

8 - Traitement des données Raster



Juin 2022

Juin 2022



Table des matières

Objectifs	5
Introduction	7
I - Les modèles numériques de terrain (MNT)	9
A. Ouvrir un modèle numérique de terrain (MNT).....	9
B. Visualiser un MNT dans une vue 3D.....	14
C. Analyse d'un MNT.....	17
D. Le menu Raster pour le traitement des MNT.....	23
E. Exercice 17 : analyse d'un MNT.....	29
II - Les images raster	31
A. Informations sur les images raster.....	31
B. Construire une table virtuelle raster (VRT).....	35
C. Exercice 18 : Construire un VRT.....	36
D. Les commandes de la barre d'outils Raster.....	37
E. Le géoréférencement.....	39
F. Manipulations sur les images raster.....	50
G. Images satellitaires - exemple de LANDSAT 8.....	56
III - D'autres outils pour les données raster	63
A. Les autres outils de traitement de données raster.....	63
B. Exercice 19 : calcul de proximité Raster.....	66
IV - Les Maillages	69

A. Travailler avec des données maillées (mesh).....	69
B. Exemple d'utilisation des données maillées.....	70

Solution des exercices	79
-------------------------------	-----------





Objectifs

Ce module va vous permettre de découvrir :

- les modèles numériques de terrain (MNT) tels que la BD Alti et les données Lidar
- les images raster, comme les scans, la BD Ortho et les images satellitaires.
- Les maillages (mesh)





Introduction

Les données raster dans les SIG correspondent à des matrices de cellules rectangulaires de même dimension qui représentent des objets. Les données raster typiques sont :

- Les modèles numériques de terrain où la cellule de base correspond à la maille élémentaire portant l'altitude.
- Les cartes scannées et les orthophotos aériennes ou satellitaires pour lesquelles chaque pixel de l'image correspond à une cellule de base de la matrice ;

Les données raster ne sont pas associées à des données attributaires. QGIS utilise la bibliothèque GDAL pour lire et écrire les données raster, ce qui représente une centaine de formats différents.

Pour exploiter les maillages, QGIS utilise la bibliothèque *MDAL*¹.

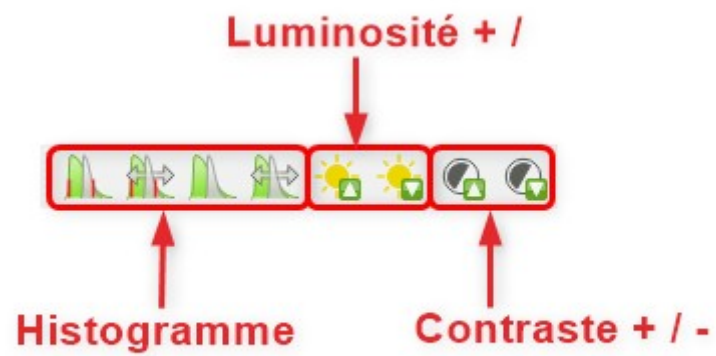
Beaucoup de commandes présentées dans ce module s'appliquent de la même manière aux modèles numériques de terrain et aux images raster.

Les commandes expliquées dans ce module peuvent être *soit des commandes par défaut de QGIS, soit des extensions*. Le caractère facultatif de ces dernières peut conduire à ce que certaines commandes décrites ci-après n'apparaissent pas dans les menus, auquel cas il faut les activer, voire les installer, via le menu "Extension".

Barre d'outils Raster

Pour manipuler les données raster, il est conseillé d'activer la barre d'outils Raster qui propose les outils suivants (variable suivant l'activation des extensions). Ces outils seront examinés plus loin dans le module.

1 - <https://www.mdal.xyz/>




Barre d'outils Raster


Les modèles numériques de terrain (MNT)

Ouvrir un modèle numérique de terrain (MNT)	9
Visualiser un MNT dans une vue 3D	14
Analyse d'un MNT	17
Le menu Raster pour le traitement des MNT	23
Exercice 17 : analyse d'un MNT	29

A. Ouvrir un modèle numérique de terrain (MNT)

Ouverture du MNT et représentation par défaut

Un modèle numérique de terrain (MNT) s'ouvre en utilisant la commande "Menu - Ajouter une couche raster" ou le bouton correspondant dans la barre d'outils.  La fenêtre s'ouvre sur le Gestionnaire des sources de données.

Cliquer sur  puis sur Appliquer et sélectionner le système de coordonnées de référence de la couche.

Nb : la fenêtre de sélection du SCR s'ouvre uniquement si l'option "demander le SCR" à la création ou l'ouverture d'une nouvelle couche est activé dans les *Préférences* -> *options* -> *SCR*.

Par défaut, la couche s'ouvre avec une représentation correspondant au type de rendu « **Bande grise unique** » que l'on pourra modifier si l'on veut un affichage visuellement plus satisfaisant, par exemple en couleurs.



Remarque : Amélioration du contraste des images

La représentation du fichier peut être uniformément grise, ce qui se produit lorsque l'histogramme n'est pas "étiré", ce qui signifie que l'ensemble des pixels n'est pas bien réparti entre les tons clairs et les tons foncés. Il faut donc "améliorer le contraste" (comme pour une photo !) :

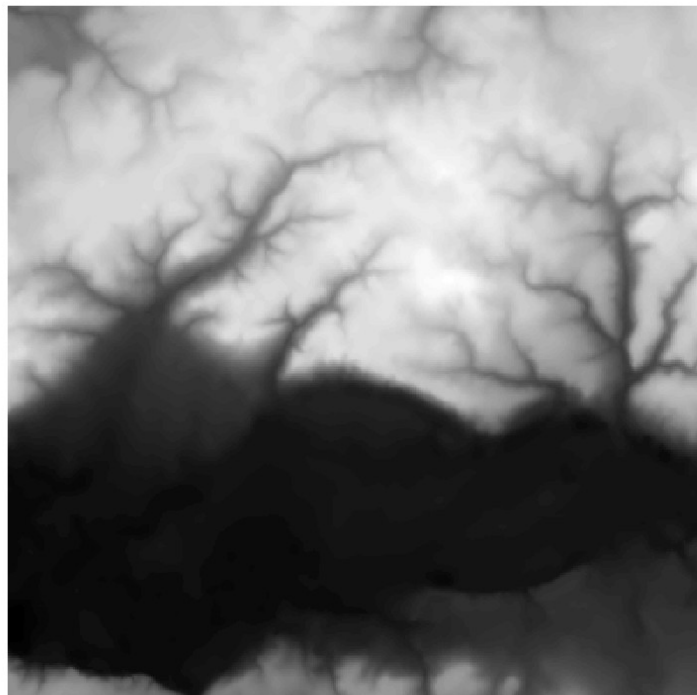
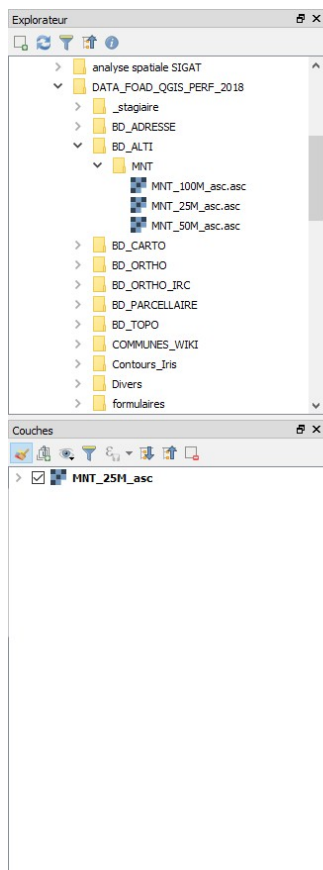
- soit en passant par les propriétés de la couche à l'onglet « **Symbologie** » (« **Amélioration du contraste** », choisir Étirer jusqu'au MinMax) ;

- soit en cliquant sur un des boutons Histogramme de la boîte à outils Raster



Le choix d'étirer par défaut l'histogramme à l'ouverture d'une couche raster se fait dans les préférences : Options - Rendu - Rasters

Nous reviendrons un peu plus loin sur ces manipulations de l'histogramme



Format du fichier du MNT

Il existe de nombreux formats pour les fichiers de **modèles numériques de terrain (MNT)**, mais nous utilisons le format ASC qui est notamment fourni par l'IGN pour distribuer les MNT de la BD Alti. Ce format de fichier (lisible par n'importe quel éditeur de texte) contient dans son en-tête les informations permettant à QGIS de positionner les cellules de la matrice :

ncols 401 (*nombre de colonnes de la matrice*)

nrows 401 (*nombre de lignes de la matrice*)

xllcorner 464987.50 (*abscisse du point situé en bas à gauche de la zone modélisée*)

yllcorner 6734987.50 (*ordonnée du point situé en bas à gauche de la zone modélisée*)

cellsize 25.00 (*taille de la cellule de base : ici, le pas du MNT est de 25 mètres*)

NODATA_value -9999 (*valeur qui indique l'absence de données pour la cellule considérée, notamment lorsque la cellule est en-dehors de l'emprise modélisée*)

Puis les données d'altitude (ici en mètres) : 401 lignes contenant chacune 401 valeurs :

51 52 52 52 52 51 52 55 58 58 59 [....]



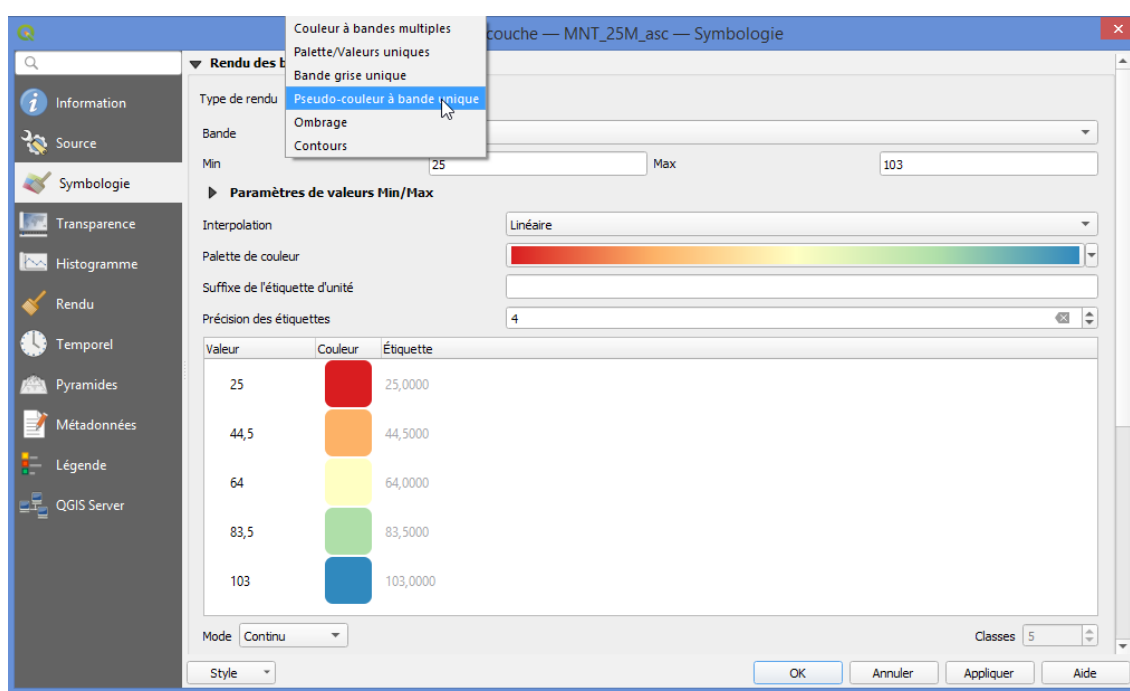
Méthode : Création de la (pseudo) palette de couleurs dans les propriétés de la couche

Pour obtenir une représentation en couleur des altitudes du MNT, il faut donc modifier le type de rendu de la couche. Cela s'obtient en passant par les *propriétés de la couche* et plus particulièrement l'onglet "Symbologie" (double-clic sur la couche dans le gestionnaire de couches). On peut également passer par le Panneau de style de couche (panneau détachable contenant les outils de symbologie et de rendu).

On va utiliser le type de rendu « **Pseudo-couleur à bande unique** » qui va remplacer les pixels gris par des pixels colorés.

La palette de couleur est créée comme suit :

- Sélectionner la couche raster dans le gestionnaire de couche
- Afficher les propriétés de la couche, onglet Symbologie. La couche s'ouvre avec le type de rendu par défaut « **Bande grise unique** » car à chaque cellule de la matrice est associé une seule valeur, l'altitude.
- Choisir « **Pseudo-couleur à bande unique** » dans la liste déroulante .




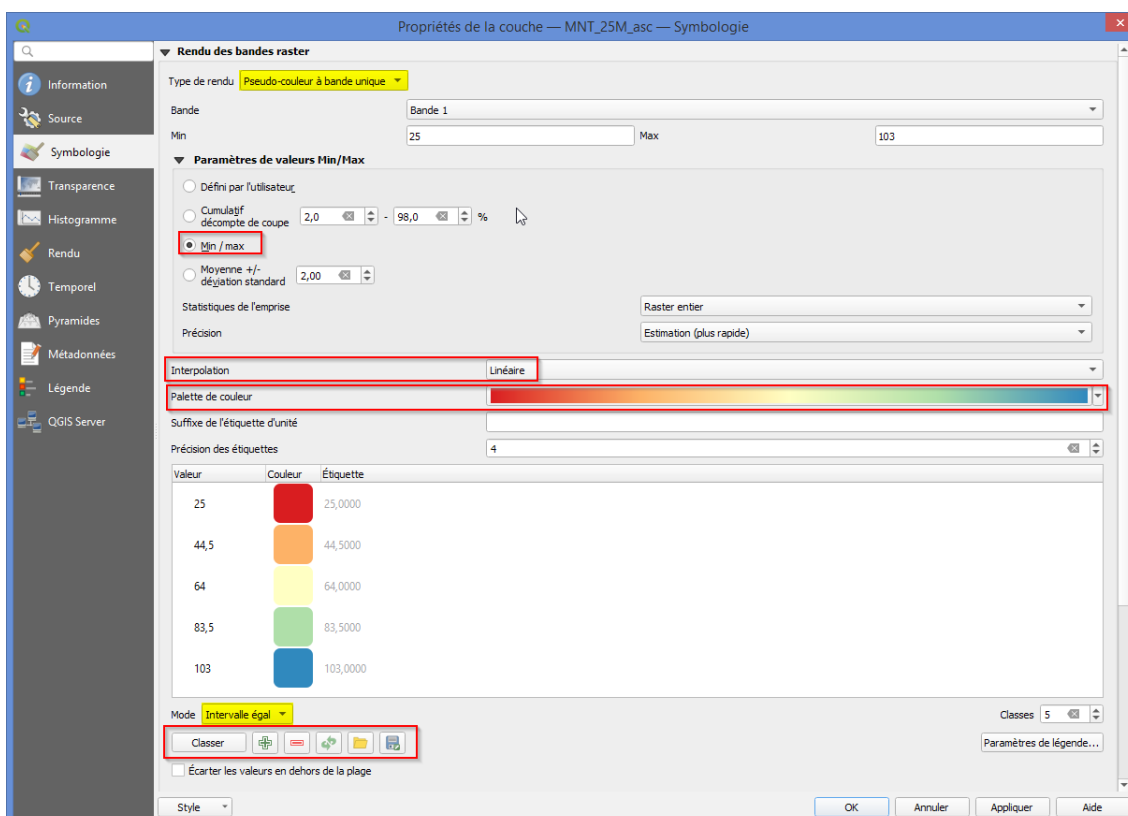
style palette de couleur

Le menu suivant permet de paramétrer le style du MNT, c'est-à-dire définir les couleurs qui seront utilisées pour représenter les valeurs de l'altitude :

- interpolation des couleurs :
 - Linéaire : les couleurs seront interpolées linéairement entre les couleurs définies pour les différentes valeurs ;
 - Discret : les couleurs seront identiques pour toutes les valeurs d'une même classe ;
 - Exact : les couleurs seront affectées uniquement aux cellules ayant la

valeur définie.

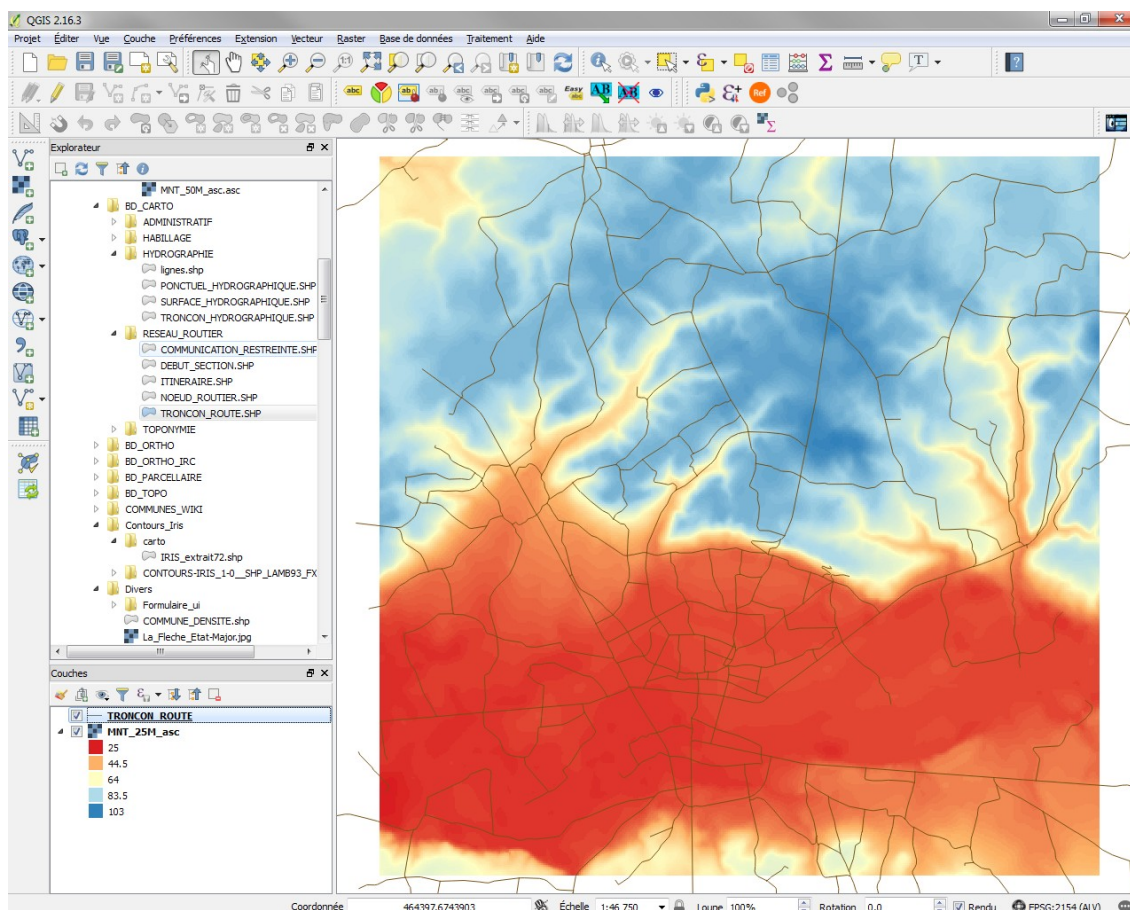
- il faut ensuite ajouter des "entrées" c'est-à-dire définir les couleurs qui seront associées aux valeurs de l'altitude :
 - soit en ajoutant les entrées une par une en cliquant sur le bouton **Ajouter une valeur**  de la petite barre d'outils située en dessous ;
 - soit en générant, une nouvelle palette de couleurs :
 - la palette de couleurs peut être soit choisie parmi celles qui sont disponibles dans le gestionnaire de symbole soit en créant une nouvelle palette (faire défiler la liste déroulante des palettes) et le sens des couleurs d'une palette peut être inversé en cohérence avec les valeurs correspondantes ;
 - le mode de classification est soit « **Intervalle égal** » en choisissant le nombre de classes soit « **Continu** » où le nombre de classes est choisi par QGIS en fonction des valeurs min/max, soit "**quantiles**" ;
 - pour aider à la détermination des classes de valeur, la **valeur minimum** et la **valeur maximum** sont indiquées en haut de la boîte de dialogue (et peuvent être changées) ;
 - lorsque le paramétrage est effectué, cliquer sur **Classer** ;
 - on peut modifier manuellement le classement automatique en double-cliquant sur chaque classe ou en utilisant les boutons de la barre d'outils.



entrées de la palette de couleur

Afin de vérifier le résultat obtenu, cliquer sur "Appliquer" pour appliquer la palette de couleurs sans sortir de la fenêtre des propriétés ou sur "OK" pour appliquer la palette et revenir à la carte.


A noter que si on utilise le panneau de style de couche, la mise est jour peut se faire en direct, permettant une visualisation plus aisée des modifications de style.



résultat de la palette de couleurs



Complément : Sauvegarder le classement

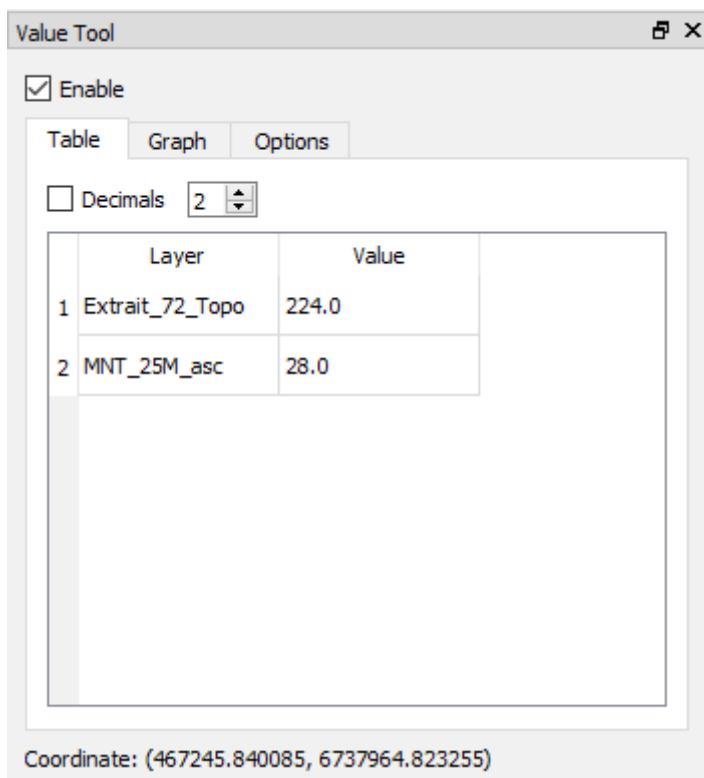
Il est possible de sauvegarder cette liste des entrées sous forme d'un fichier TXT avec le bouton  "Exporter une palette de couleurs vers le fichier" pour la réutiliser par la suite.




Conseil : Identifier les valeurs des cellules

Il peut-être utile avant d'effectuer des traitements sur une couche raster, mais aussi tout au long des traitements, d'identifier les valeurs des cellules pour avoir une idée des résultats attendus.

Le plugin "Value Tool" renseigne dans un panneau les valeurs des pixels survolés.



Plugin 'Value Tool'

On peut aussi utiliser l'outil "identifier les entités"  en sélectionnant la couche du MNT dans le gestionnaire de couche puis en cliquant sur les pixels.


B. Visualiser un MNT dans une vue 3D

La visualisation native de QGIS pour les données 3D se fait dans *les vue cartographique 3D*

Pour dérouler un exemple ouvrir la couche 'MNT_25M_asc' de la BdAtlti...

Il s'agit d'un modèle numérique de terrain (MNT) qui peut être visualisé dans une vue cartographique 3D.

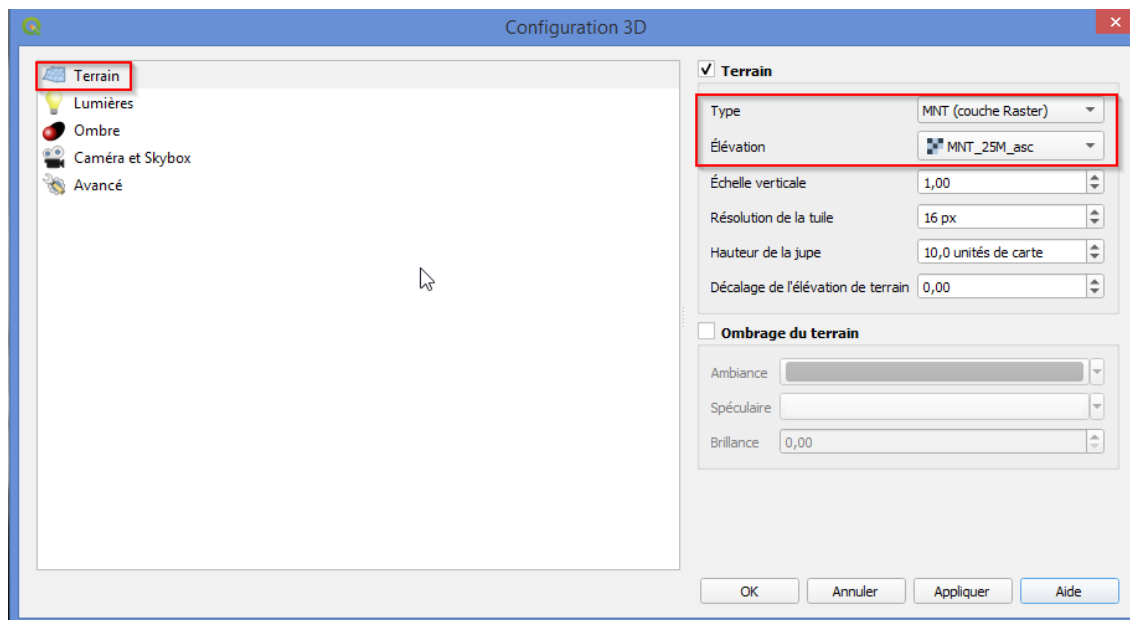
Menu Vue -> Nouvelle vue cartographique 3D

Il faut affecter à cette nouvelle vue, la couche qui va servir de 'terrain' à la visualisation 3D. Cliquer sur  dans la vue cartographique 3D pour afficher la fenêtre de paramètres :

Le type de la couche '*terrain*²' peut-être '*terrain plat*', '*MNT (couche raster)*', '*En Ligne*', '*Mesh*' (ou maillage). Pour notre exemple, choisir '*MNT (couche raster)*' et sélectionner '*MNT_25M_asc*'

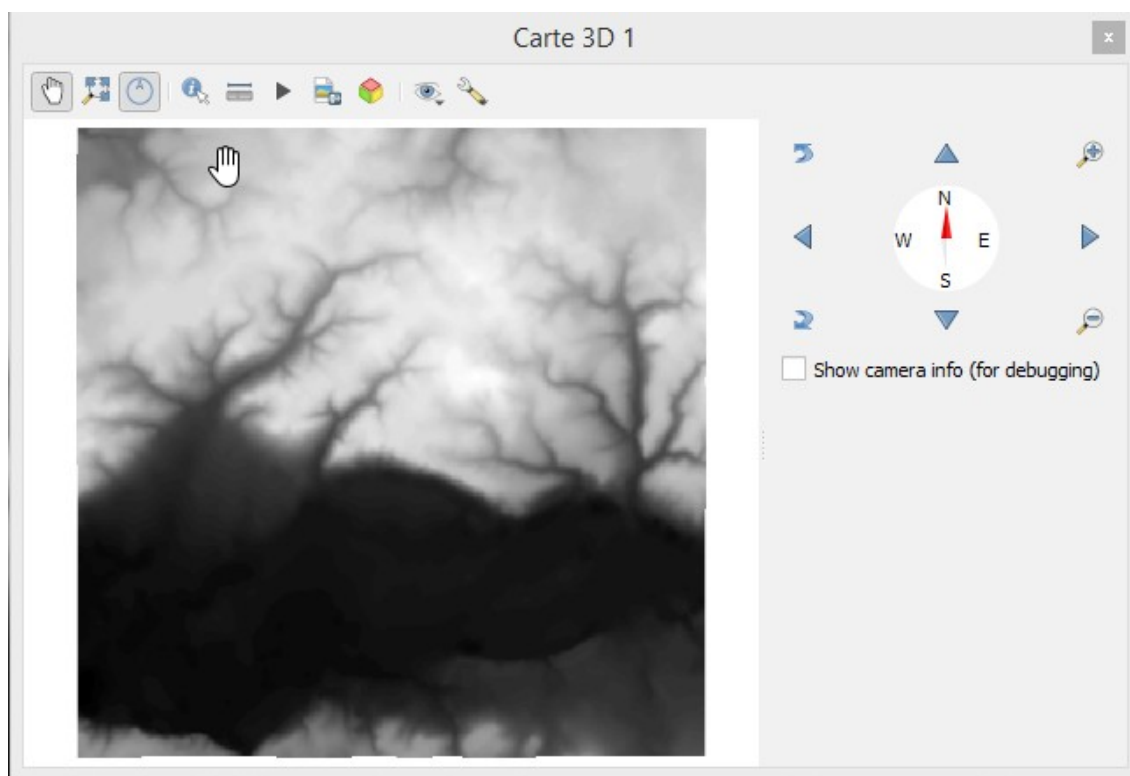
2 - https://docs.qgis.org/latest/fr/docs/user_manual/introduction/qgis_gui.html#terrain

Les modèles numériques de terrain (MNT)




Paramètres Vue 3D

Une fois le modèle de terrain défini, toutes les autres couches de données seront automatiquement découpées selon l'étendue du MNT.



