

Formation sur l'utilisation du Système National de l'eau au Bénin  
(SNIEAU)  
5-9 septembre 2016

---



---

Utilisation de logiciels Open Source pour le  
prétraitement de données SIG pour modèles  
hydrologiques



Johannes van der Kwast  
Kelly Fouchy  
UNESCO-IHE Institut d'éducation relative à l'eau  
E-mail: [j.vanderkwast@unesco-ihe.org](mailto:j.vanderkwast@unesco-ihe.org)  
Version 1.0, Septembre 2016

*OpenCourseWare*  
ocw.unesco-ihe.org



En collaboration avec :



1. Préface .....	3
2. Objectifs d'apprentissage .....	3
2.1 Logiciels .....	4
2.2 Préparation .....	4
2.3 Convention .....	4
3. Se familiariser avec QGIS .....	4
3.1 Démarrer QGIS 2.14.0.....	4
3.2 L'écran .....	5
4. Exercice 1: Numérisation à partir d'une carte scannée .....	7
4.1 Introduction.....	7
4.2 Choisir une projection .....	7
4.3 Activer le plugin de géoréférencement GDAL .....	7
4.4 Importation d'une carte numérisée dans le plugin Géoréférence GDAL.....	8
4.5 Réglage des paramètres de transformation .....	8
4.6 Ajout de points de contrôle au sol (Ground Control Points, GCPs) .....	10
4.7 Digitalisation couches vectorielles à partir d'une toile de fond géoréférencées .....	14
4.8 Enregistrement d'image à image .....	18
5. Exercice 2: Importation de données tabulaires dans un SIG et d'interpolation .....	19
5.1 Introduction.....	19
5.2 Convertir des tableaux Excel au format SIG .....	19
5.3 Joindre des tables d'attributs .....	24
5.4 Interpoler points caractéristiques à raster .....	28

## 1. Préface

Un système d'information géographique (SIG) peut être un outil utile pour préparer les données pour modèles et outils. De plus, dans cette ère de partage de données, des données à libre accès (Open Source Data) peuvent facilement être récupérées à partir d'Internet et intégrées dans des logiciels de bureau SIG Open Source, tels que QGIS.

Ces exercices vous guideront à travers les différentes étapes qui sont nécessaires pour le prétraitement de données à être ensuite utilisé dans des modèles et outils hydrologiques. Dans le premier exercice, vous apprendrez comment enregistrer une carte topographique numérisée et l'utiliser comme toile de fond pour la numérisation des données vectorielles. Dans le deuxième exercice, vous apprendrez comment importer des données à partir de feuilles de calcul dans un SIG et utiliser le logiciel pour joindre des tables, manipuler des tables d'attributs et interpoler les données à une couche Raster continue. Dans le troisième exercice, vous allez télécharger les données Open Source de OpenStreetMap et les utiliser pour un exercice d'analyse et de conversion. La géodatabase sera également introduite dans cet exercice. Dans le quatrième exercice, vous allez utiliser de l'algèbre cartographique pour l'aide à l'aménagement du territoire. Enfin, vous apprendrez à délimiter les bassins versants et les cours d'eau à partir de modèles numériques d'élévation, et à les présenter sous forme de cartes ou dans une page Web interactive.

Les exercices ont été développés pour différents programmes de Master à l'UNESCO-IHE et pour des formations en Ouganda, financé par les fonds internationaux Vitens Evides (VEI). Nous tenons à remercier Jan Hoogendoorn et Jonne Kleijer, experts SIG de VEI, pour leur contribution à ces exercices. Nous mettons à jour ces exercices continuellement et les distribuons comme OpenCourseWare afin que toute communauté puisse les utiliser.

## 2. Objectifs d'apprentissage

Après avoir suivi ce tutoriel étape par étape, vous serez en mesure de:

- Utilisez QGIS dans ses principales fonctionnalités, également en liaison avec des plugins
- Numérisez des caractéristiques à partir d'une carte numérisée ou image satellite
- Importer des données tabulaires dans un SIG
- Effectuer une analyse de Vector simple
- Interpoler des données de points
- Convertir des données vectorielles et matricielles
- Reprojecter des données vectorielles et matricielles
- Utiliser l'algèbre cartographique
- Utiliser les données en ligne
- Délimitation des bassins versants

## 2.1 Logiciels

Au cours des prochains exercices, nous allons utiliser les logiciels suivants:

- QGIS version 2.14 (Essen) ou plus,
- Google Earth,
- Firefox Mozilla,
- MS Excel ou OpenOffice Calc,

Vous avez besoin d'une connexion Internet pour télécharger des plugins et utiliser des données Open Source.

## 2.2 Préparation

- 1) Télécharger QGIS à l'adresse <http://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>
- 2) Installez QGIS
- 3) Installez les données d'exercice de <http://ocw.unesco-ihe.org>

## 2.3 Convention

Tout au long de ce guide, nous avons utilisé trois polices différentes en fonction du type d'opération que nous voulions pointer:

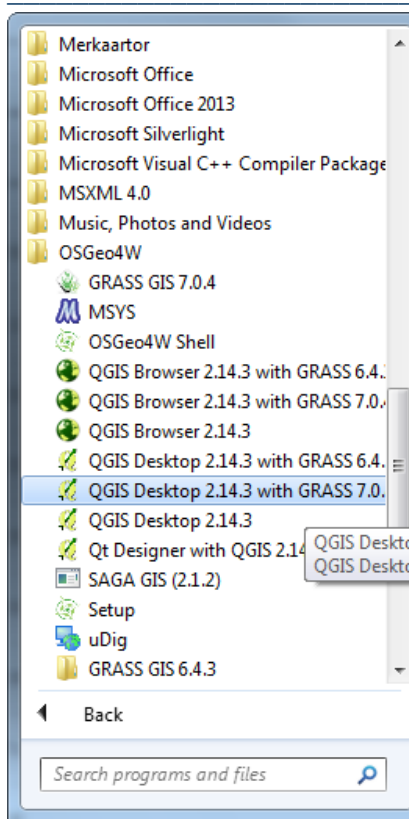
- Arial, est utilisée pour le texte principal
- Arial, italique, est utilisé pour identifier les commandes logicielles*
- Courier New est utilisé pour la saisie de texte, qui est le texte que vous avez à écrire dans le logiciel, ou pour les noms de fichiers

# 3. Se familiariser avec QGIS

## 3.1 Démarrer QGIS 2.14.0

Vous pouvez démarrer QGIS Desktop en cherchant dans le menu *Démarrer* ou en utilisant la fonction de recherche. Assurez-vous que vous ouvrez le QGIS Desktop avec Grass afin d'avoir toutes les fonctionnalités dont nous avons besoin.

## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques



### 3.2 L'écran

Comme beaucoup de logiciels SIG commerciaux, QGIS possède un agencement SIG "traditionnel".

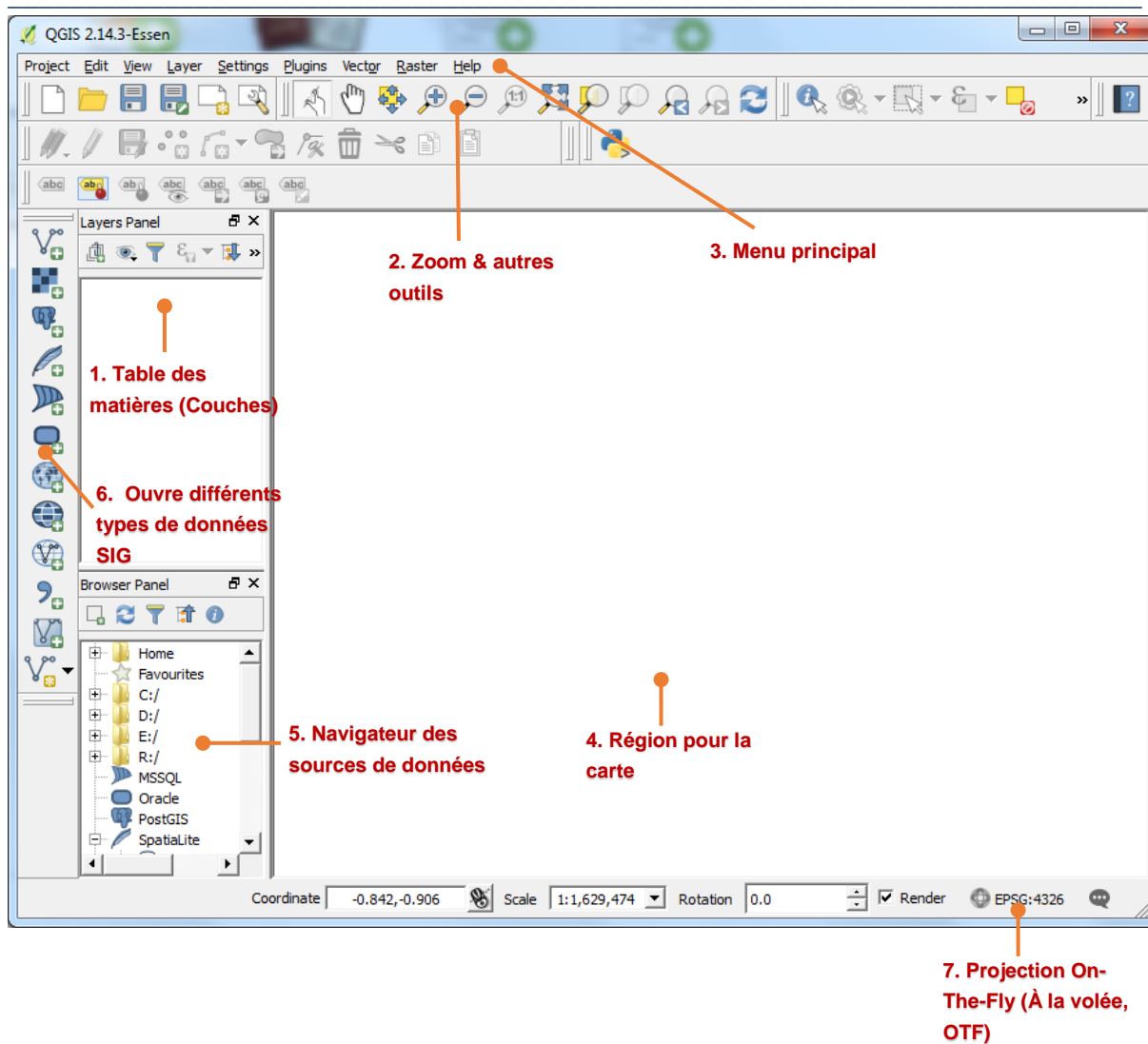
Il est composé du Standard System Menu (Menu de Système Standard) ou « Menu principal » qui est toujours en haut sur la fenêtre du logiciel, de barres d'outils standard incluant les outils tels que le zoom, ou d'autres qui peuvent être activées en cliquant dans le menu principal sur *View (Affichage)* puis *Toolbars (Barres d'outils)*.

Sur le côté gauche, il y a la table des matières (liste des couches), où toutes les couches ouvertes sont affichées. A gauche de cet espace il y a une barre d'outils verticale; la barre d'outils de gestion des couches.

Dans le centre de la fenêtre, il y a la Map Area (région pour la carte), où toutes les cartes sont affichées.

