

### Exercice 4 : Acquisition de données spatiales

#### Objectifs :

- Apprendre à digitaliser des éléments vectoriels manuellement et automatiquement
- Utiliser les outils d'analyse topologique
- Évaluer la qualité d'une couche vectorielle

# Introduction

## Introduction sur les différentes sources de données

### Données raster

Les images raster sont généralement acquises auprès d'un fournisseur privé ou public. Les plus courantes sont les cartes pixels, les ortho-images, les images satellites ou encore les modèles numériques de terrain. L'acquisition de telles données ne fait pas directement l'objet de ce cours. On se contente alors d'importer et éventuellement de géoréférencer ces données dans nos projets.

### Données vectorielles

L'acquisition de données vectorielles peut se faire manuellement (dessin), on parle alors de digitalisation manuelle. Elle peut aussi se faire de manière automatique sur la base d'une image, que celle-ci soit une carte ou une image aérienne. Les données vectorielles peuvent aussi être acquises auprès de fournisseurs privé ou public. Plusieurs formats de données existent (ESRI Shapefile, GeoJSON, etc.). Suivant le mode d'acquisition de la couche vectorielle, des problèmes topologiques peuvent exister : les segments d'une rivière ne sont pas bien connectés, les contours de communes se chevauchent, etc. Il convient alors de contrôler la topologie.

### Données attributaires

Toutes formes de tables peuvent être importées dans un SIG et jointes à des couches vectorielles.

## Mise en contexte

La partie Est de la Namibie, qui se trouve dans le désert du Kahalari, est essentiellement occupée par des fermes. Ces fermes sont soit dédiées à l'élevage d'espèces sauvages en semi-liberté, soit à l'élevage d'espèces domestiques. Cet exercice a pour sujet une ferme namibienne Kuzikus de 6ha qui vit du tourisme écologique et de la vente d'animaux sauvages. La gestion d'une telle ferme dans un milieu semi-aride pose divers problèmes, de plus que la ferme est incluse dans une surface de 10'000 hectares appartenant à un même propriétaire. Comment connaître le nombre d'animaux dans la ferme, comment mesurer la santé et l'évolution de la couverture végétale ?

Une mission menée conjointement par l'EPFL et l'association Drone Adventure s'est rendue dans la ferme de Kuzikus avec des drones afin de voir si cette technologie peut aider les fermiers à gérer plus efficacement leur cheptel et leurs ressources végétales.

### Données :

- **aerial:** vue aérienne de la région namibienne où se trouve la propriété du fermier, format raster (image)

## Préparation du dossier de travail

1. Téléchargez le dossier de l'exercice depuis Moodle.
2. Dézippez le dossier.
3. Ouvrez QGIS Desktop.
4. Ouvrez le projet Ferme\_namibie.qgs.

## Exercice

### Choix du système de référence

Ce projet traite de données situées en Namibie, le système de référence suisse qui est habituellement utilisé dans le cours ne convient donc pas. Nous allons donc utiliser d'autres systèmes de projection.

Pour cet exercice, nous allons choisir comme système de référence pour le projet un système de référence international sphérique : **WGS84 (EPSG : 4326)**.

**Pour définir ce système comme système de référence pour notre projet :**

1. **Project > Properties** ou  **EPSG:32734** en bas à droite de votre fenêtre QGIS.
2. Sous l'onglet CRS, choisissez le système de référence (ici, **WGS84 (EPSG : 4326)**).

Si vous déplacez maintenant le curseur sur votre carte, vous constaterez que les coordonnées qui s'affichent au bas de la fenêtre QGIS sont bien des coordonnées sphériques : latitude et longitude.

D'autres composants, importés ultérieurement, viendront compléter ce projet. Ils n'ont toutefois pas tous été définis dans le même système de projection. Le tableau ci-dessous vous permettra de savoir dans quel système ont été définies les différentes couches que nous importerons ultérieurement :

Layers	Coordinate Reference System (CRS)	EPSG	System
buildings waterpoints roads tracks GPS	WGS84	4326	Spherical
aerial	WGS84 / UTM zone 34s	32734	Projected
drones	WGS84 / UTM zone 34s	32734	Projected
Landsat	WGS84 / UTM zone 34n	32634	Projected
QuickMapServices (OSM basemap)	WGS84 / Pseudo Mercator	3857	Projected
QuickOSM (OSM data)	WGS84	4326	Spherical

La Namibie est située dans les zones UTM 33 Sud et UTM 34 Sud, c'est pourquoi certaines couches sont projetées en WGS84 / UTM zone 34s.

N'oubliez pas que la projection de toutes les couches contenues dans votre projet doit être correctement spécifiée, selon le tableau ci-dessus. Pour contrôler ou modifier ce paramètre, sélectionnez la/les couche/s désirée/s puis **Clic droit > CRS > Set Layer CRS...**

Contrôlez déjà que la projection de la couche `aerial`, déjà importée dans le projet, est correctement spécifiée.