Le contrôle de la navigation peut-être effectué avec le panneau à droite ou

directement à l'écran. Le bouton  permet de basculer d'un mode de navigation à l'autre.

Les navigations 'à l'écran' se font par des manipulations avec la souris et le clavier :

Inclinaison/rotation de la camera :

- Glisser la souris tout en maintenant la molette (bouton du milieu) enfoncé
- Glisser la souris tout en maintenant la touche SHIFT et le bouton gauche de la souris enfoncés

Zoom avant/arrière :

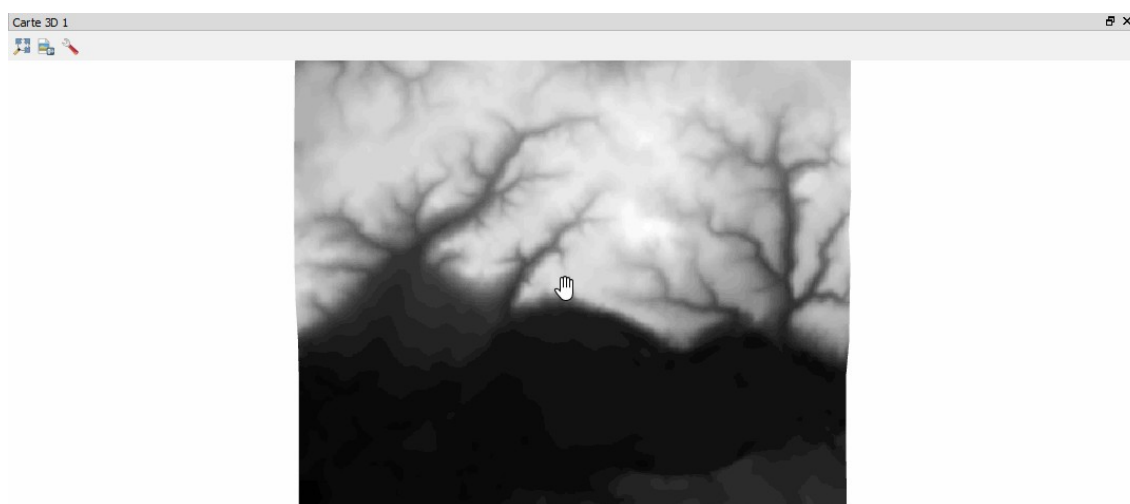
- Avec la molette de la souris
- Glisser la souris vers le haut/bas tout en maintenant le bouton droit de la souris enfoncé

Se déplacer sur la carte : mêmes manipulations que pour la vue 2D

- Glisser la souris avec clic gauche
- Touche haut/bas/droite/gauche du clavier

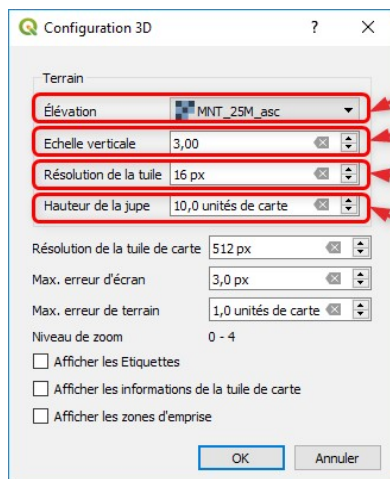
Un clic sur le bouton  réinitialise la vue de la camera.

Les options du panneau de navigation³ sont décrites dans la documentation de QGIS.



Navigation 3D

3 - https://docs.qgis.org/latest/fr/docs/user_manual/introduction/qgis_gui.html#navigation-options

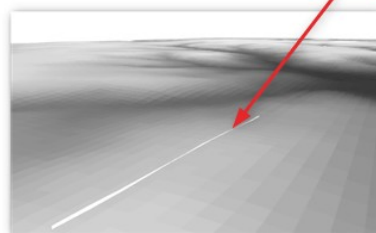


Couche raster à utiliser pour générer le terrain

Echelle de l'axe vertical.
Plus elle est grande plus les reliefs sont exagérés


Nombre de pixels échantillonnés pour créer une tuile 3D.
Plus le nombre est élevé, plus le résultat est détaillé

Augmenter la valeur permet de combler les fissures
sur la carte



Paramétrer une vue 3D

Créer une animation 3D

Il est possible d'exporter une série de vues au format Jpeg afin de les assembler dans un GIF animé ou dans une vidéo. Il faut utiliser le bouton  de la vue 3D.

Par défaut, la vidéo débutera avec la vue qui apparaît au moment de l'ouverture du menu d'animations. On peut changer l'angle de vue et le zoom pour définir successivement des '*images clés*' et indiquer leur position temporelle dans la vidéo.

QGIS réalisera une interpolation entre les vues clés pour créer la vidéo.

On peut exporter les images et utiliser un logiciel comme ImageMagick pour recréer une animation. Pour plus de détail voir par exemple le chapitre 'Créer une animation ou une vidéo' sur *cette page*⁴.


Sur la même page on trouvera un exemple d'utilisation du plugin QGIS2theejs qui reste une alternative pour créer des vidéos 3D avec QGIS.

C. Analyse d'un MNT



Remarque : Deux outils pour l'analyse du MNT

Comme souvent dans QGIS, certaines fonctions quasiment similaires sont disponibles par des méthodes différentes. Pour l'analyse du MNT, on peut utiliser :

- soit les commandes qui font partie du noyau du logiciel, incluses dans le module de traitements : les outils **"Analyse de terrain Raster"**;
- soit les commandes de GDAL **"Analyse raster"** inclus par défaut dans le menu Raster et caractérisés par l'icône 

Les différences portent souvent sur les possibilités de paramétrage des commandes.

4 - <https://briques-de-geomatique.readthedocs.io/fr/latest/rendu-carto.html>

La bibliothèque d'outils de traitement raster de GDAL propose toutefois de plus nombreuses commandes que QGIS. Nous reviendrons dessus dans la suite de la formation.

Il est à noter que **ces deux solutions créent des nouvelles couches raster** contenant le résultat de ces analyses de terrain (la couche originale du MNT n'est pas modifiée) qui peuvent donc être utilisées indépendamment du MNT.

Quels types d'analyse du MNT avec les outils "Analyse de terrain" ?

Les outils sont accessible dans la Boîte à outils de traitements - Analyse de terrain Raster et proposent de réaliser les calculs suivants :

- **la pente** : dérivée première de l'élévation donnée en degré d'inclinaison (0° indique un terrain plat) ;
- **l'exposition** : orientation du terrain (en degrés de 0 à 360° : 0° et 360° pour une face orientée vers le nord, 90° vers l'ouest, 180° vers le sud, 270° vers l'est) ;
- **l'ombrage** : aspect des ombres du terrain supposé éclairé par une source lumineuse située à 300° d'azimut et à 40° d'élévation ;
- **le relief** : représentation sophistiquée du terrain superposant trois composantes pour obtenir une apparence 3D.
- **l'index de rugosité** : moyenne des dénivelés entre la cellule centrale et ses voisines (l'unité est donc le mètre), qui mesure l'hétérogénéité du terrain. Le résultat obtenu peut sembler proche de celui de la pente, mais la rugosité accentue les ruptures du relief.

Les calculs sont effectués sur une grille de 3x3 cellules : les résultats de ces analyses sont donc fournis pour chaque cellule en tenant compte des valeurs de ses 8 voisines.



Méthode : Calcul de l'ombrage du terrain

Pour mettre en œuvre le calcul de l'**ombrage** par exemple (la méthode est à peu de choses près identique pour le calcul de la pente, de l'aspect et de la rugosité), les éléments à saisir sont les suivants :

Les modèles numériques de terrain (MNT)

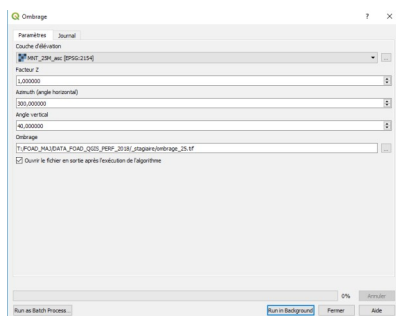


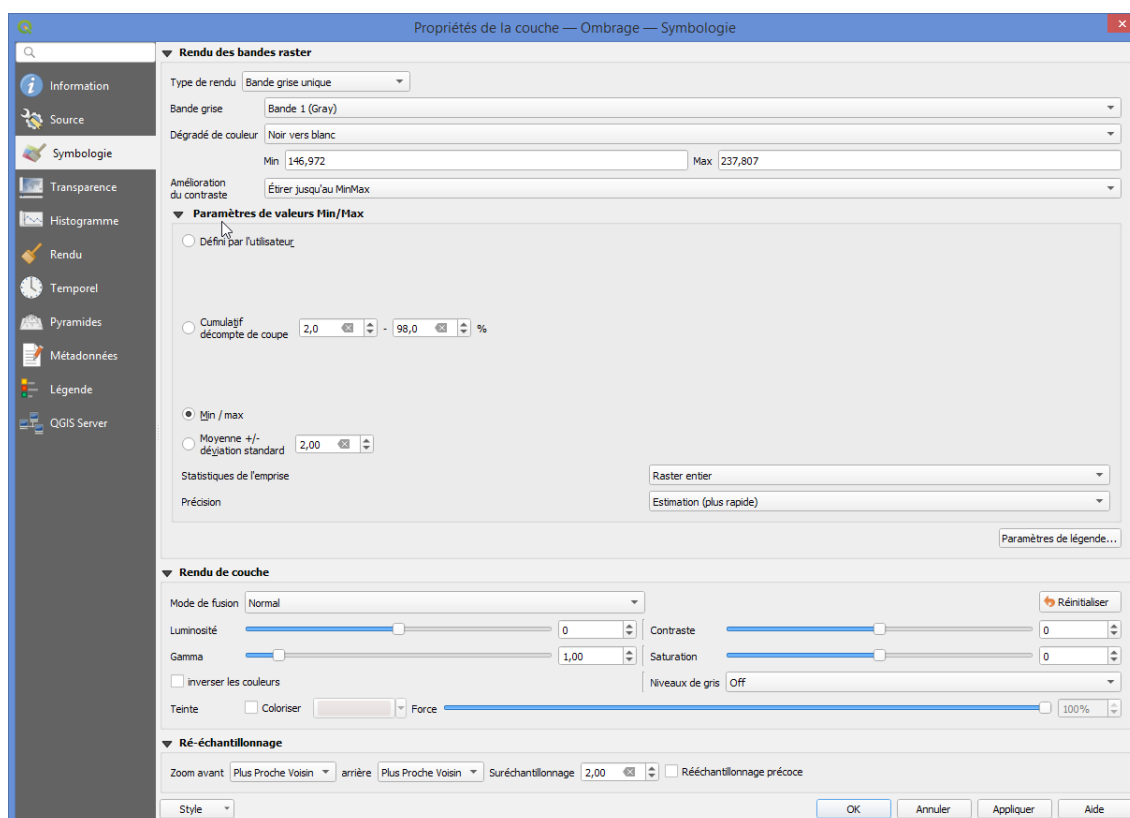
Image 1 Paramétrage ombrage

- la couche d'élévation : la couche du MNT sur laquelle sera effectué le calcul
- le facteur Z : pour augmenter artificiellement l'amplitude du résultat
- il est possible de paramétrer la position de la source lumineuse en azimut et en élévation (angle vertical).
- la couche en sortie : la couche

dans laquelle sera enregistré le résultat (c'est une couche de données raster).
Le format du fichier de sortie par défaut est le TIFF


En cochant la case "Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme", la couche de l'ombrage est rajoutée automatiquement à la carte en cours. Cette couche ajoutée est une couche raster, qui est affichée avec un dégradé de gris par défaut.


Pour modifier cet affichage, il faut utiliser à nouveau les propriétés de la couche. Par défaut, le type de rendu est « **Bande grise unique** » ce qui est bien adapté au rendu habituellement retenu pour symboliser les ombrages. On peut y apporter des modifications pour obtenir le résultat souhaité :



Paramètre dégradé de gris

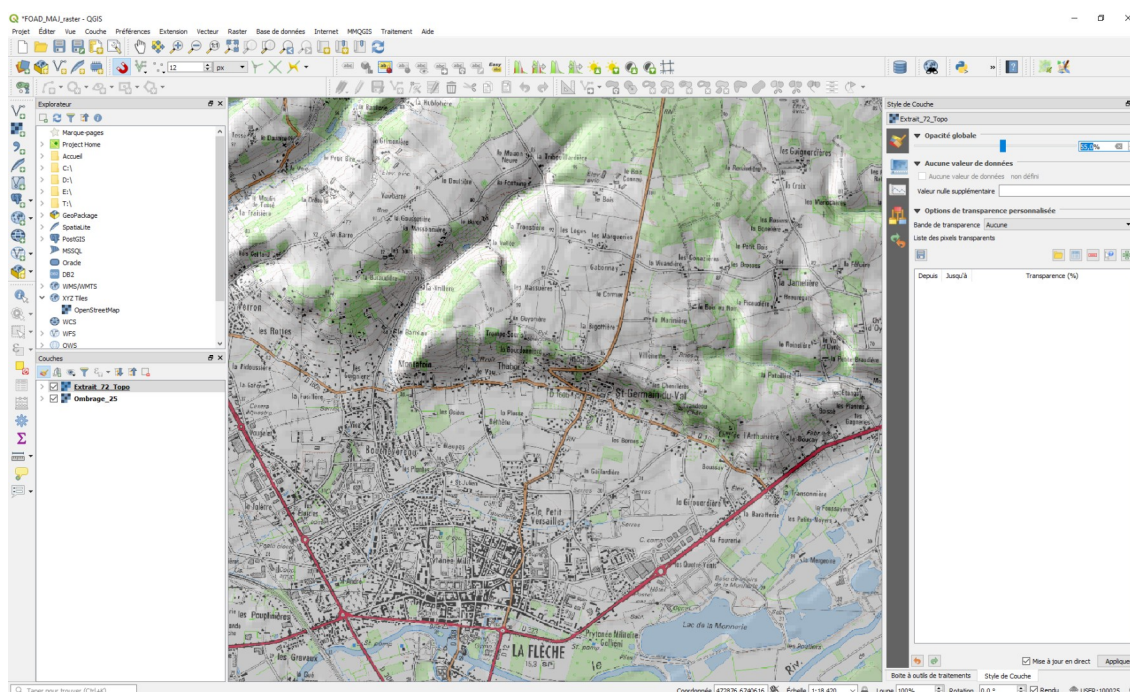
- afficher la fenêtre des propriétés de la couche ou le panneau de style de couche - onglet Symbologie
- en conservant le mode « **Bande grise unique** », descendre dans la zone "Amélioration du contraste" et régler sur "Étirer jusqu'au MinMax" ce qui améliore le contraste de l'image en utilisant une gamme de gris plus étendue.
- Il est possible d'améliorer le contraste en utilisant l'écart-type (Moyenne +/- déviation standard) : une valeur de 2,00 donne généralement de bons résultats.
- Les valeurs min et max sont généralement calculées automatiquement, mais il est possible de les charger depuis la bande, ce qui permet éventuellement de les actualiser.
- Ces paramètres peuvent être enregistrés comme style par défaut pour toutes les couches raster : Enregistrer par défaut.

Le paramétrage du dégradé de gris peut être accéléré en utilisant le **bouton**  **situé dans la barre d'outils "Raster"** (qu'il faut avoir affichée au préalable, car elle ne l'est pas par défaut).

Ce bouton déclenche immédiatement la **commande "Étirer jusqu'au MinMax"**. Pour améliorer l'affichage (luminosité, contraste, etc.), il faut à nouveau passer par la fenêtre des propriétés de la couche ou bien utiliser les boutons ad-hoc de la barre d'outils Raster .

Visualiser le résultat en cliquant sur "Appliquer" ou "OK".

Exemple de visualisation avec une mise en transparence de la couche Extrait_72_Topo :



Résultat ombrage



Méthode : Représentation du relief du terrain

La commande "**Relief**" permet d'obtenir une représentation assez sophistiquée du terrain puisqu'elle associe dans une seule couche trois composantes :

- la première consiste en un ombrage associé à des couleurs pour les élévations (60% du résultat final) ;
- la deuxième est un ombrage associé aux pentes représentées en gris (30%) ;
- la troisième est un ombrage associé à la couleur jaune affectée aux faces les plus exposées à la source lumineuse (10%).

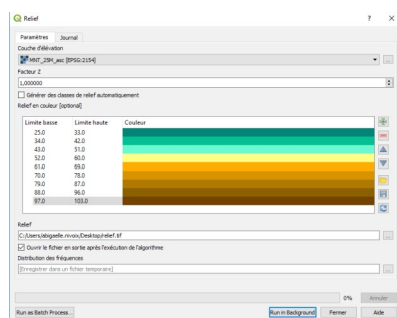


Image 2 paramétrage de la commande relief

Le choix des couleurs des différents niveaux d'élévation est primordial pour obtenir une représentation pertinente du terrain. Couleurs et classes d'élévation sont paramétrées dans la fenêtre de dialogue qui s'ouvre en lançant la commande. La "création automatique" ne donne pas toujours des résultats pertinents, obligeant à créer manuellement la distribution des couleurs.

Il est possible de sauvegarder la distribution des valeurs et des couleurs

pour en disposer si l'on veut l'appliquer à un autre MNT.

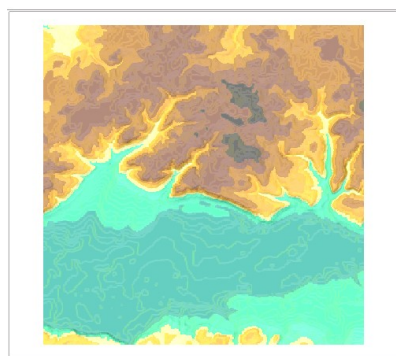


Image 3 résultat de relief

Le résultat obtenu est une nouvelle couche raster, composée de 3 bandes (et non plus d'une bande unique).

Il est possible de jouer sur le paramétrage de l'étirement et de l'écart type dans les propriétés de cette couche, pour affiner le rendu final.



Complément : Les commandes GDAL d'analyse d'un MNT

Les outils d'analyse du terrain sont par défaut disponibles dans le menu *Raster - Analyse*. On y retrouve des commandes équivalentes à celles qui ont déjà été examinées plus haut :

- **Ombrage**
- **Pente**
- **Exposition**

- **Couleur du relief** : correspond à l'algorithme Relief de QGIS
- **Rugosité du terrain (TRI)** : mal traduit, il faudrait dire "index de rugosité du terrain"

ainsi que d'autres modes complémentaires d'analyse :

- **Index de position topographique** : cet index est défini comme la différence des valeurs entre la cellule centrale et la moyenne de ses voisines ;
- **Rugosité** : La rugosité est la plus grande différence de valeur entre la cellule centrale et ses 8 voisines (à la différence de l'index de rugosité qui est une moyenne de ces 8 différences).

Ces fonctions utilisent la commande "gdaldem" du fournisseur Gdal.

Pour les algorithmes que nous avons déjà étudiés (ombrage, pente, exposition, relief, rugosité du terrain), le fonctionnement est globalement le même dans les deux cas :

- choix du MNT source
- choix du mode d'analyse
- paramétrage divers
- possibilité de modifier la commande "gdaldem" manuellement si l'on veut rajouter des options qui ne sont pas accessibles par l'interface graphique.
- choix du fichier raster en sortie

Le nombre de paramètres est cependant ici plus important que dans l'extension. Il est également possible de modifier les bases du calcul en choisissant "les formules de Zevenbergen & Thorne au lieu de celle de Horn" pour calculer les pentes et les aspects (celle de Zevenbergen & Thorne est plus adaptée aux paysages doux, tandis que celle de Horn a de meilleurs résultats sur les terrains plus rudes).

A noter que pour les pentes, il est possible de choisir un résultat en degrés ou en pourcentage (alors que l'algorithme de QGIS ne propose que des degrés).

Exemple pour la commande ombrage :

Commande Ombrage de GDAL

Pour obtenir plus de détails et utiliser pleinement ces algorithmes aux paramètres complexes, se référer à la documentation prévue dans l'aide (bouton Aide) menant au site officiel de la documentation en anglais

ou consulter *ce site en français*⁵.

Les autres outils GDAL seront présentés plus loin dans ce module.

5 - <http://gdal.gloobe.org/index.html>

D. Le menu Raster pour le traitement des MNT

Quelles fonctionnalités disponibles ?

Les outils par défaut de QGIS destinés au traitement et à l'analyse des MNT sont situés dans le menu Raster et classés dans les sous-menus :

- **Calculatrice Raster** : permet d'effectuer des calculs sur chaque cellule du raster ;
- **Projections** : pour changer, extraire ou modifier la projection d'une couche de données raster ;
- **Conversion** : permet de postériser, polygoniser, faire toutes sortes de conversion ;
- **Extraction** : pour créer des contours (notamment des courbes de niveau) et découper une couche raster ;
- **Analyse** : on y retrouve notamment les outils d'analyse du MNT vu précédemment ;
- **Divers** : pour construire un raster virtuel (VRT) et fusionner plusieurs couches.

Nous étudierons quelques-unes des commandes disponibles dans ce menu.

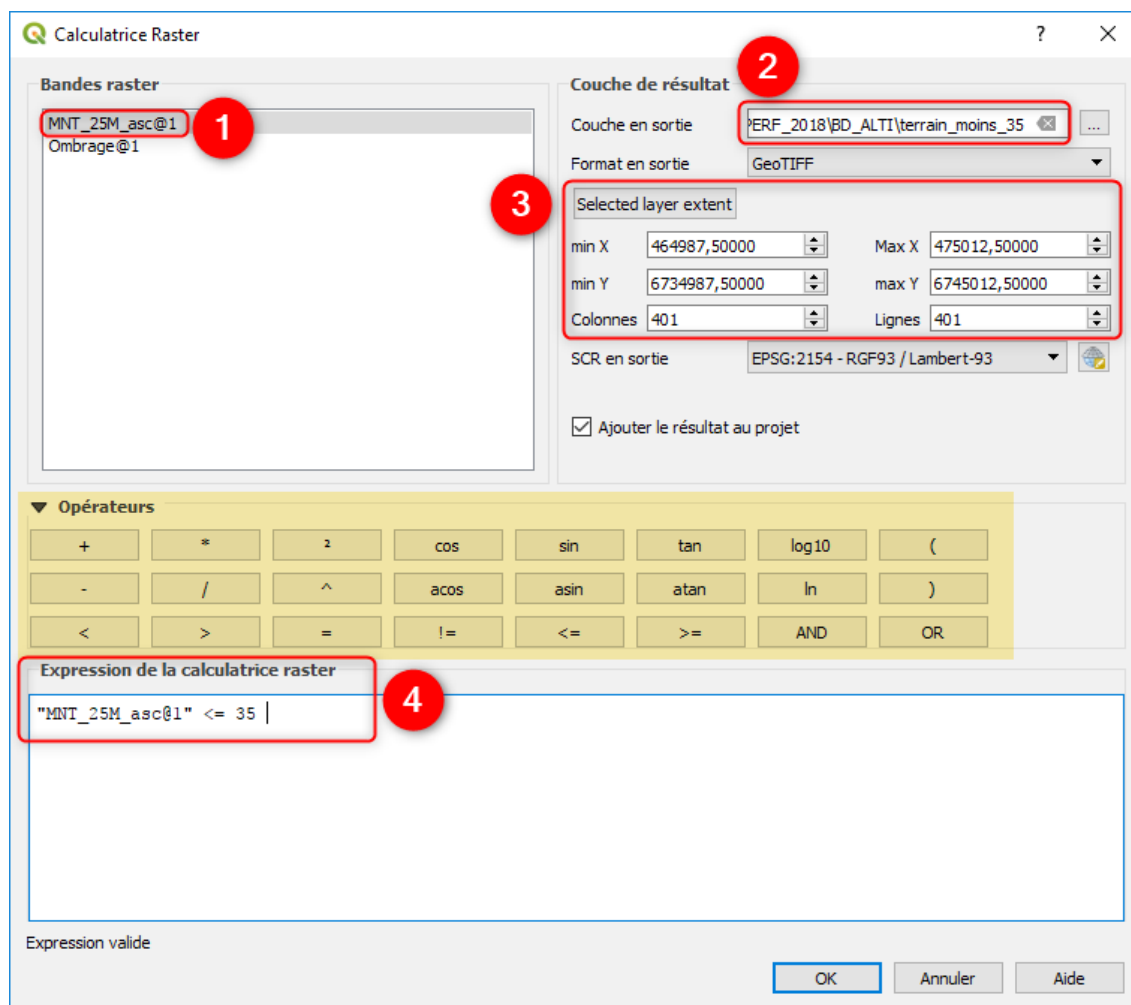


Méthode : La calculatrice raster

La calculatrice raster permet de faire des calculs arithmétiques et/ou logiques sur les valeurs de chaque cellule. Le résultat de ce calcul est enregistré dans une nouvelle couche avec de multiples formats disponibles :

- dans la fenêtre de la calculatrice, il faut choisir la couche raster sur laquelle les calculs vont porter, ainsi que le numéro de la bande de couleur qui est indiquée par un numéro après un @ (exemple : MNT_25M_asc@1) ;
- donner le nom de la couche qui sera créée en sortie de calcul ;
- les calculs pourront porter sur une emprise particulière à définir, ou sur l'étendue actuelle de la couche ;
- l'expression de la calculatrice doit être composée à partir des opérateurs disponibles dans la liste ou tapée directement dans la zone réservée à cet effet.