Plus d'informations peuvent être trouvées sur le Graphical User Interphase (GUI) de QGIS: [http://docs.qgis.org/2.14/en/docs/user\\_manual/introduction/qgis\\_gui.html](http://docs.qgis.org/2.14/en/docs/user_manual/introduction/qgis_gui.html)

## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques



## 4. Exercice 1: Numérisation à partir d'une carte scannée

### 4.1 Introduction

Pour utiliser des cartes imprimées dans un SIG, elles doivent être numérisées et géoréférencées. Le géoréférencement est également nécessaire pour les images de télédétection premières, telles que des photographies aériennes et des images satellites. Pour le meilleur résultat, choisissez une feuille de carte qui est propre et n'a pas trop de plis. Utilisez un scanner qui est assez grand pour balayer toute la carte. La résolution du scanner devrait être suffisamment grande (par exemple 1200 ppp) pour avoir les détails et de la qualité dans le Raster résultant.

Pour le géoréférencement, nous avons besoin de relier des emplacements coordonnés sur l'image numérisée. Il y a deux façons:

1. Collectionner des points de contrôle au sol (Ground Control Points, GCP) à des endroits qui sont clairement visibles dans l'image, comme les ponts et les carrefours.
2. Si la carte papier contient une grille de coordonnées, vous pouvez utiliser la grille imprimée comme une référence. Assurez-vous que vous connaissez la projection de cette grille, qui est généralement indiqué sur la carte.

Dans cet exercice, nous allons utiliser une carte numérisée du mont Marcy (USGS, 1979) (`Mount_Marcy_New_York_USGS_topo_map_1979.JPG`), que nous géoréférenceront avec la grille de coordonnées imprimées sur la carte. Vous pouvez trouver les données (Exercice de données 1) sur le site de OpenCourseWare (<http://ocw.unesco-ihe.org/course/view.php?id=11>).

### 4.2 Choisir une projection

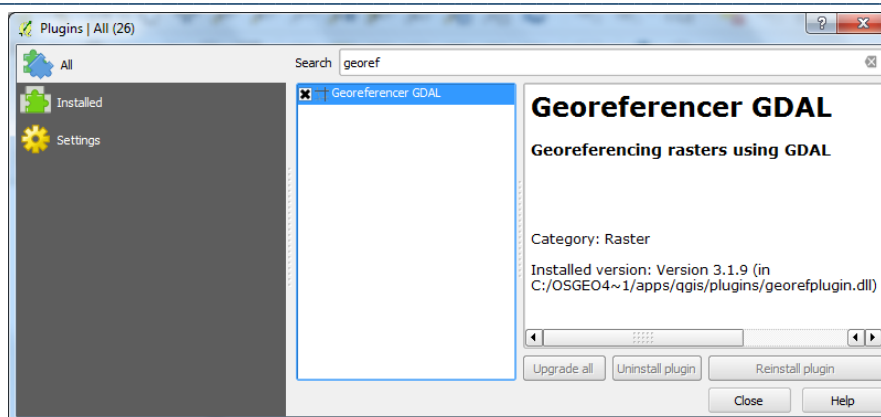
Jetez un œil à la carte numérisée et essayez de trouver la projection qui a été utilisée. Quelle projection a été utilisée? Recherchez le code EPSG dans <http://www.spatialreference.org> et notez-le.

### 4.3 Activer le plugin de géoréférencement GDAL

Le Plugin *Georeferencer GDAL* est un plugin essentiel, ce qui fait qu'il est déjà installé. Pour l'utiliser, il faut l'activer ainsi:

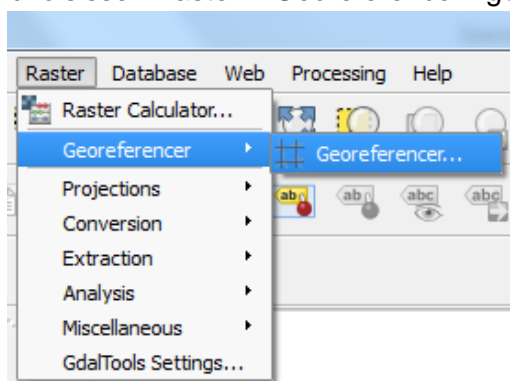
1. Dans le menu principal, allez à *Plugins > Manage and install plugins...*
2. Cherchez *Georeferencer GDAL* et cochez la case
3. Cliquez Fermer pour fermer la boîte de dialogue





#### 4.4 Importation d'une carte numérisée dans le plugin Géoréférence GDAL

1. Dans le menu principal, choisissez Raster > Georéférence > georeferenced...



2. Cliquez sur le bouton Ouvrir Raster .

3. Recherchez le fichier Mount\_Marcy\_New\_York\_USGS\_topo\_map\_1979.JPG  
4. Une fenêtre apparaît où vous devez spécifier le système de référence (CRS) de coordonnées de cette carte d'entrée. Il ne dispose pas encore d'un CRS, donc cliquez sur Annuler.

#### 4.5 Réglage des paramètres de transformation

Nous devons d'abord définir les paramètres de transformation (voir également la capture d'écran sur la page suivante).

1. Dans le menu, sélectionnez *Settings (paramètres) > Transformation settings...*

2. Ici vous pouvez choisir:

a. Le type de transformation. Une transformation linéaire simple peut être utilisée si la carte est peu déformée. Les autres peuvent être utilisées lorsque plus de déformation existe. Nous allons commencer par une transformation linéaire.

## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques

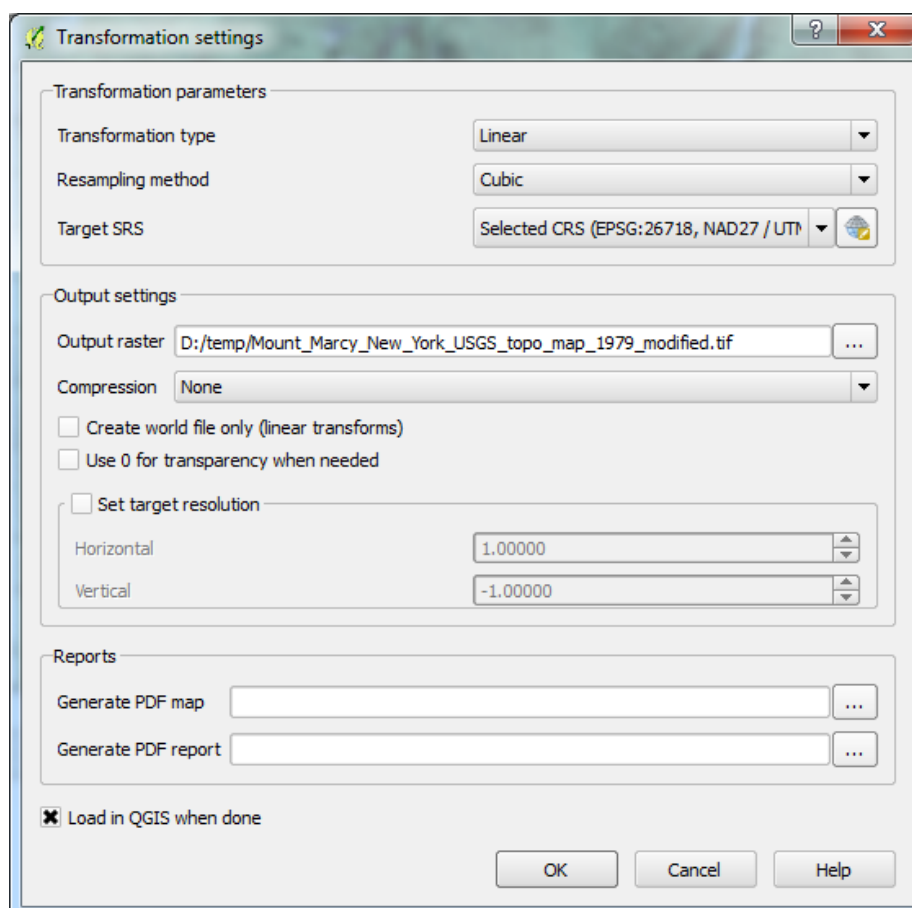
b. La méthode de rééchantillonnage: si vous avez besoin des valeurs de pixels dans d'autres calculs, il est préférable de choisir l'option du plus proche voisin. Cette méthode de rééchantillonnage permettra de préserver autant que possible les valeurs d'origine de pixels en choisissant le plus proche. Visuellement, cependant, cette méthode se traduit par une carte "polyédrique". Si le but est uniquement pour une utilisation visuelle, par exemple en toile de fond pour la numérisation de couches vectorielles, alors il est préférable de choisir une autre méthode de rééchantillonnage. Ici, nous allons utiliser la méthode cubique, qui utilise la moyenne des 4 pixels les plus proches.

c. Le système de coordonnées spatiales (CRS) cible: choisissez ici le code que vous avez noté précédemment; EPSG: 26718

Accédez au dossier où vous souhaitez enregistrer la carte géoréférencée. L'outil ajoute automatiquement `_modified` au nom de fichier. Donc, dans notre cas, le fichier géoréférencée sera nommé

`Mount_Marcy_New_York_USGS_topo_map_1979_modified.tif`

Gardez les autres paramètres de défaut et cochez la case *Load in QGIS when done* (*Charger dans QGIS lorsque terminé*). La boîte de dialogue devrait ressembler à celle ci-dessous.



## 4.6 Ajout de points de contrôle au sol (Ground Control Points, GCPs)

Afin de lier les coordonnées du fichier aux coordonnées du monde réel, nous avons besoin d'indiquer les points de contrôle au sol (GCPs) avec des coordonnées connues. Nous pouvons obtenir ces coordonnées de différentes manières:

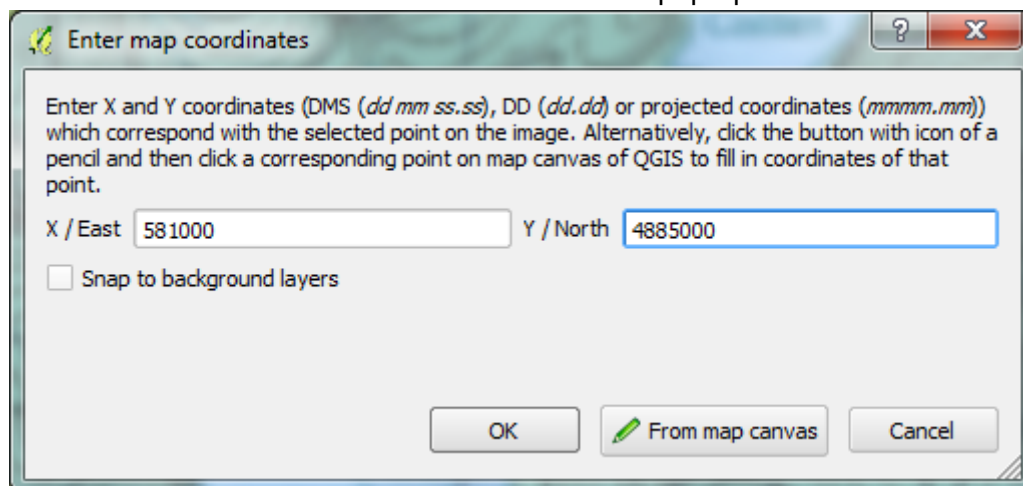
- Le plus simple est d'utiliser la grille de coordonnées sur la carte numérisée si elle est disponible et si elle est dans une projection connue. Nous cliquons sur un nœud dans la grille et entrons les coordonnées X et Y dans la boîte de dialogue.
- L'utilisation d'une carte de référence sur la carte toile QGIS qui a déjà été géoréférencée. De cette façon, nous pouvons obtenir les bonnes coordonnées en cliquant sur la carte de référence.
- Utilisation de GCPs qui ont été mesurés sur le terrain en utilisant un GPS.

