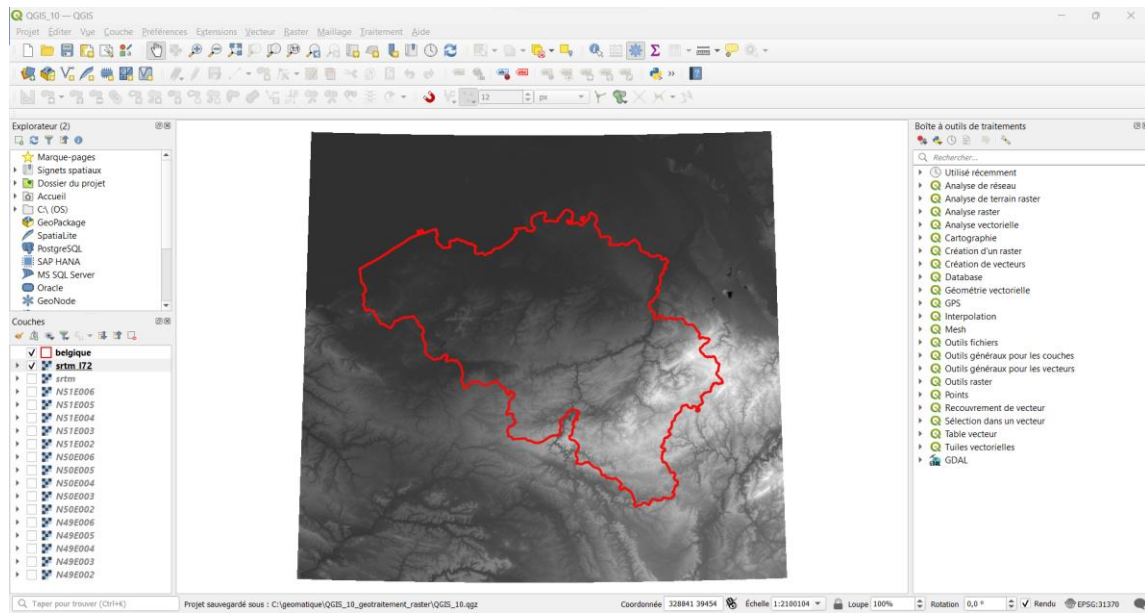
- On peut constater que ce raster virtuel comporte 18001 colonnes et 10801 lignes (ligne 1), qu'il est produit dans le système de coordonnées WGS84 (ligne 2), qu'il comporte une seule bande (ligne 7) constituée de la juxtaposition d'une série de raster dont les adresses des fichiers et les caractéristiques géométriques sont renseignées de manière séquentielle (lignes 8 à 15 pour le raster 1, ligne 16 à 23 pour le raster 2...).
- La taille du fichier **srtm.vrt** est de 8 ko alors que les fichiers originaux totalisent un volume de 370 Mo.

1.14 Reprojecter une couche raster (warp)

- Le fichier **.vrt** qui vient d'être généré est produit en coordonnées géographiques.
- Pour le reprojeter en coordonnées Lambert 72 (EPSG : 31370), il faut utiliser la commande « Projection (warp) » de la librairie GDAL.
- Définir les paramètres de la commande comme dans la figure suivante. Dans ces paramètres, on définit notamment le système de coordonnées ainsi que la résolution de la couche de sortie. On utilise également un paramètre avancé permettant de compacter le fichier de sortie.
- Nommer le fichier de sortie **srtm_l72.tif**.



- Le résultat final se présente comme dans la figure suivante. La taille du fichier de sortie est de 53,5 Mo, soit environ cinq fois moins d'espace qu'une version non compressée.

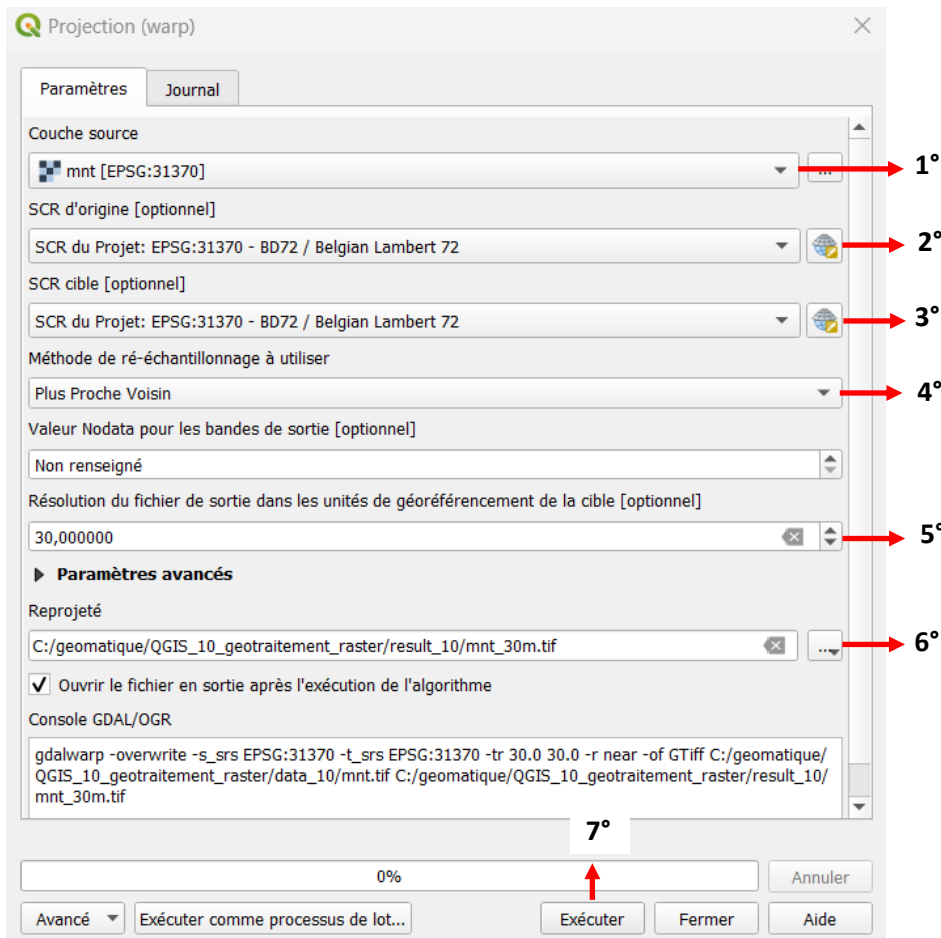


Comparer les données d'altitude fournies par la couche **mnt.tif** couvrant la forêt de Saint-Michel et la couche **srtm_172.tif** produite dans l'exercice précédent. Effectuer cette comparaison en considérant une résolution spatiale de 30 m.

- La réponse à cette question est abordée en plusieurs étapes correspondant aux paragraphes 1.15, 1.16 et 1.17.

1.15 Rééchantillonner un raster

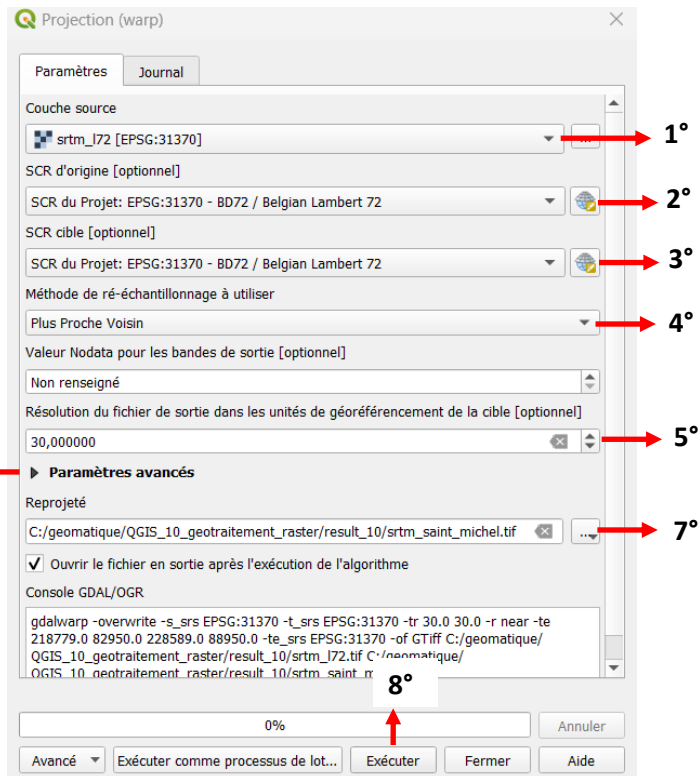
- La première étape consiste à rééchantillonner la couche raster **mnt.tif** afin de produire un nouveau raster avec une résolution spatiale de 30 m.
- Ce rééchantillonnage peut être effectué à l'aide de la commande « Projection (warp) ».
- Afficher l'interface de cette commande et définir les paramètres comme dans la figure suivante.
- Nommer le fichier de sortie **mnt_30m.tif**.