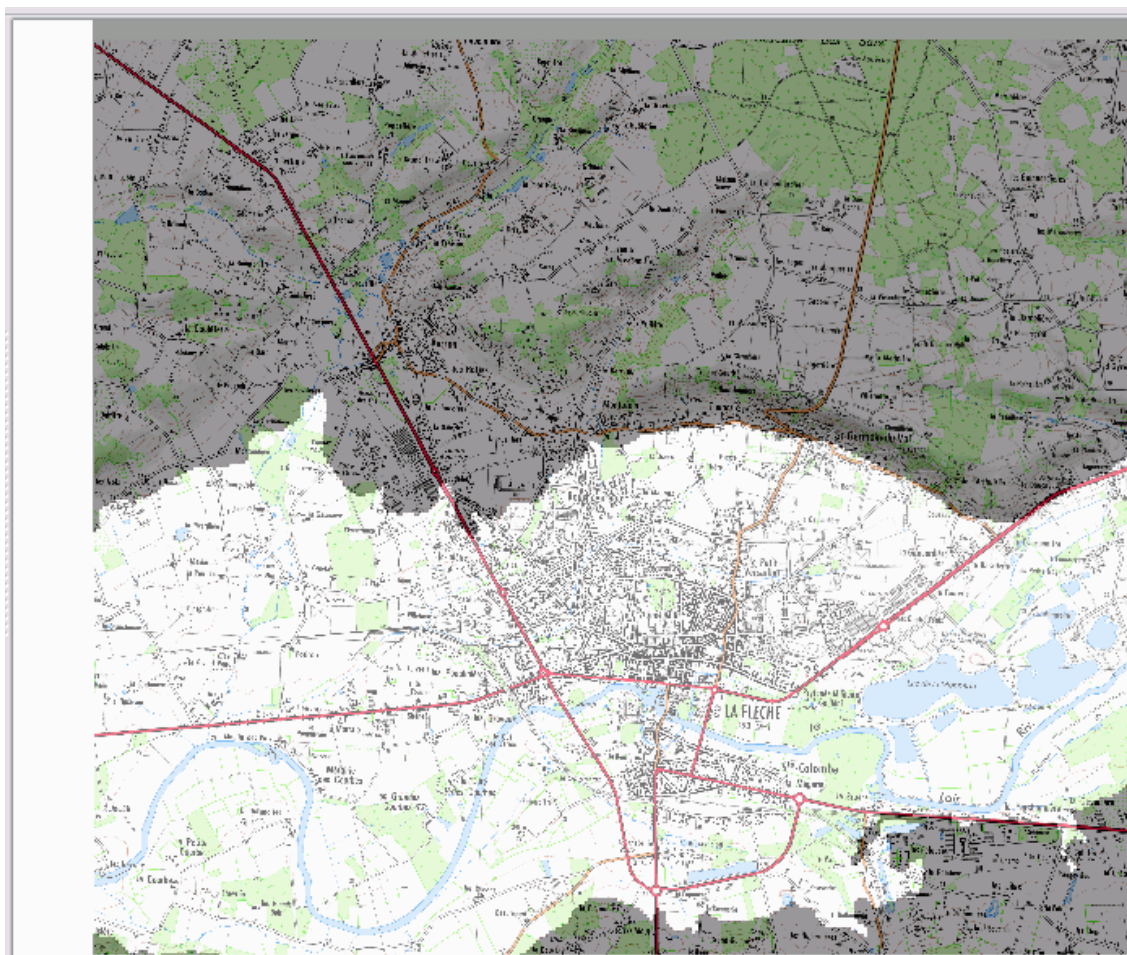
Ici, nous souhaitons obtenir les zones du MNT qui sont situées en-dessous de l'altitude 35 m : `MNT_25M_asc@1 <= 35`



fenêtre calculatrice raster

Le résultat obtenu est une couche (ici au format Géotiff et superposée au Scan25 en transparence) qui contient des cellules pouvant prendre deux valeurs 0 ou 1, représentées par deux couleurs :

- les cellules de couleur blanche pour la **valeur = 1** correspondant à la vérification de l'expression "valeur du terrain <= à 35 m"
- les cellules colorées en noir lorsque cette expression n'est pas vérifiée (terrain au-dessus de 35 m) : **valeur = 0**.



résultat calculatrice raster



Méthode : Les commandes du menu "Extraction"

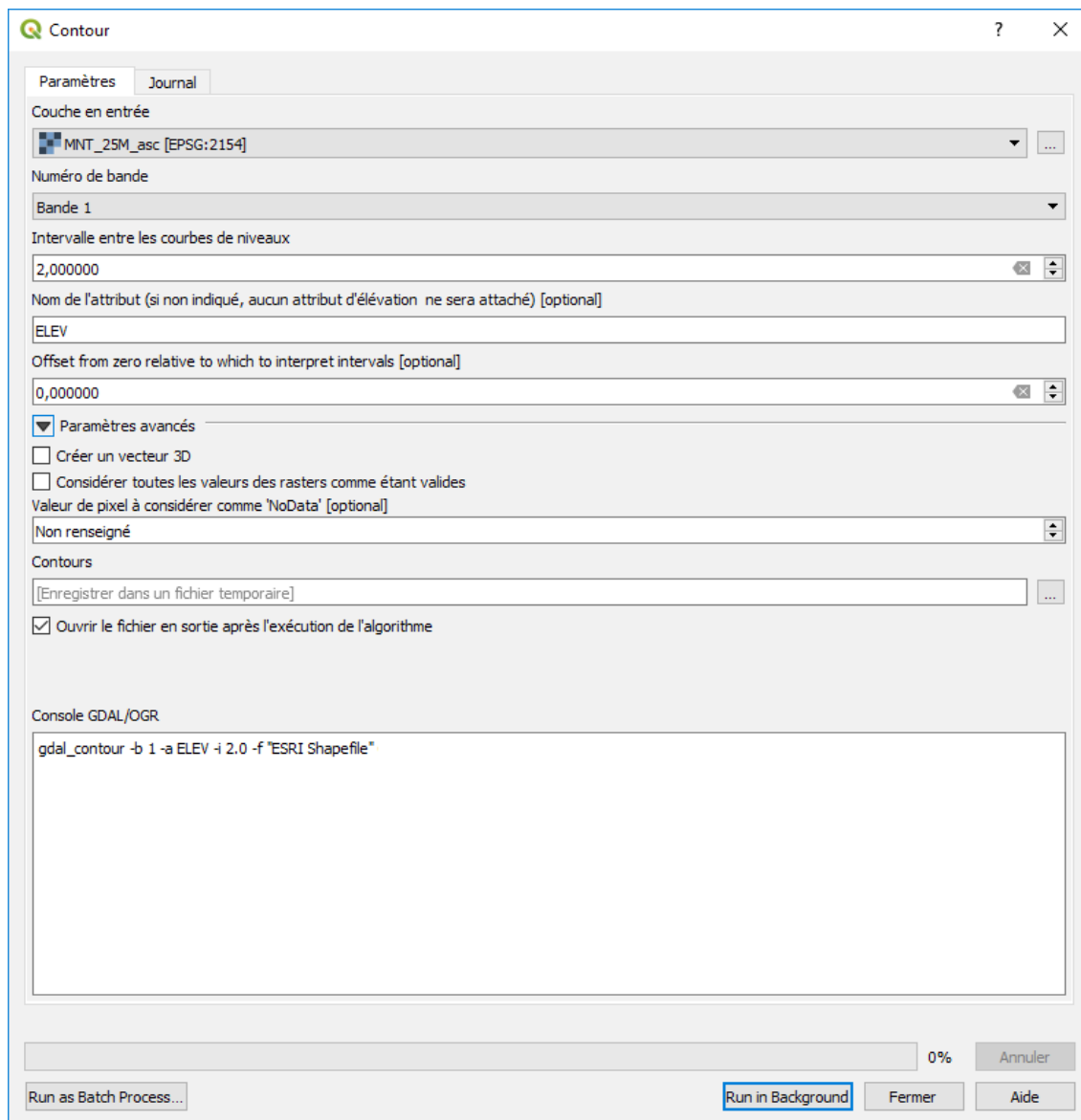
Le sous-menu Extraction permet de lancer trois commandes :

- **Courbes de niveaux (ou contours)** : cette commande va créer des lignes de contour dont l'intervalle est paramétrable, typiquement cela va créer *des courbes de niveau dans un nouveau fichier vectoriel* ;
- **Découper** : pour découper une couche raster et obtenir une nouvelle couche :
 - soit sur une emprise rectangulaire dont on saisira les coordonnées,

- soit en utilisant une "couche de masquage" : couche vectorielle qui servira de "pochoir".

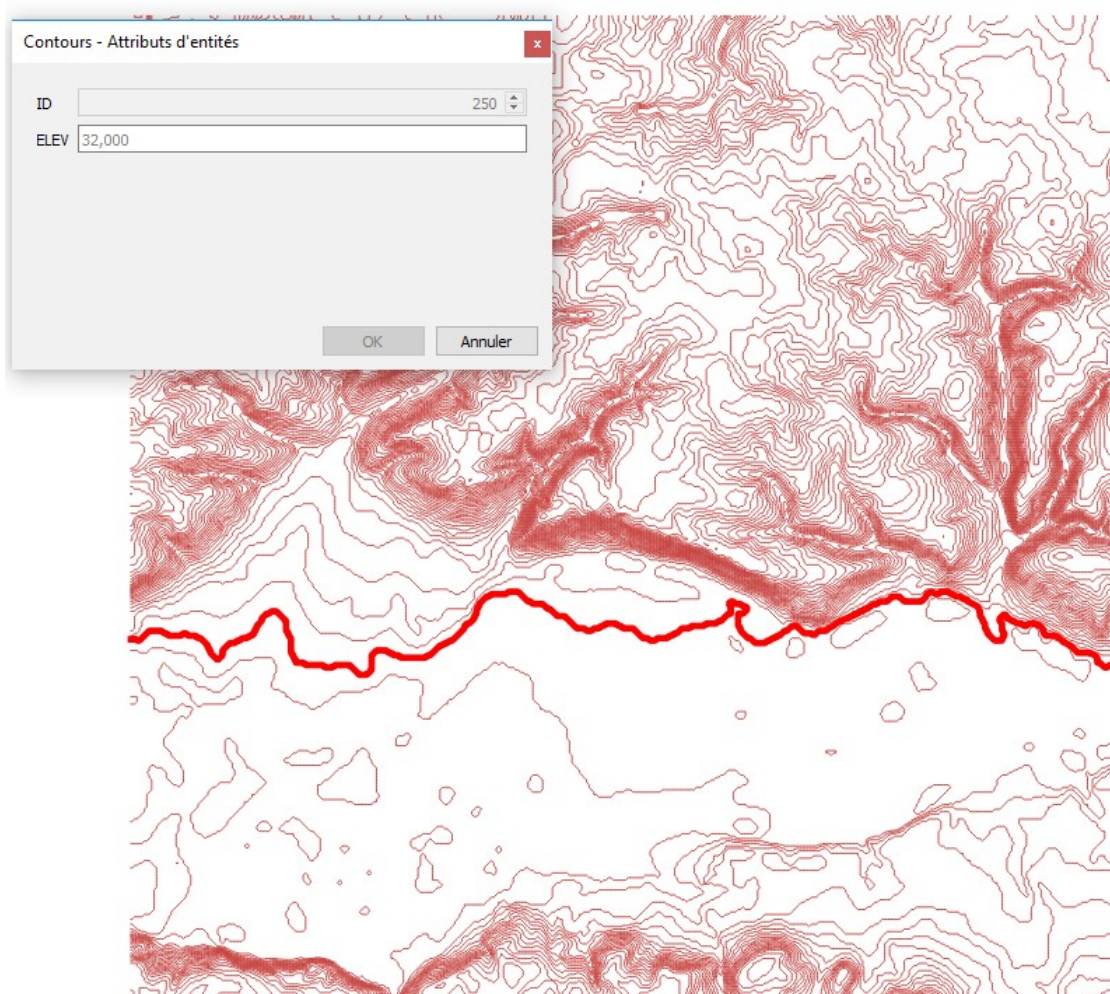
Exemple de création de courbes de niveau :

- lancer la commande Raster - Extraction - Contours ;
- choisir le fichier de MNT en entrée ;
- déterminer l'intervalle entre les courbes de niveau ;
- choisir si l'on veut un attribut qui recueillera la valeur de l'altitude et lui donner un nom.
- Le fichier vectoriel qui sera créé en sortie (format GPKG par défaut, il peut être modifier en déroulant la liste du type au moment de l'enregistrement dans un fichier)



Outil de contours

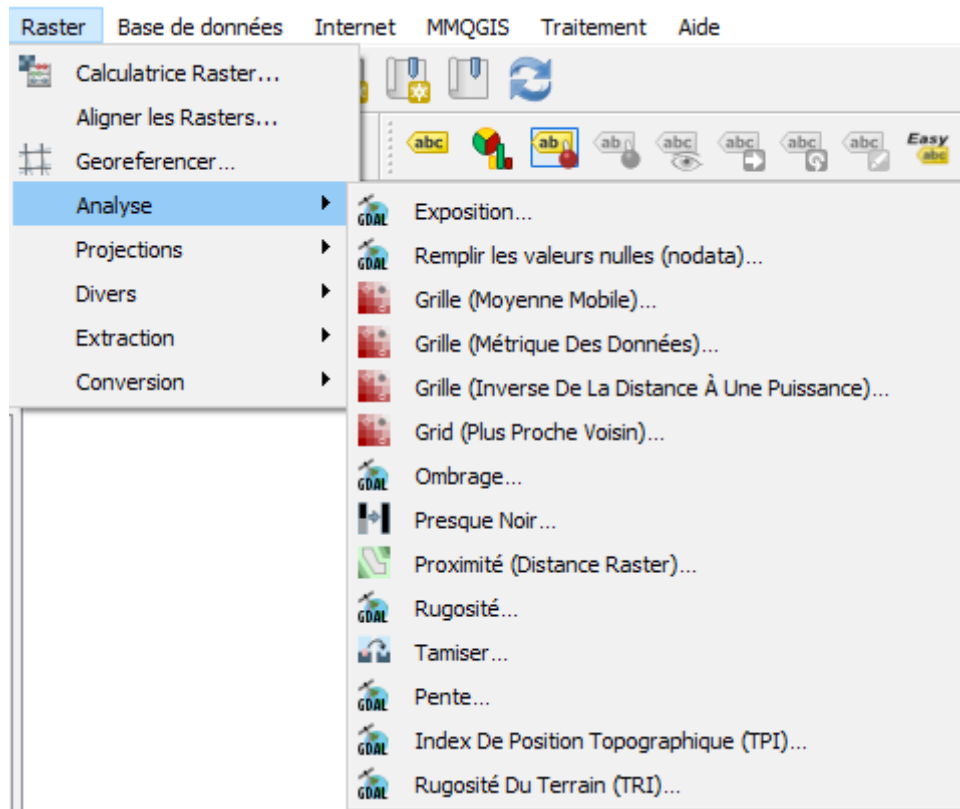
On obtient une couche vectorielle constituée de polygones dont l'attribut est l'élévation (dans l'exemple, les courbes de niveau sont affichées au-dessus de la couche "relief").



Résultat courbes de niveau




Méthode : Les outils d'analyse du MNT - Grille Interpolation



Menu Raster - Analyse

Dans le menu *Raster -> Analyse*, on retrouve parmi les outils d'analyse du terrain, des commandes équivalentes à celles qui ont déjà été examinées plus haut.

On retrouve aussi des algorithmes d'interpolation dénommé "Grille" représentés par l'icône .

L'interpolation sert à évaluer les valeurs prises en tout point d'un territoire par une grandeur dont on ne connaît précisément que quelques localisations. Par exemple, comment évaluer l'altitude en tout point à partir d'un MNT au pas de 25 mètres. Chaque commande correspond à une méthode d'interpolation :

- **Moyenne mobile** : fait la moyenne de toutes les valeurs des points d'une zone définie (ellipse de recherche).
- **Métrique des données** : utilise des métriques telles que les distances entre points pour l'interpolation.
- **Inverse de la distance à une puissance** : fait la moyenne pondérée des valeurs de points dans une zone définie.
- **Plus proche voisin** : prend la valeur du point le plus proche dans l'ellipse de recherche et la renvoie comme résultat.
- **IDW avec recherche du plus proche voisin** : combinaison des deux méthodes précédentes.
- **Linéaire** : utilise la triangulation de Delaunay sur le nuage de points pour l'interpolation.

La fonction va permettre de créer une couche raster d'élévation à partir d'une couche vectorielle de points disposant d'un attribut correspondant à l'altitude (Champs Z).

L'interpolation peut être utilisée sur des données de tout type, pas seulement l'altitude bien entendu. Voici un exemple de cartographie réalisée sur une grandeur pour le moins étonnante : *un article sur le blog d'ADRIENH*⁶



Complément : Algorithme d'interpolation de QGIS

A noter qu'il existe également des commandes d'interpolation accessibles parmi les outils de traitements de QGIS dans la boîte à outils sous-menu Interpolation.

Leur utilisation peut sembler plus simple que les algorithmes par défaut du menu Raster :

- Choix parmi deux algorithmes caractérisant deux méthodes d'interpolation : *pondération par distance inverse* (IDW) ou *interpolation par triangulation* (TIN)
- En entrée, un ou plusieurs fichiers vectoriels : un attribut doit correspondre à l'altitude (Champ Z). Mais on peut également choisir d'autres formats que des fichiers de points, l'altitude pouvant être extraite des objets géographiques si ceux-ci disposent de cette information.
- En sortie un fichier raster de MNT au format TIF, dont on précisera la taille des cellules de base avec le nombre de colonnes et le nombre de lignes.

E. Exercice 17 : analyse d'un MNT

Analyse d'un modèle numérique de terrain

On cherchera à localiser sur le terrain les zones satisfaisant à trois critères : altitude, pente et orientation.

Question

[Solution n°1 p 87]

Le but de l'exercice est de déterminer, sur le modèle numérique de terrain, les zones situées au-dessus de 60 m d'altitude, où la pente est supérieure à 10 degrés et exposées au secteur sud.

Le modèle de terrain utilisé est le MNT au pas de 25 m : MNT_25M_asc. (répertoire BDALTI/MNT)

On superposera, en fin d'exercice, le résultat obtenu sur le Scan 25.

Tous les fichiers créés lors de cet exercice devront être enregistrés dans le répertoire _STAGIAIRE du Je de données "data_foad_qgis_perf"

Indice :

Pour répondre à cette question, l'enchaînement des manipulations sera le suivant :

- ouverture du MNT au pas de 25 m : **MNT_25M_asc.asc**
- **calcul de la pente** : soit par la commande d'analyse de terrain raster de QGIS, soit par l'algorithme GDAL d'analyse raster (fichier résultat au format Géotiff : pente.tif)

6 - <http://blog.adrienvh.fr/2012/10/16/cartographie-des-resultats-de-chocolatine-ou-pain-au-chocolat/>

- **calcul de l'exposition** : pour l'exposition (fichier résultat au format Géotiff : exposition.tif), l'utilisation du menu Raster - Analyse - Exposition est préférable car il permet de donner la valeur 0 pour les terrains plats. Le terrain plat est donc considéré comme étant orienté au nord, ce qui est de peu d'importance dans notre exemple car nous ne devons retenir que les terrains en pente.
- utilisation de la **calculatrice raster** pour déterminer les zones recherchées :
 - cellules du MNT où la valeur est supérieure ou égale à 60 m
 - cellules de la pente où la valeur est supérieure ou égale à 10
 - cellules de l'aspect où la valeur est comprise entre 135 et 225 (secteur sud, de sud-ouest à sud-est)
- utilisation de la **calculatrice raster** pour éliminer les cellules à 0 en divisant la couche de résultat par elle même.
- **polygoniser** le résultat pour obtenir une couche vectorielle de polygones.



Les images raster

II

Informations sur les images raster	31
Construire une table virtuelle raster (VRT)	35
Exercice 18 : Construire un VRT	36
Les commandes de la barre d'outils Raster	37
Le géoréférencement	39
Manipulations sur les images raster	50
Images satellitaires - exemple de LANDSAT 8	56

Le suivi de l'environnement par télédétection est un domaine technique très dynamique dans lequel la manipulation des images aériennes ou satellitaires joue un rôle primordial.

Cependant, cette séquence sur le traitement des images raster n'est pas un cours sur la télédétection et ne peut aborder toutes les questions qui relèvent de cette technique.

Elle a simplement pour objectif de décrire les commandes de QGIS utilisées pour la manipulation des images, qu'il est nécessaire de connaître.

A. Informations sur les images raster

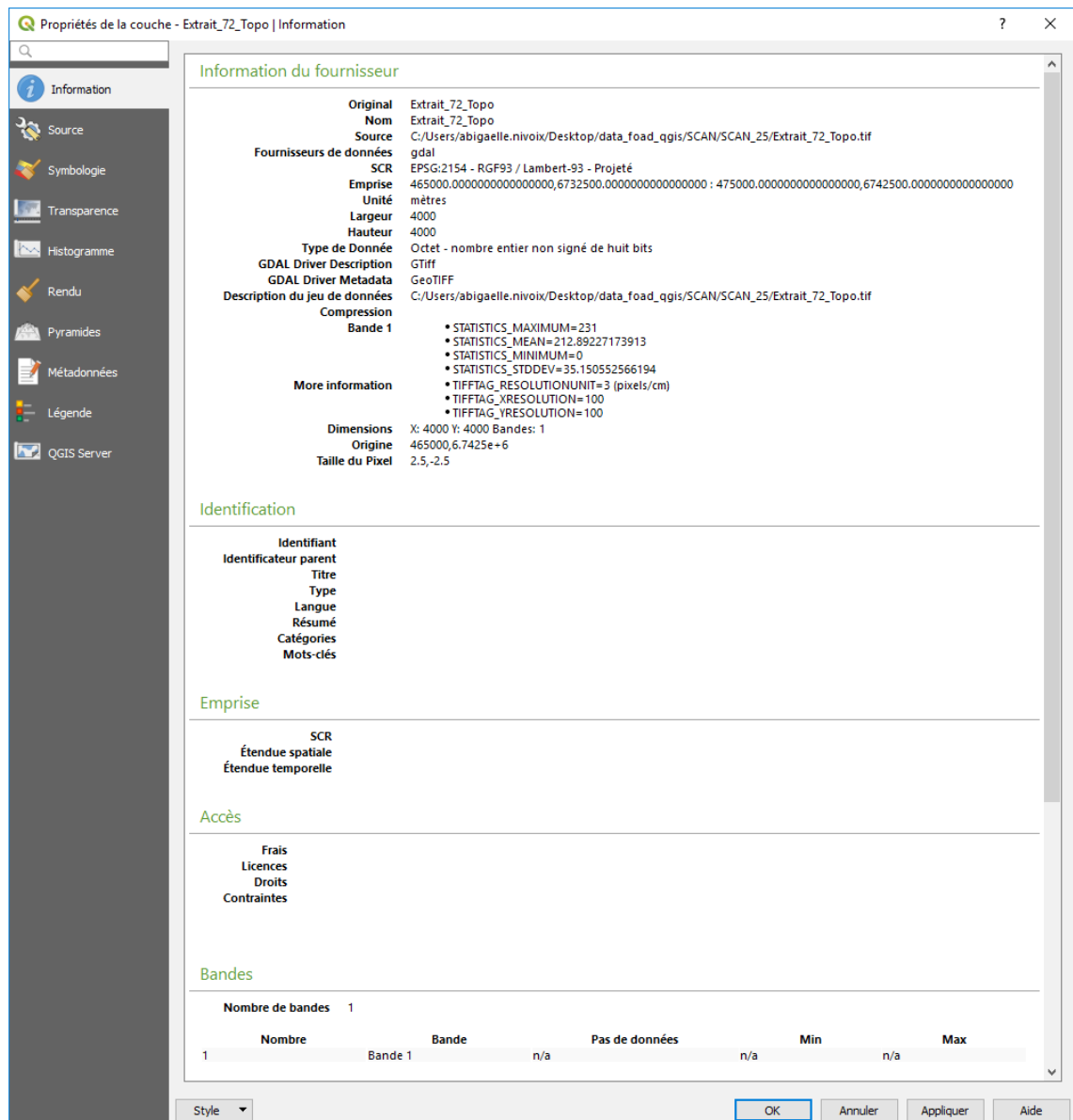
Obtenir les informations sur les images raster

Pour obtenir des informations sur les images raster, deux possibilités sont offertes dans QGIS :

- dans la fenêtre des propriétés de la couche dans l'onglet "Information" ;
- dans le menu "Raster - Divers", commande "Information raster".

Les informations fournies sont légèrement différentes dans l'un et l'autre cas, la commande "Information raster" retourne, par exemple, des informations sur le style de la couche, alors que celles-ci ne figure pas dans l'onglet Information des propriétés de la couche (il faut aller consulter l'onglet Symbologie).

Certaines informations sont essentielles pour la compréhension du contenu de l'image : dimensions de l'image, nombre de bandes (bande unique, 3 bandes, 5 bandes), taille du pixel en unités géographiques, système spatial de référence, emprise de la couche, etc.



Fenêtre Information

On peut aussi retrouver des informations plus précises et synthétiques sur les couches raster.

L'algorithm *Rapport sur les valeurs uniques de la couche raster* fournit un compte rendu du nombre de pixels et de la superficie totale pour chaque valeur unique. Cet outil est disponible dans la boîte à outils de traitement sous menu Analyse raster, il

suffit d'indiquer la couche dont on veut analyser les pixels. Cette commande est très utile pour une analyse d'occupation du sol notamment pour calculer la superficie des zones interprétées comme de la végétation, des surfaces en eau, bâties etc.



Complément : Le codage des couleurs

Certaines images sont associées à une palette qui définit la couleur de chaque pixel : à chaque pixel est associé une valeur qui correspond à sa couleur dans la palette. Ces images sont dites "**à bande grise unique**" puisqu'une seule valeur par pixel est stockée dans l'image. Il est possible également d'afficher ces images en "dégradé de gris".

Par contre, d'autres images, notamment les photographies, sont codées pour chaque pixel par un triplé de valeurs pour les couleurs visibles, le rouge, le vert et le bleu (modèle RVB). Chaque canal est codé selon son intensité. On parle d'**images à 3 bandes**. Par exemple, le codage des couleurs de la *BD Ortho "couleur"* est le suivant :

- Bande 1 : rouge
- Bande 2 : vert
- Bande 3 : bleu

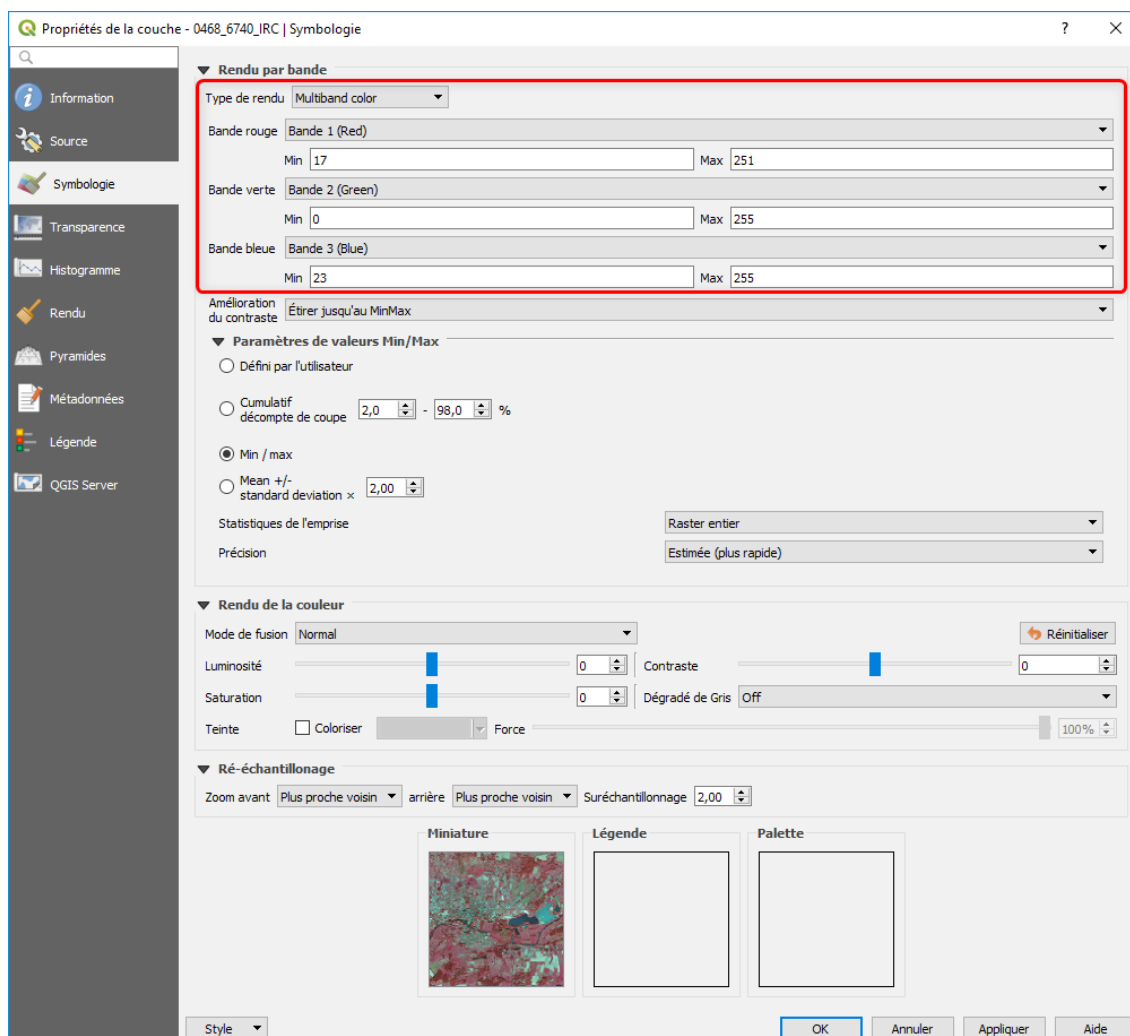
Pour la *BD Ortho IRC* (infrarouge couleur), on a :

- Bande 1 : infrarouge
- Bande 2 : rouge
- Bande 3 : vert

Enfin, on rencontre assez fréquemment des images composées de **5 bandes spectrales**. C'est le cas de certaines images satellitaires, par exemple les *images RapidEye multispectrales* comportent 5 bandes spectrales, dans l'ordre :

- Bande 1 : bleu
- Bande 2 : vert
- Bande 3 : rouge
- Bande 4 : rededge (gamme de fréquences entre le rouge et l'infrarouge)
- Bande 5 : proche infrarouge

L'onglet "Symbologie" de QGIS permet de choisir de quelle manière les bandes composant l'image seront affichées : un écran d'ordinateur ne pouvant afficher que trois bandes correspondant au rouge, au vert et au bleu, l'image sera obligatoirement "colorisée par 3 bandes" mais l'ordre des bandes est paramétrable par l'utilisateur.



fenêtre styles bandes spectrales

Différents types d'images raster

Quelques types d'images rencontrées lorsque l'on utilise QGIS :

Données	Codage des couleurs	Affichage	taille du pixel
Scan couleur 25	bande unique	Palette	2,5 m
Scan 25 EDR	bande unique	Bande grise unique	2,5 m
Scan couleur 100	bande unique	Palette	10 m
Scan Régional	bande unique	Palette	25 m
BD Ortho couleur	3 bandes	Couleurs à bandes multiples (colorisé par 3 bandes)	0,5 m
BD Ortho HR	3 bandes	Couleurs à bandes multiples (colorisé par 3 bandes)	0,2 m

Données	Codage des couleurs	Les images raster	
		Affichage	taille du pixel
BR Ortho IRC	3 bandes	Couleurs à bandes multiples (colorisé par 3 bandes)	0,5 m
RapideEye Multispectral	5 bandes	Couleurs à bandes multiples (colorisé par 3 bandes)	5 m
Spot5	5 bandes	Couleurs à bandes multiples (colorisé par 3 bandes)	10 m
Landsat 8	11 bandes	Couleurs à bandes multiples (colorisé par 3 bandes)	30, 15 et 100 m

B. Construire une table virtuelle raster (VRT)

Pourquoi créer un VRT ?