Pour cet exercice, nous allons utiliser la grille de coordonnées qui est imprimé sur la carte.

1. Zoomez sur la coordonnée 581000 Est et 4885000 Nord.

2. Cliquez sur le bouton  pour ajouter un point GCP.

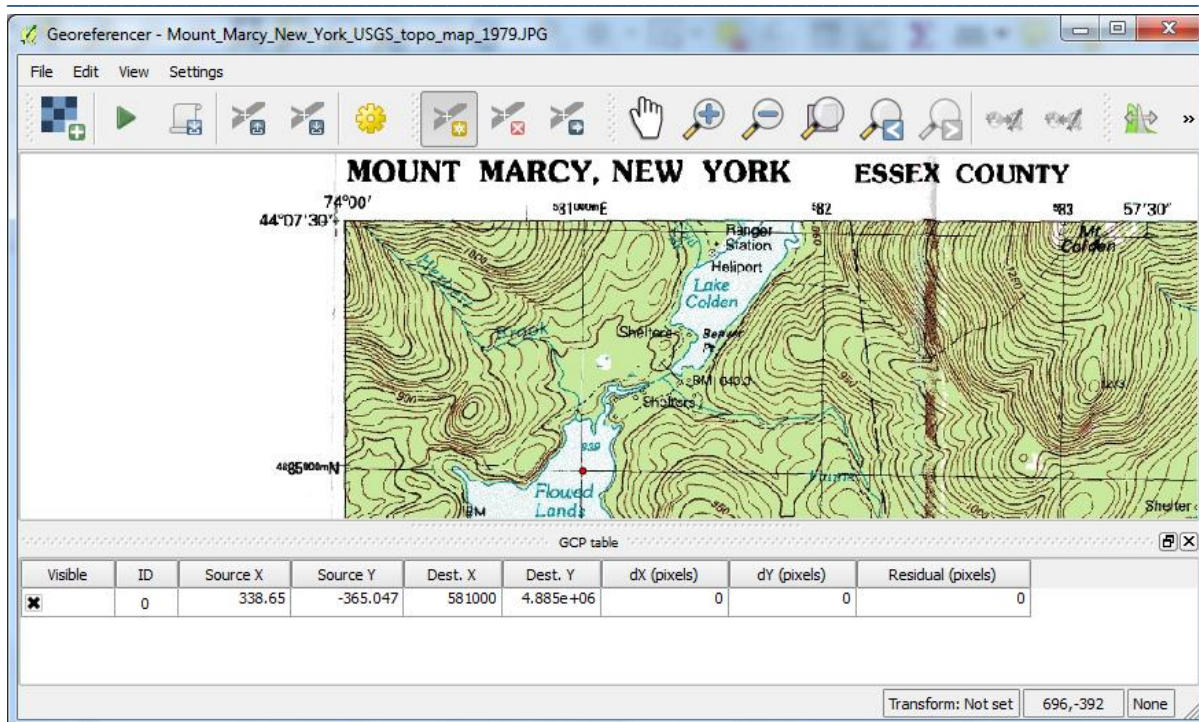
3. Saisissez les coordonnées de la carte dans la fenêtre pop-up:



Si vous avez une carte de référence dans la carte toile de QGIS, vous pouvez utiliser le bouton *From map canvas* pour capturer les coordonnées. Ici, nous allons seulement taper les coordonnées de la grille.

4. Appuyez sur OK. Maintenant, votre écran devrait ressembler à ceci:

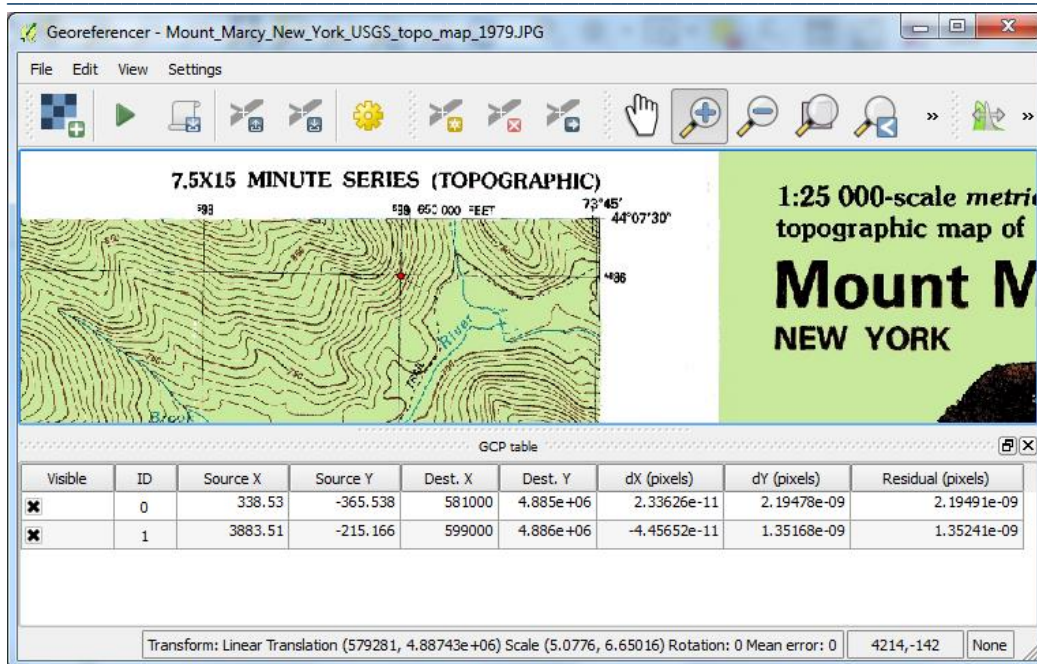
## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques



Le point rouge correspond à l'emplacement que vous avez référencé. Dans le tableau en dessous la carte, vous pouvez voir les coordonnées Source X et Y. Ce sont les coordonnées de fichiers non référencés. Leurs valeurs dépendent du pixel que vous avez sélectionné en plaçant le GCP, il peut donc différer de la capture d'écran ci-dessus. Dest. X et Dest. Y montrent les coordonnées du monde réel que vous avez lié à cet emplacement. Les autres champs de la table ont à faire avec une précision estimée et seront remplis après avoir ajouté plus de points.


5. Choisissons un second GCP dans le coin supérieur droit de la carte et procéder de la même manière que le premier GCP. Votre écran doit ressembler à ceci:

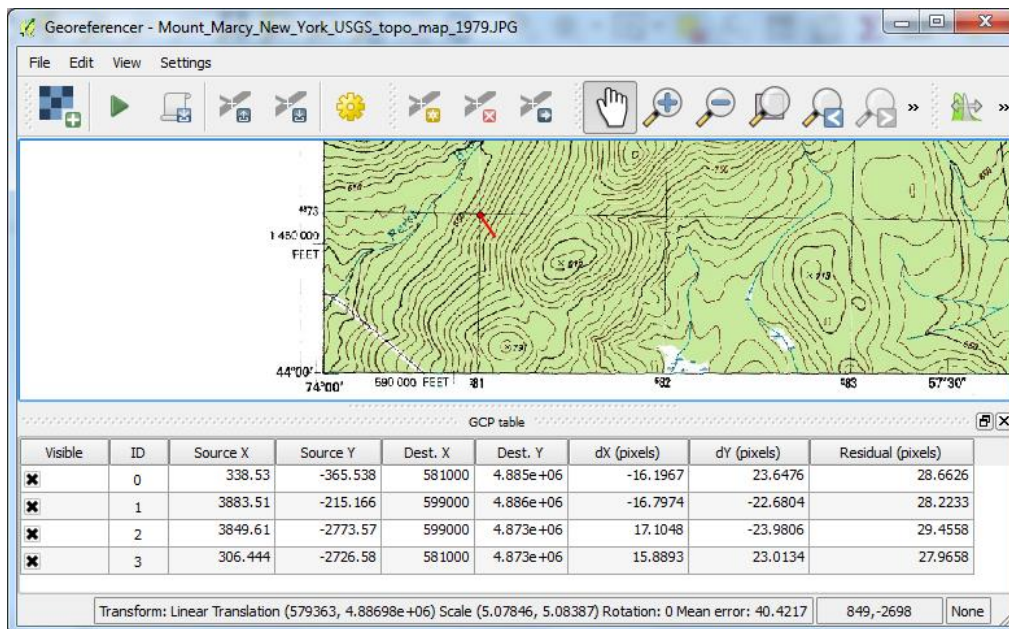
## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques



Vous pouvez voir que certaines statistiques d'erreurs ont été calculées. Avec seulement deux points, cela n'a pas beaucoup de sens. Le montant minimum de GCP pour une transformation linéaire doit être 4.

6. Ajouter d'une manière similaire un GCP dans le coin inférieur gauche et le coin inférieur droit de la carte. Si vous avez fait une erreur, vous pouvez supprimer le GCP en utilisant le


bouton . Votre écran doit ressembler à ceci:



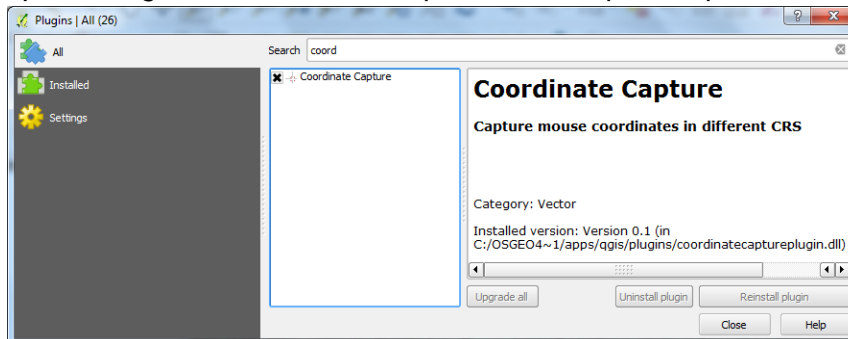
## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques

Au bas de l'écran, vous pouvez voir l'erreur moyenne estimée dans les unités cartographiques (40.4217 mètres dans le cas présenté ici). L'erreur est également indiquée au GCP en utilisant une ligne rouge. Une grande erreur indique que la déformation est trop importante pour utiliser une transformation linéaire. Si nous changeons à un autre type de transformation dans les paramètres de transformation, les valeurs d'erreur seront recalculées.

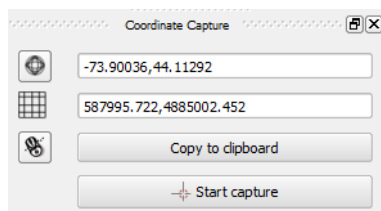
7. Dans le menu Paramètres, aller de nouveau à *Settings* → *Transformation Settings...* et maintenant, nous allons sélectionner un 1er ordre polynôme (Polynomial 1) au lieu de la transformation linéaire. Gardez le reste comme il était. Cliquez sur OK pour revenir à la table de GCP. Maintenant, vous pouvez voir que l'erreur moyenne a été réduite à 0,505627 m, ce qui est acceptable.