- 1° Sélectionner le fichier raster à rééchantillonner (**mnt.tif**).
- 2° et 3° Définir les SCR d'origine et de destination.
- 4° Sélectionner le mode de rééchantillonnage « Plus proche voisin ».
- 5° Sélectionner la résolution du raster de sortie.
- 6° Définir le nom et l'emplacement du fichier de sortie. Nommer celui-ci **mnt_30m.tif**.
- 7° Exécuter la commande avec le bouton « **Exécuter** ».

1.16 Découper un raster aux limites exactes d'un autre raster

- Dans la seconde étape, la couche **srtm_l72.tif** va être découpée et rééchantillonnée aux limites exactes de la couche **mnt_30m.tif**. Cette opération est également réalisée à l'aide de l'outil « Projection (warp) », même si aucun changement de projection n'est opéré. En effet, l'outil « Projection (warp) » permet de redécouper un raster aux limites exactes d'un autre raster.



1° Sélectionner le fichier raster à découper (**srtm_I72.tif**).

2° et 3° Définir les SCR d'origine et de destination.

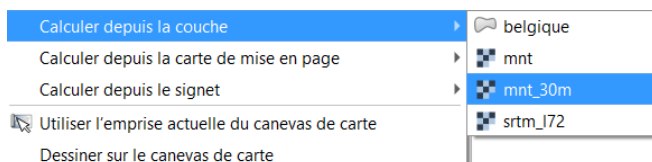
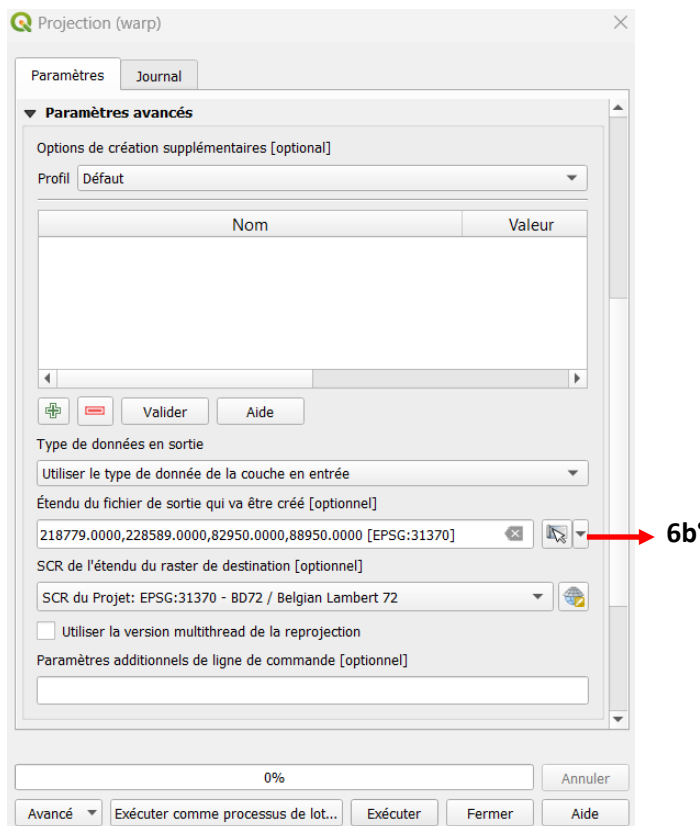
4° Sélectionner le mode de rééchantillonnage « Plus proche voisin ».

5° Sélectionner la résolution du raster de sortie.

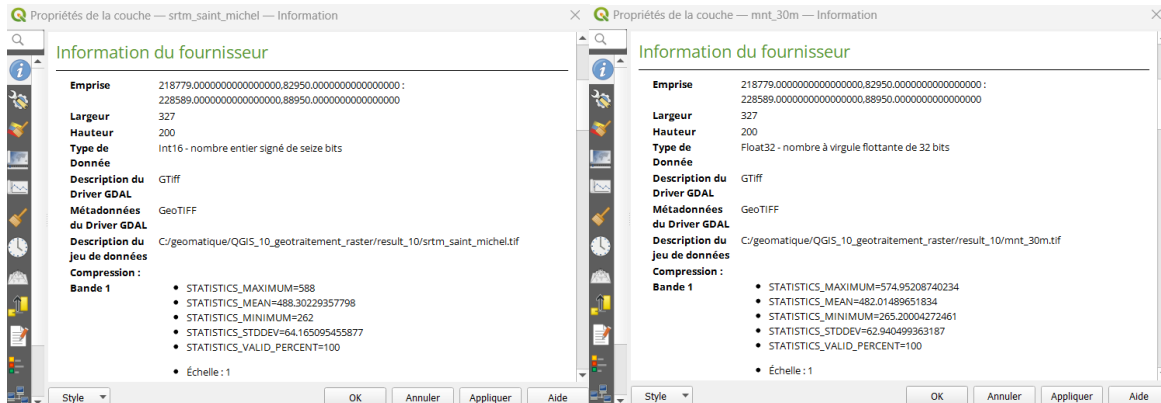
6° Définir l'emprise du raster de sortie.

7° Définir le nom et l'emplacement du fichier de sortie. Nommer celui-ci **srtm_saint_michel.tif**.

8° Exécuter la commande avec le bouton « Exécuter ».

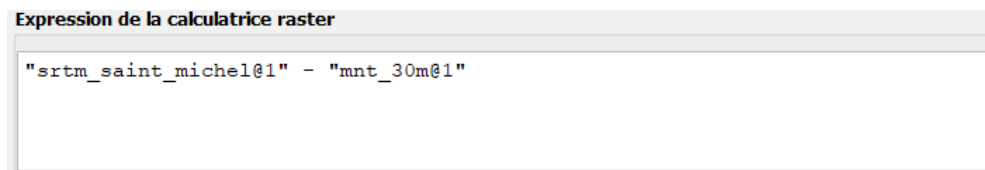


- Vérifier la concordance des deux rasters en consultant leurs propriétés.