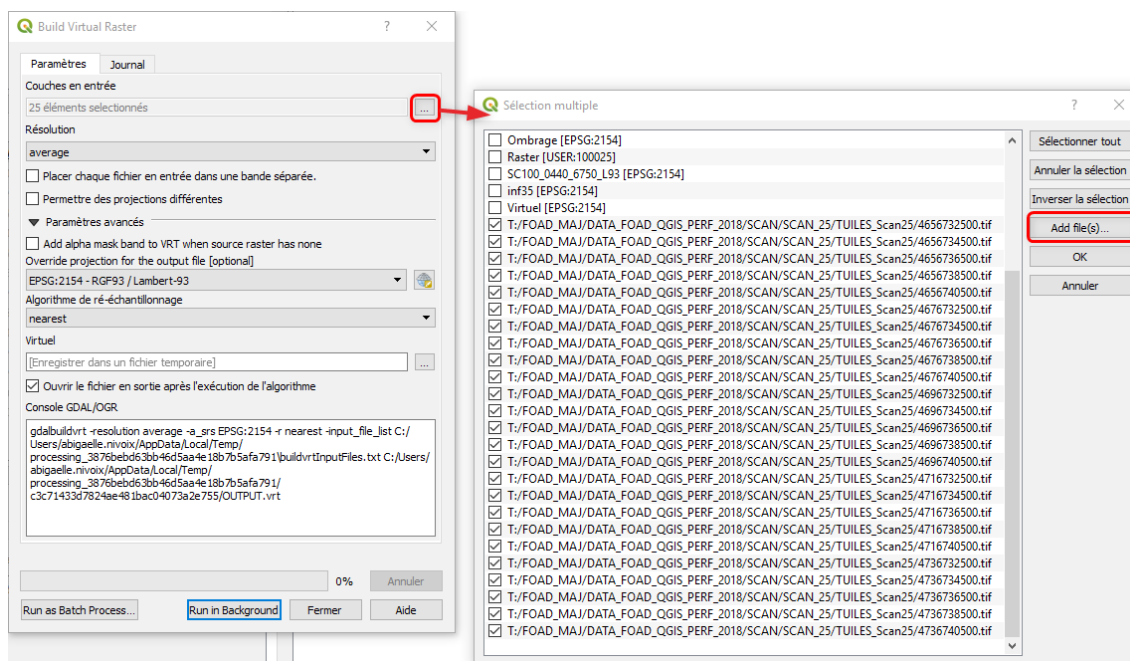
Les bases de données raster, comme la BD Ortho ou les Scans de l'IGN par exemple, sont souvent diffusées sous forme de "tuiles", c'est-à-dire des images de dimensions constantes qui, en se juxtaposant, couvrent l'ensemble d'un territoire.

L'utilisateur qui veut afficher ce référentiel sur son emprise de travail doit alors ouvrir autant de couches que de tuiles nécessaires à cette couverture, et la recherche des tuiles dans la liste complète est souvent fastidieuse. En outre, s'il veut modifier certains paramétrages et notamment le style des rasters (dégradé de gris, palette de couleur, etc.), il est obligé de le faire tuile par tuile.

Pour faciliter ce travail, il est intéressant de créer une **table raster virtuelle (VRT)** qui va réaliser un tableau d'assemblage d'un ensemble de tuiles et se comporter par la suite comme une couche unique. On utilise aussi parfois le terme de **couche logique** qui est la terminologie dans MapInfo.

Comment créer un VRT ?

La commande de création d'un VRT est située dans le menu Raster - Divers - Construire un Raster Virtuel (Catalogue VRT).



Construire un VRT

Les options sont les suivantes :

- *Couches en entrée* : sélectionner parmi les couche déjà importées dans QGIS ou ajouter des fichiers.
- *Résolution* : si la résolution (dimension des pixels) de tous les fichiers en entrée n'est pas la même, cette option permet à l'utilisateur de contrôler la manière dont la résolution en sortie sera calculée.
- *Placer chaque fichier en entrée dans une bande séparée*
- *Permettre des projections différentes* : la commande acceptera de réaliser un VRT même si les jeux de données en entrée n'ont pas la même projection. Attention, cela ne signifie pas qu'ils seront reprojetés. Leurs projections seront simplement ignorées.
- *Paramètres avancés* : permettent notamment de choisir la projection pour le fichier en sortie.
- *Fichier en sortie* : ce fichier sera au format spécifique .VRT (c'est un format de type XML, lisible par un éditeur de texte)

C. Exercice 18 : Construire un VRT

Construire une table raster virtuelle (VRT)

Le but de l'exercice est de créer un VRT sur un ensemble de tuiles du Scan 25.

Lorsqu'il sera créé, on changera son style (en dégradé de gris par défaut) pour affecter à l'ensemble des tuiles une palette de couleurs unique.

Question

[Solution n°2 p 92]

Dans un nouveau projet QGIS :

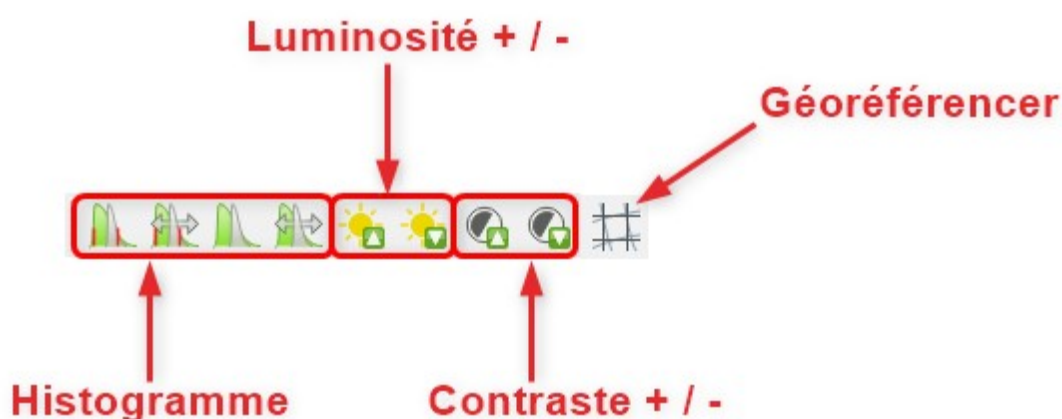
- construire un VRT avec les 25 tuiles du scan25, au format Géotiff, situées dans le répertoire `/SCAN25/tuiles_scan25`.
- sauvegarder ce VRT dans le répertoire `/SCAN25`.
- changer la palette de couleurs du VRT en chargeant le style `scan25.qml` situé dans ce même répertoire.

D. Les commandes de la barre d'outils Raster

Comme indiqué dans l'introduction du module, la barre d'outils Raster n'est pas toujours présente par défaut dans l'interface de QGIS, il faut donc éventuellement l'afficher : soit en faisant un clic droit dans la zone des menus et des barres d'outils (puis cocher la case "Raster"), soit par le menu Vue - Barres d'outils.

Les commandes accessibles par cette barre sont également présentes soit dans le menu Raster soit dans les propriétés de la couche.

Selon les extensions installées et activées, la barre d'outils Raster contient plus ou moins de boutons de commande. A vérifier donc.



Barre d'outils Raster

Dans l'exemple de barre d'outils ci-dessus, on trouve de gauche à droite :

Les commandes d'histogramme :

- *histogramme cumulatif de l'emprise locale utilisant l'emprise actuelle, les limites par défaut et les valeurs estimées ;*
- *histogramme cumulatif de l'emprise locale utilisant tout le jeu de données, les limites par défaut et les valeurs estimées ;*
- *histogramme de l'emprise locale ;*
- *étendre l'histogramme à tout le jeu de données.*

Les commandes de niveaux :

- *luminosité* : augmenter, diminuer ;
- *contraste* : augmenter, diminuer.

Autre commande (si l'extension est activée) :

- *géoréférencer* (voir plus loin)

A noter que depuis QGIS 3.0, les outils Carte de chaleur et Interpolation ne fonctionnent plus comme extensions mais comme des algorithmes d'Interpolation de QGIS que l'on peut trouver dans la Boîte à outils de traitements.

De même, l'outil Statistiques de zone fait désormais partie du noyau de QGIS (Boîte à outils -> Analyse raster).

Si l'extension "Raster Calc" (qui est une autre calculatrice raster) est active, un 5ème bouton correspondant à cette extension apparaît dans la barre d'outils.



Méthode : Agir sur les histogrammes

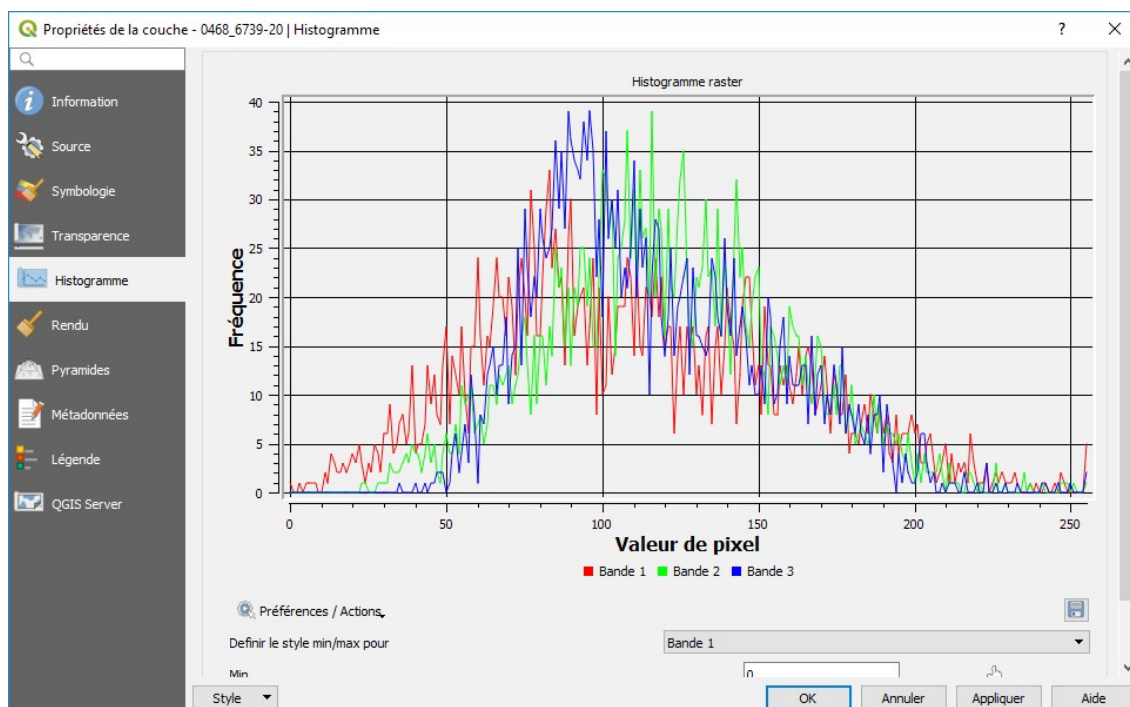
Les 4 boutons de commandes sur les histogrammes permettent d'améliorer la qualité de l'affichage en répartissant au mieux l'ensemble des pixels entre les tons clairs et les tons foncés.

Les deux premières agissent en utilisant des valeurs estimées (pour réaliser des traitements plus rapides).

- *commandes sur tout le jeu de données* : quelle que soit l'emprise affichée à l'écran, le calcul est effectué sur l'ensemble de la couche ;
- *commandes sur l'emprise actuelle (ou locale)* : le calcul est effectué uniquement sur la zone présente à l'écran.

Ces fonctionnalités correspondent à la commande "Etirer jusqu'au MinMax" de la fenêtre des propriétés de la couche raster, onglet Symbologie, dans laquelle il est possible de paramétrer plus finement cette action sur l'histogramme. Notamment, utiliser l'écart-type (de la répartition des pixels dans l'image) agit sur le contraste global de l'image : plus cet écart-type est proche de 0, plus l'image est contrastée (paramétrage de valeurs min/max -> Cumulatif décompte de coupe)

Il est également possible d'agir sur l'histogramme dans l'onglet « **Histogramme** » de la fenêtre des propriétés des couches raster.



histogramme



Remarque : Cas particulier de certaines images sans contraste

Certaines images peuvent être fournies sans étalement des dynamiques et sont visuellement difficiles à exploiter car elles n'ont aucun contraste : elles apparaissent très sombres. C'est le cas notamment des images satellitaires RapidEye fournies par GéoSud.

Pour améliorer l'affichage, on peut utiliser les solutions suivantes :

- utiliser le bouton "étendre l'histogramme ..." de la barre d'outils Raster ;
- utiliser la commande "Etirer jusqu'au MinMax" de l'onglet Style des propriétés de la couche en fixant soi-même les valeurs min et max que l'on aura pu évaluer grâce à l'histogramme ;
- utiliser cette même commande mais avec l'écart-type.



Conseil : Étirer par défaut l'histogramme d'une couche raster

Comme on l'a vu au sujet des MNT, il est possible de choisir d'étirer par défaut l'histogramme à l'ouverture d'une couche raster. cela se fait dans les préférences : **Options - Rendu - Rasters**

Il est possible de choisir le mode d'étirement que l'on trouve le plus adapté.

▼ Rasters

Sélection des bandes RVB Bande rouge Bande verte Bande bleue

Amélioration de contraste

	Algorithme	Limites (Minimum / Maximum)
Bande grise unique	Étirer jusqu'au MinMax	Minimum / maximum
Couleur à bandes multiples (octet / bande)	Étirer jusqu'au MinMax	Minimum / maximum
Couleur à bandes multiples (>octet / bande)	Étirer jusqu'au MinMax	Histogramme cumulatif - décompte de coupe

Histogramme cumulatif limites de coupe - %

Multiplicateur de l'écart-type

Préférences - Options - Rendu rasters

E. Le géoréférencement

Le géoréférencement consiste à projeter dans le système de coordonnées souhaité une image raster dépourvue d'informations géographiques. Il peut, par exemple, s'agir d'une image scannée d'une ancienne carte papier, d'une planche cadastrale.

Le module "Géoréférencement" de QGIS se trouve dans le menu Raster (si l'extension est activée). Pour géoréférencer une image, il faut être capable de déterminer à sa surface des points dits "de contrôle" dont les coordonnées sont connues :

- soit il faut établir la correspondance entre certains points de l'image et leurs équivalents sur un référentiel géographique (bâtiments, ouvrages d'art, carrefours, etc).

C'est le géoréférencement en mode relatif.

- soit il peut s'agir du carroyage imprimé si l'image est une carte scannée (les graticules, dont les coordonnées sont repérables).

C'est le géoréférencement en mode absolu.



Méthode : Le géoréférencement d'une image raster en mode relatif

Lancer le géoréférencement :

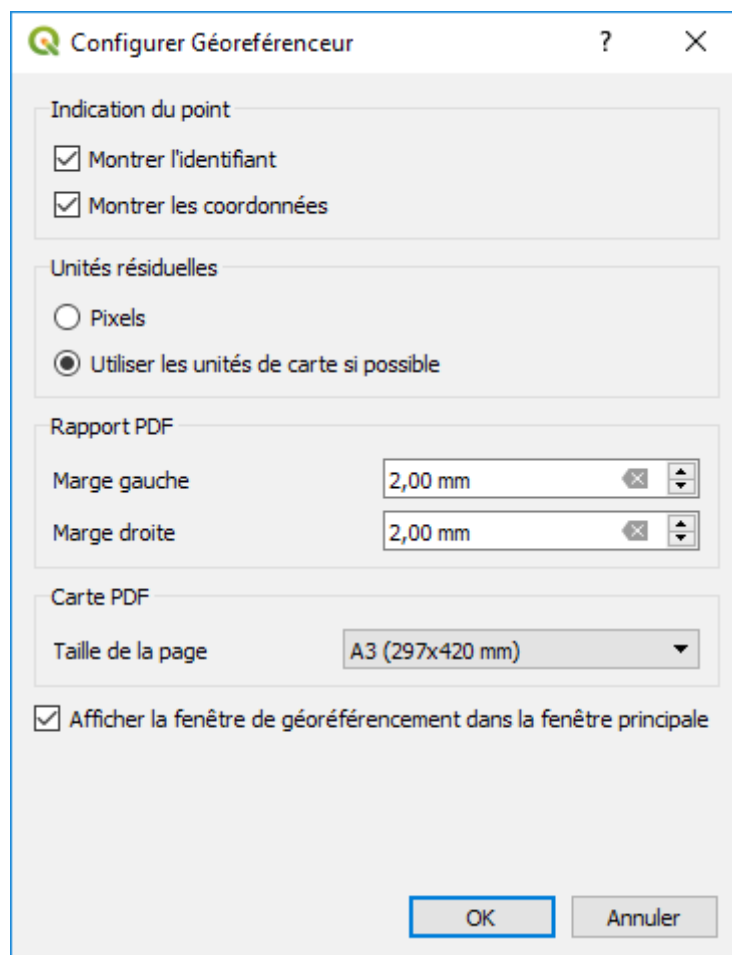
- menu Raster - Géoréférencer

- ou bouton




Conseil : Il est possible de paramétrer le géoréférencement pour qu'il soit affiché dans la fenêtre principale de QGIS (menu « **Paramètres** » du Géoréférencement, « **Configurer le Géoréférencement** ») afin de faciliter le passage d'une fenêtre à l'autre.


Dans la même fenêtre, cocher les cases « **Montrer l'identifiant** » et « **Montrer les coordonnées** » pour afficher ces informations lors de la saisie des points. Cocher aussi « **Utiliser les unités de carte si possible** »



Configurer le Géoréférenceur

La démarche pour géoréférencer une image dans QGIS est bien conçue. Dans un premier temps, charger l'image raster à géoréférencer dans le géoréférenceur avec le bouton  situé en haut à gauche du panneau "Géoréférenceur".

QGIS vous demande le système de coordonnées utilisé, ce qui est un peu inutile, car l'image en est dépourvue. Mais ça ne coûte rien de donner le système qui sera utilisé pour l'image en sortie.

Positionner sur l'image les points de contrôle (qui auront été déterminés au préalable bien entendu)  et saisir les coordonnées X et Y de chaque point. Pour cela, on peut :

- soit saisir manuellement les coordonnées X et Y de chacun des points ;
- soit utiliser le "canevas de la carte" qui est une solution beaucoup plus simple, puisque l'on vient cliquer sur les points correspondant aux points de contrôle directement dans la carte, sur la couche qui sert de référentiel (plus confortable). Nous avons utilisé ici le scan25.



Géoréférencer

Fichier Éditer Vue Paramètres

Table des points de contrôle

Visible	ID	Source X	Source Y	Destination X	Destination Y	dx (pixels)	dy (pixels)	Résidu (pixels)
<input checked="" type="checkbox"/>	0	1029,85	-564,684	469373	6,73835e+06	0	0	0

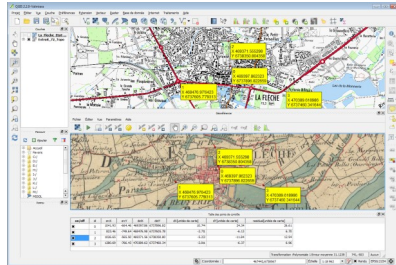


Image 4 Géoréférencement saisie des points

- Il faut au minimum 4 points pour obtenir un géoréférencement acceptable, mais ceci dépend surtout du calcul qui sera appliqué (type de transformation, méthode de ré-échantillonnage). Les deux boutons situés à la droite de celui-ci permettent d'effacer ou de déplacer les points de contrôle déjà saisis.

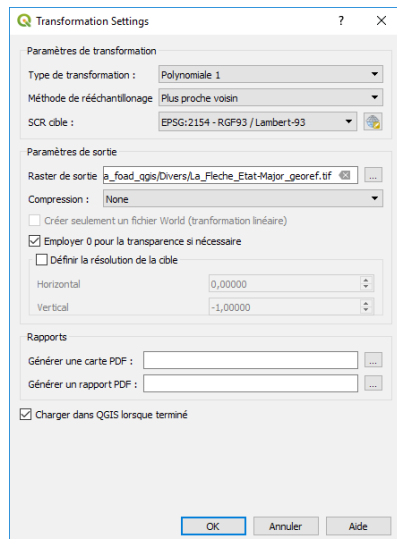



Image 5 fenêtre paramètres de géoréférencement

- Définir les paramètres de la transformation  , le nom

du fichier raster de sortie (au format Géotif), son système de coordonnées. Il peut être utile d'employer 0 pour la transparence si nécessaire.

- Les transformations de type polynomiales de degrés 1 à 3 sont parmi les plus utilisées pour le géoréférencement et elles diffèrent par le degré de distorsion introduit pour faire correspondre la source aux points de contrôle. Le degré 1 permet seulement la translation, la rotation et la mise à l'échelle. Le degré 2, qui autorise quelques

courbes, est la transformation la plus utilisée (mais il faut au minimum 6 points de contrôle).

- A défaut d'un choix parfaitement maîtrisé, la méthode de ré-échantillonnage au plus proche voisin conserve les statistiques de l'image et est donc un choix par défaut acceptable.

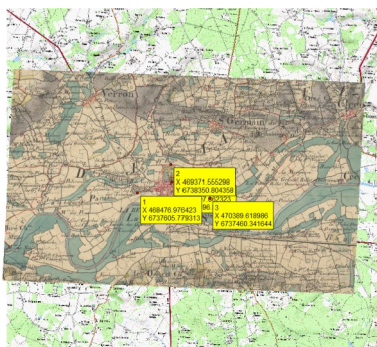



Image 6 Résultat du géoréférencement

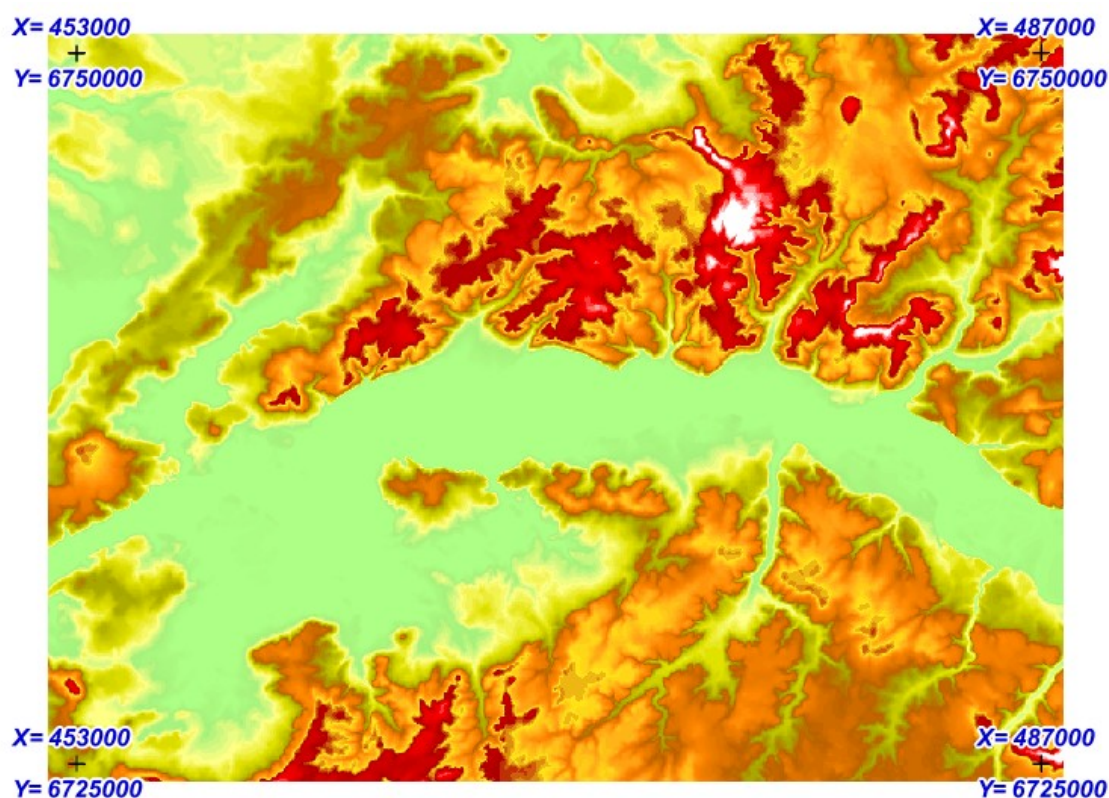
- Lancer le géoréférencement . Lorsque la couche raster en sortie est affichée, il est toujours possible de modifier les paramètres, de déplacer ou supprimer les points de contrôle, en créer de nouveaux dans le géoréférencement qui reste ouvert à l'écran.



Méthode

Le géoréférencement d'une image raster en mode absolu

Le fichier MNT_La_Fleche.png (dossier Divers) comprend 4 points de calage (croix), dont les coordonnées (SCR RGF93/Lambert 93) sont :

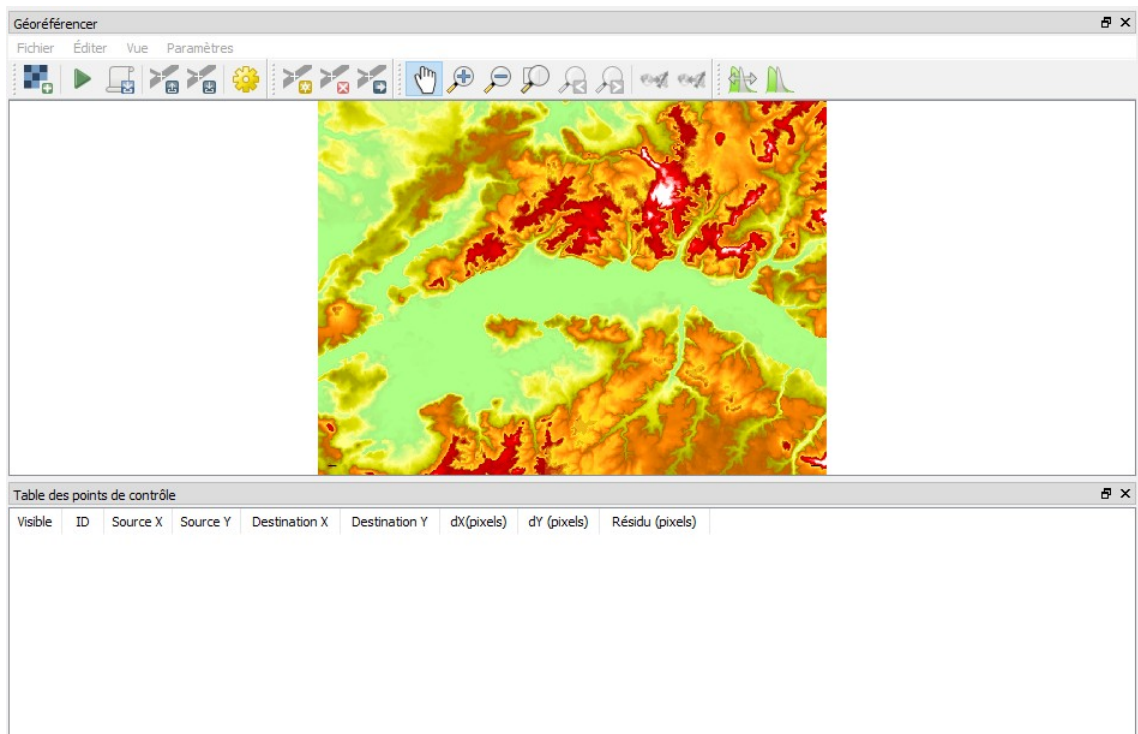


Points de calage

Pour géoréférencer ce fichier raster dans QGIS ouvrir le géoréférencement (menu Raster

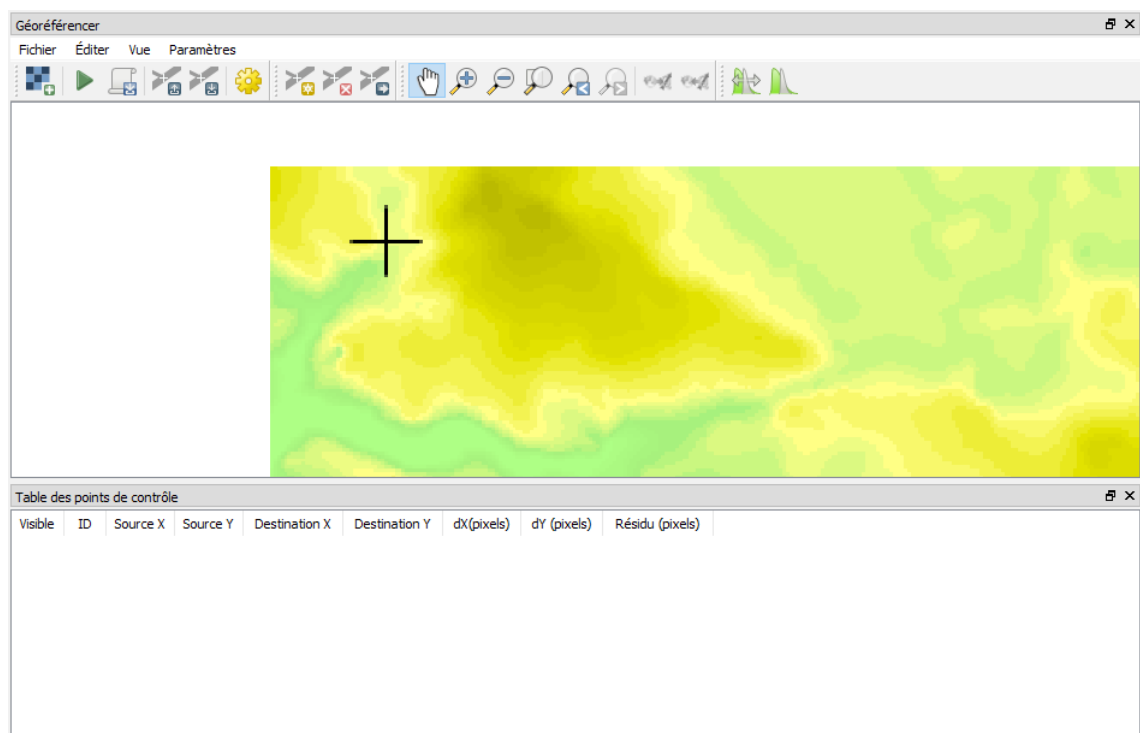
→ Géoréférencer)