8. Maintenant, nous pouvons commencer à géoréférencer en utilisant le bouton . Après un certain temps de calcul, la carte géoréférencée apparaît dans la fenêtre de carte QGIS. Vous pouvez fermer le plugin géoréférencement. Il vous demandera si vous voulez enregistrer vos GCP. Vous pouvez cliquer sur Annuler si vous ne voulez pas les utiliser. Si vous les enregistrez, vous pouvez les charger à nouveau dans le plugin géoréférencement.

9. Afin de vérifier vos résultats, vous pouvez utiliser le plug-in de capture de coordonnées. Si il n'a pas encore été activé, vous pouvez le faire en choisissant dans le menu: *Plugins* > *Manage and install Plugins...* (*Gérer et installer Plugins*). Recherchez ensuite le plugin *Coordinate Capture Plugin* et cochez la case pour l'activer, puis cliquez sur Fermer:



10. Un panneau est apparu dans la liste des couches. Cliquez sur Démarrer la capture. Cliquez sur un nœud de grille de la carte et les coordonnées sont affichées dans le panneau:



Lire les coordonnées du coin de la carte et vérifier si elles sont correctes.

11. Une autre façon de vérifier le résultat est d'utiliser les cartes du plug-in QuickMapServices comme toile de fond. Si pas encore installé, installez le plugin QuickMapServices: dans le menu principal, sélectionnez Plugins > Gérer et installer Plugins ... et recherchez le plugin QuickMapServices et installer. Après l'installation, choisissez dans le menu principal Web > QuickMapServices plugin et essayer quelques-unes des options.

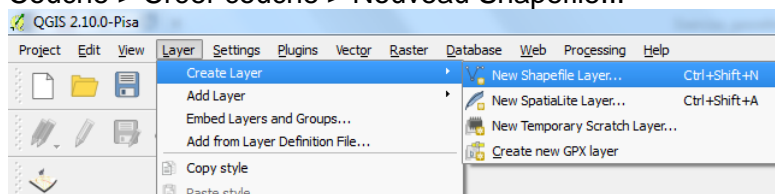
## 4.7 Digitalisation de couches vectorielles à partir d'une toile de fond géoréférencées

Notre carte scannée géoréférencées peut maintenant être utilisé comme toile de fond pour numériser des calques vectoriels. Les vecteurs peuvent être des points, des (poly)lignes ou des polygones. Dans cet exercice, nous allons numériser:

- Sommets de montagne comme points
- Rivières comme (poly)lignes
- Lacs comme polygones

Les étapes suivantes vous guident à travers le processus.

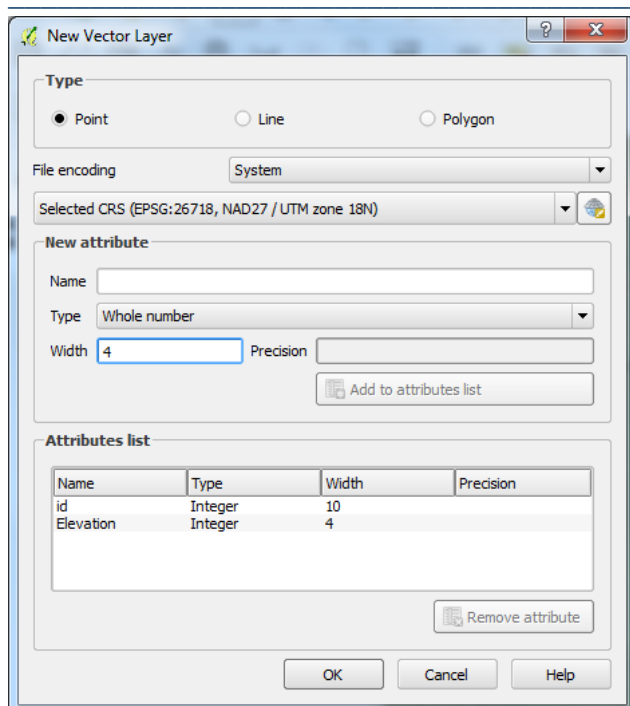
1. Tout d'abord, nous devons créer un Shapefile vide. Dans le menu principal, sélectionnez Couche > Créer couche > Nouveau Shapefile...



2. Dans la boîte de dialogue *New Vector Layer (Nouvelle couche Vector)*, nous précisons que nous créons une couche de Points. Pour le CRS, nous choisissons celle de la feuille de fond topographique (EPSG: 26718). Vous pouvez utiliser la flèche pour choisir la bonne projection dans la liste déroulante. Ensuite, nous devons créer un nouvel attribut. Dans la liste des attributs vous pouvez voir que, par défaut, il y a déjà un attribut appelé id. Nous allons en créer un autre à nommer Élevation. Choisissez nombre entier et largeur 4. Cela signifie que nous pouvons stocker des valeurs entières jusqu'à 9999, ce qui est suffisant pour tous les sommets sur Terre.

3. Cliquez sur le bouton Ajouter à la liste des attributs. L'attribut est maintenant ajouté. La boîte de dialogue devrait ressembler à ceci:

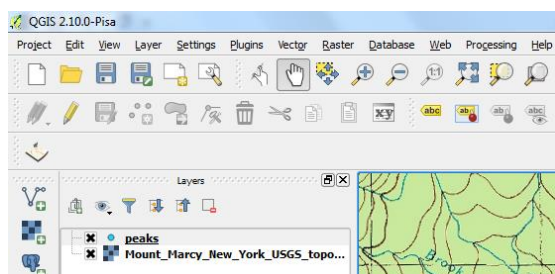
## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques




4. Cliquez sur OK.


5. Naviguez jusqu'au dossier où vous souhaitez stocker vos données, nommez le `peaks.shp` et appuyez sur OK.

6. Le Shapefile vide a maintenant été ajouté à votre liste de couches.



7. Afin de commencer à numériser, vous devez basculer en mode édition. Cliquez sur la couche `peaks.shp` de sorte qu'elle soit sélectionnée.

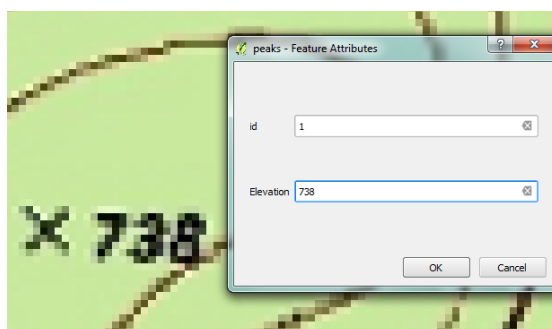
8. Cliquez sur  pour basculer en mode d'édition. Maintenant, les autres boutons d'édition deviennent actifs et un crayon devant le nom de la couche montre que nous éditons la couche.

9. Dans la carte topographique, allez au sommet d'une montagne. Les sommets sont indiqués par x et une valeur d'élévation. Si vous en avez trouvé un, zoomez et cliquez sur le bouton  pour ajouter des fonctionnalités.



10. Déplacez la souris vers le sommet. Le curseur se transforme en un réticule. Cliquez sur le sommet de la montagne.

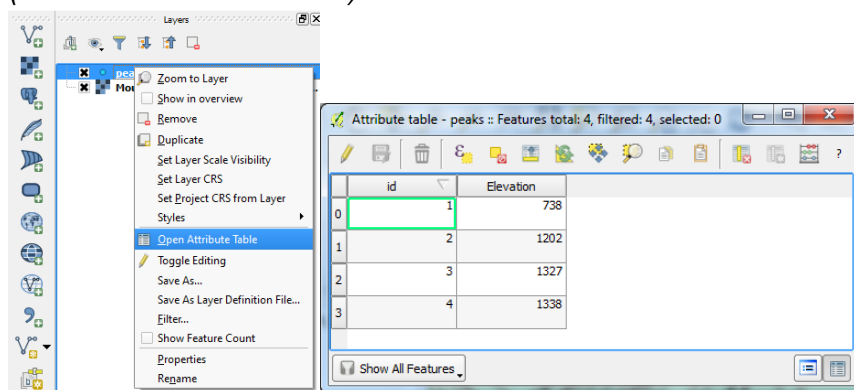
11. Un dialogue avec un formulaire apparaît. Ici, vous pouvez remplir les valeurs d'attributs: id = 1 et élévation = 738, suivant l'élévation du sommet que vous avez sélectionné.



12. Répétez cette étape pour quelques autres pics. Si vous faites une erreur, vous pouvez sélectionner et supprimer le point. Ce bouton peut être utilisé pour déplacer un élément ponctuel. Enregistrez les modifications.

13. Lorsque vous avez terminé, cliquez à nouveau sur le bouton pour activer l'édition. Si vous ne sauvegardez pas encore les modifications, il vous demandera de sauver ou de rejeter. Avec Supprimer vous pouvez toujours annuler vos modifications.

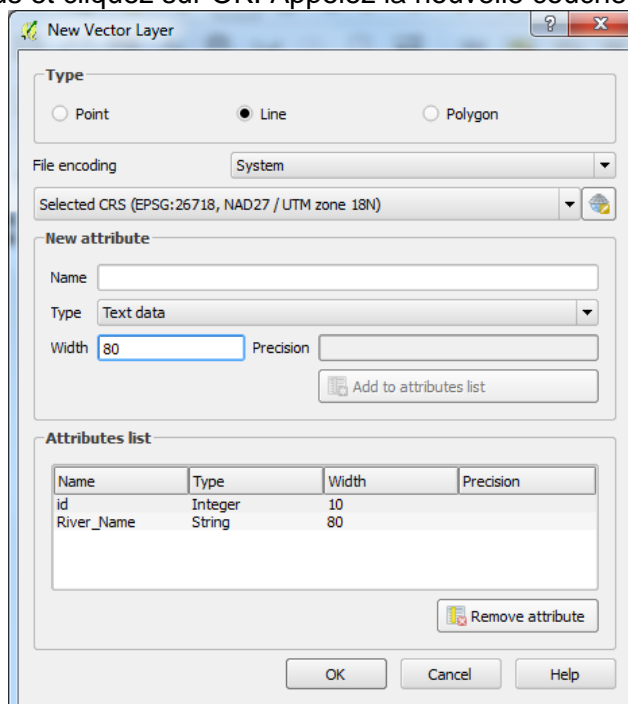
14. Vous pouvez vérifier la table des attributs de votre nouvelle couche vecteur point par un clic droit sur le nom de la couche (`peaks.shp`) et en sélectionnant *Open Attribute Table* (*Ouvrir la table attributaire*).




Maintenant, vous pouvez voir les attributs que vous avez ajoutés et leurs valeurs d'identité et d'élévation.

15. Notre prochaine tâche consiste à numériser les caractéristiques d'une ligne. La procédure est similaire à la création d'une couche de points. Dans la boîte de dialogue Nouvelle couche Vector, choisissez désormais Ligne. Comme nouvel attribut, nous ajoutons le Nom de la rivière: type texte, largeur 80. Vérifiez que la boîte de dialogue ressemble à

celle ci-dessous et cliquez sur OK. Appelez la nouvelle couche `streams.shp`.