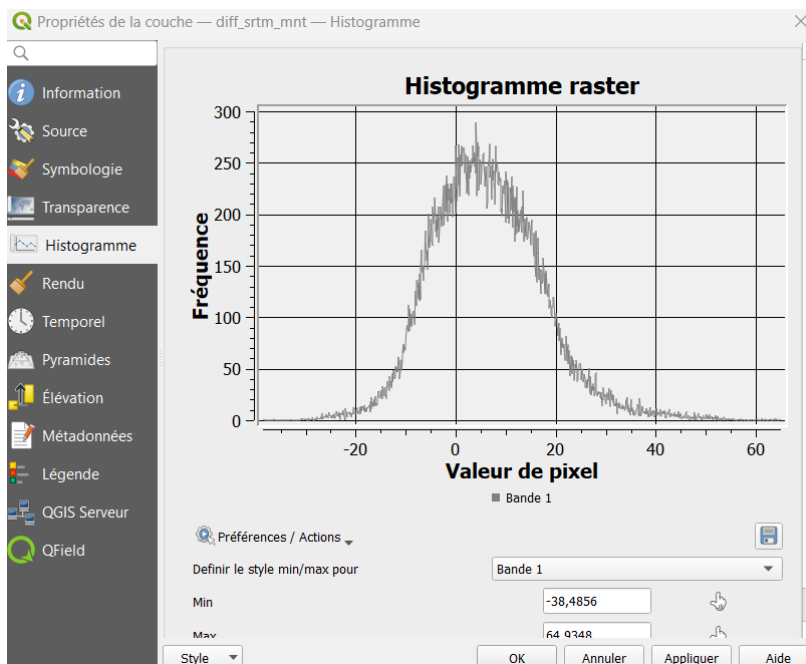


1.17 Comparer deux couches raster

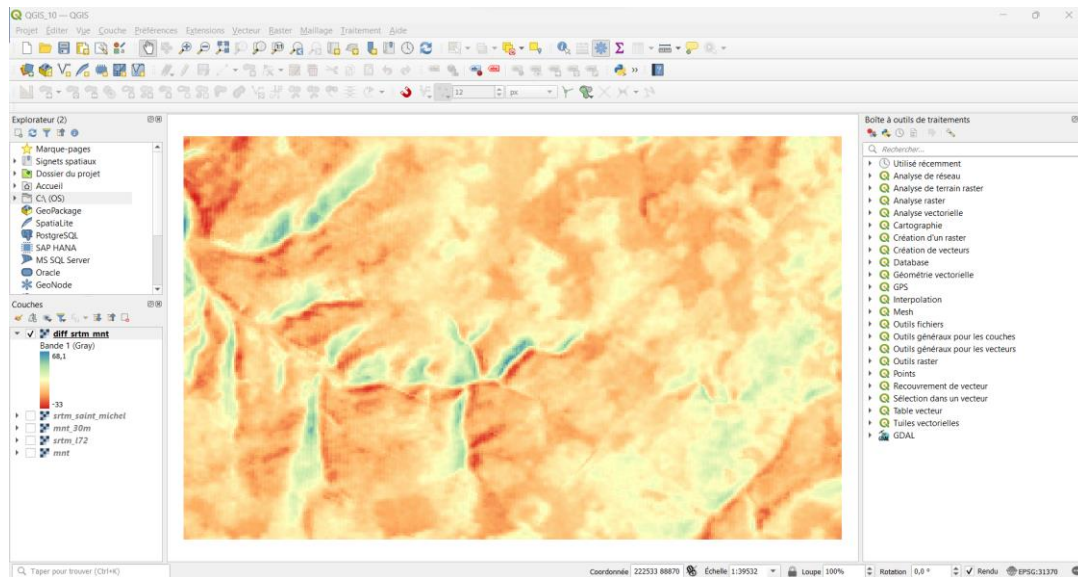
- La comparaison des deux rasters (**mnt_30m.tif** et **srtm_saint_michel.tif**) peut se faire très simplement sous la forme d'une soustraction réalisée dans la calculatrice raster. Nommer le résultat **diff_srtm_mnt.tif**.



- La figure ci-dessous représente l'histogramme de différence entre les deux rasters.

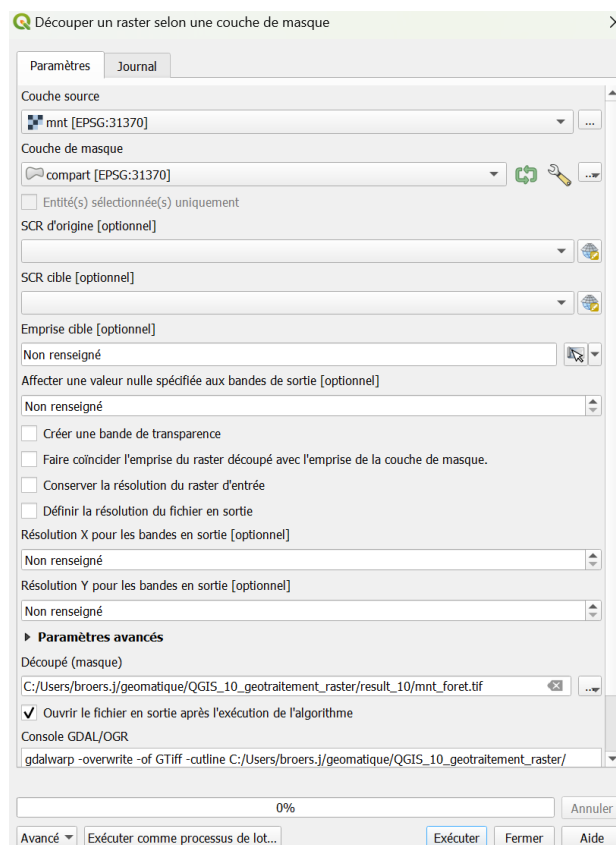


- La figure suivante représente les gammes de variation de la différence entre les deux rasters. On constate que les différences sont plus prononcées dans les zones de forte pente.

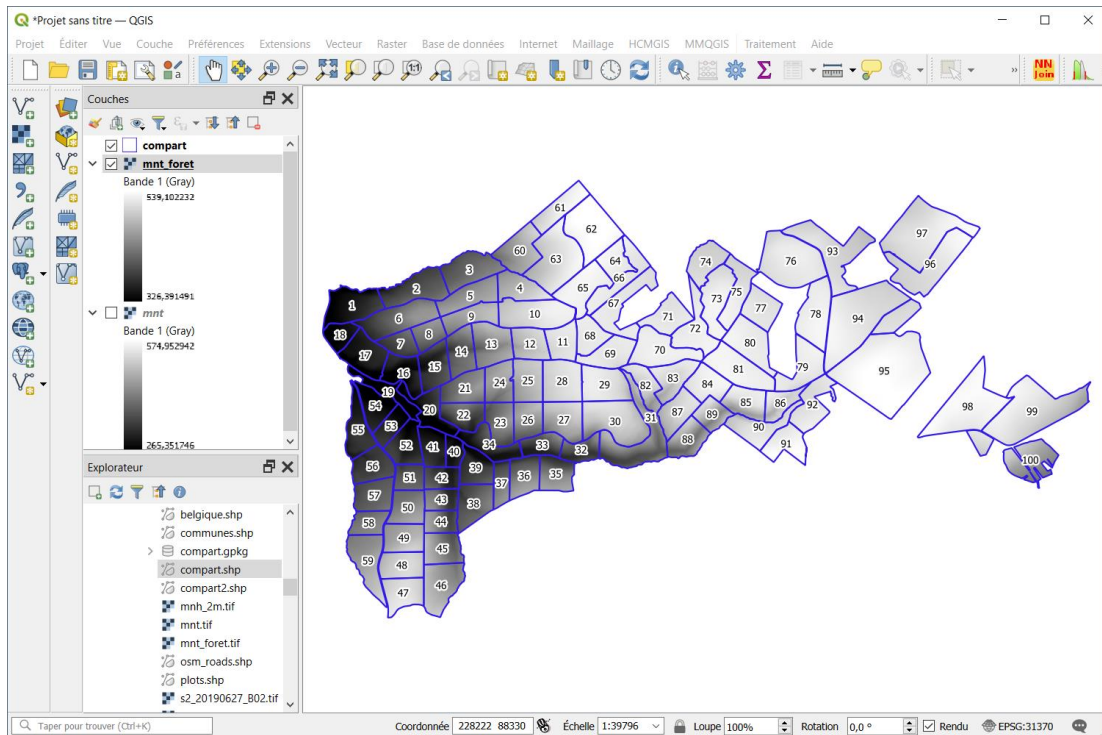


1.18 Découper un raster aux limites d'une couche de masque


- Dans le paragraphe 1.16, la couche **srtm_saint_michel.tif** a été découpée selon l'emprise de la couche **mnt_30m.tif**. Dans certains cas, on souhaite découper une couche raster aux limites d'une couche vectorielle qui joue le rôle de masque.
- Dans l'exemple qui suit, on découpe la couche **mnt.tif** aux limites de la couche **compart.shp**. Nommer le nouveau fichier **mnt_foret.tif**. Vérifier que l'option « Faire coïncider l'emprise du raster découpé avec l'emprise de la couche de masque » soit décochée.

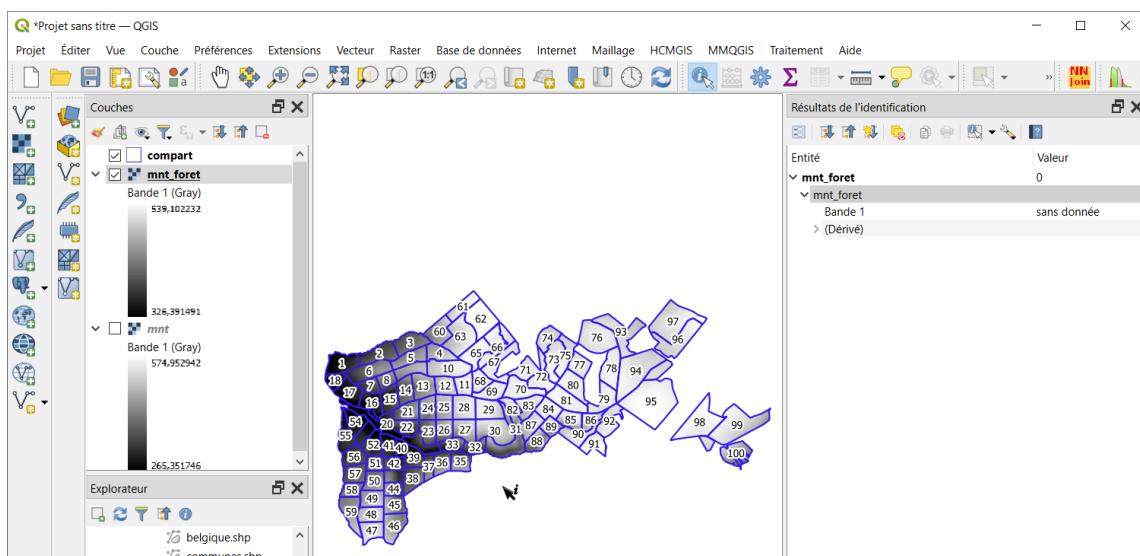


- Le résultat devrait se présenter comme dans la figure qui suit.