Ouvrir le fichier image MNT_La_Fleche.png dans le géoréférenceur en précisant le SCR (RGF93/Lambert 93) :




Fenêtre du géoréférenceur

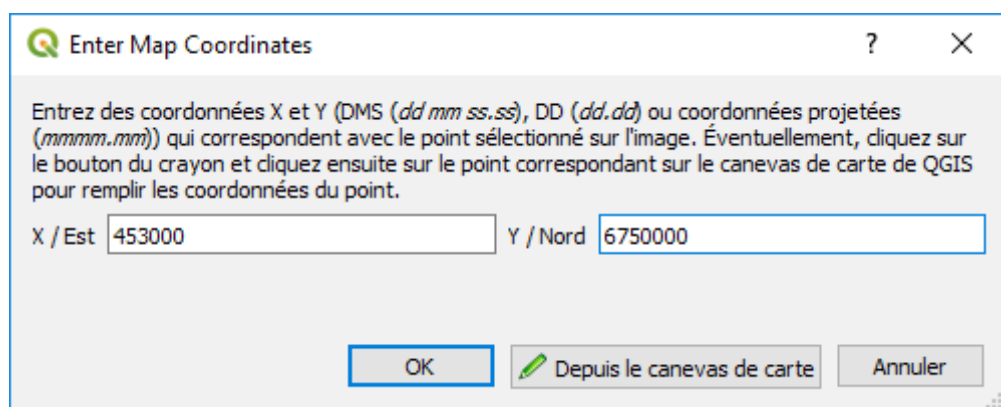
Zoomer sur le point n°1 (en haut à gauche de l'image) :



1er point de calage

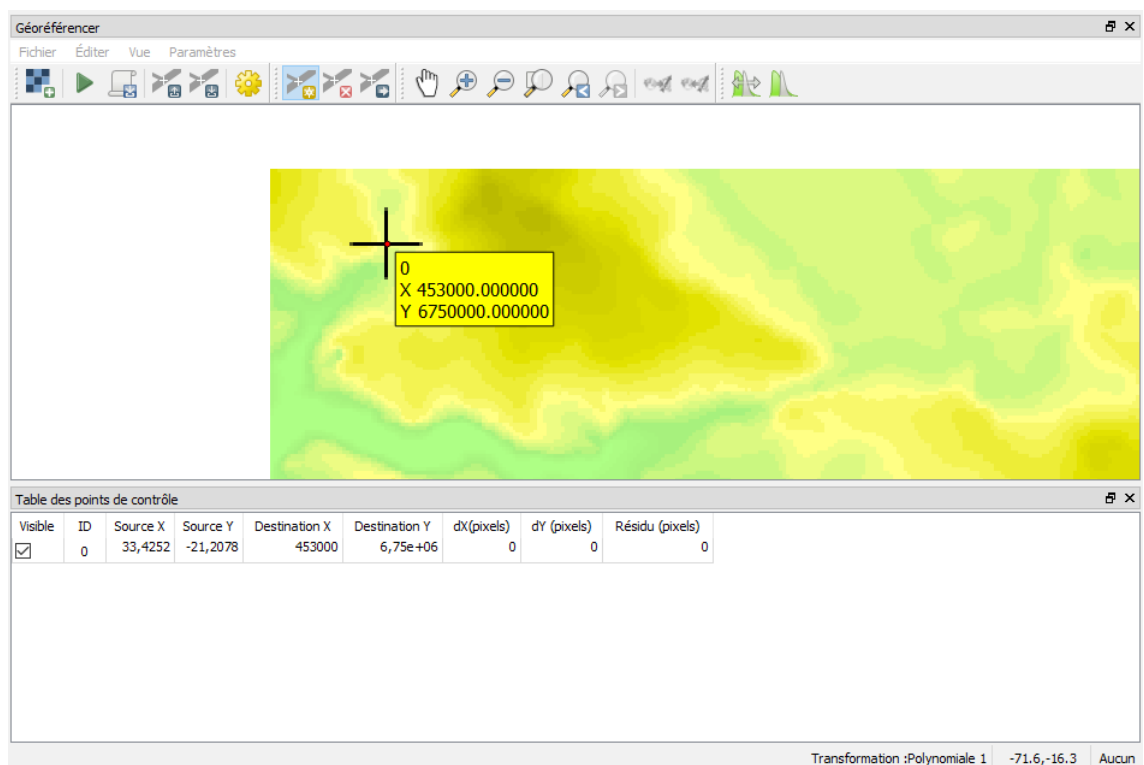
Ajouter un point de calage (bouton ):

Fixer le point de calage (réticule) en cliquant précisément sur la croix et renseigner les coordonnées du point de calage :



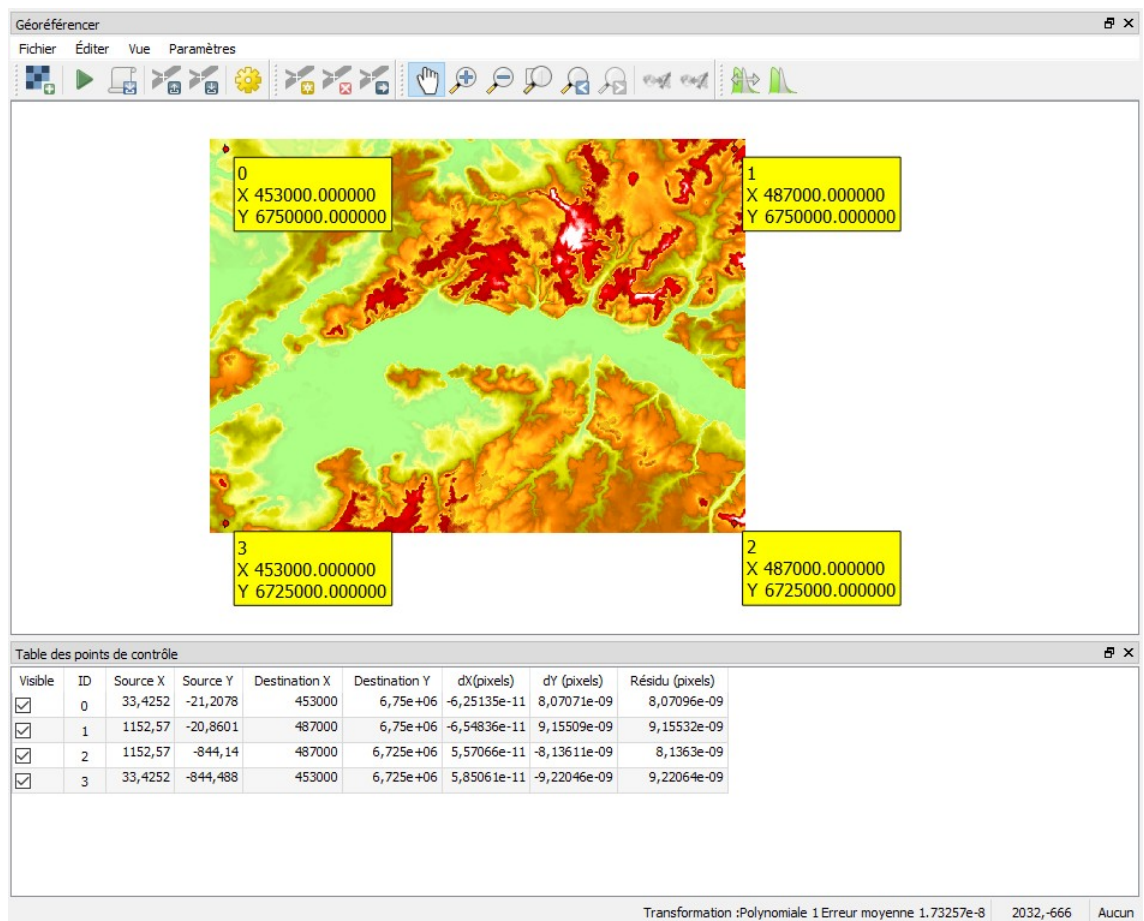
Saisie des coordonnées du point de calage

Le point de calage n°1 apparaît dans la fenêtre du géoréférencier et dans la table des points de contrôle (avec l'identifiant 0) :



Affichage du 1er point de calage

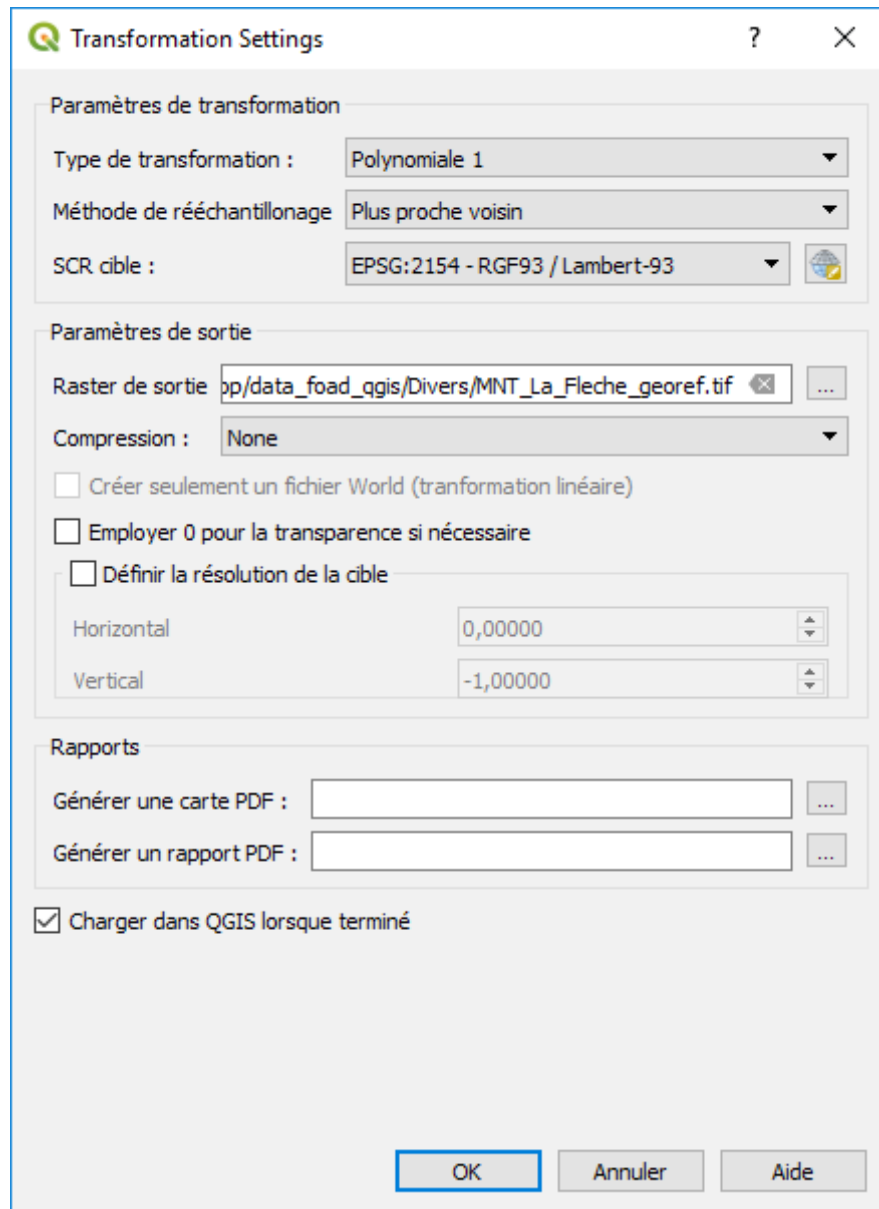
Répéter l'opération avec les trois autres points :



Les 4 points de calage

Fixer les paramètres de transformation : Bouton





Paramètres de transformation

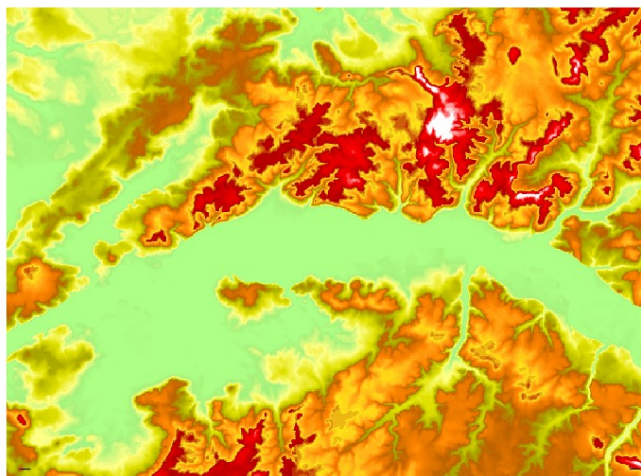
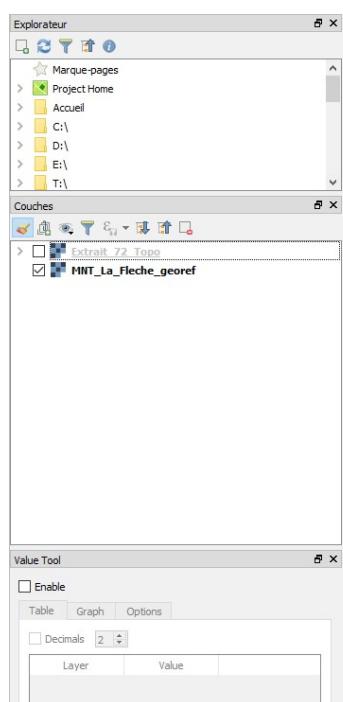
Après avoir choisi le dossier de destination, le nom du fichier géoréférencé (raster de sortie) est proposé : MNT_La_Fleche_georef.tif

Lancer le géoréférencement : bouton



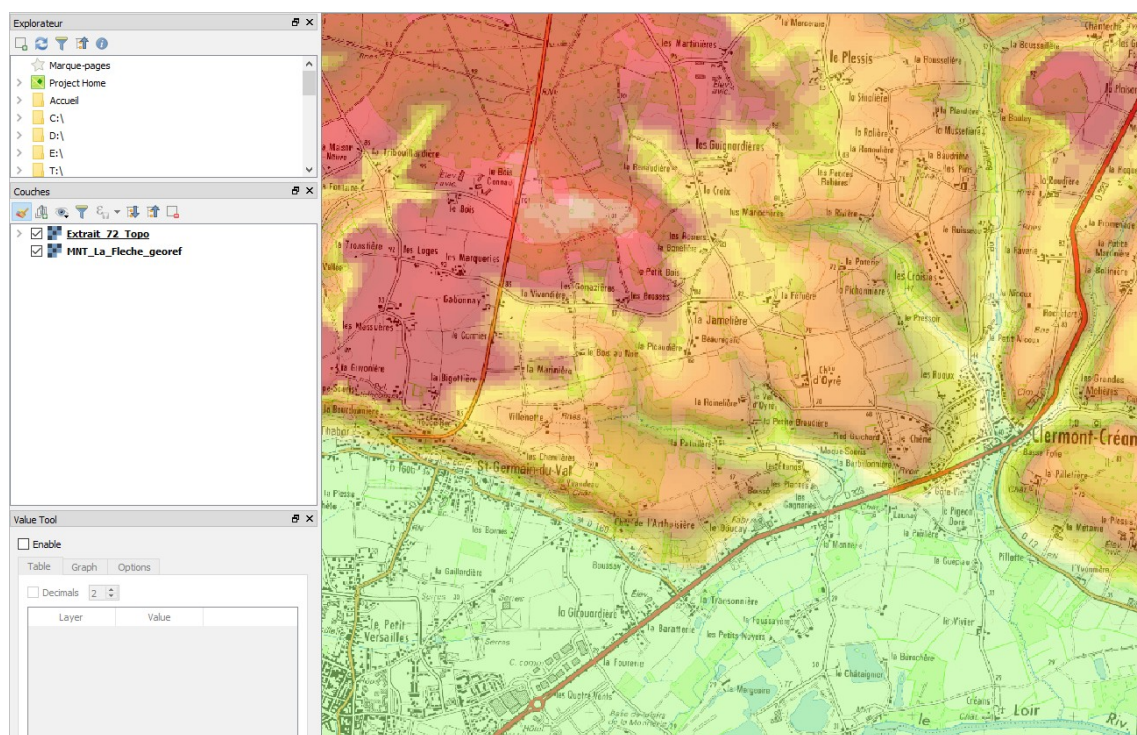
Quitter le géoréférencement

L'image raster géoréférencée est affichée dans la fenêtre carte de QGIS :



Résultat du géoréférencement dans QGIS

La superposition avec le scan25 est excellente :



Superposition de l'image géoréférencée dans QGIS



Conseil : Pour en savoir plus ...

Consulter cet article de GéoInformations apportant des *précisions* sur une méthode de géoréférencement⁷.



7 - http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=article&id_article=3066&id_rubrique=724

F. Manipulations sur les images raster

Ci-dessous on trouvera quelques manipulations sur les images raster, montrant que ces données sont bien plus qu'un simple habillage sur une carte et peuvent être traitées pour en extraire de l'information métier.

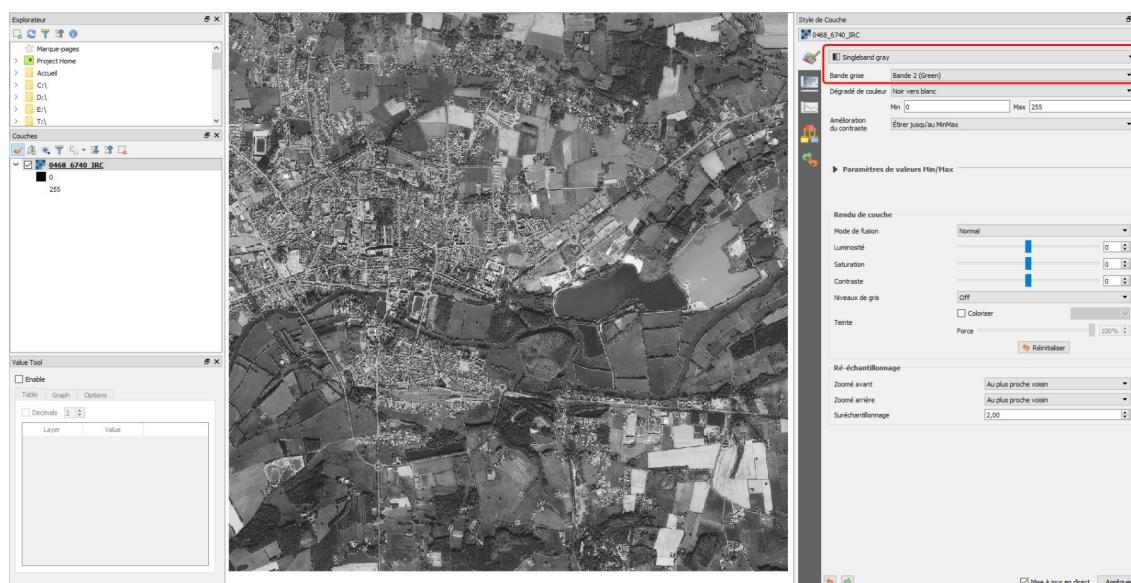


Méthode : Visualiser une seule bande d'une image multibande

Pour visualiser une seule bande d'une image multibande :

- on pourrait croire qu'il suffit de mettre à "Non renseigné" le mode d'affichage des autres bandes : mais cela ne donne pas de résultat car il faut que les 3 bandes soient renseignées pour obtenir un affichage ;
- on peut afficher la couche comme « **Bande grise unique** » (Onglet Style) et choisir la bande souhaitée dans les propriétés de la bande grise ;
- on peut également répéter trois fois la même bande en restant au mode d'affichage « **Couleur à bandes multiples** »;

L'intérêt de passer au mode d'affichage « **Bande grise unique** » est que l'on peut définir un style qui permettra une représentation de cette unique bande en choisissant « **Pseudo-couleur à bande unique** ».



bande unique en dégradé de gris



Méthode : Régler la transparence des pixels

L'onglet "Transparence" permet de régler, on l'a déjà vu, l'opacité globale de la couche. Mais il est également possible d'appliquer à une couche des "options de transparence personnalisée" qui vont déterminer la liste des pixels (en fait les valeurs de pixels) qui vont devenir transparents. Cela peut avoir son utilité pour faire apparaître d'autres référentiels sous des cartes scannées rendues transparentes par zones.

Pour définir les pixels qui doivent devenir transparents, il faut utiliser le bouton "Ajouter les valeurs depuis l'affichage" et cliquer, dans la carte, dans la zone souhaitée. La valeur du pixel cliqué s'ajoute dans la "liste des pixels transparents". Plus exactement, on peut définir une plage de valeurs ('De', 'Vers') à l'intérieur de

laquelle les pixels seront affectés de cette transparence (utile pour les photos).

On peut également effectuer cette saisie manuellement après avoir relevé la valeur

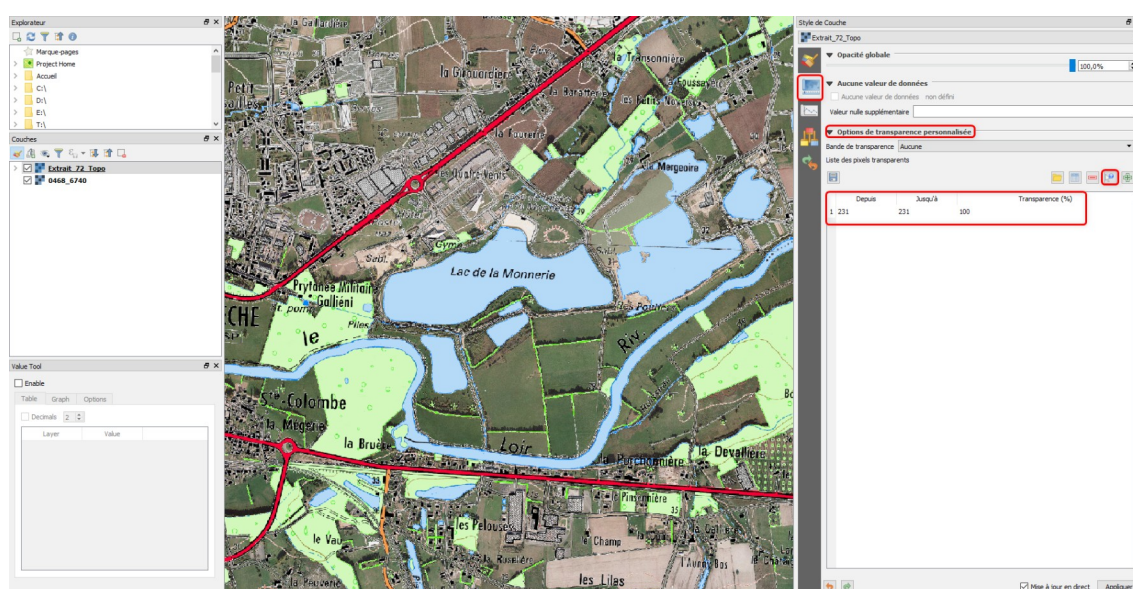
des pixels en utilisant le bouton



"Identifier les entités" de la barre d'outils

principale (attention à ne pas confondre les deux boutons qui sont visuellement très proches).

Comme cette tâche est assez fastidieuse, il est recommandé d'exporter cette liste vers un fichier pour pouvoir la réutiliser par la suite. La barre d'outils de droite possède d'autres boutons permettant la gestion de ce tableau de valeurs : rajouter, supprimer, valeurs par défaut, charger une table, sauvegarder une table.



options de transparence personnalisée

Dans l'exemple ci-dessus, la transparence est affectée aux pixels de valeur 231 qui est le code de la couleur des surfaces blanches dans le Scan 25. Ainsi toutes les zones blanches du scan25 deviennent transparentes (laissant apparaître la BD Ortho).




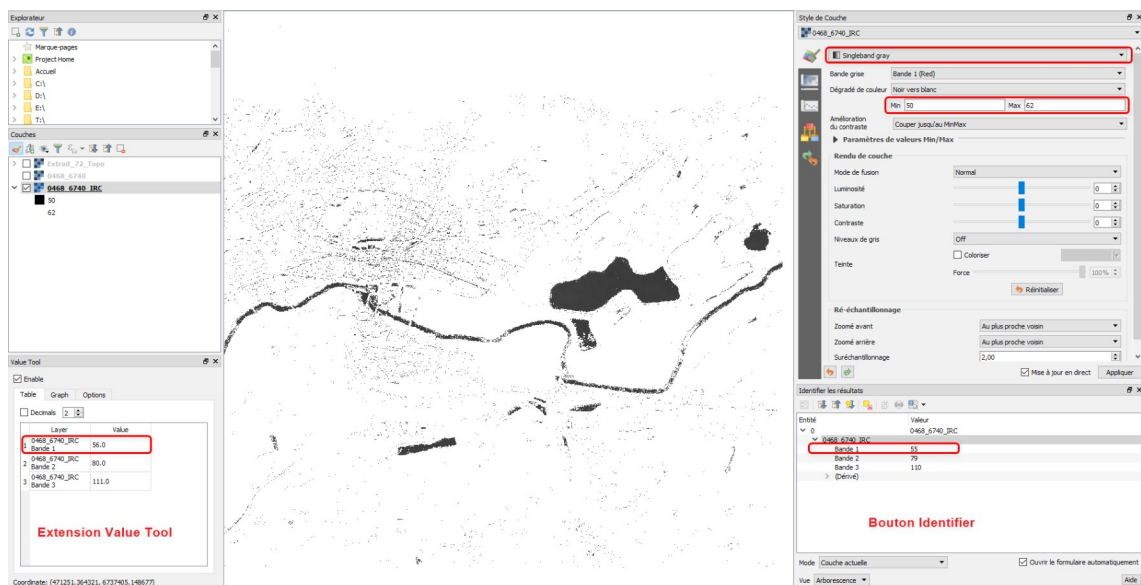
Méthode : Sélectionner les pixels à afficher

Il peut être utile de réaliser la procédure inverse, c'est-à-dire n'afficher que les pixels correspondant à une classe de valeurs permettant d'isoler, au sein de l'image, des zones particulières.

La bande spectrale du proche infrarouge permet ainsi d'identifier certaines classes d'occupation du sol, comme les surfaces d'eau, car l'eau absorbe la quasi-totalité du rayonnement dans ces longueurs d'onde.

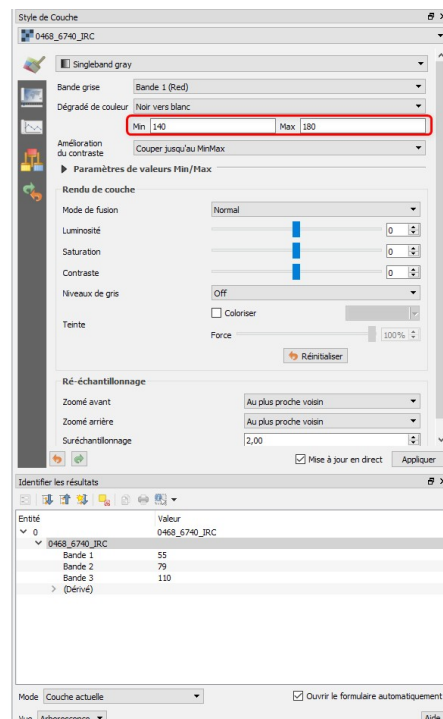
Pour sélectionner dans l'image les pixels d'une certaine classe de valeurs, on peut de nouveau utiliser l'onglet "symbologie" des propriétés de la couche. Si l'on prend l'exemple de la BD Ortho IRC, nous allons sélectionner les pixels dont la valeur correspond à la surface de l'eau :

- pour cela, la première action consiste à afficher la bande 1 en dégradé de gris (cette bande 1 correspond à l'infrarouge, voir la documentation de l'IGN).
- visuellement, on peut constater que les surfaces d'eau sont effectivement reconnaissables à leur couleur sombre, indiquant une absorption du rayonnement infrarouge.
- en utilisant le bouton  ou l'extension "Value tool", on peut obtenir la valeur des pixels sur différentes surfaces d'eau (regarder la valeur de la bande 1). On peut faire une première approximation en retenant les valeurs entre 50 et 62 ;
- dans l'onglet Symbologie, la palette de couleur étant réglée sur Dégradé de gris, saisir les valeurs Min et Max à 50 et 62
- dans la zone "Amélioration du contraste", choisir "Couper jusqu'au MinMax".



résultat MinMax surface de l'eau

En réglant les valeurs Min et Max à 140 et 180, on obtient un résultat totalement différent, où la surface de l'eau a totalement disparu et où la végétation est particulièrement mise en valeur.