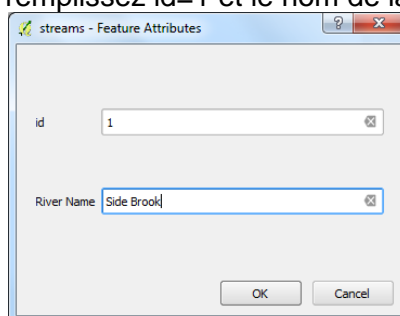


16. Dans la liste des couches sélectionnez `streams.shp` et activez l'édition.

17. Cliquez sur  pour ajouter une nouvelle ligne. Zoomez sur la carte pour trouver une rivière à numériser.

18. Cliquez sur le point de la ligne (noeud) de départ et cliquez quand nécessaire pour faire une ligne. Vous pouvez utiliser les boutons de zoom et de panoramique pour tracer. Vous pouvez également modifier la symbologie de visualisation pour voir la ligne que vous numériser plus clairement. Après avoir placé le dernier noeud de la ligne, faites un clic droit.

19. Dans la boîte de dialogue, remplissez `id=1` et le nom de la rivière.



20. Répétez ces étapes pour quelques ruisseaux et enregistrez vos modifications. Vérifiez la table d'attribut. Si vous voulez ajouter des affluents qui se connectent à des flux, jouer avec les paramètres d'accrochage (dans le menu principal, allez dans *Settings (Paramètres) > Snapping Options (Options d'accrochage)*).

21. Enfin, nous allons créer une couche vecteur de polygones pour certains lacs. Essayez de trouver par vous-même comment faire cela. C'est très similaire à la procédure pour les lignes.

La seule différence est que le premier noeud doit être le même que le dernier noeud pour fermer le polygone.

#### 4.8 Enregistrement d'image à image

Essayez d'utiliser le plugin géoréférencement pour enregistrer la carte numérisée (fichier JPG) à une image satellite du Plugin OpenLayers. De cette façon, vous pouvez effectuer un enregistrement d'image à image. Est-ce que cela donne de meilleurs résultats?

---

*Tout cet exercice peut être consulté dans un  
Screencast à l'adresse:  
<https://youtu.be/4lWyVeGhzog>*

---

## 5. Exercice 2: Importation de données tabulaires dans un SIG et interpolation

### 5.1 Introduction

Après cet exercice, vous êtes en mesure d'importer des données tabulaires dans un SIG. Dans cet exemple, nous allons importer une table avec la température moyenne quotidienne le 1er Septembre 2013 à plusieurs stations météorologiques aux Pays-Bas. Les données ont été téléchargés à partir du Centre de données KNMI (KNMI, l'Institut royal néerlandais de météorologie, <http://data.knmi.nl>), mais reformaté pour le but de cet exercice.

Dans cet exercice, nous allons utiliser les données suivantes:

- `KNMI_20130901_tday.xls`: table avec des températures moyennes quotidiennes pour les différentes stations
- `KNMI_stations.xls`: table avec le numéro de la station et les coordonnées de l'emplacement des stations

Ces données peuvent être téléchargées à partir du site web de OpenCourseWare (<http://ocw.unesco-ihe.org/course/view.php?id=11>).

Cet exercice vous guidera à travers les étapes suivantes:

- Convertir des tableaux Excel en fichiers séparés par des virgules
- Importer des données tabulaires dans SIG
- Joindre une table de données à une couche Vecteur avec emplacements
- Reprojecter des ensemble de données en utilisant la projection locale
- Recalculer les valeurs dans le tableau d'attribut
- Interpoler vecteur à raster

### 5.2 Convertir des tableaux Excel au format SIG

1. Ouvrez les fichiers `KNMI_20130901_tday.xls` et `KNMI_stations.xls` dans un programme de feuille de calcul (par exemple MS Excel) et vérifiez le contenu. Quel fichier contient les coordonnées? Y a-t-il un moyen de lier les deux fichiers? Comment pourrions-nous faire?

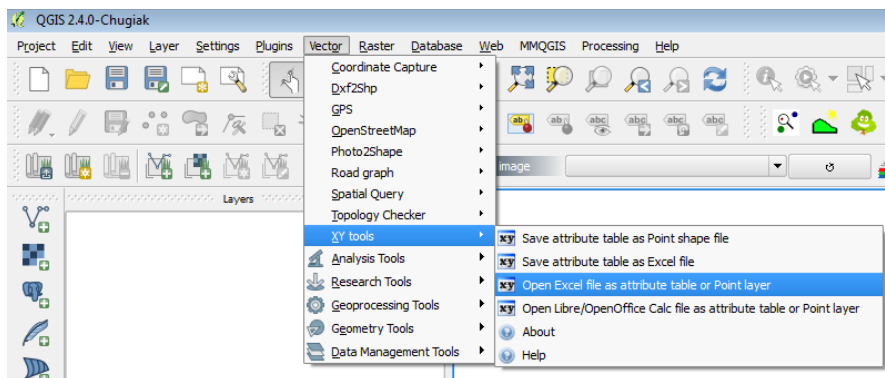
2. Démarrez QGIS bureau

3. Dans le menu aller à *Plugins > Gérer et installer des plugins* et vérifiez si XyTools est installé. Sinon, installez-le. Les plugins sont développés par la communauté QGIS pour ajouter des fonctionnalités supplémentaires à QGIS. Avec les XyTools plugin, vous pouvez importer de / exporter vers des fichiers Excel par exemple. Notez que XyTools ne peut travailler avec des fichiers `.xlsx`. Si vous avez des fichiers au format `.xlsx`, vous devez l'enregistrer au format `.xls` d'Excel.

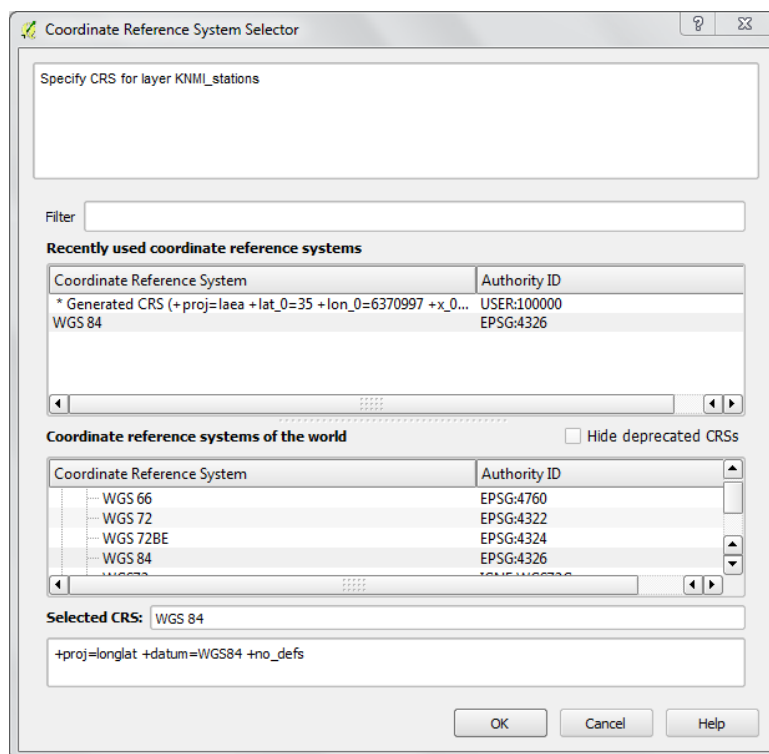
4. Maintenant, dans le menu, choisir les fichiers *Vector → XyTools → Open Excel files as*

## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques

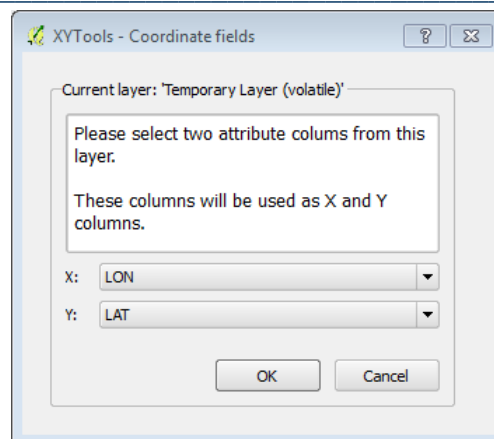
*attribute table or Point layer (Ouvrir des fichiers Excel comme table d'attributs ou couche point).*



5. Dans la boîte de dialogue, cherchez l'emplacement du fichier des stations météorologiques (KNMI\_stations.xls)
6. Recherchez le fichier et lui donner les paramètres appropriés puis cliquez sur OK.
7. Ensuite, vous êtes invité à donner le système de référence (CRS) de coordonnées. Ici choisir WGS 84 (EPSG: 4326), qui est la latitude / longitude avec référence WGS 84. Cliquez sur OK pour continuer.



8. Ensuite, une boîte de dialogue s'ouvre où vous devez choisir les colonnes avec les coordonnées x et y. Quelles colonnes sont-elles? Sélectionnez et cliquez sur OK.

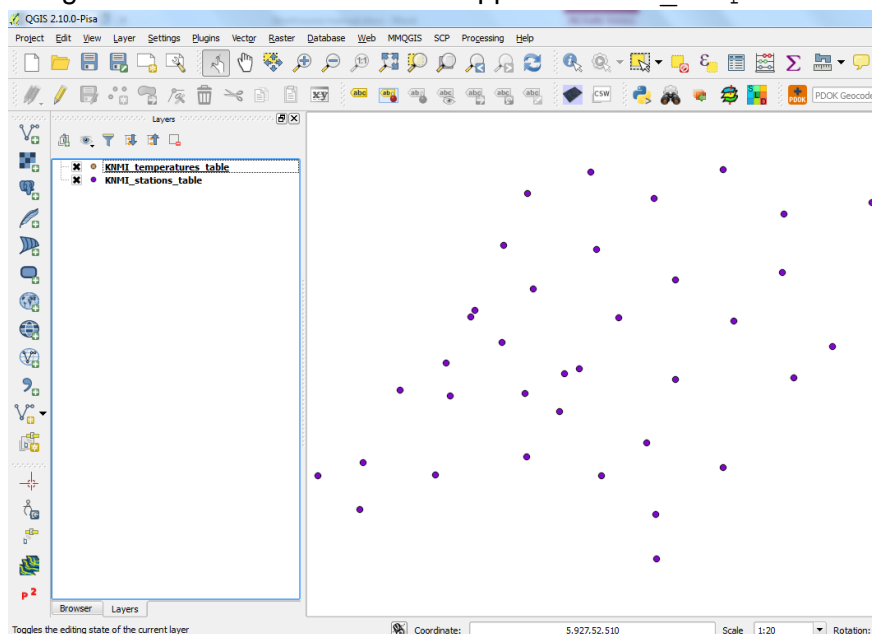


9. Maintenant, une carte avec les stations météorologiques est affichée. Si vous ne voyez pas la carte, vous avez probablement besoin de zoomer sur l'étendue de la carte: un clic droit sur le nom de la couche et choisir Zoom sur la couche.