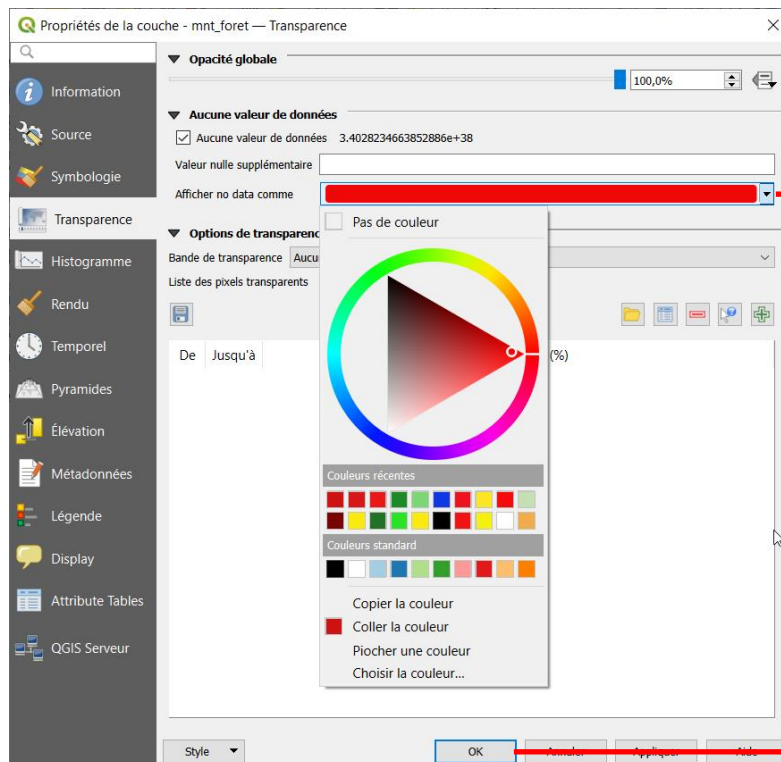
1.19 Gestion des « nodata »

- L'exemple précédent permet d'aborder la gestion des valeurs « nodata » dans les couches rasters. Dans la couche **mnt_foret.tif**, tous les pixels qui se trouvent en dehors de la zone délimitée par la couche **compart** contiennent une valeur « nodata ».
- Sélectionner l'outil d'information () et cliquer à un endroit de la couche raster situé en dehors de la zone délimitée par la couche **compart**. La valeur affichée est « sans donnée ».



- Par défaut, ces pixels sont affichés en mode transparent.

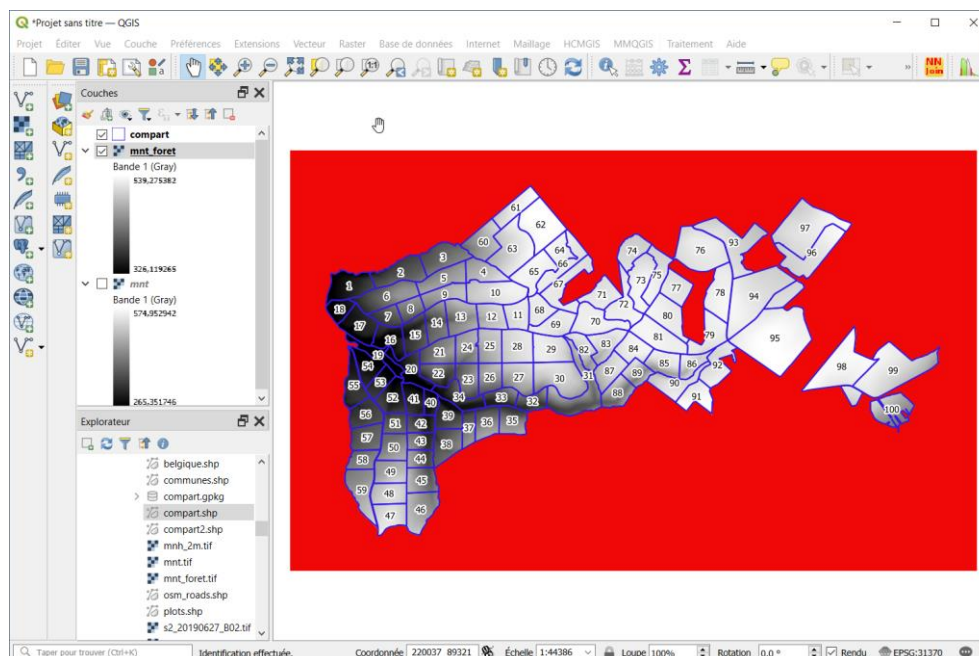
- Pour modifier l’affichage des valeurs « nodata », il faut accéder à l’onglet « Transparence » des propriétés de la couche **mnt_foret.tif**.



Ouvrir la boîte de dialogue « Afficher no data comme » et choisir la couleur rouge.

Valider ensuite le choix en cliquant sur « OK »

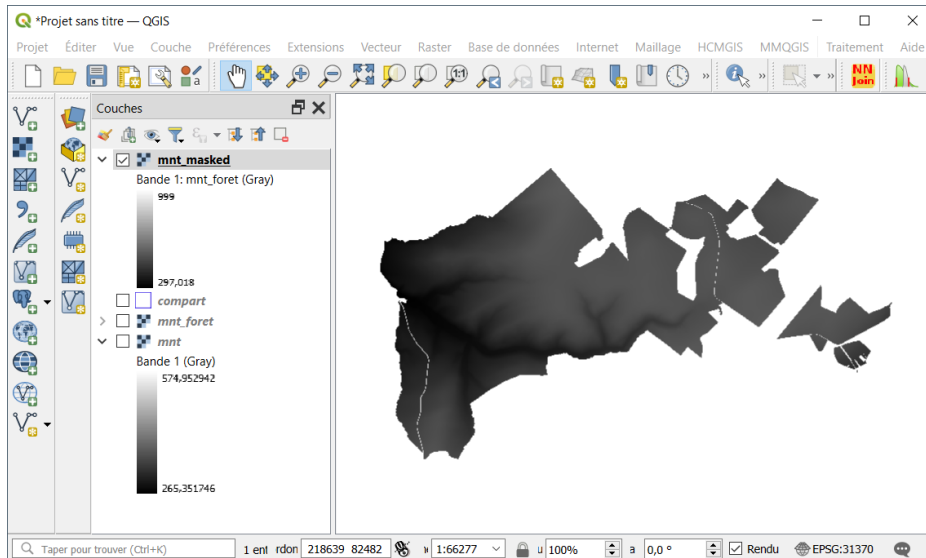
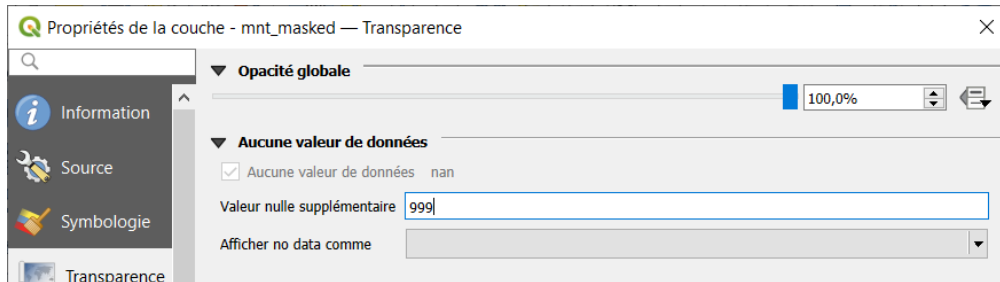
- Les pixels « nodata » sont maintenant affichés en rouge.



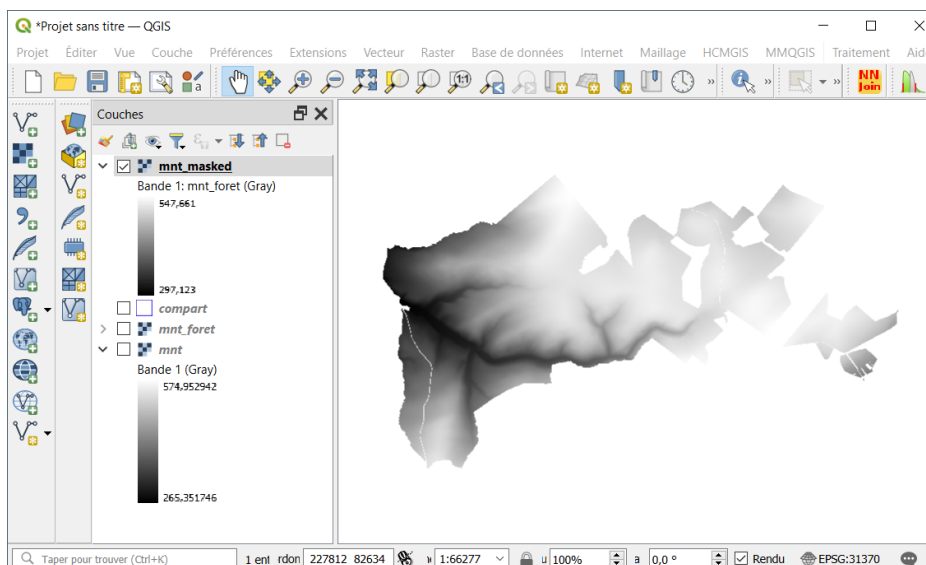
- Pour revenir à un affichage des « nodata » en mode transparent, il faut retourner dans les propriétés de la couche et sélectionner l’option « Pas de couleur » présente dans la boîte de dialogue présentée ci-dessus.