Résultat MinMax pour végétation



Conseil

Les exemples présentés n'ont pas la prétention de décrire des procédures métier précises, mais d'attirer l'attention sur les grandes possibilités offertes par QGIS pour le traitement des données raster.

Les manipulations ci-dessus ne concernent que l'affichage des couches Rasters et permettent de déterminer les valeurs des pixels à retenir en fonction de l'objectif de traitement que l'on s'est fixé. Pour continuer à exploiter les données, il faut utiliser d'autres outils, comme la calculatrice raster qui va extraire de la couche initiale les pixels retenus (la surface de l'eau, la végétation, etc.) pour créer une nouvelle couche raster qui sera utilisée pour des traitements ultérieurs : tamisage, polygonisation, etc.

On peut également citer le calcul d'indices qui va permettre de caractériser la nature du sol, dont l'indice NDVI qui est décrit ci-dessous.



Méthode : Un indicateur pour la végétation : l'indice NDVI

Les indices de végétation sont basés sur des opérations arithmétiques entre deux bandes spectrales, généralement le rouge et le proche infrarouge, mais également les bandes du proche et du moyen infrarouge.

L'indice le plus connu et le plus utilisé est *l'indice de végétation par différence normalisé ou indice de Tucker (NDVI en anglais)*. Son expression est la suivante :

$$\text{NDVI} = (\text{Proche Infrarouge} - \text{Rouge}) / (\text{Proche Infrarouge} + \text{Rouge})$$

Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1 :

- les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge ;
- pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0 ;
- les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7 - les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

Dans l'exemple ci-dessous, la calculatrice raster a été utilisée pour retenir les pixels où l'indice NDVI calculé à partir des bandes 1 (IR) et 2 (Rouge) de la BD Ortho IRC est supérieur à 0,1. La formule utilisée est :

```
1 ( "0468_6740_IRC@1" - "0468_6740_IRC@2" ) / ( "0468_6740_IRC@1" + "0468_6740_IRC@2" ) >= 0.1
```

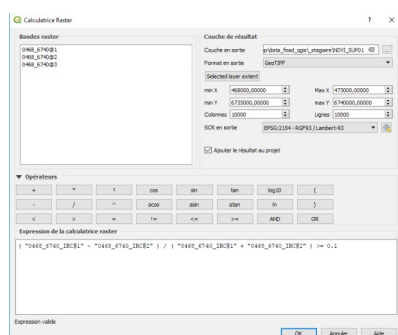


Image 7 Calcul du NDVI

La formule calcule l'indice NDVI : $(IR-R)/(IR+R)$ et ne retient que les résultats supérieurs à 0,1 pour caractériser les formations végétales.



Image 8 affichage de l'indice NDVI

Les pixels blancs portent la valeur 1 et correspondent donc au couvert végétal sélectionné à partir de la formule NDVI $\geq 0,1$

Des traitements ultérieurs avec la calculatrice raster permettront de poursuivre l'analyse de ce couvert végétal.



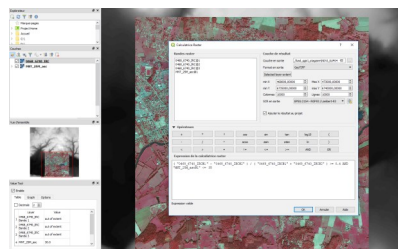
Exemple : Combiner la recherche de végétation avec l'altitude

Dans cet exemple, on veut déterminer les zones de végétation situées sous une certaine altitude (en l'occurrence 35 mètres d'altitude). On retiendra le couvert végétal pour lequel l'indice NDVI est supérieur à 0.4 (couvert arboré, plus dense que dans l'exemple précédent).

On utilise toujours les couches ORTHO IRC et MNT au pas de 25 mètres.

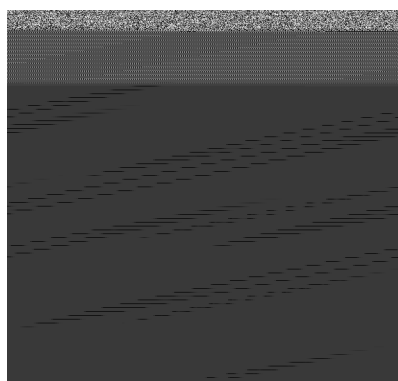
On peut effectuer le calcul en une seule fois avec la calculatrice Raster en appliquant la formule suivante :

```
1 ( "0468_6740_IRC@1" - "0468_6740_IRC@2" ) / ( "0468_6740_IRC@1" +
  "0468_6740_IRC@2" ) >= 0.4 AND "MNT_25M_asc@1" <= 35
```



La formule utilisée calcule : NDVI >= 0.4 AND Altitude <= 35

Image 9 calculatrice Raster pour NDVI et Alti



Le résultat est le suivant (bon, d'accord ! déterminer le couvert végétal en-dessous de 35 mètres d'altitude présente un intérêt minime dans la vraie vie)

Image 10 exemple NDVI et altitude

G. Images satellitaires - exemple de LANDSAT 8

Images satellitaires de LANDSAT 8

Les images des satellites LANDSAT sont libres de droit et diffusées par le US Geological Survey (USGS). Plusieurs moyens d'accès aux pages de téléchargement de ces données sont disponibles sur le site web de l'USGS consacré à Landsat : <http://landsat.usgs.gov/>⁸, rubrique Get Data.

Nous allons prendre l'exemple d'images acquises par le satellite **LANDSAT 8** opérationnel depuis février 2013.

Lorsque l'on télécharge les images correspondant à la zone choisie, les fichiers obtenus sont au nombre de 12, correspondant aux 11 bandes spectrales acquises par les capteurs du satellite et à une bande dénommée "QA" destinée à synthétiser la qualité des données. Les bandes spectrales disponibles sont décrites ci-après.

Les bandes spectrales de l'instrument OLI (Operational Land Imager)

Ce radiomètre multispectral acquiert des images dans neuf bandes spectrales allant du visible au moyen infra-rouge. 7 de ces bandes spectrales étaient déjà présentes sur l'instrument ETM+ de Landsat-7, Deux canaux supplémentaires ont été ajoutés, destinés principalement à la correction atmosphérique (canal bleu à 440 nm) et à la détection des nuages (1380 nm)

Bande spectrale	Longueur d'onde	Résolution
Bande 1 - Aérosols	0,433 - 0,453 μm	30 m
Bande 2 - Bleu	0,450 - 0,515 μm	30 m
Bande 3 - Vert	0,525 - 0,600 μm	30 m
Bande 4 - Rouge	0,630 - 0,680 μm	30 m

8 - <http://landsat.usgs.gov/>

Bande spectrale	Les images raster	
	Longueur d'onde	Résolution
Bande 5 - Infrarouge proche	0,845 - 0,885 μm	30 m
Bande 6 - Infrarouge moyen 1	1,560 - 1,660 μm	30 m
Bande 7 - Infrarouge moyen 2	2,100 - 2,300 μm	30 m
Bande 8 - Panchromatique	0,500 - 0,680 μm	15 m
Bande 9 - Cirrus	1,360 - 1,390 μm	30 m

Tableau 1 Bandes spectrales OLI de Landsat 8

Les bandes spectrales de l'instrument TIRS (Thermal Infrared Sensor)

L'instrument TIRS est un radiomètre multispectral infrarouge à deux canaux qui fournit des données dans des longueurs d'ondes utilisées par les anciens satellites Landsat mais non repris dans l'instrument OLI. L'objectif est d'assurer la continuité des mesures effectuées par le passé. Ces bandes sont également appelées "Infrarouge thermique".

Bande spectrale	Longueur d'onde	Résolution
Bande 10 - Infrarouge moyen	10,30 - 11,30 μm	100 m
Bande 11 - Infrarouge moyen	11,50 - 12,50 μm	100 m

Tableau 2 Bandes spectrales TIRS de Landsat 8

La bande QA (Quality Assessment)

Les données obtenues depuis l'instrument OLI de Landsat 8 contiennent une bande QA pour Quality Assessment (évaluation de la qualité). Chaque pixel de la bande QA contient une valeur décimale qui, transformée en nombre binaire à 16 bits, permet de traduire un certain nombre d'états relatifs à la surface du sol, à l'atmosphère et au capteur et pouvant affecter l'utilisabilité du pixel considéré. Par exemple, les bits 10 et 11 qui traduisent la présence de neige au sol peuvent prendre 4 valeurs (00, 01, 10 et 11) correspondant au fait que l'algorithme d'analyse n'a pas pu déterminer l'état de la surface (00) ou bien en a une confiance limitée (01), une confiance moyenne (10) ou une confiance élevée (11).



Remarque : Téléchargement des images Landsat

Les images de Landsat obtenues par téléchargement sont lourdes car elles couvrent une zone géographique de plusieurs centaines de kilomètres carrés : les images téléchargées pour cette présentation vont de 127 Mo à 510 Mo (pour la bande 8, de

résolution deux fois plus élevée). Pour pouvoir les manipuler plus facilement et les intégrer dans le jeu de données du stage, elles ont été découpées avec la commande **Raster - Extraction - Découper** de QGIS, en utilisant la couche "Communes" comme masque de découpage.

Création d'une image composite multi-bande

L'intérêt de disposer d'une image composite multi-bande est de pouvoir rapidement composer sa propre visualisation du terrain en utilisant les bandes spectrales souhaitées pour mettre en avant tel ou tel phénomène.

QGIS permet de créer cette image composite à partir des 11 fichiers disponibles au moyen de la commande **Raster - Divers - Fusionner** :

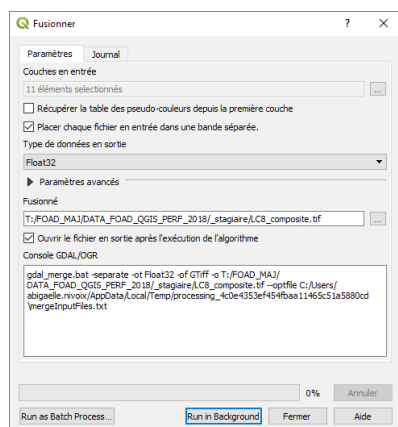
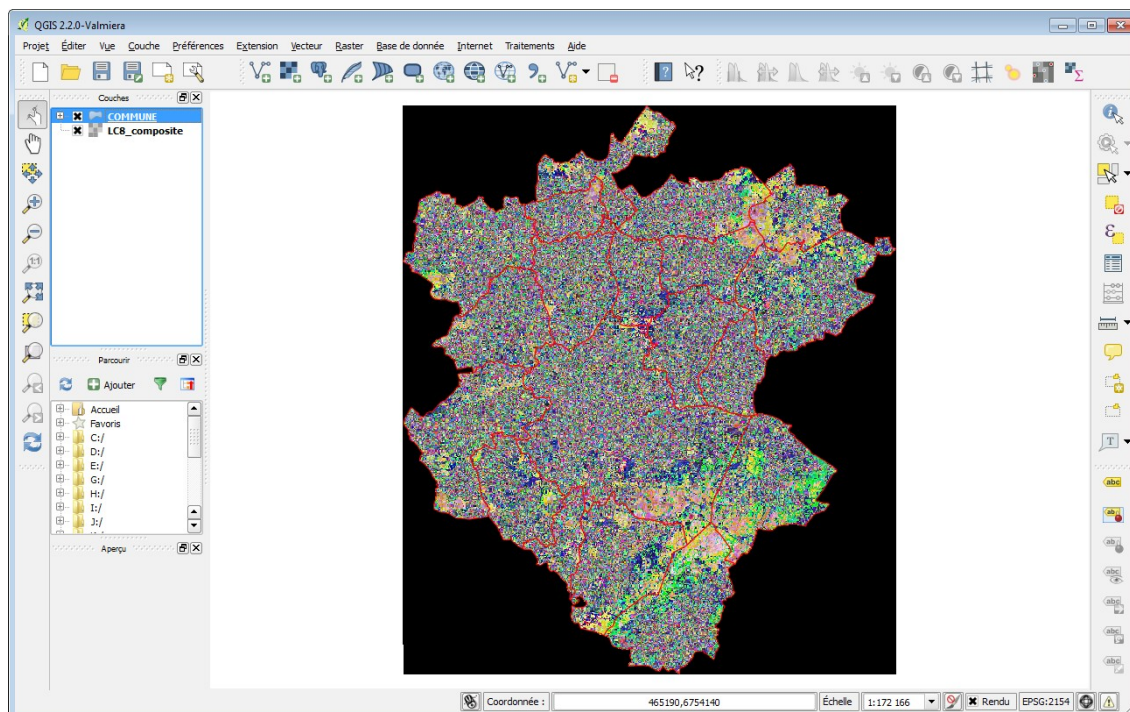


Image 11 commande Fusionner

- sélectionner les fichiers en entrée qui seront fusionnés (il n'est pas nécessaire de les ouvrir au préalable) ;
- sélectionner l'emplacement et le nom du fichier qui sera créé en sortie et sélectionner le format tif (vrt par défaut) ;
- cocher la case "Placer chaque fichier en entrée dans une bande séparée" pour que la fusion soit effectuée en superposant les fichiers en entrée sous forme de bande spectrale ;
- cocher "Ouvrir le fichier en sortie après exécution de l'algorithme" pour faire apparaître la couche en sortie.

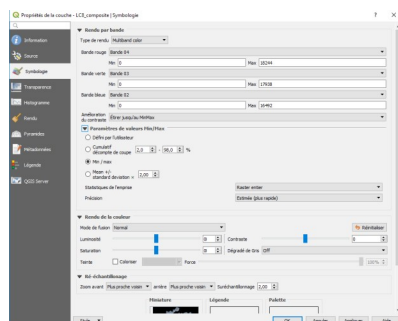
Le résultat est une couche composite de 11 bandes spectrales.

Les images raster



affichage image composite

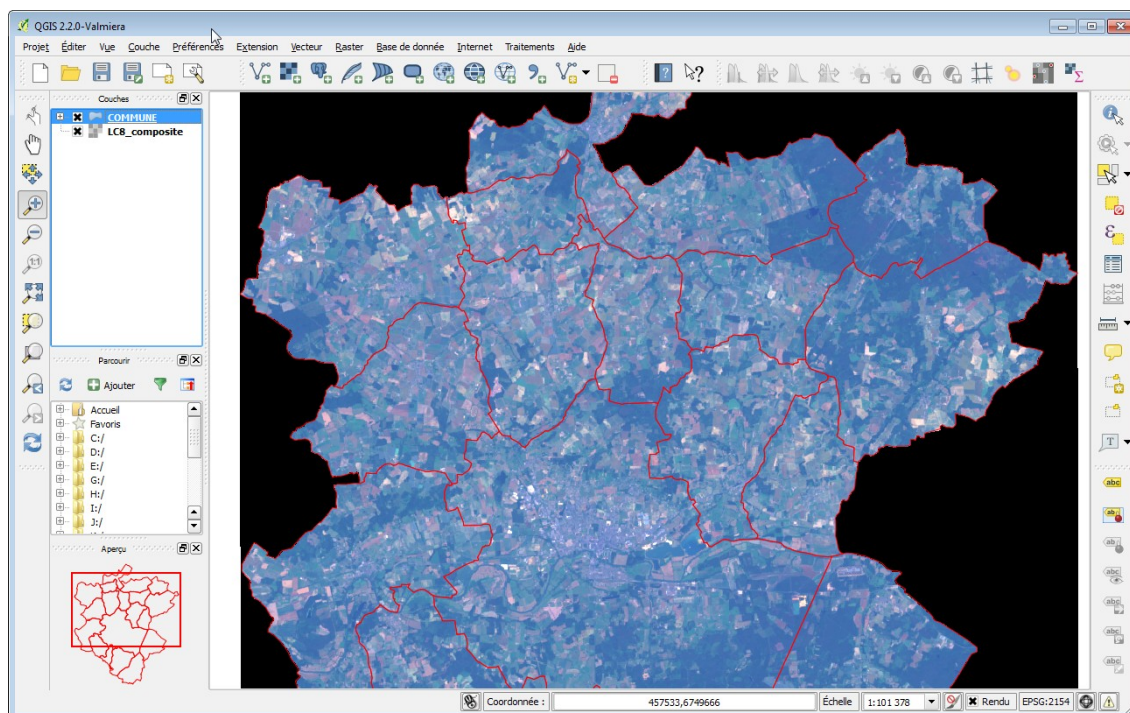
Pour choisir les bandes spectrales à afficher et leur ordre, il faut passer par les propriétés de la couche, onglet Symbologie. Pour obtenir la représentation en couleurs visibles, il faut choisir (voir les tableaux ci-dessus) les bandes suivantes :



- bande rouge : Bande 4 - Rouge
- bande verte : Bande 3 - Vert
- bande bleue : Bande 2 - Bleu

Image 12 choix des bandes spectrales

Après étirement de l'histogramme, on obtient le résultat ci-dessous. La résolution est de 30 mètres, ce qui explique la qualité de l'image obtenue avec un affichage à relativement grande échelle de notre exemple.



affichage bandes spectre visible

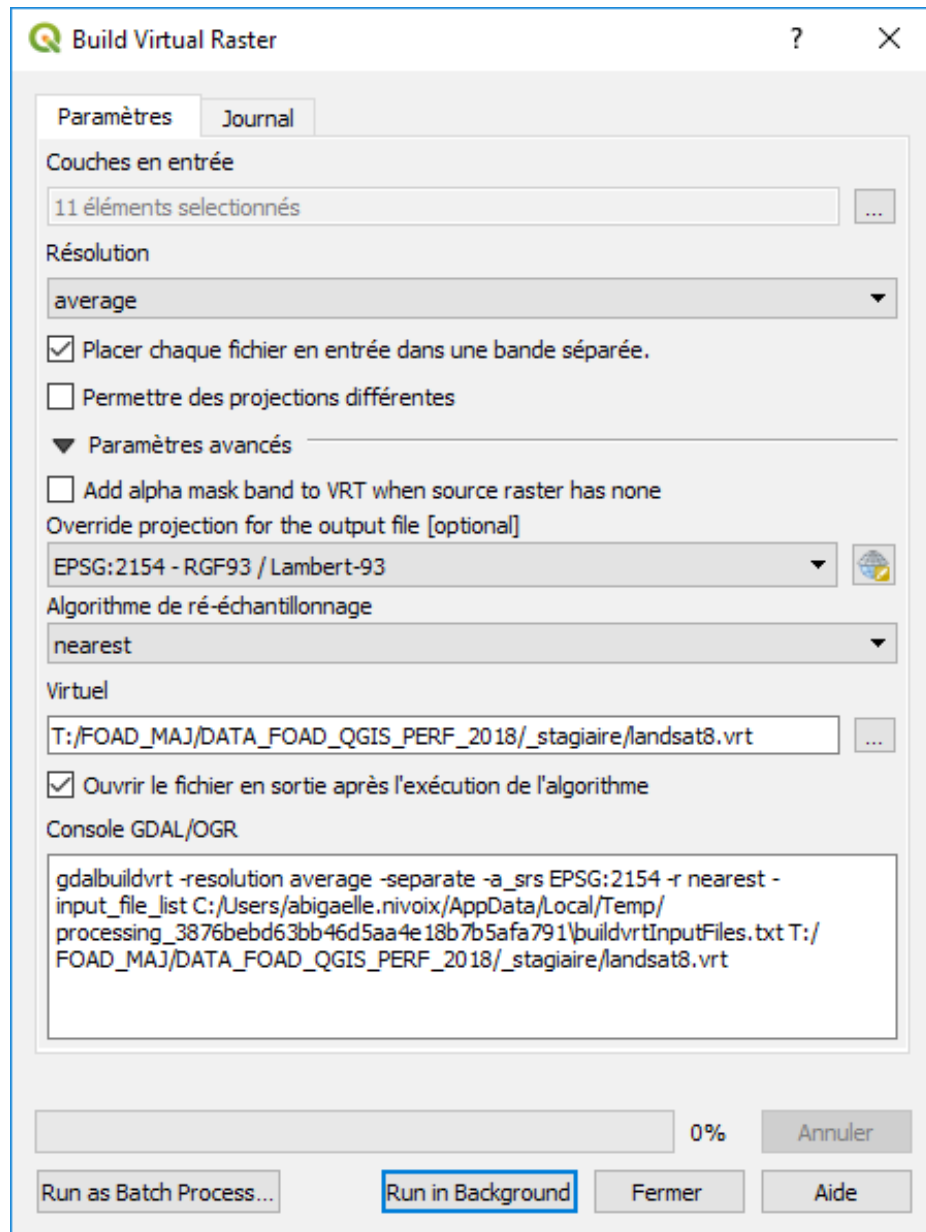


Complément : Créer un raster virtuel composite (VRT)

Au lieu de créer une nouvelle image composite comme nous venons de le voir, il est possible de créer un raster virtuel (VRT) qui va assembler les différentes images originales et conserver chacune d'entre elles sous forme de bande spectrale séparée :

- Commande **Raster - Divers - Construire un raster virtuel** ;
- Choisir les fichiers en entrée et le fichier VRT en sortie ;
- **Cocher l'option "Placer chaque fichier en entrée dans une bande séparée"** pour conserver les différentes couches en entrée comme des bandes séparées ;
- Définir, dans les paramètres avancés, la projection RGF93 pour la couche en sortie ;
- Charger dans la carte une fois terminé.

La couche VRT obtenue se manipule comme une image composite, en ce qui concerne le choix des bandes à afficher et l'étirement de l'histogramme.



Créer un VRT composite

D'autres outils pour les données raster

Les autres outils de traitement de données raster	63
Exercice 19 : calcul de proximité Raster	66

A. Les autres outils de traitement de données raster

Le menu Raster de QGIS propose des commandes venant compléter celles qui ont été examinées au cours des chapitres précédents plus spécifiquement sur les MNT et sur les images. Nous allons balayer rapidement l'intégralité de ce menu et de ses sous-menus en décrivant rapidement les fonctionnalités rencontrées. Les commandes déjà examinées seront signalées.

Il est rappelé que ces commandes s'appliquent pour la plupart aussi bien aux données rasters de type MNT qu'aux images proprement dites : projections, convertir, découper, construire un VRT, etc.

Projections

- *Projection* : cette commande permet de reprojeter une couche dans n'importe quelle projection supportée et crée une nouvelle couche en sortie ;
- *Assigner une projection* : pour changer la projection d'une couche (la projection initiale est perdue) ;

Conversion

- *Rastériser* : Les objets vectoriels de la couche d'entrée sont transformés en pixels dans une nouvelle couche raster.
- *Polygoniser* : des polygones vectoriels sont créés à partir des zones de pixels connectés partageant la même valeur de cellule. Chaque polygone est créé avec un attribut indiquant la valeur du pixel sous-jacent. La couche de données vectorielles en sortie est créée si elle n'existe pas encore.
- *Convertir* : cet utilitaire de conversion très puissant permet de transformer un raster dans un autre format tout en effectuant certaines actions telles que le ré-échantillonnage, le changement de taille des pixels ou l'extraction. Nous avons déjà utilisé cette commande pour supprimer d'un raster les pixels dont

la valeur était à 0.

- *RVB vers PCT* : pour calculer une table de pseudo-couleurs (PCT) optimale à partir d'une image RVB
- *PCT vers RVB* : pour convertir une bande de couleurs indexées en RVB.

Extraction

- *Création de contours* : déjà étudié pour la création des courbes de niveau à partir des MNT
- *Découper un raster selon une emprise* : Cet utilitaire permet de découper une ou plusieurs couches rasters selon une emprise de coordonnées. Tous les rasters doivent avoir le même système de coordonnées, le même nombre de bandes, ils peuvent se superposer ou être de résolutions différentes
- *Découper un raster selon une couche de masquage* : permet de découper une couche raster selon l'emprise d'une couche vecteur.

Analyse

- *Tamiser* : efface les surfaces rasters plus petites que la taille donnée en pixel et les remplace par la valeur de la surface voisine la plus importante.
- *Presque noir* : (ou presque blanc) pour scanner une image et convertir les pixels qui sont dans une couleur presque noire (ou presque blanche) dans une couleur noire totale (ou blanche). Peut être utile sur des images compressées pour les corriger.
- *Remplir la valeur nulle* : remplit les régions sélectionnées (généralement des zones *nodata*) en interpolant à partir de pixels valides autour des bords de la zone (sur une distance maximum à saisir).
- *Proximité (distance raster)* : cet utilitaire génère une "carte raster de proximité" qui indique la distance entre le centre de chaque pixel et le centre du pixel le plus proche qui est désigné comme un pixel cible (les cibles sont les pixels qui correspondent à une valeur de pixel précise). Voir l'exemple ci-dessous.
- *Grille (interpolation)* : Ce programme crée une grille régulière (raster) à partir des données éparpillées dans une source de données. Les données en entrées seront interpolées pour remplir les nœuds de la grille avec des valeurs, diverses méthodes d'interpolation peuvent être choisies.



Méthode : Exemple de calcul de proximité raster

A partir de la couche Scan25, il s'agit de déterminer en tout point de l'emprise la distance (en mètres) le séparant en ligne droite d'un point d'eau, quelle que soit la taille de ce dernier :

- sur le scan25, on va considérer que les points d'eau sont codés par la *valeur du pixel égale à 223* (on a pour cela utilisé le bouton "i" Identifier les entités en cliquant sur une surface d'eau)



- la *calculatrice raster* va permettre de créer une couche Raster en sortie dans laquelle les pixels correspondant à l'eau auront la valeur 1, tous les autres la valeur 0 ; Expression : `Extrait_72_Topo@1 = 223`



Image 13 valeur pixel eau

- après avoir activé la couche créée en sortie et étendu son histogramme pour faire apparaître les valeurs des pixels, 0 et 1, on constate la bonne correspondance des zones blanches (pixel = 1) avec les surfaces bleues du scan25 ;
- on peut supprimer les zones les plus petites si on le souhaite en utilisant la commande *Tamiser*
- lancer la commande *Proximité* sur la couche qui vient d'être créée :
 - choisir le fichier raster en sortie ;
 - les pixels de destination sont les pixels dont la valeur est 1 (surface de l'eau) ;
 - l'unité de distance en retour sera le mètre donc choisir coordonnées géoréférencées (on aurait pu choisir le pixel) ;

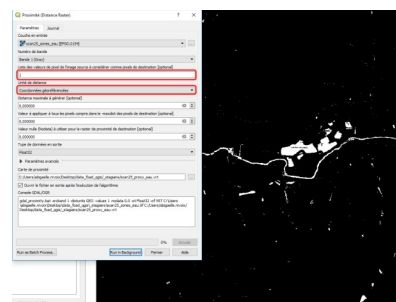


Image 14 calcul de proximité raster

- le résultat du calcul de proximité est une nouvelle couche raster (affichée ici en pseudo-couleurs, superposée à la couche du scan25 de base).

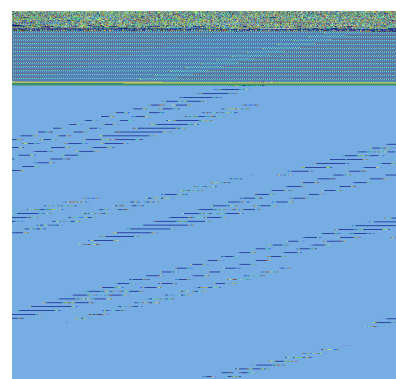


Image 15 Résultat du calcul de proximité

Le calcul effectué ici est relativement simple, mais la calculatrice raster permet de créer des couches portant des informations plus complexes. On peut aussi effectuer le calcul de proximité avec des objets vectoriels après avoir rasterisé ceux-ci.

Divers

- *Construire un VRT* : déjà étudié dans le cas d'images raster, mais la création d'un VRT peut être tout aussi pertinente dans le cas de MNT ;
- *Fusionner* : cette commande fusionne automatiquement une série d'images qui doivent avoir le même système de coordonnées. Cette fusion peut donner soit une mosaïque d'images contiguës géographiquement soit une image composite où chaque image initiale constitue une bande spectrale ;
- *Information* : déjà examinée pour les images. Elle donne les mêmes informations pour les MNT, notamment la valeur du pas ainsi que les altitudes mini et maxi ;

- *Construire des aperçus* : ce programme permet de construire ou de reconstruire des aperçus (pyramides) pour une image selon plusieurs algorithmes.
- *Index des tuiles* : construit un fichier vectoriel de polygones où chacun d'entre eux correspond à un fichier raster, avec un champ attribut contenant le nom du raster.



Complément : Informations sur les commandes GDAL

Pour obtenir plus de détails sur les commandes GDAL et la liste des paramètres autorisés, on consultera les documentations suivantes :

- *GDAL-OGR, le couteau suisse du géomaticien*⁹ : site en français présentant l'ensemble des commandes GDAL
- <http://www.gdal.org/>¹⁰ : le site officiel de la documentation en anglais

B. Exercice 19 : calcul de proximité Raster

Tracer les lignes d'équidistance au réseau routier

Le but de cet exercice est de tracer sur l'emprise du Scan 25 les lignes d'équidistance au réseau routier principal de tous les points de l'emprise (équidistance de 250 mètres).