10. Renommez le calque KNMI\_stations\_table (Clic droit sur le calque et sélectionnez Renommer).

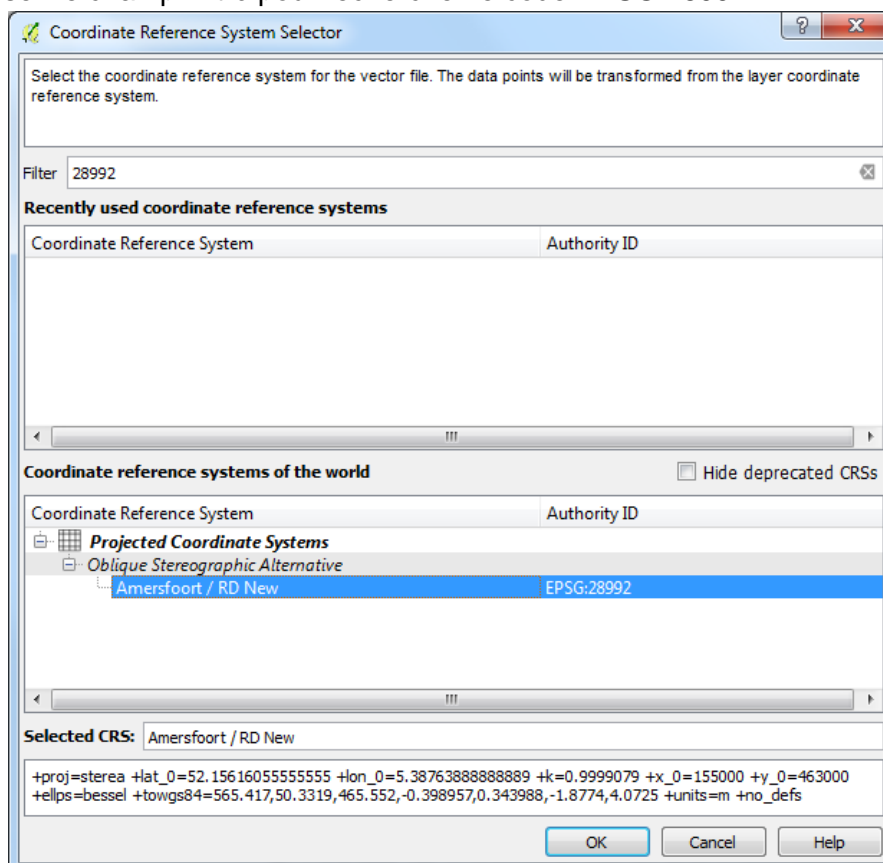
11. Maintenant, ajoutez la table avec les données de température de la même manière. Lorsque le système de coordonnées de référence est demandé, cliquez sur Annuler. Lorsque la fenêtre qui demande les colonnes avec les coordonnées x et y s'ouvre, cliquez sur Annuler également. En effet, ce tableau ne contient pas de données géoréférencées. Nous devons relier les deux tables pour le rendre géoréférencé.

12. Renommer également cette couche. Nous l'appelons KNMI\_temperatures\_table.



13. L'étape suivante consiste à convertir KNMI\_stations\_table à un format vectoriel SIG, à savoir shapefile. Cliquez à droite sur KNMI\_stations\_table et choisissez Enregistrer sous...

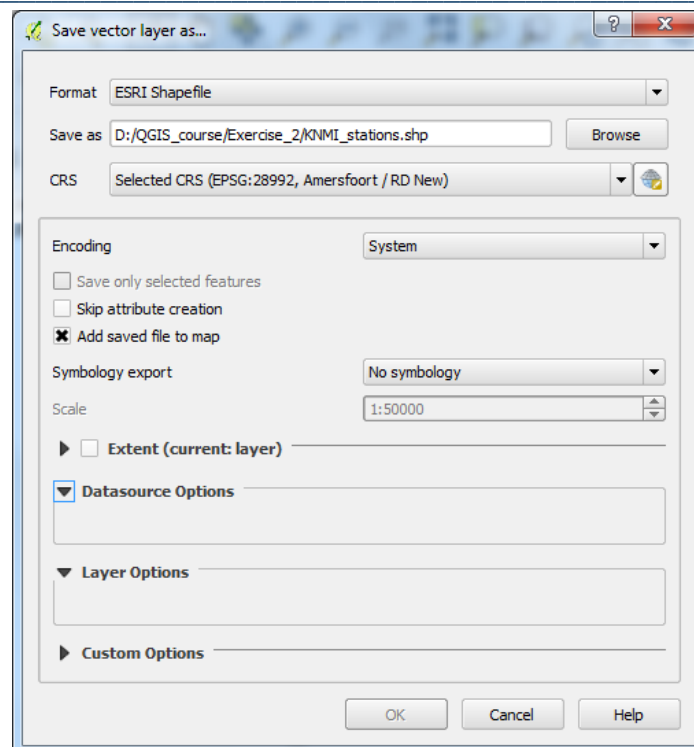
14. Dans le dialogue Parcourir le dossier pour enregistrer le fichier en tant que KNMI\_stations.shp. Afin de changer la projection à la projection locale néerlandaise, choisir "Selected CRS" et accédez à Amersfoort / RD New en cliquant sur le bouton . Astuce: utilisez le champ *Filtre* pour rechercher le code EPSG 28992:



Ici, vous voyez l'avantage d'utiliser les codes EPSG: il uniformise la projection. Il est donc utile de déterminer le code EPSG de la projection avec laquelle vous souhaitez travailler au sein de votre projet. À noter également que toutes les cartes de votre projet doivent être dans la même projection si vous voulez les combiner dans une analyse SIG ou en modélisation.

Cliquez sur OK. Maintenant, la boîte de dialogue ressemble à l'image ci-dessous. Cochez également la case *Add saved file to map* (Ajouter le fichier enregistré sur la carte):

## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques



Cliquez sur OK pour continuer.

15. Retirez `knmi_stations_table` de l'affichage en faisant un clic droit et en sélectionnant Supprimer. Veillez à retirer la bonne couche. Cette action supprime la couche de l'écran seulement, le fichier sera toujours sur votre disque dur. Si vous passez votre souris sur le nom de la couche, le nom du fichier s'affichera.

16. Bien que l'ensemble de données `knmi_stations.shp` est dans la projection EPSG 28992 (Amersfoort / RD New), l'affichage de QGIS utilise encore la projection EPSG 4326 (latitude / longitude WGS 84) et a reprojété `knmi_stations.shp` à la volée pour la visualisation. Afin de visualiser toutes les couches en EPSG 28992 nous devons modifier les propriétés du projet QGIS. Dans le menu choisissez Projet > Propriétés du projet...

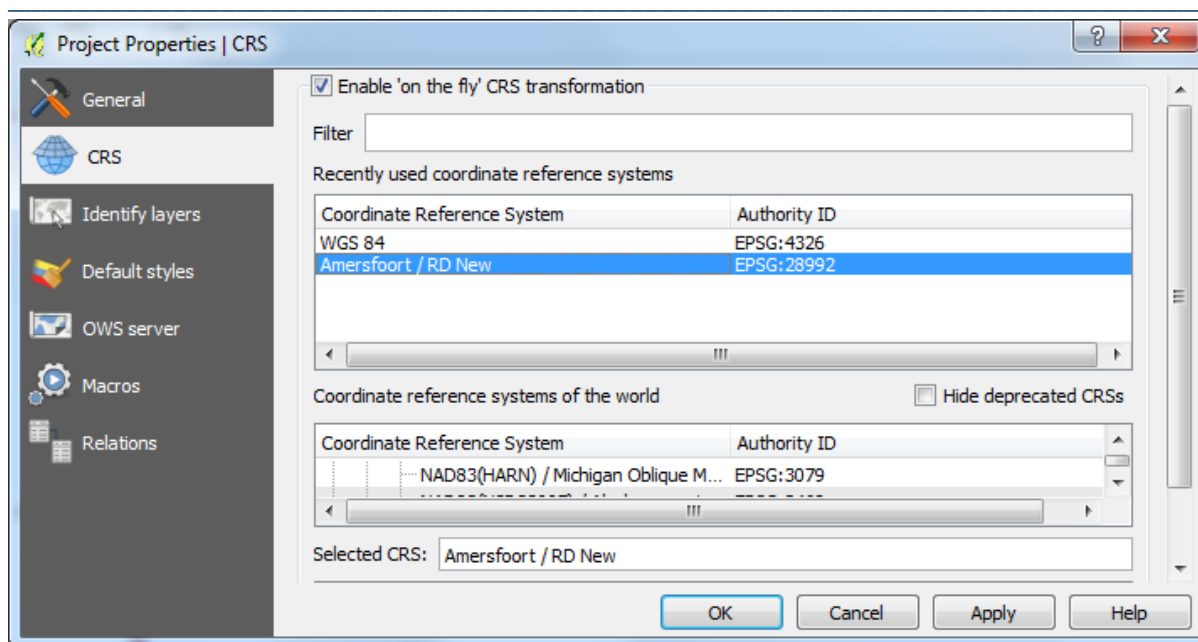
17. Sélectionnez l'onglet Système de coordonnées de référence (CRS)

18. Cochez la case "Activer" à la volée "de transformation CRS" (par défaut, il est déjà cochée, à vérifier)

19. Choisissez parmi les systèmes de coordonnées de référence EPSG récemment utilisés: 28992, puis cliquez sur OK.



## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques



Notez que la projection du projet est indiquée en bas à droite de l'écran. Vous pouvez toujours vérifier à cet endroit si le code EPSG est correct. Vous pouvez modifier la projection sur la volée aussi en cliquant sur ce code EPSG.

### 5.3 Joindre des tables d'attributs

20. Nous avons encore les emplacements des stations et les données de température dans des tables séparées. Nous devons les combiner dans un seul fichier de forme. En termes SIG on appelle cela l'opération « join » (joindre). Nous ne pouvons joindre des tables que si elles ont une colonne en commun. Vérifiez la table des attributs de `KNMI_stations` (clic droit sur `KNMI_stations` et choisissez Ouvrir la table d'attributs) et de la même manière vérifier `KNMI_temperatures_table`. Quelle colonne les deux tables d'attributs ont-elles en commun?

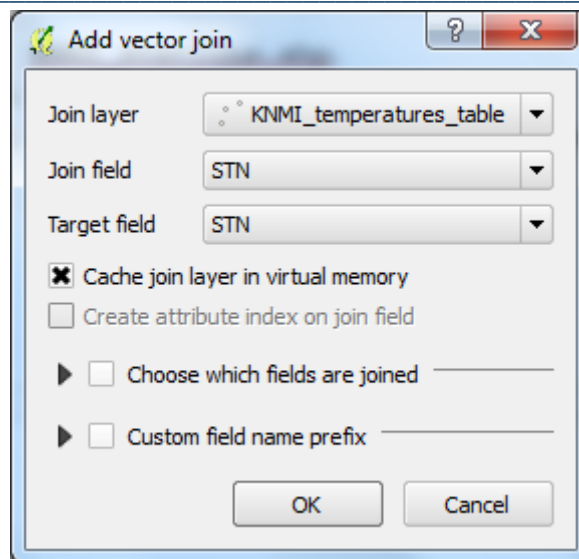
Après avoir déterminé quelle colonne les deux tables ont en commun, nous pouvons joindre les données de `KNMI_temperatures_table` aux attributs de notre shapefile `KNMI_stations.shp`.