- Remarque importante :** l'onglet « Transparence » permet aussi de choisir la valeur numérique qui joue le rôle de « nodata ». Pour l'illustrer, afficher la couche **mnt_masked.tif**. Cette couche est assez semblable à la couche **mnt_foret.tif** qui vient d'être produite au paragraphe précédent. La différence tient au fait que la valeur des pixels situés en dehors de la zone délimitée par la couche **compart** (valeur = 999) n'est pas reconnue comme « nodata ». Pour faire en sorte que cette valeur soit assimilée au « nodata », il suffit d'aller dans l'onglet « Transparence » et d'associer « nodata » à la valeur 999.



999 : non reconnu
comme « nodata »



999 : reconnu comme
« nodata »

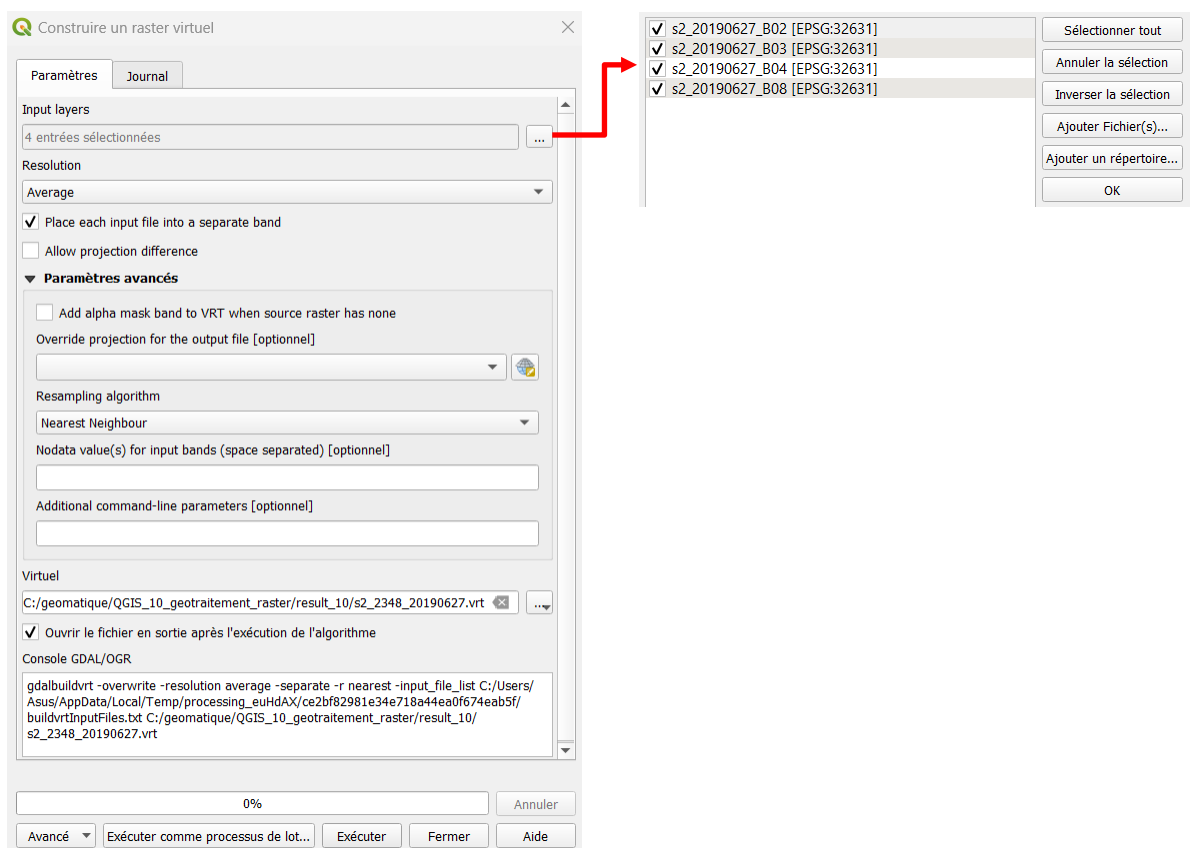
1.20 Empiler différents rasters pour produire un raster multi-bandes

- L'empilement de plusieurs couches rasters mono-bandes pour produire un raster multi-bandes peut être réalisée de deux manières : avec la commande « Fusion » de la librairie GDAL pour produire un raster en « dur », ou avec l'outil « Construire un raster virtuel » de la librairie GDAL, qui va générer un raster virtuel (voir § 1.12).
- Afficher les images **s2_20190627_B02.tif**, **s2_20190627_B03.tif**, **s2_20190627_B04.tif** et **s2_20190627_B08.tif** correspondant aux bandes B02, B03, B04 et B08 d'un extrait de l'image Sentinel-2 du 27 juin 2019 sur la zone de la forêt de Saint-Michel.

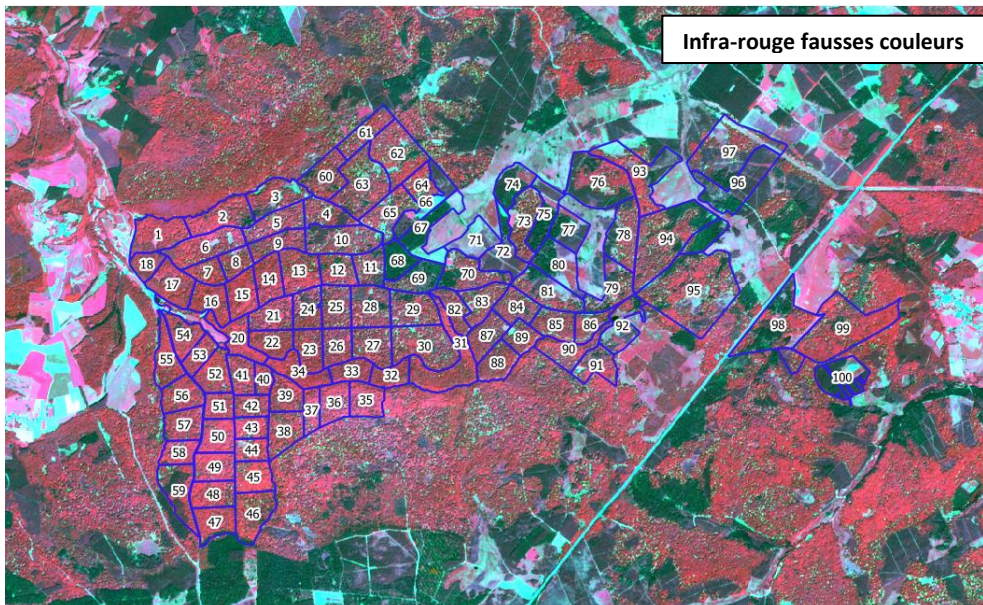
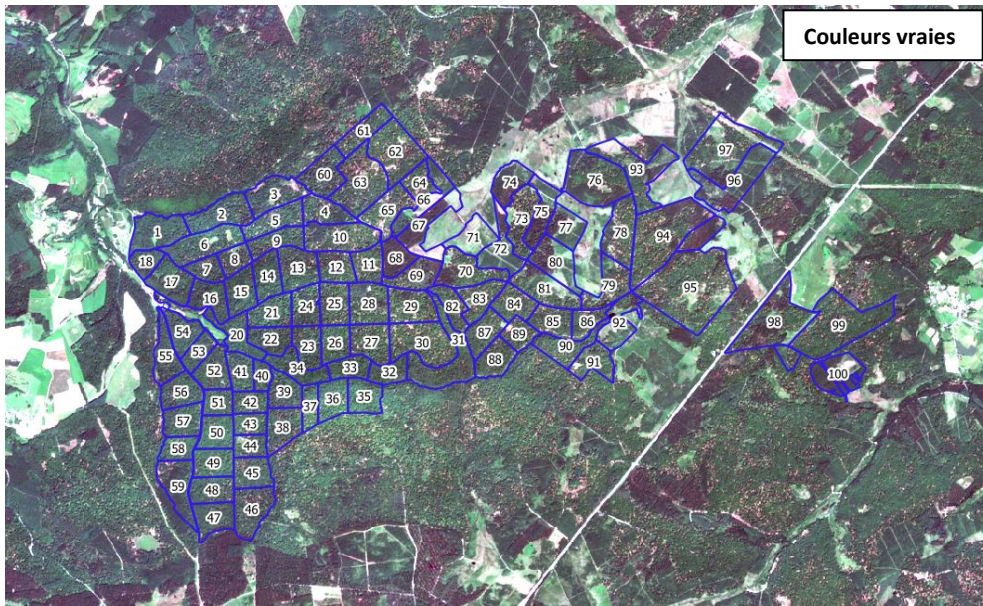


Produire, sur la zone de la forêt de Saint-Michel, une image multi-bandes correspondant à l'empilement des quatre images Sentinel-2 mono-bandes. Présenter le résultat sous la forme d'une composition colorée « couleurs vraies » et « infra-rouge fausses couleurs ».