## Importation de données contextuelles

Afin d'ajouter des informations contextuelles à notre projet, nous allons tout d'abord ajouter une carte de fond (basemap) via le plugin **QuickMapServices**.

### Pour ajouter une basemap OSM à votre projet :

1. Vérifiez que le plugin **QuickMapServices** apparaît dans **Web >**. Si ce n'est pas le cas, installez le dans **Plugins > Manage and Install Plugins...**
2. **Web > QuickMapServices > OSM > OSM Standard**. Une nouvelle couche raster apparaîtra dans la fenêtre de liste des couches. Vous pouvez constater que d'autres fournisseurs et d'autres basemap OSM existent dans le plugin.

*Note :* L'ajout d'une couche du plugin **QuickMapServices** modifie parfois le système de référence du projet. Si c'est le cas, spécifiez à nouveau WGS84 (EPSG :4326).

Nous allons aussi tester la fonctionnalité de téléchargement de données vectorielles OpenStreetMap, qui est un site web collaboratif où des volontaires participent à la création d'une carte mondiale (<http://www.openstreetmap.org/>), via le plugin **QuickOSM**.

### Pour ajouter des données vectorielles OSM dans votre projet :

1. Vérifiez que le plugin **QuickOSM** apparaît dans **Vector >**. Si ce n'est pas le cas, installez le dans **Plugins > Manage and Install Plugins...**
2. **Vector > QuickOSM > QuickOSM...**
3. Les données **OpenStreetMap** dans cette région étant relativement rares, nous allons laisser les options **Key** et **Value**, nous permettant de filtrer le type d'information souhaité, vides.
4. Avec le menu déroulant, vous pouvez définir la zone pour laquelle vous voulez télécharger des données. Nous allons nous concentrer sur notre zone d'étude et donc sélectionner l'étendue de la couche (Layer Extent) `aerial`.

5. Cliquez sur **Run query**. L'ensemble des couches de données vectorielles disponibles (points d'intérêts, routes, etc.) sont directement ajoutées dans votre projet et vous pouvez constater que les informations sont regroupées en trois couches toutes nommées **allKeys**, chacune correspondant à une géométrie particulière (points, lignes et polygones).

Observez ensuite ce que contient chaque couche.

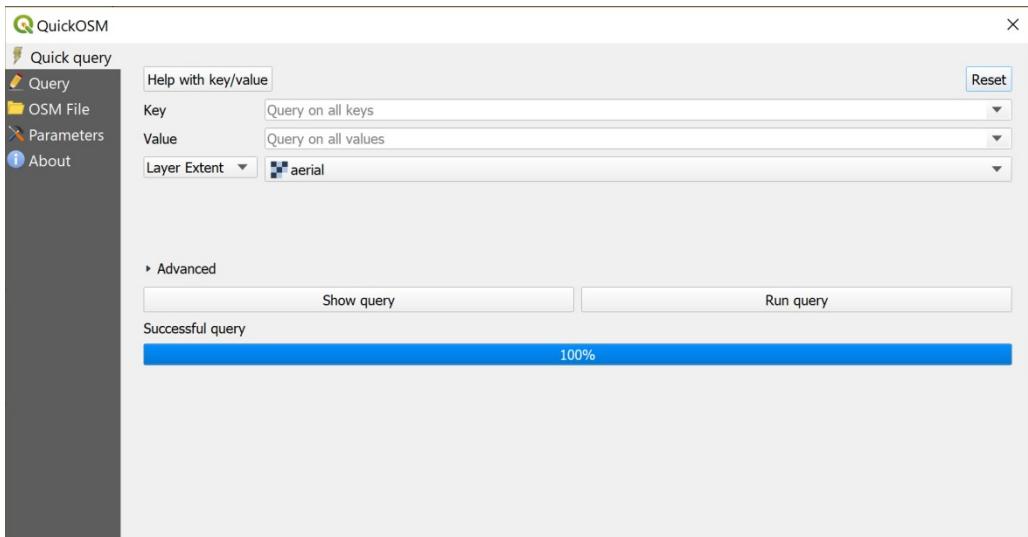


Figure 1: Téléchargement de données OpenStreetMap avec le plugin QuickOSM

## Digitalisation

L'utilisateur de SIG est souvent confronté à des données uniquement fournies en mode image (raster). Or certaines applications requièrent des données vectorielles, soit pour leur associer des attributs thématiques (aire, nature, type, ...) soit pour appliquer des transformations géométriques (zones tampon, intersection, etc.). Pour cela, les SIG sont dotés d'outils permettant de digitaliser manuellement ou automatiquement des objets, afin de créer des couches vectorielles à partir de fichiers rasters.

Afin de pouvoir digitaliser manuellement les bâtiments sur le terrain, créez tout d'abord une nouvelle couche Shapefile (cf. *Création d'une couche vectorielle* dans l'*Exercice 1*) de type **Polygon** en projection **WGS84**. Nommez la **buildings** et enregistrez la dans votre dossier de travail.