21. Tout d'abord fermer les tables d'attributs.

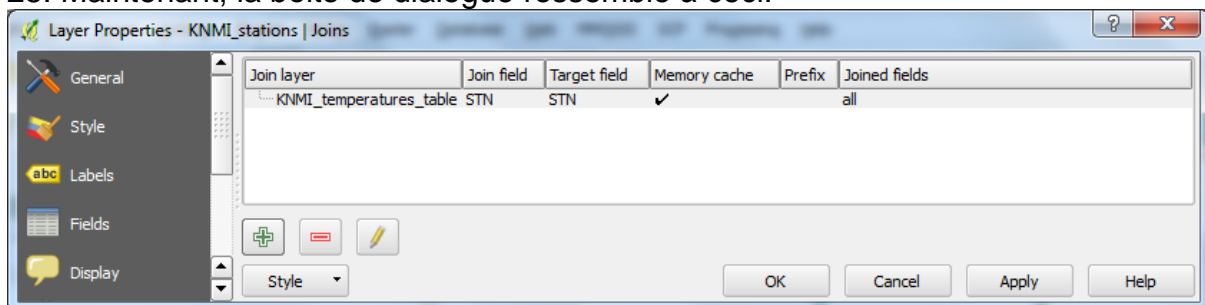
22. Ensuite, faites un clic droit sur `KNMI_stations` et choisissez Propriétés.

23. Dans le dialogue choisissez le bouton  (joindre).

24. Cliquez sur le signe + et choisissez vérifier si le dialogue ressemble à celui-ci:



Notez que le champ commun est STN (le numéro de la station), puis cliquez sur OK.  
25. Maintenant, la boîte de dialogue ressemble à ceci:



Cliquez sur OK pour effectuer l'opération Joindre.


26. Vérifiez à nouveau la table des attributs de KNMI\_stations. Que s'est-il passé?


	STN	LON	LAT	ALT(m)	NAME	KNMI_temperatures_table_YYYYMMDD	KNMI_temperatures_table_T(0.1C)
0	210	4.419	52.165	-0.20	VALKENBURG	20130901	162
1	225	4.575	52.463	4.40	IJMUIDEN	20130901	
2	235	4.785	52.924	0.50	DE KOOY	20130901	158
3	240	4.774	52.301	-4.40	SCHIPHOL	20130901	154

27. Nous avons d'abord besoin d'enlever les valeurs manquantes. Cliquez sur les numéros de ligne avec NULL ou pas de valeurs pour la température, tout en maintenant la touche Ctrl enfoncée. Maintenant, la table d'attribut ressemble à ceci:


## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques

	STN	LON	LAT	ALT(m)	NAME	KNMI_temperatures_table_YYYYMMDD	KNMI_temperatures_table_T(0.1C)
0	210	4.419	52.165	-0.20	VALKENBURG	20130901	162
1	225	4.575	52.463	4.40	IJMUIDEN	20130901	
2	235	4.785	52.924	0.50	DE KOOY	20130901	158
3	240	4.774	52.301	-4.40	SCHIPHOL	20130901	154
4	242	4.942	53.255	0.90	VLIELAND	20130901	161
5	249	4.979	52.644	-2.50	BERKHOUT	20130901	147
6	251	5.346	53.393	0.50	HOORN (TERSCH...	20130901	153
7	257	4.603	52.506	10.00	WIJK AAN ZEE	20130901	162
8	260	5.177	52.101	2.00	DE BILT	20130901	143
9	265	5.274	52.13	13.90	SOESTERBERG	NULL	NULL
10	267	5.384	52.896	2.60	STAVOREN	20130901	158
11	269	5.526	52.458	-4.00	LELYSTAD	20130901	148
	270	5.755	53.225	1.50	LEFLIWARDEN	20130901	152

28. Dans la table d'attributs, cliquez sur  pour activer le mode d'édition.

29. Cliquez sur l'icône  (dans la barre d'outils au-dessus du tableau des attributs) pour supprimer les caractéristiques avec des données manquantes.

30. Le seul problème est maintenant que les températures dans le tableau sont à 0,1 ° C. Nous devons convertir les valeurs en ° C.

31. Cliquez  pour ajouter une nouvelle colonne à la table. Et remplir le dialogue selon cette capture d'écran:

Add column

Name: T(C)

Comment: Temperature in Celcius

Type: Decimal number (real)

double


Width: 3

Precision: 1

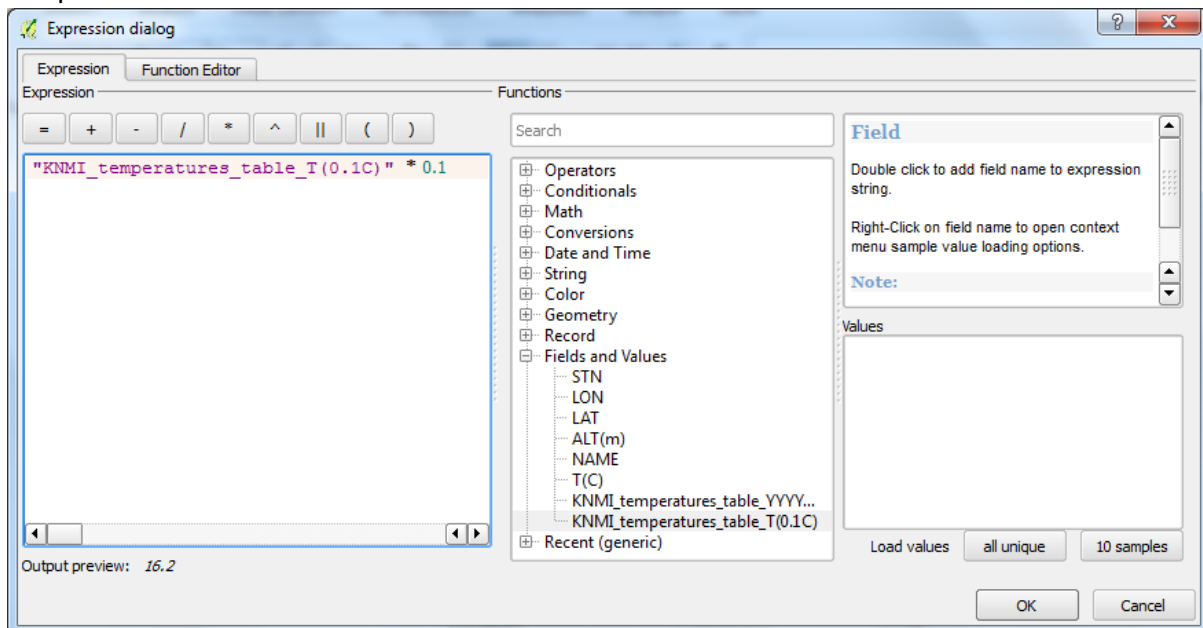
OK Cancel

La largeur est la quantité de nombres, la précision est la quantité de décimales. Cliquez sur OK pour continuer.

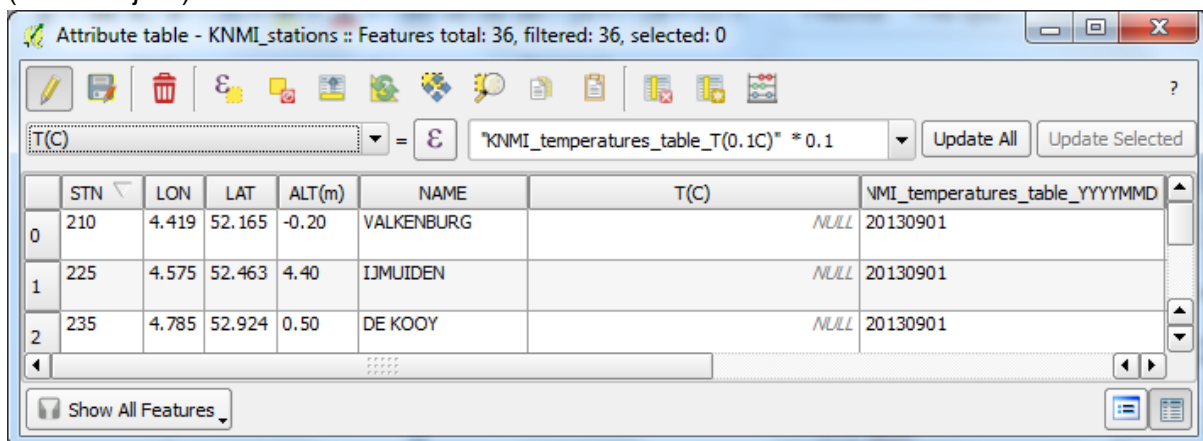
## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques

32. Maintenant, la table d'attribut montre une colonne supplémentaire avec des valeurs NULL. Afin de calculer ces valeurs, cliquez  en haut du tableau pour ouvrir le Calculateur de champs.


Remplissez le dialogue comme la capture d'écran ci-dessous. Pour éviter les fautes de frappe, la meilleure pratique consiste à double-cliquer sur le nom du champ dans le milieu de l'écran de la boîte de dialogue et cliquer sur le bouton \*. Ensuite, tapez 0,1. Cliquez sur OK pour continuer.



33. Assurez-vous que la fenêtre de la table d'attributs ressemble à celle ci-dessous (avec T (C) indiqué comme colonne sur laquelle le calcul sera effectué). Cliquez sur Update All (Mettre à jour).



34. Vérifiez maintenant le résultat dans la table d'attributs.

35. Cliquez à nouveau sur  pour basculer vers le mode non-édition. Cliquez sur Enregistrer pour enregistrer les modifications et fermer la table d'attributs. Si vous faites une

erreur, choisissez Rejeter pour annuler toutes les modifications depuis la dernière sauvegarde.

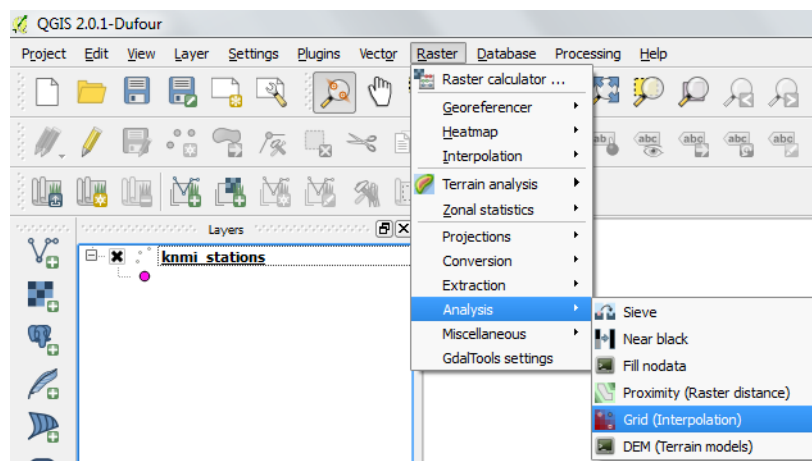
36. Maintenant, retirez le tableau `KNMI_temperatures_table` et vérifiez la table d'attributs de `KNMI_stations`. Quelles colonnes voyez-vous maintenant? Que pouvez-vous conclure au sujet de la fonction rejoindre? Vous auriez aussi pu sauvegarder l'ensemble de la table d'attributs en sauvegardant `KNMI_stations` à un nouveau Shapefile en utilisant la fonction *Enregistrer sous*.

## 5.4 Interpoler points à raster

37. La dernière étape consiste à interpoler les valeurs de température à un Raster. Dans le menu, sélectionnez

Raster > Analyse > Grille (interpolation)

Si vous ne voyez pas ça, votre *GdalTools* plugin n'est pas activé. Vous pouvez l'activer dans le menu Plugins.