- Afficher l'interface de l'outil « Construire un raster virtuel » et définir les paramètres comme dans la figure suivante. Exécuter ensuite la commande.



- Produire ensuite deux compositions colorées, respectivement « couleurs vraies » (RGB : 123) et « infra-rouge fausses couleurs » (RGB : 432).





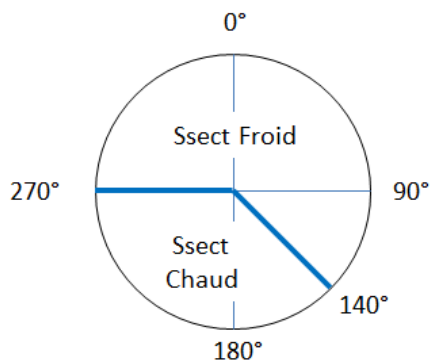
1.21 Exercices supplémentaires



Produire, sur la zone de la forêt de Saint-Michel, une carte combinant pente et exposition sous la forme de trois « sous-secteurs » : chaud (ssC), froid (ssF) et neutre (ssN). Le ssN correspond aux pentes inférieures à 10°. Le ssC combine une pente $\geq 10^\circ$ et une exposition comprise entre 140° et 270° ($140^\circ < \text{exposition} \leq 270^\circ$). Le ssF correspond aux autres situations.

On souhaite supprimer du résultat final tous les groupes de moins de 20 pixels d'une même valeur.

- Afficher les couches **pente_deg.tif** et **expo.tif** produites dans l'exercice du § 1.4. Sinon, recréer ces deux couches au départ de la couche **mnt.tif**.
- Pour rappel, l'exposition représente l'azimut de la pente du terrain. L'exposition « Nord » correspond à une valeur de 0° (ou 360°), alors que l'exposition « Sud » prend une valeur de 180°.

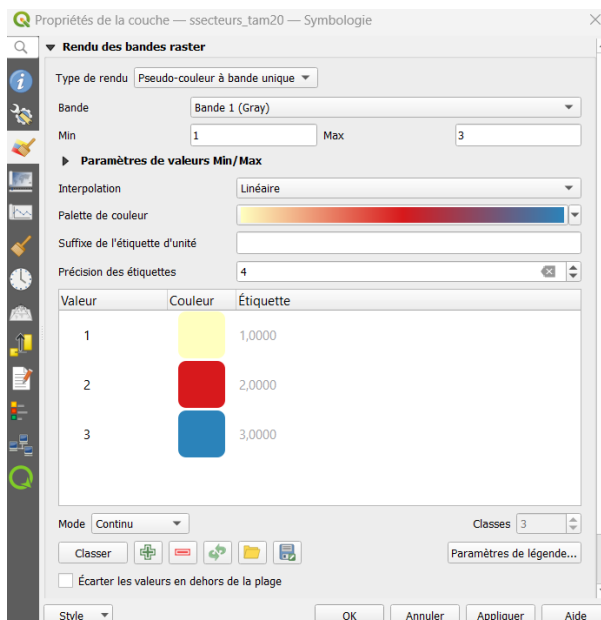
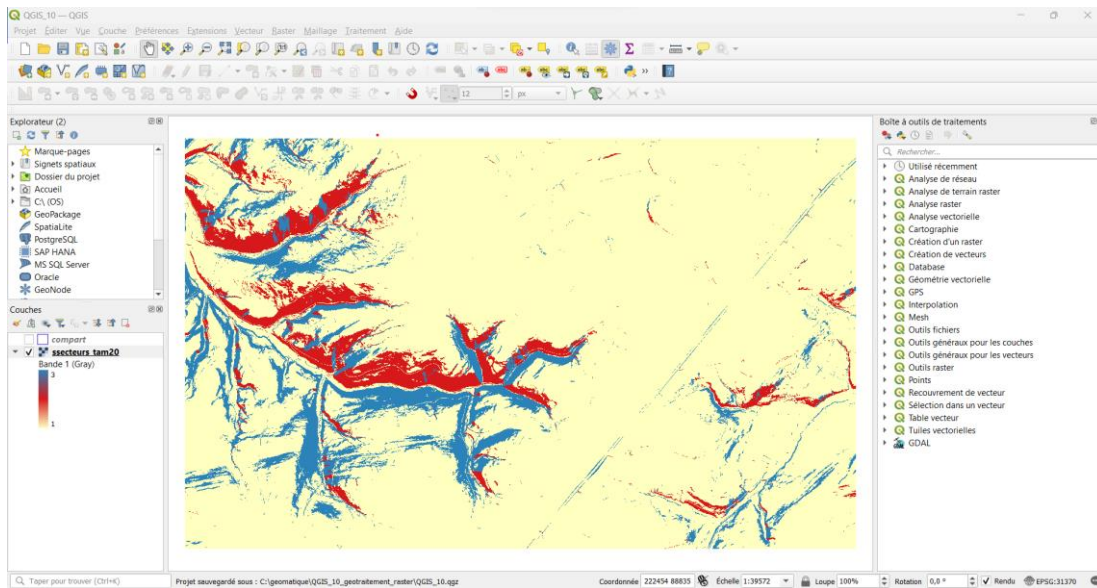


- Afficher la calculatrice de champ et créer une expression permettant de traduire les critères de définition des sous-secteurs. Le résultat doit se présenter sous la forme d'un raster prenant la valeur 1 (ssN), 2 (ssC) ou 3 (ssF).



Remarque : essayer de construire l'expression sans aide. La solution est présentée à la page suivante.

- Pour simplifier la couche résultat, appliquer un tamisage pour supprimer les groupes de moins de 20 pixels. Nommer le raster final **ssecteurs_tam20.tif**.
- Le résultat final devrait se présenter comme dans la figure suivante.



- L'expression ci-dessous combine les différentes conditions permettant de différencier les trois sous-secteurs. Les différentes conditions utilisées sont mutuellement exclusives. Chacune d'entre elle est multipliée par le numéro de la classe du sous-secteur qu'elle représente.

Expression de la calculatrice raster

```
("pente_deg@1" < 10) * 1
+ ("pente_deg@1" >= 10) * ("expo@1" > 140) * ("expo@1" <= 270) * 2
+ ("pente_deg@1" >= 10) * ("expo@1" <= 140) * 3
+ ("pente_deg@1" >= 10) * ("expo@1" > 270) * 3
```

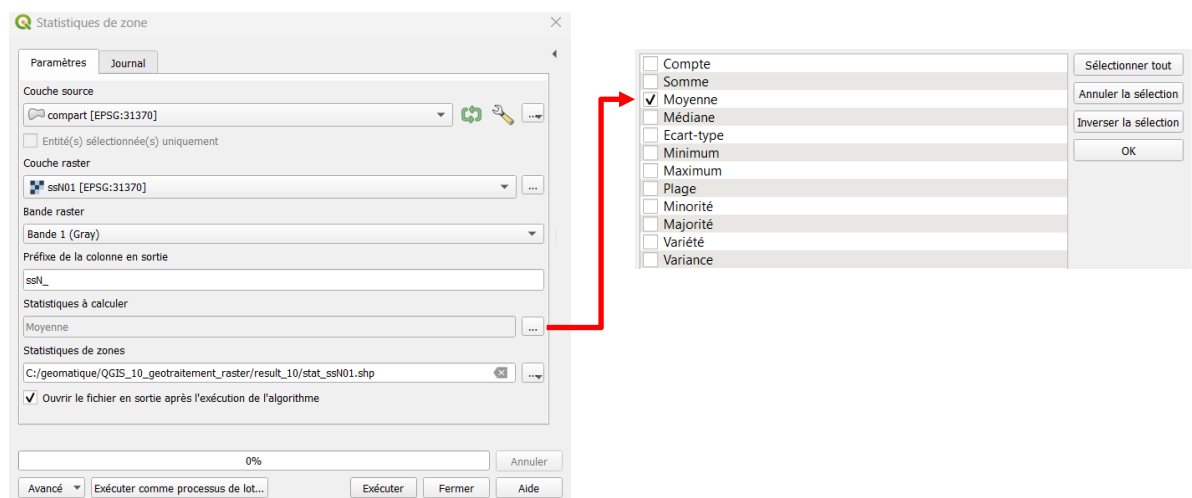


Calculer la proportion des trois sous-secteurs au sein de chaque compartiment de la forêt de Saint-Michel. Ces derniers sont délimités dans la couche **compart.shp**.