Question

Le travail va se baser sur l'utilisation du Scan25 : *Extrait_72_topo* (dans le répertoire SCAN/SCAN25). On va considérer que le réseau routier principal est représenté par les routes en rouge et en orange.

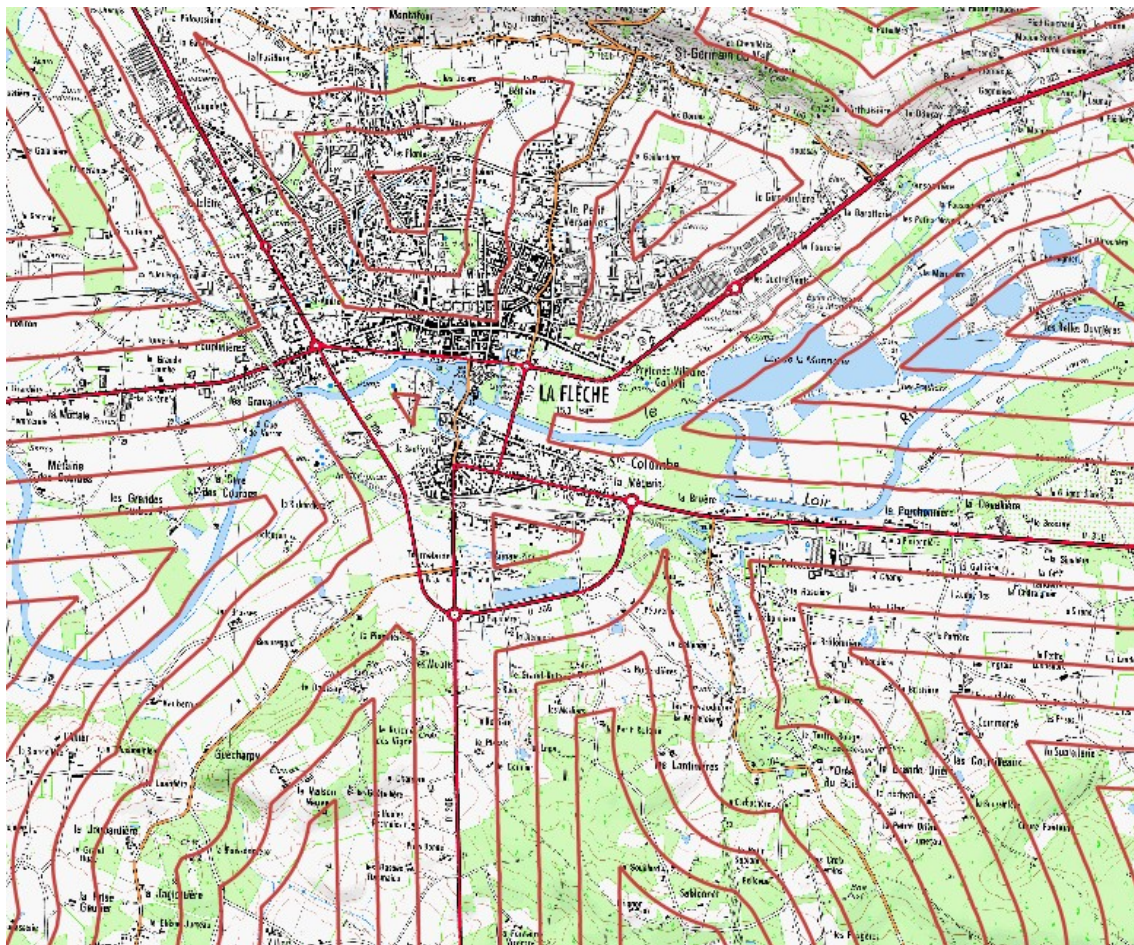
Pour aboutir à la solution, on utilisera les commandes Proximité puis Contours.

Envoi de votre réponse aux tuteurs :

- *enregistrez la couche vectorielle des courbes d'équidistance 250 mètres dans un fichier au format SHP et intitulé **Nom_Prenom_EX19.SHP** dans le répertoire **_STAGIAIRE***
- *envoyez ce fichier par mail à la boîte aux lettres de l'équipe de formation qui vous a été indiquée dans votre protocole individuel de formation.*

9 - <http://gdal.gloobe.org/index.html>

10 - <http://www.gdal.org/>



Indice :

Enchaînement des opérations :

- ouverture du scan25
- repérer avec le bouton "i" les valeurs de pixels correspondant au réseau principal : routes en rouge et en orange ;
- utiliser la calculatrice pour créer un raster sélectionnant ce réseau routier ;
- lancer la commande Proximité sur ce fichier raster : on obtient un nouveau fichier raster où chaque pixel est associé non pas à une altitude mais à une distance au réseau routier.
- tracer les courbes d'équidistance 250 mètres sur ce dernier fichier raster : avec la commande Contours, on obtient des courbes d'équidistance.



Les Maillages

IV

Travailler avec des données maillées (mesh)	69
Exemple d'utilisation des données maillées	70

A. Travailler avec des données maillées (mesh)



Conseil

Si vous n'êtes pas du tout concerné par l'utilisation des données maillées, ou que vous ne disposez pas d'une version récente de QGIS, vous pouvez passer ce sujet.

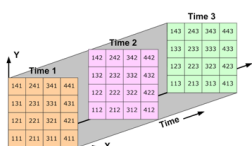
Un *maillage*¹¹ est une grille qui peut être régulière ou non avec des composantes temporelles ou autres. Les données peuvent être de nature vectorielle comme la direction du vent, la direction d'un écoulement,...

La structure de base est basée sur une collection de sommets, d'arêtes et/ou de faces dans l'espace 2D ou 3D.

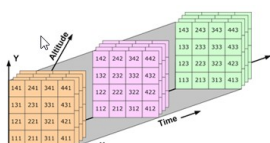
Ce type d'objet est par exemple très utile dans le domaine de la climatologie ou de l'hydrologie.

Exemples :

- Température au dessus d'une zone à un instant donné sur une grille régulière, stocké en tant que tableau bdimensionnel assimilable à un raster classique.
- Température au dessus d'une zone qui varie au fil du temps, assimilable à un tableau tridimensionnel, non assimilable à un raster classique.

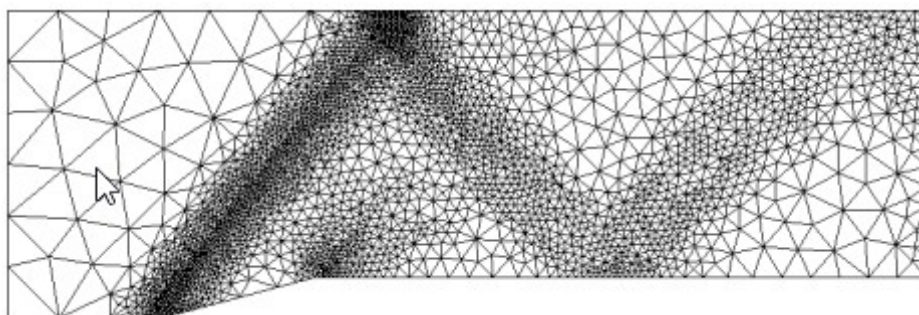


- Température variable en fonction du temps et de l'altitude (données quadridimensionnelles).



Le maillage n'est pas forcément régulier, il peut être 'adaptatif' pour optimiser les calculs et rendus.

11 - https://docs.qgis.org/latest/fr/docs/user_manual/working_with_mesh/mesh_properties.html#what-s-a-mesh



La bibliothèque MDAL sous-jacente gère *un grand nombre de formats*¹², les plus connus sont grib et netcdf.

B. Exemple d'utilisation des données maillées

Pour mieux appréhender l'utilité des données maillées, nous allons utiliser les données météo du modèle *AROME*¹³ au format GRIB. C'est un modèle à haute résolution (maille de 2.5 km) avec un pas de 1h00.

Il est possible de charger des données au format grib avec le plugin qGribdownloader (informations sur les *différents modèles météorologiques*¹⁴).

12 - <https://github.com/lutraconsulting/MDAL#supported-formats>

13 - https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=131&id_rubrique=51

14 - <https://www.meteo-marine.com/comparer/meilleurs-modeles-meteo/>

QGribDownloader

▼ **Emprise (actuel : vue de la carte)**

Nord 1,000000000

Ouest -3,500000000 Est 3,500000000

Sud -1,000000000

Emprise de la couche sélectionnée Calculer depuis la couche Étendue du canevas

Atmospheric Model

Arome Information

Interval Resolution

1 0.025

Period Run cycle

2 18 hr

Surface Data

☒ Wind (10m) ☐ Reflectivity (atm)

☐ Wind gust (surface) ☒ Cloud cover (tot)

☐ Mean sea level pressure ☐ Relative humidity (2m)

☒ Temperature ☒ Total precipitation

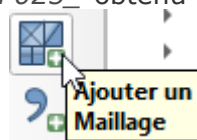
☐ Isotherm 0 C ☐ Snow (fall possible)

☐ CAPE (surface) ☐ Snow (depth)

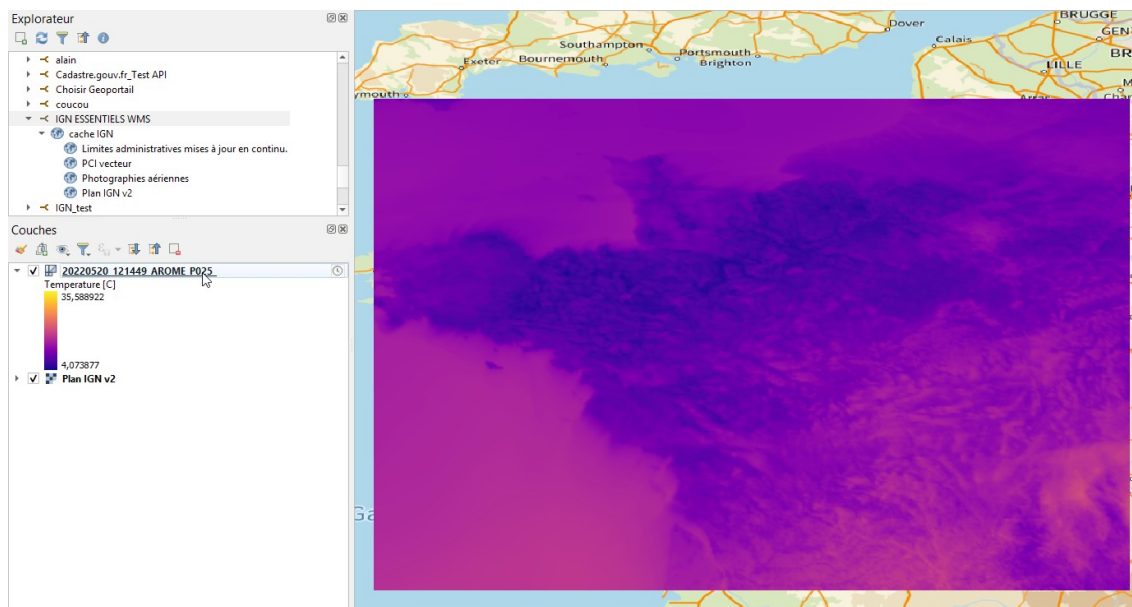
☐ CIN (surface) ☐ Frozen rain (fall possible)

Le serveur est parfois indisponible, aussi nous vous proposons de charger le fichier 20220520_121449_AROME_P025_ obtenu avec ce plugin qui vous est fourni dans le

répertoire . Utiliser le bouton



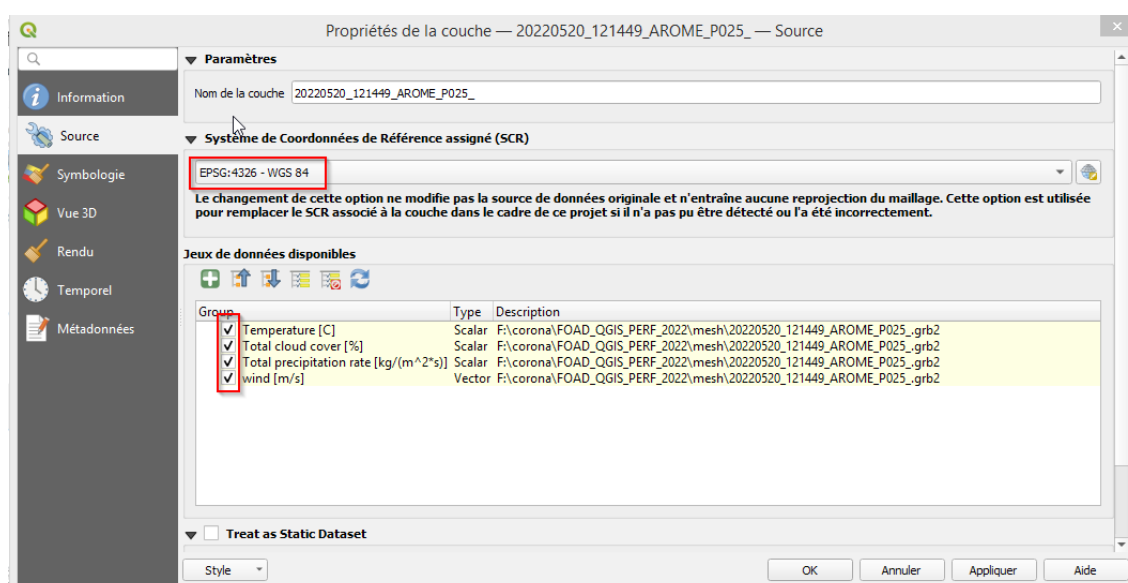
Ajouter comme sous-couche, la couche WMS *Plan IGN V2* du service IGN ESSENTIEL WMS (<https://wxs.ign.fr/essentiels/geoportail/r/wms?VERSION=1.3.0¹⁵>), le résultat doit être le suivant :



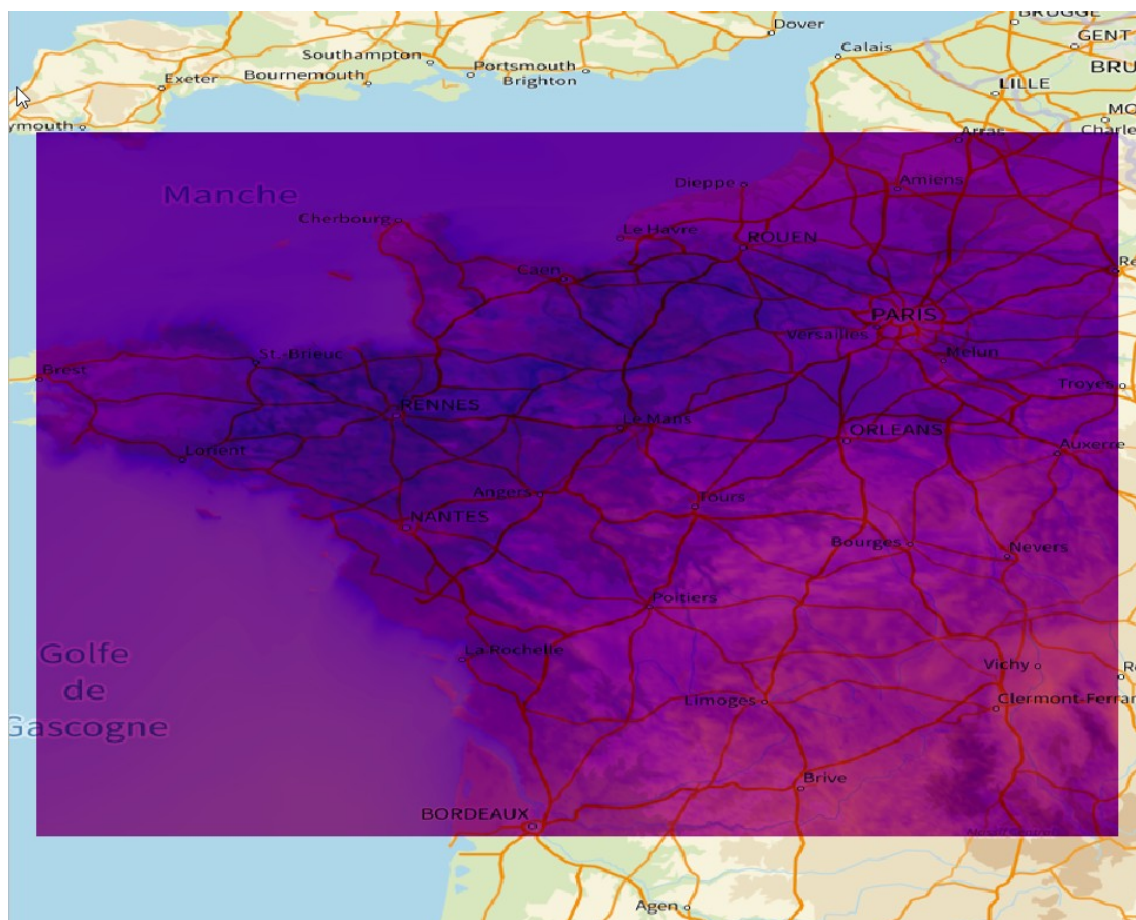
Nous allons maintenant configurer l'affichage. Dans un premier temps afficher le dialogue des propriétés de la couche / onglet *Source*.

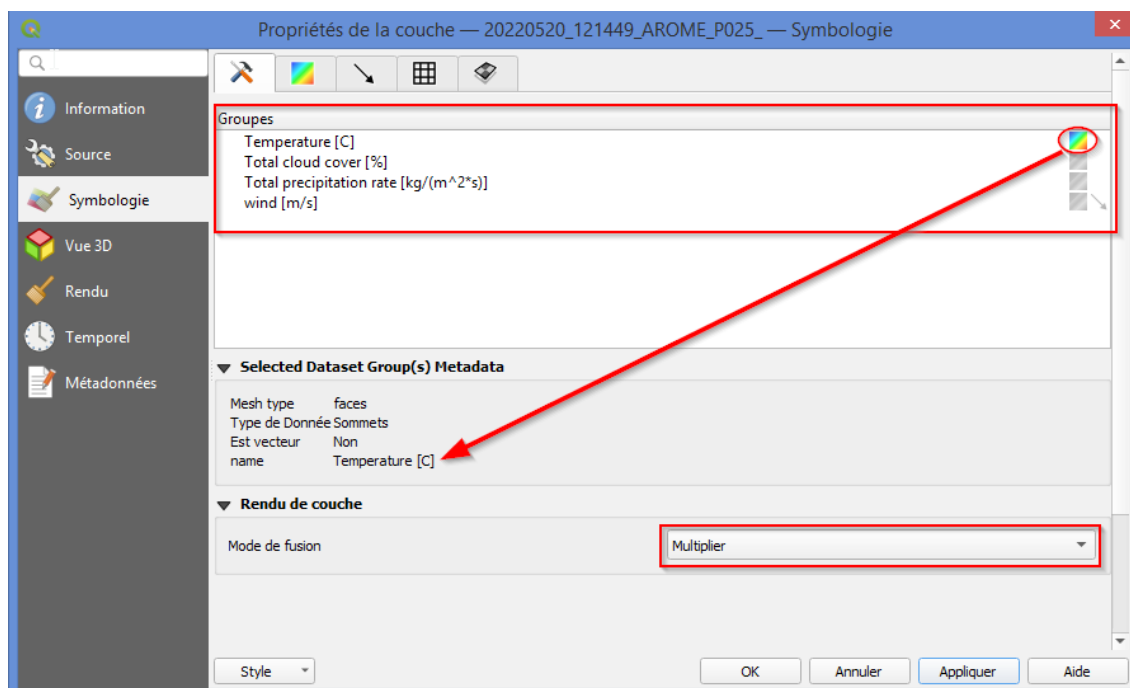
Préciser le système de projection : EPSG 4326 (WGS 84).



Cet onglet permet également de voir les jeux de données disponibles et actifs. Le type de la couche indique *Scalar* ou *Vector* selon que la donnée est scalaire ou vectorielle.



Pour une meilleure visibilité avec la sous-couche, utiliser le mode de fusion '*multiplier*' dans le rendu de la couche (propriétés de la couche / onglet *symbologie*) :





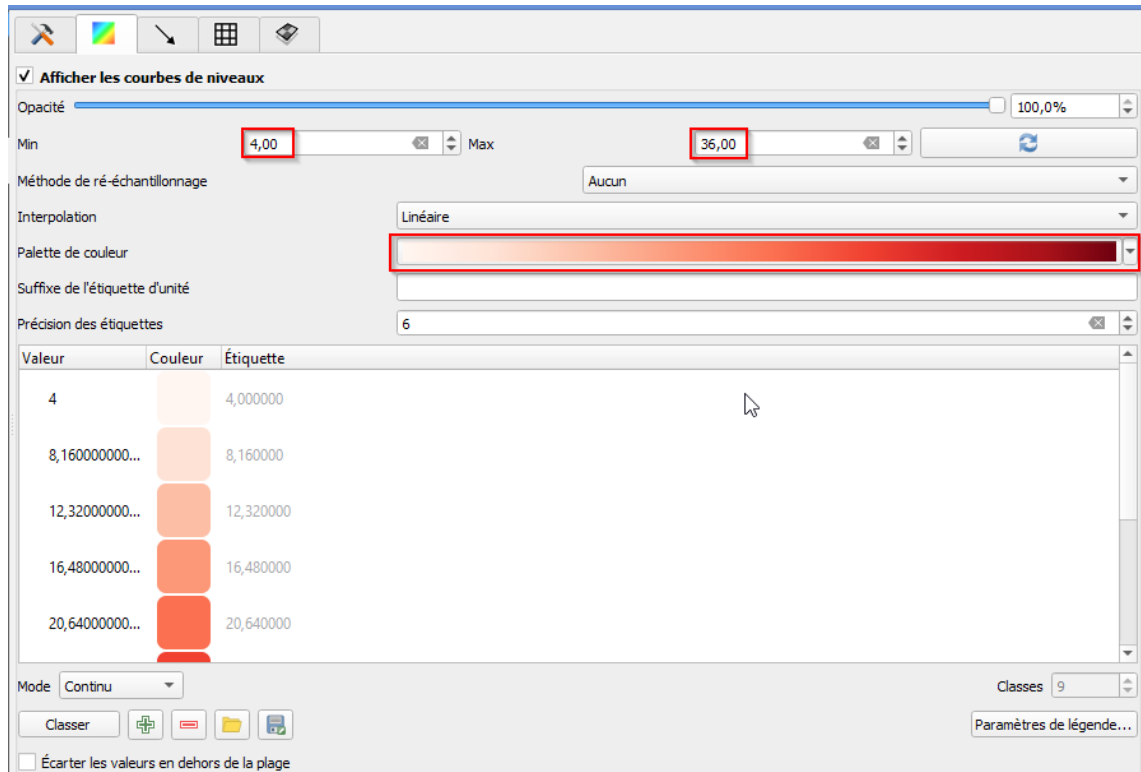
Le panneau *symbologie* permet de sélectionner le ou les groupe(s) de données visible(s), sachant qu'on ne peut avoir qu'un seul groupe de données scalaire et/ou un seul de données vectoriel visible à un moment donné, pour l'instant nous visualisons les données *Température [C]*. Les icônes  et  sont cliquables et permettent de sélectionner les groupe de données actifs.

Pour les couches vectorielles, il est possible d'activer une représentation scalaire (qui prend en compte seulement la norme du vecteur) et / ou une représentation vectorielle (qui prend en compte la norme et la direction du vecteur).

Onglet Contours

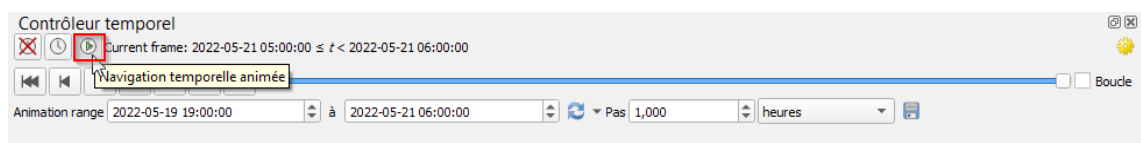
Cet onglet¹⁶ permet de voir et modifier les options de visualisation des contours pour le groupe scalaire sélectionné. Choisir par exemple une palette de dégradés dans les tons rouges et arrondir les valeurs Min et Max de la représentation.

16 - https://docs.qgis.org/latest/fr/docs/user_manual/working_with_mesh/mesh_properties.html#contours-symbology



Contrôle temporel

Activer le panneau 'Contrôleur temporel'. Puis cliquer sur le bouton 'Navigation temporelle animée'



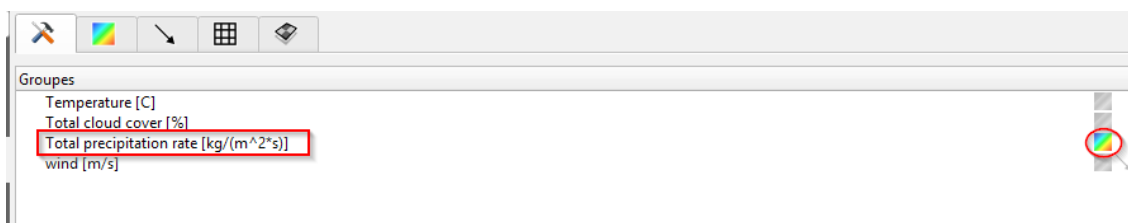
On peut vérifier dans les propriétés de la couche onglet 'Temporel' que nous disposons d'un jeu de données entre les 19 Mai 2022 - 19h00 et le 21 Mai 2022 - 6h00.

le contrôleur temporel permet de se positionner à une date et heure donnée ou de lancer une animation qui peut être sauvegardée sous forme d'images successives.

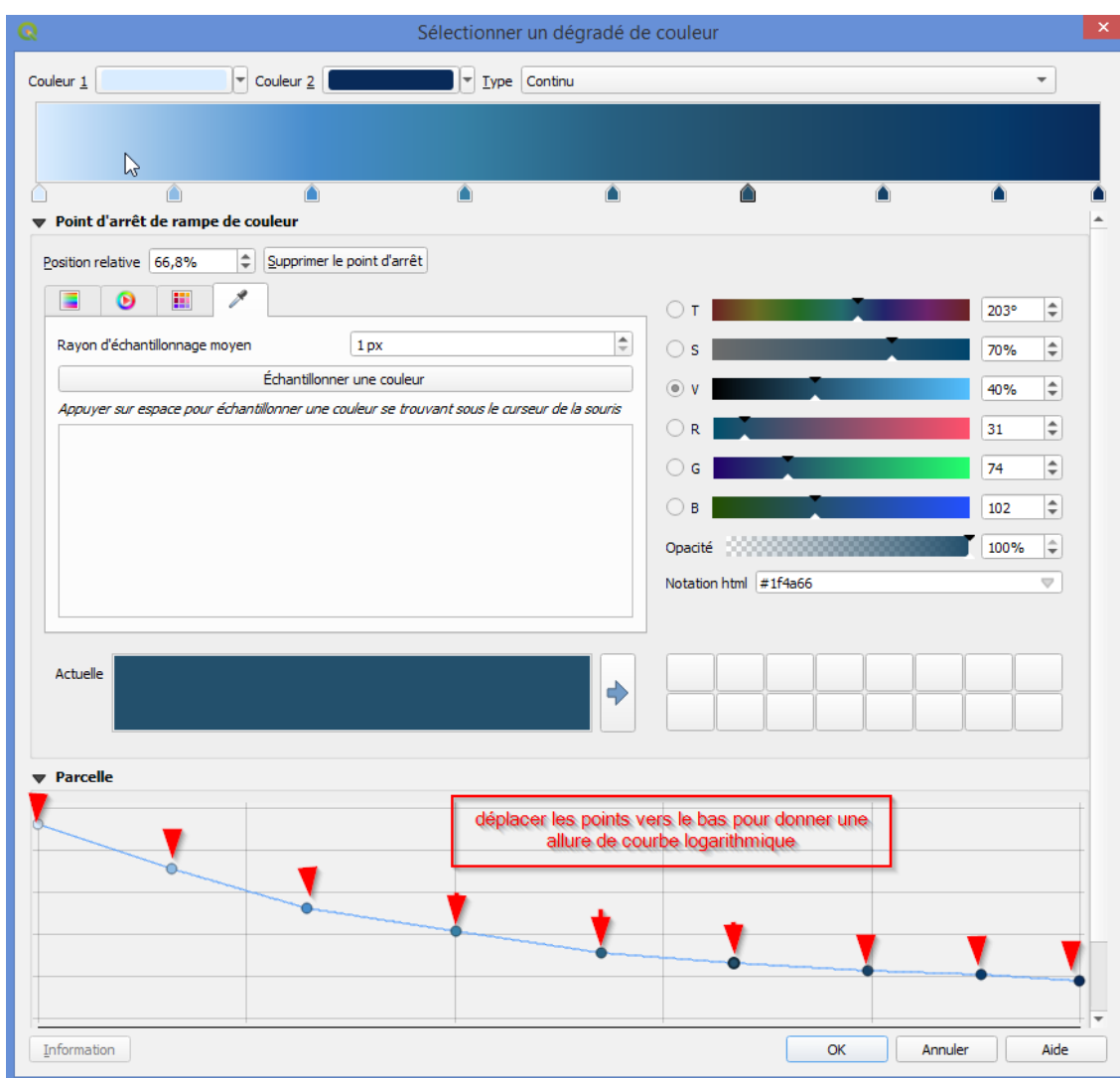
Adapter la symbologie

Intéressons nous maintenant au précipitations cumulées (Total precipitation rate [kg/(m²*s)]).