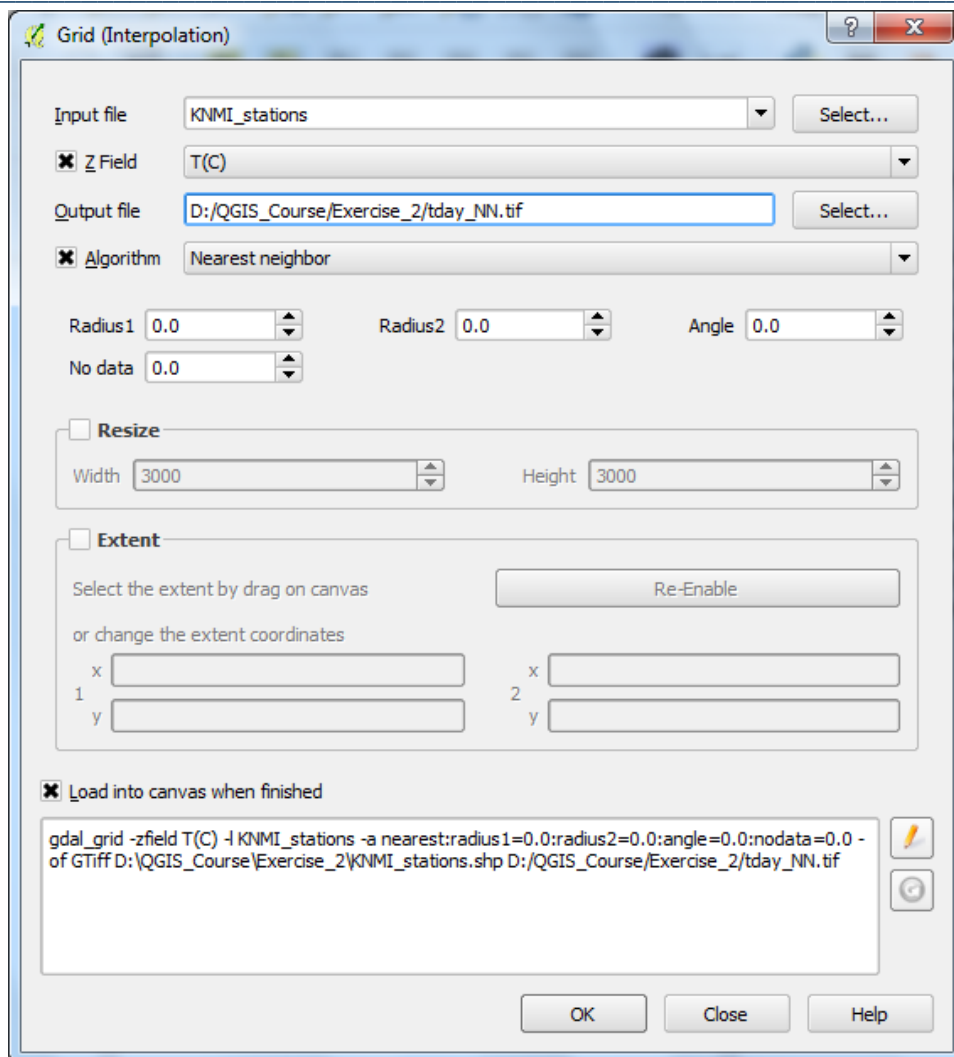
38. Dans le dialogue spécifier le fichier de sortie: `tday_NN.tif` en utilisant la fenêtre de navigation et en spécifiant le format `.tif`.

Cochez la case du champ Z et sélectionnez T(C). Ceci est le domaine que nous allons interpoler.

Cochez la case *Algorithme* et sélectionnez *Voisin le plus proche*. Ceci est la fonction d'interpolation qui crée des polygones de Thiessen.

Cochez *Load into canvas when finished*.

Pour le reste du dialogue, gardez les valeurs par défaut. Le dialogue devrait ressembler à ceci:



Notez que le dialogue génère une commande de GDAL qui est donnée dans le champ d'édition.

Cliquez sur OK pour continuer.

Cliquez sur 2 x OK pour fermer les fenêtres pop-up, puis cliquez sur Fermer pour fermer la fenêtre de dialogue

39. La carte de température interpolée est maintenant chargée dans l'affichage. Elle est visualisé en niveaux de gris, vous devez donc définir les options de visualisation. Faites un clic droit sur la carte et sélectionnez Propriétés.

40. Sous l'onglet Style, jouer avec les différentes options et cliquez sur OK pour revenir à l'écran.

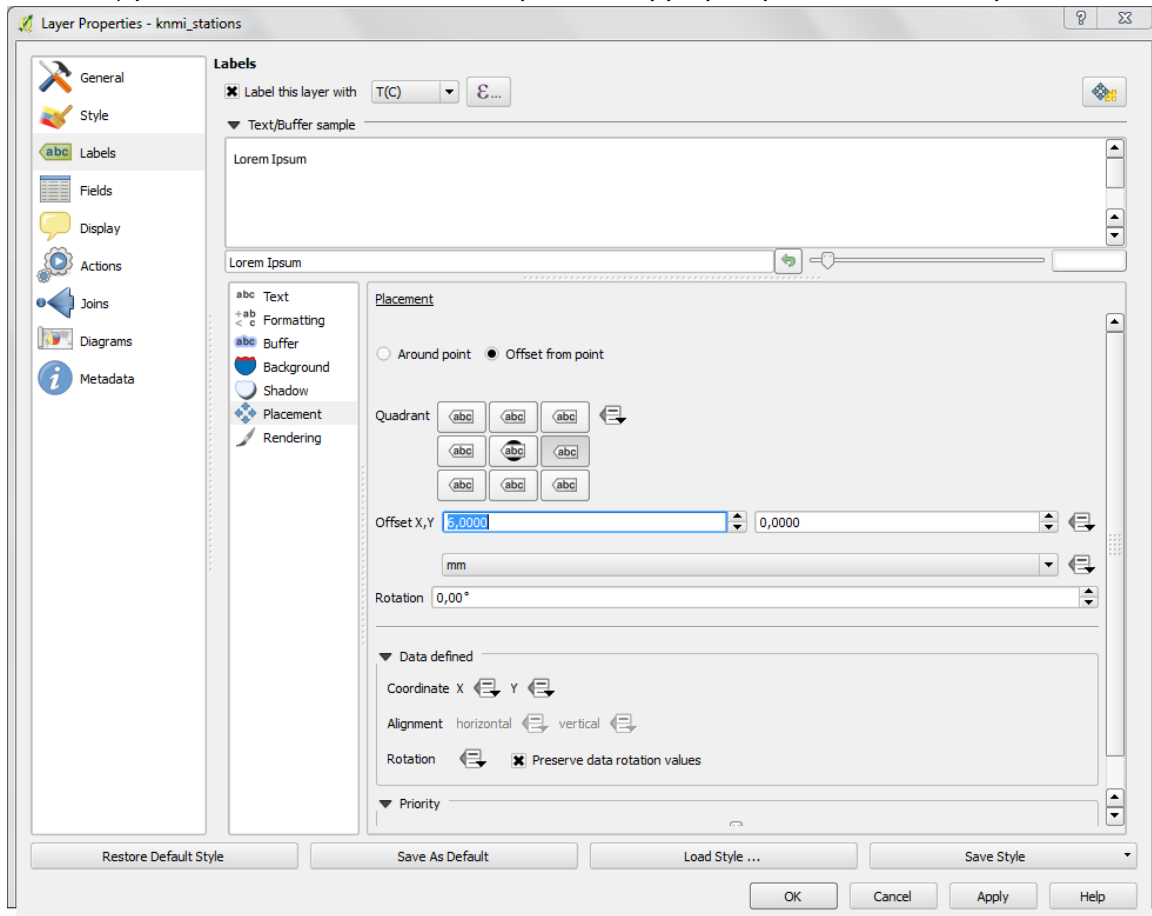
41. Maintenant, faites glisser le fichier `knmi_stations` vers le haut afin d'afficher les stations au-dessus de la grille de température.

42. Cliquez à droite sur la couche de `knmi_stations` et sélectionnez Propriétés.

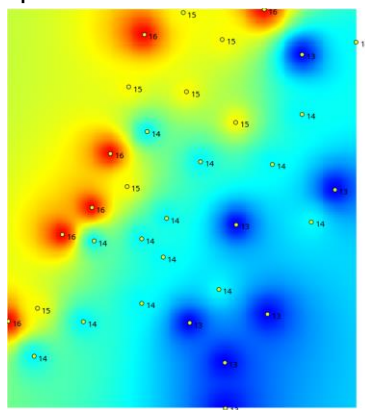
43. Sélectionnez l'icône Etiquettes et vérifiez l'étiquette de cette couche. Choisissez T (C)

## Utilisation de logiciels Open Source pour le prétraitement de données SIG pour modèles hydrologiques

comme champ pour l'étiquette. Jouez avec les options de placement (voir capture d'écran ci-dessous) pour faire une belle carte. Cliquez sur Appliquer pour tester et OK pour visualiser.



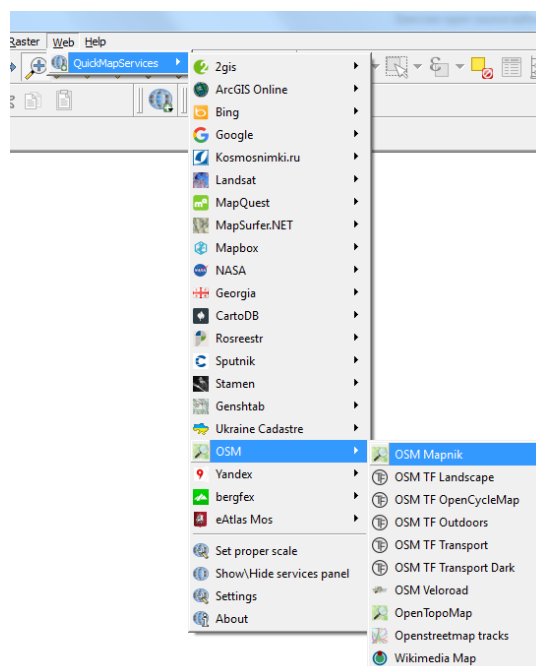
44. Maintenant, répétez l'interpolation en utilisant l'algorithme de distance inverse à une puissance (IDW) (répétition de l'étape 37). Appelez le fichier résultat `tday_IDW.tif`. Visualisez le résultat. Quelle méthode d'interpolation est la meilleure? Pourquoi? Pouvez-vous expliquer le gradient de température sur la carte?



45. Vous pouvez enregistrer votre projet QGIS à ce point en choisissant à partir du menu Projet > Enregistrer sous.... Vous pouvez maintenant fermer QGIS et avez la possibilité de rouvrir ce projet la prochaine fois que vous utilisez QGIS.

46. Nous pouvons également superposer nos données SIG nouvellement créées sur une carte topographique. A cet effet, vous devez installer le plugin QuickMapServices. Dans le menu aller à Plugins > Gérer et installer des plugins... et installer le plugin QuickMapServices si il n'a pas encore été installé.

47. Choisissez dans le menu Web > QuickMapServices > OSM > OSM Mapnik. Assurez-vous que votre couche vecteur de point est sur le dessus.



*Tout cet exercice peut être consulté dans un screencast à l'adresse: <https://youtu.be/LKNga7cedt8>*