- Le calcul d'une proportion peut s'opérer en mode vectoriel par un croisement de couches. En mode raster, l'approche la plus simple consiste à utiliser l'outil de statistique zonale, en considérant des couches binaires. La moyenne calculée sur une telle couche donne la proportion de présence au sein des différentes zones.
- Dès lors que l'on s'intéresse à la proportion des trois classes, il convient au préalable de produire des couches binaires renseignant la présence/absence de chaque sous-secteur. Ensuite, une statistique zonale peut être calculée par rapport à chaque couche binaire.
- La figure suivante représente l'expression à introduire dans la calculatrice raster pour produire une couche binaire représentant la présence/absence du sous-secteur neutre. Nommer la couche produite **ssN01.tif**.



- Remarque : le raster **ssecteurs_tam20.tif** correspond au résultat final de l'exercice précédent.
- Utiliser ensuite l'outil « Statistiques de zone » pour calculer la moyenne du raster binaire qui vient d'être produit. Nommer la couche **stat_ssN01.shp**.



- Définir correctement le préfixe pour identifier correctement à quel sous-secteur il correspond. Dans la figure ci-dessus, on utilise le préfixe ssN_ pour le sous-secteur neutre.
- Appliquer le même procédé pour les sous-secteurs chaud et froid.
- Joindre à la table d'attributs de la couche **compart.shp** les champs ssN_mean, ssC_mean et ssF_mean contenus dans les couches créées au point précédent.
- La figure qui suit présente le contenu de la table d'attributs à l'issue des différentes étapes.

compart — Total des entités: 200, Filtrées: 200, Sélectionnées: 0

| | NUM_PROP | NUM_COMP | ssN_mean | ssC_mean | ssF_mean |
|----|----------|----------|------------------|-------------------|------------------|
| 1 | 1237 | 32 | 0,13321959722... | 0,63739198160... | 0,22938842116... |
| 2 | 1237 | 23 | 0,26283506268... | 0,3715953307393 | 0,36556960657... |
| 3 | 1237 | 99 | 0,94330876206... | 0,00776823635... | 0,04892300157... |
| 4 | 1237 | 74 | 1,00000000000... | 0 | 0 |
| 5 | 1237 | 49 | 0,72623705714... | 0 | 0,27376294285... |
| 6 | 1237 | 24 | 0,63315788038... | 0,2983609239916 | 0,06848119562... |
| 7 | 1237 | 15 | 0,43510905420... | 0,32056521096... | 0,24432573482... |
| 8 | 1237 | 91 | 0,98993030785... | 5,4875706525e-... | 0,01001481644... |
| 9 | 1237 | 66 | 1,00000000000... | 0 | 0 |
| 10 | 1237 | 41 | 0,75399484536... | 0,01159793814... | 0,23440721649... |


Montrer toutes les entités

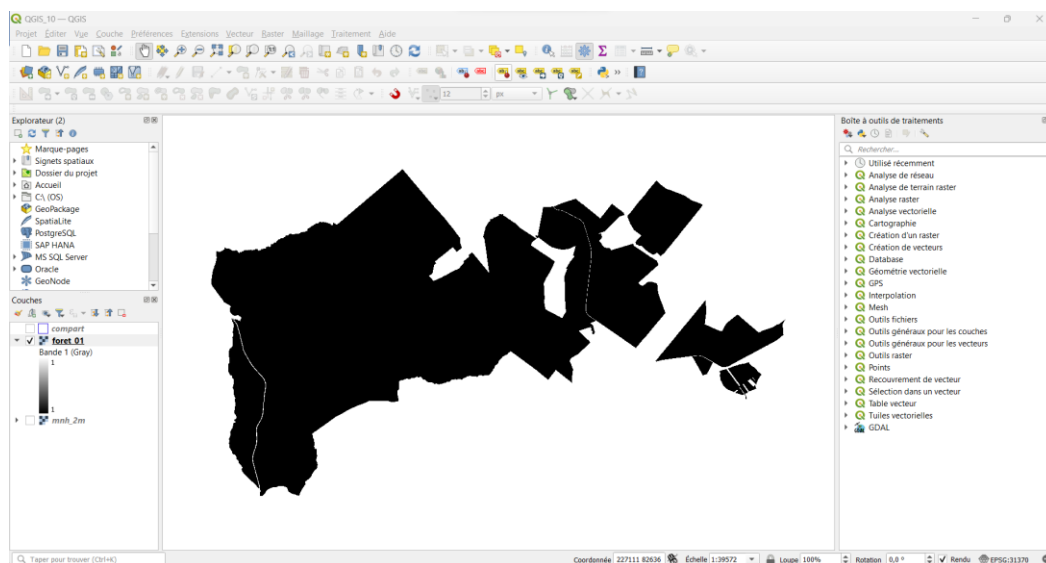


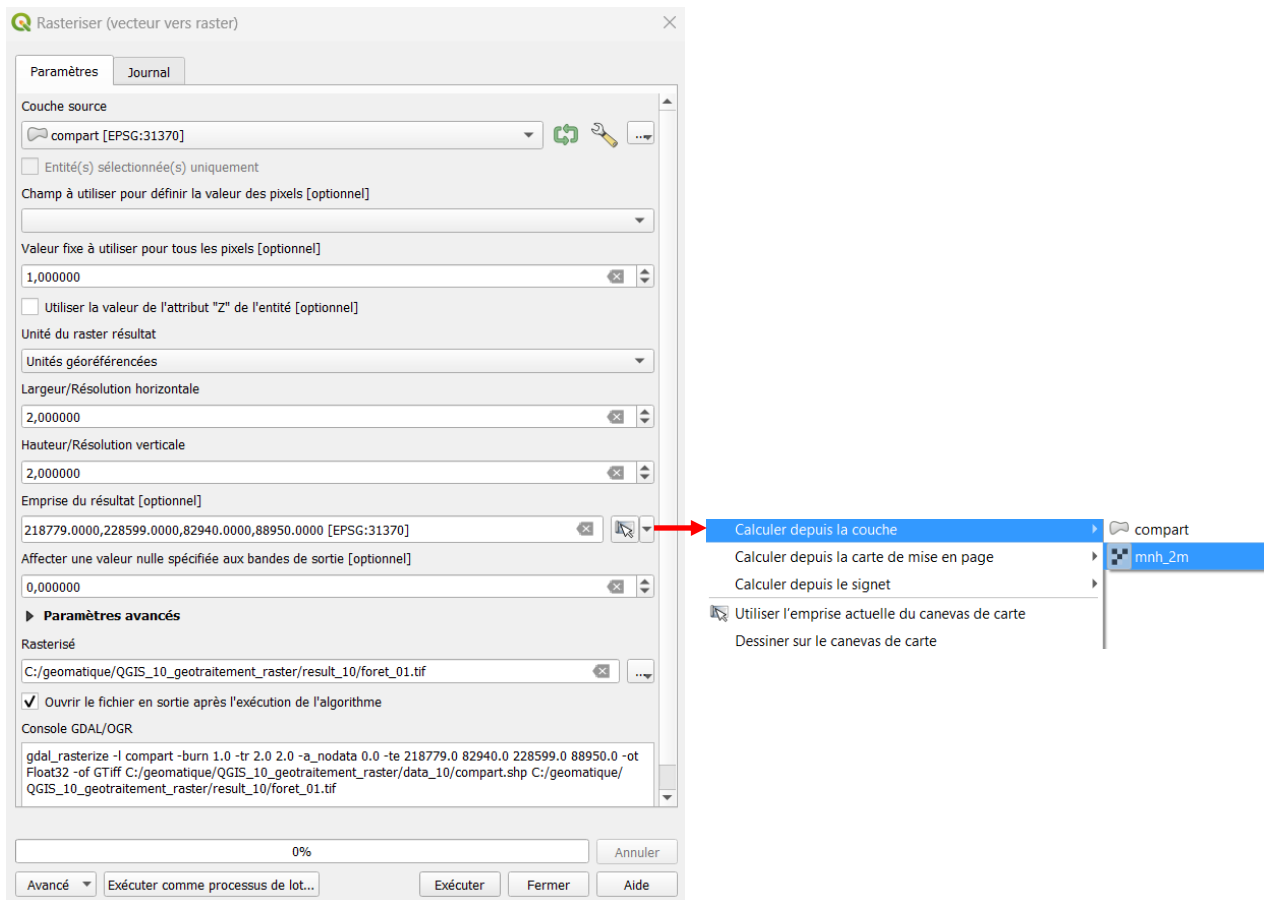
Produire une couche vectorielle (polygones) décrivant les zones non-boisées dans la forêt de Saint-Michel. Baser la définition de ces zones non-boisées sur la couche **mnh.tif** (modèle numérique de hauteur) et une valeur seuil de 4 m de hauteur. Supprimer les entités dont la surface est < 5 ares.