Sélectionner le groupe de données en activant l'icône de champs scalaire sur la ligne correspondante dans l'onglet 'Jeux de données'



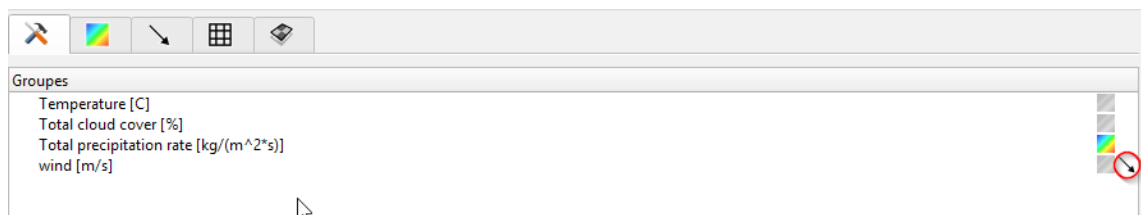
Puis dans l'onglet *contour* choisir une palette de couleur en dégradée de bleu...
Affiner le dégradé en déplaçant les points de contrôle dans le bas de la boîte de dialogue obtenue en cliquant sur le bouton déroulant '*Palette de couleur*' de l'onglet *contour*, afin d'accentuer le contraste des faibles valeurs...



Visualiser le cumul des précipitations sur la période à l'aide du contrôleur temporel

Données vectorielles

Pour illustrer les données vectorielles, activer en plus la couche des vents Wind [m/s]...



se positionner sur l'onglet *vecteur*

Il est possible de choisir une représentation par Flèches, lignes de courant ou traces. Les possibilités de réglages sont bien détaillés dans la *documentation*¹⁷

Essayez différentes représentations (en zoomant le cas échéant)

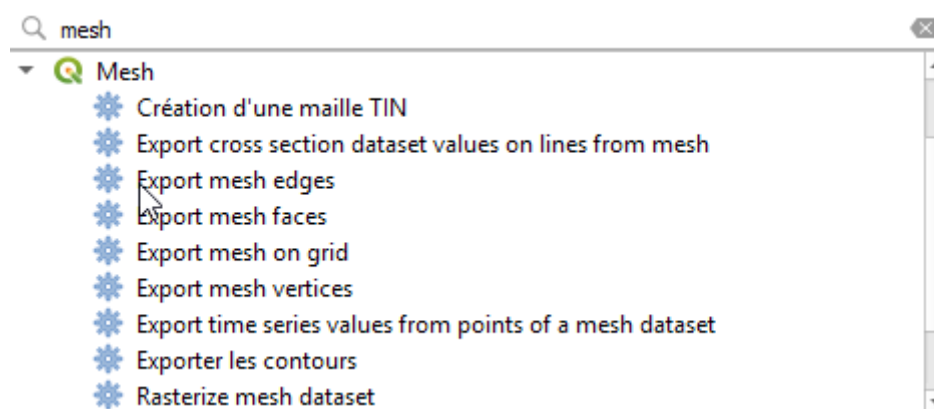


Algorithmes pour les données maillées

QGIS propose des algorithmes pour les données maillées (taper *mesh* dans la barre

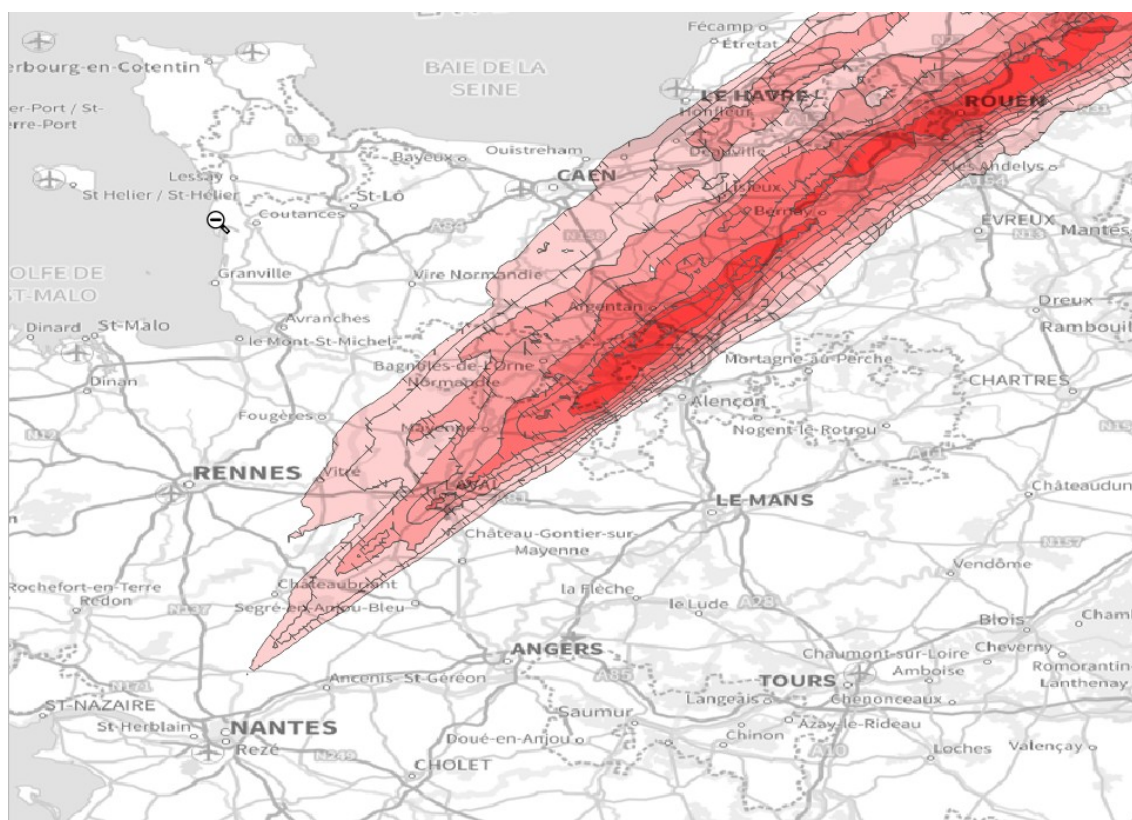
17 - https://docs.qgis.org/latest/fr/docs/user_manual/working_with_mesh/mesh_properties.html#vectors-symbolology

de recherche des algorithmes)



exemple : *exporter les contours.*

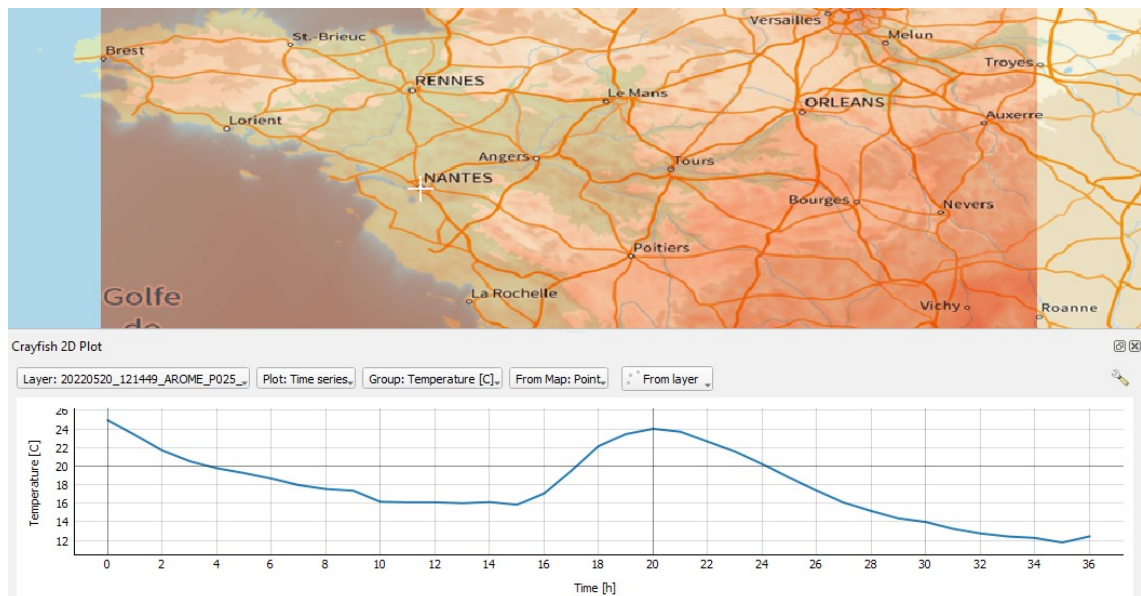
Peux nous permettre de créer une carte qui après *analyse graduée* sur la valeur *to_real("Valeur maximale")* du résultat *Exported contour polygons*, donnera ce type de rendu :



Plugin complémentaire

Le plugin crayfish offre des possibilités supplémentaires pour travailler sur les données maillées.

exemple : évolution de la température sur la série en un point donné (ici Nantes)



Il permet également de réaliser des animations. Si nécessaire le plugin propose d'installer l'utilitaire ffmpeg pour ce faire.

Calculateur de Maillage

Un *calculateur de maillage*¹⁸ est disponible dans le menu *maillage*. Il permet d'effectuer des calculs arithmétiques et logiques sur des groupes de jeux de données existants pour générer un nouveau groupe de jeux de données.

18 - https://docs.qgis.org/latest/fr/docs/user_manual/working_with_mesh/mesh_properties.html#mesh-calculator





Solution des exercices

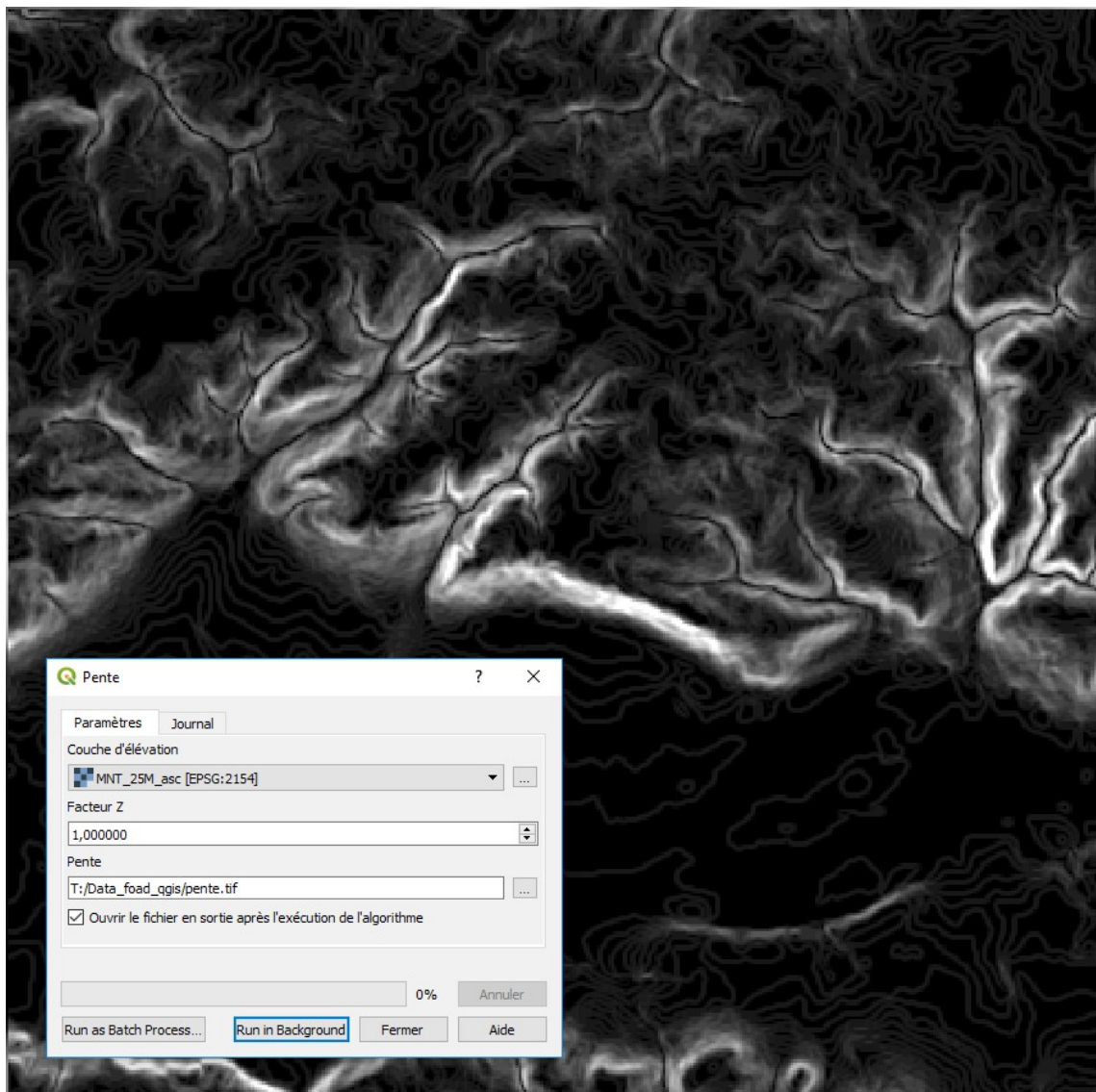
> Solution n°1 (exercice p. 32)

Calculs de la pente et de l'aspect du terrain

- ouverture du MNT au pas de 25 m : **MNT_25M_asc.asc**
- **calcul de la pente** : soit par la commande d'analyse de terrain raster de QGIS, soit par l'algorithme GDAL d'analyse raster (fichier résultat au format Géotiff : pente.tif)

Lorsque la couche est calculée, on obtient un rectangle gris uniforme dont on peut améliorer la lecture en utilisant l'outil  "Étendre l'histogramme à tout le jeu de données".

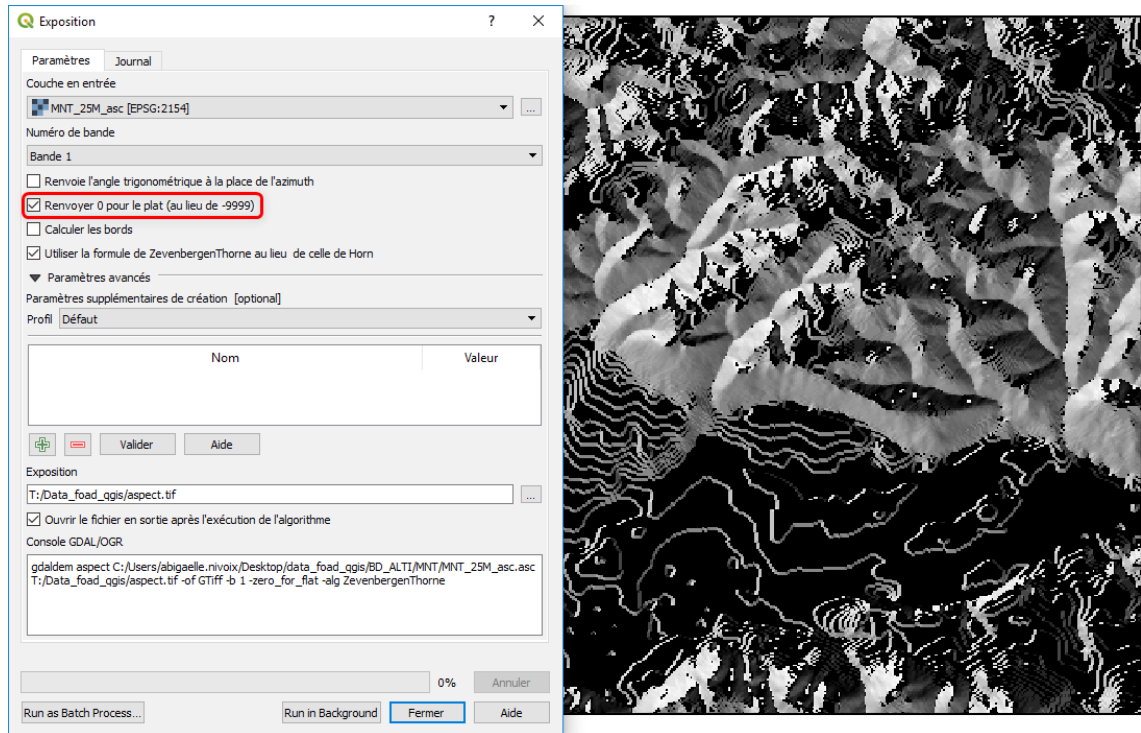
La teinte grise obtenue est représentative de la valeur de la pente du terrain calculée. La copie d'écran ci-dessous correspond à l'utilisation de l'algorithme d'analyse de terrain raster  Pente.



calcul de la pente du MNT

- **calcul de l'exposition** : pour l'exposition (fichier résultat au format Géotiff : *exposition.tif* ou *aspect.tif*), l'utilisation de l'algorithme GDAL du menu Raster est préférable ici, car il permet, dans les paramètres de la fenêtre de dialogue, de donner la valeur 0 pour les terrains plats, au lieu de "pas de données" via l'algorithme de QGIS. *Le terrain plat est donc considéré comme étant orienté au nord*, ce qui est de peu d'importance dans notre exemple car nous ne devons retenir que les terrains en pente.

Après étirement de l'histogramme, la teinte grise obtenue est représentative de l'orientation du terrain (voir le cours). Notamment, les terrains plats sont en noir (valeur = 0 comme on l'a paramétré dans la fenêtre de dialogue).

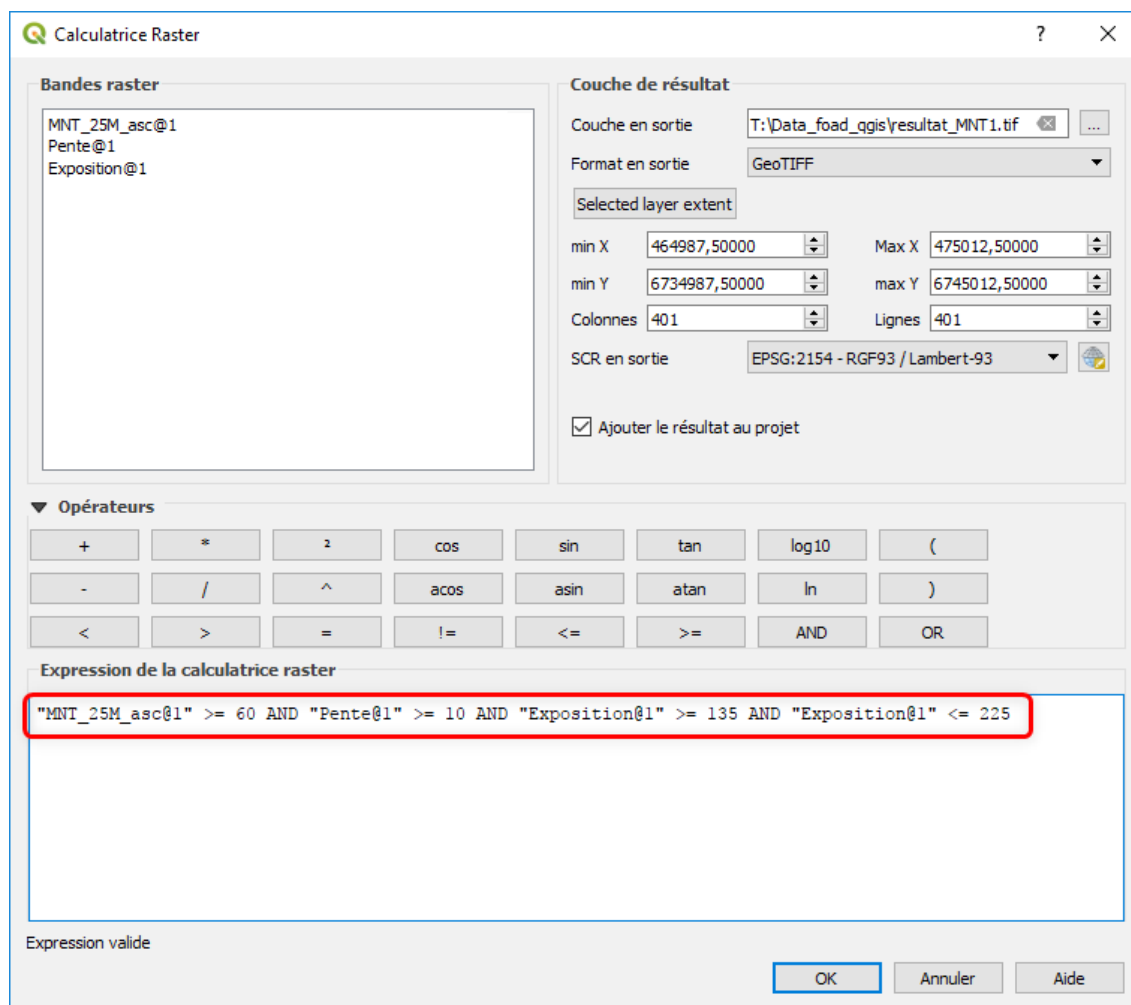


calcul de l'exposition du MNT

- utilisation de la **calculatrice raster** pour déterminer les zones recherchées :
 - cellules du MNT où la valeur est supérieure ou égale à 60 m ;
 - cellules de la pente où la valeur est supérieure ou égale à 10 degrés ;
 - cellules de l'exposition (aspect) où la valeur est comprise entre 135 et 225 (secteur sud, de sud-ouest à sud-est).

Ce qui amène à la formule suivante :

```
1 "MNT_25M_asc@1" >= 60 AND "Pente@1" >= 10 AND "Exposition@1" >= 135 AND "Exposition@1" <= 225
```



calculatrice raster

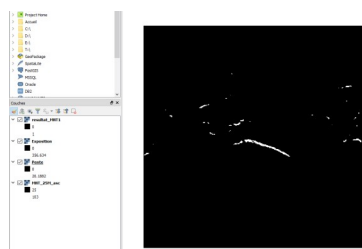


Image 16 résultat MNT 1ère étape TIF

Le premier résultat est une couche raster *resultat_MNT1.tif* où les cellules respectant la formule sont à 1 (blanc), les autres à 0 (noir). Le cas échéant étendre l'histogramme à tout le jeu de données.

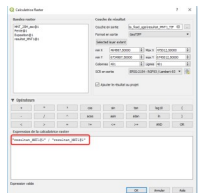



Image 17 résultat MNT 2ème étape TIF

En utilisant la calculatrice raster, on élimine les cellules à 0 pour ne garder que les cellules affectées d'une valeur non nulle (ici 1), grâce à une formule simple :

une **division de la couche resultat_MNT1 par elle-même** va permettre de rendre une valeur de 1 aux

zones recherchées et une valeur sans données (no-data) au reste des pixels.

Le second résultat est une couche raster *resultat_MNT_TIF.tif* qui ne contient donc que les cellules respectant la formule saisie plus haut.

Il est conseillé d'utiliser l'un des outils d'identification des valeurs des pixels, soit avec le bouton  soit avec l'extension 'Value Tool'. On peut aussi utiliser l'algorithme statistique de la couche raster pour obtenir les caractéristiques d'une couche raster.

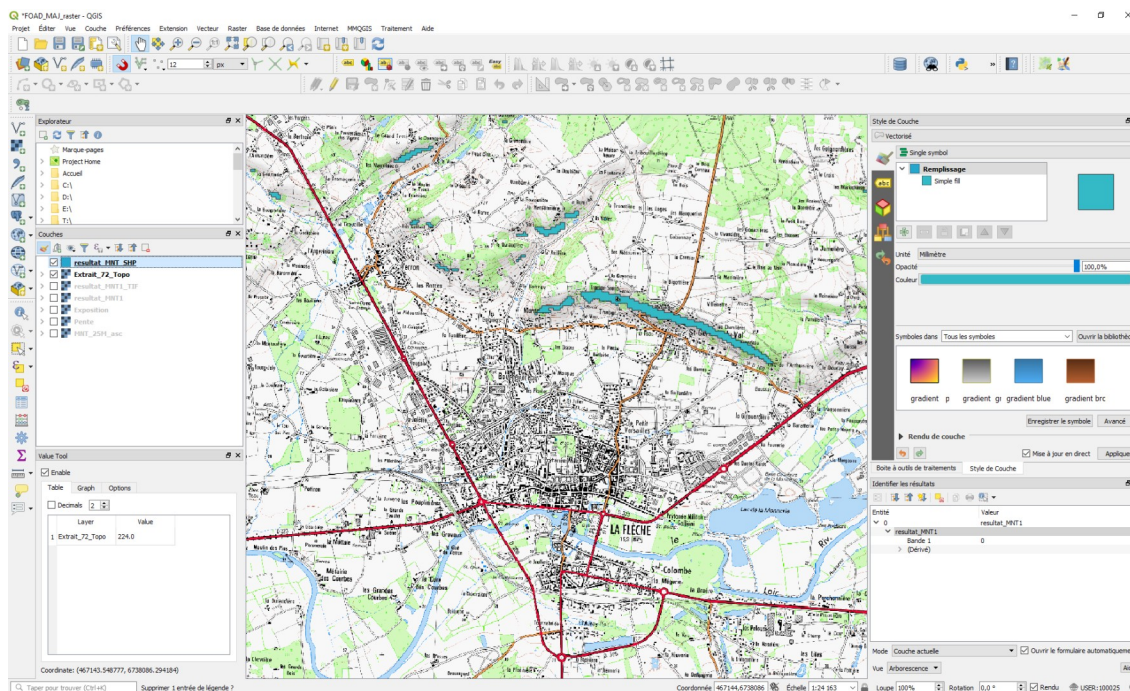
nb : Cette étape peut aussi être réalisée après l'étape de vectorisation en supprimant dans la couche vecteur les polygones pour lesquels la valeur est 0.



Image 18 commande polygoniser

On peut polygoniser la couche raster, ce qui permettra de manipuler la couche vectorielle résultat avec plus de facilité : menu Raster - Convertir - Polygoniser (Raster vers Vecteur)


Le résultat final est donc une couche vectorielle *resultat_MNT_SHP* que l'on peut superposer avec le scan 25 pour vérifier la justesse des calculs.



résultat MNT SHP

> Solution n°2 (exercice p. 41)

Solution de l'exercice de création d'un VRT

- Démarrer un nouveau projet et lancer la commande : *Raster - Divers - Contruire un Raster Virtuel (catalogue VRT)*
- Sélectionner les fichiers en cliquant sur . Importer les 25 tuiles du scan 25 en cliquant sur *Image 19 exercice solution créer un VRT* "Ajouter des fichiers", répertoire /SCAN25, sous-répertoire *tuiles_scan25*
- donner le nom du fichier VRT en sortie : *VRT_SCAN25* et le positionner dans le répertoire /SCAN25/
- Sélectionner la Résolution : "highest".
- Décocher 'Place each input file into a separate band'
- cliquer sur "Run in Background" pour lancer l'assemblage puis sur "Fermer" si tout s'est bien passé.

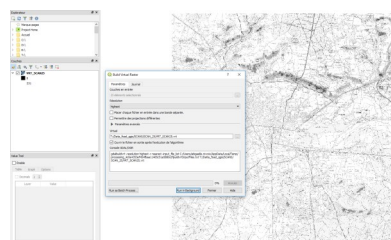


Image 19 exercice solution créer un VRT

Un message d'avertissement dans un bandeau orange indique que le SCR n'est pas défini : faire un clic-droit sur la couche créée et cliquer sur définir le SCR RGF93. Pour éviter ceci, les paramètres avancés de la fenêtre de création d'un VRT permette de définir le SCR en sortie.

- Le style par défaut est un dégradé de gris (Bande grise unique). On souhaite retrouver la palette de couleurs du Scan 25 ;
- Pour cela, le style par défaut du Scan 25 est disponible dans le répertoire SCAN25 : fichier *scan25.qml* ;

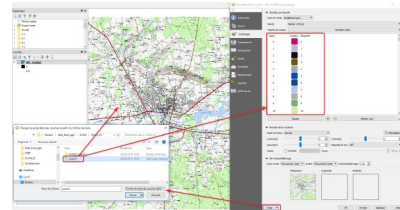


Image 20 exercice VRT solution Style Scan 25

dans la fenêtre des propriétés de la couche :

- onglet Symbologie : bouton "Style" -> "Charger le style" et sélection du fichier *Scan25.qml* situé dans \SCAN25 ;
- Définir le SCR RGF93
- bouton "Appliquer" ou "OK"

Le style est appliqué à l'ensemble des tuiles composant le VRT qui est considérée comme une couche unique.

Nota : le type de rendu est resté à « **Bande grise unique** » pendant cette manipulation, mais lors de la prochaine ouverture de cet onglet, il sera passé à « **Palette** ».