- Afficher les couches **mnh_2m.tif** et **compart.shp**.



- **Remarque importante** : la couche **mnh_2m.tif** exprime la hauteur du couvert végétal ou celle des constructions présentes à la surface du sol. **Cette hauteur est exprimée en cm !**
- Utiliser l'outil de rasterisation ( **Rasteriser (vecteur vers raster)**) pour générer un masque raster correspondant à l'emprise de la forêt (la version vectorielle est donnée par la couche **compart.shp**). Le raster contenant ce masque doit présenter les mêmes caractéristiques géométriques (emprise et résolution) que la couche **mnh_2m.tif**. Les pixels contenus dans le masque prennent la valeur « 1 ». les pixels hors du masque sont codés en « nodata ».
- Nommer le résultat **foret_01.tif**. Il devrait se présenter comme dans la figure suivante. Le détail de la commande à utiliser pour obtenir ce résultat est présenté à la page suivante.

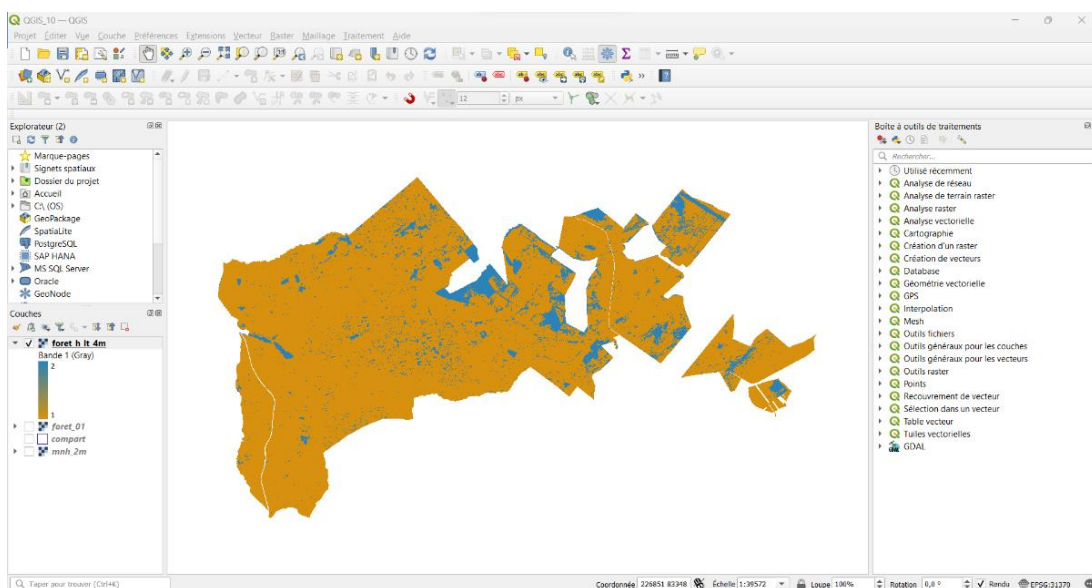




- Combiner ensuite le masque forestier et le MNH pour identifier les pixels « forêt » dont la hauteur de végétation est < 4 m (< 400 cm). Nommer la couche résultante **foret_h_It_4m.tif**.



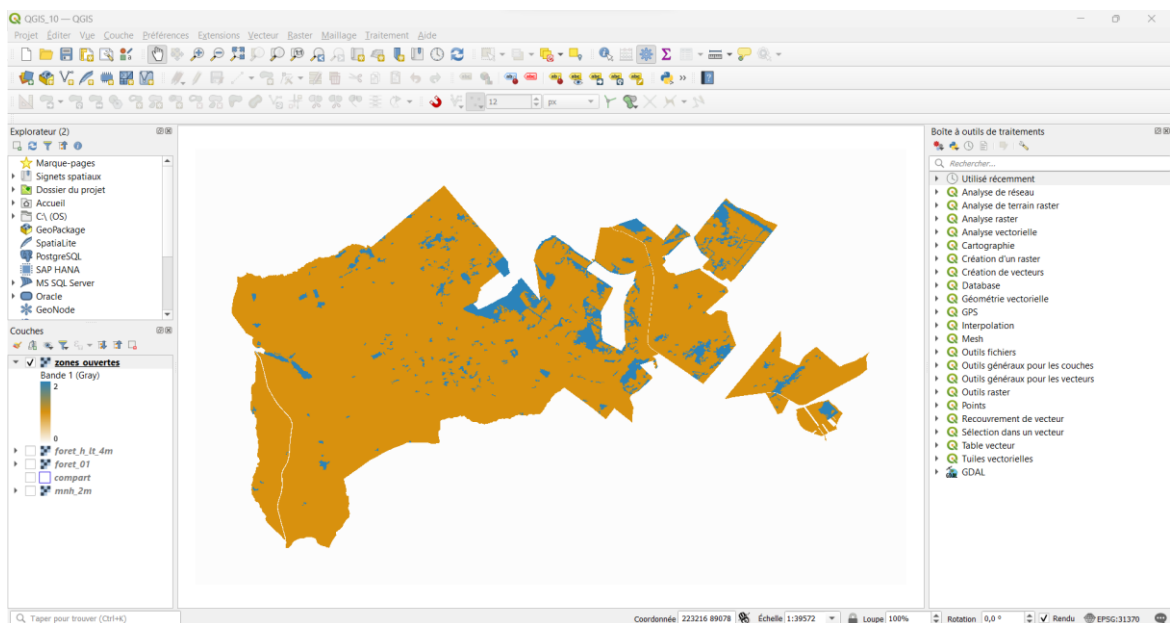
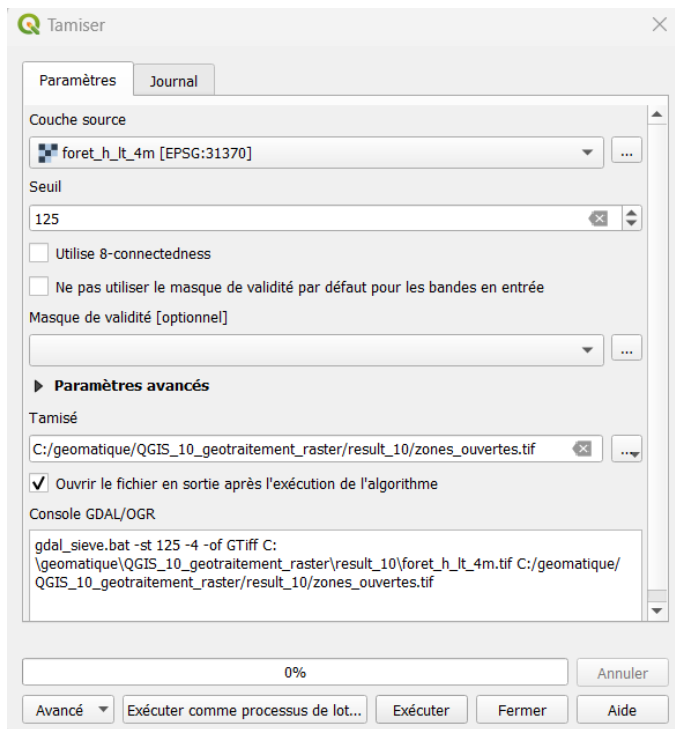
- **Remarque** : essayer de construire cette nouvelle couche sans aide. Elle devrait ressembler à la figure suivante. La commande permettant d'obtenir ce résultat est présentée ci-dessous.



Expression de la calculatrice raster

```
"foret_01@1" * ("mnh_2m@1" < 400) + 1
```

- Appliquer ensuite le filtre de tamisage pour supprimer les groupes de pixels de taille inférieure à 5 ares. Nommer le résultat **zones_ouvertes.tif**.



- La dernière étape consiste à vectoriser la couche raster.



- Le shapefile tel que présenté dans la figure suivante ne contient plus que les polygones dont l'attribut [DN] prend la valeur 2. Les autres polygones ont été préalablement sélectionnés puis supprimés.