Vous voulez également sauvegarder le nom associé aux bâtiments. Pour cela, vous allez ajouter directement une colonne dans la table des attributs (vous auriez pu également le définir lors de la création de la couche dans la partie *New Field*).

**Pour ajouter une colonne (un attribut) à une couche vectorielle déjà créée :**

1. Ouvrez la table des attributs de la couche

2. Activez le mode édition 
3. Cliquez sur l'icône **New Field** 
4. Spécifiez les paramètres suivants :
  - **Name** : nom de l'attribut (ici, Name)
  - **Type** : Texte, nombre entier ou nombre décimal (ici, Text)
  - **Length** : Longueur maximale du texte / nombre (ici, 15)
5. Cliquez sur **OK** et désactivez le mode édition.

*Note* : Si vous vous êtes trompés dans la définition de l'attribut, vous pouvez supprimer la colonne en cliquant sur l'icône **Delete Field** 

Vous voulez maintenant digitaliser les bâtiments qui composent la ferme mais vous réalisez qu'on ne les distingue pas assez bien sur l'image [aerial](#). Une autre image ([Kuz\\_Lodge.jpg](#)), récoltée par des drones lors de la campagne de mesure, vous a été mise à disposition dans le sous-dossier **drones**.

Importez la couche raster dans QGIS. Ensuite, digitalisez les bâtiments que vous voyez sur l'image en les ajoutant à la couche **buildings** (cf. *Digitalisation et acquisition d'information attributaire* dans l'*Exercice 1*). Vous pouvez donner les noms que vous voulez, cela n'a pas d'importance pour la suite de l'exercice. Attention toutefois à définir des ID uniques (2 polygones différents ne peuvent pas avoir le même ID). En ouvrant la table d'attribut de la couche vectorielle **buildings**, vous remarquerez qu'elle n'est désormais plus vide mais contient les polygones digitalisés.

**Question 1 :** En vous aidant de la couche **buildings** et des informations téléchargées via le plugin QuickOSM dans la section précédente, quelle est la proportion des bâtiments (%) composant la ferme ?

(La réponse devrait être comprise entre 2.5-5%)

Nous allons maintenant nous intéresser à l'ensemble des terrains du propriétaire.

Nous souhaitons créer une couche vectorielle contenant des points correspondant à des sources d'eau sur l'ensemble de la propriété. Ces derniers n'étant pas forcément évident à trouver sur une vue aérienne, leurs coordonnées sont enregistrées sur un fichier, [waterpoints.csv](#), disponible dans le dossier **waterpoints**.

**Pour ajouter un fichier texte contenant une information sur la géométrie ( coordonnées ) :**

1. Layer > Add Layer > Add Delimited Text Layer

2. Sélectionnez le fichier texte dans votre dossier de travail (ici, le fichier `waterpoints.csv`) puis cliquez sur **Open**.
3. (si nécessaire) Spécifiez l'encodage des données dans le menu déroulant **Encoding**. Dans notre cas, nos données n'ont pas de caractères particuliers et vous pouvez laisser l'option par défaut.
4. Sélectionnez *Point coordinates* sous **Geometry type**.
5. Vérifiez que les attributs **X field** et **Y field** correspondent bien aux coordonnées x et y dans notre fichier.
6. Spécifiez le bon système de projection sous **Geometry CRS**.
7. Cliquez sur **Add**.

Les points d'eau situés sur la propriété du fermier sont maintenant représentés dans votre projet (**Clic droit > Zoom to Layer** si vous ne les voyez pas).

Cependant, il manque un point d'eau que vous voulez ajouter. La couche vectorielle que vous avez importée depuis le CSV n'est pas directement éditable, il faut d'abord en faire une copie vectorielle. Sauvegardez donc la couche `waterpoints` en ESRI Shapefile (Clic droit > Export > Save feature as...) dans votre dossier de travail et nommez la couche `waterpoints2`.

Nous connaissons les coordonnées précises du point d'eau à ajouter :

**Name : Kuz Lodge, Long : 18.3897924, Lat : -23.237465**

Nous allons tout d'abord le localiser sur la carte et ensuite l'ajouter à notre couche `waterpoints2`.

#### **Pour localiser un point à partir de ses coordonnées :**

1. Activez (ou Installez) le plugin **Lat Lon Tools** dans **Plugins > Manage and Install Plugins...**
2. Cliquez sur l'icône *Zoom to coordinates*  qui devrait se trouver dans votre barre d'outil (ou sous **Plugins > Lat Lon Tools** >).
3. [optionnel] Modifiez les paramètres par défaut pour la recherche de coordonnées (notamment le CRS par défaut et l'ordre des coordonnées) sous **Plugins > Lat Lon Tools > Settings**. Par exemple, si vous utilisez ce plugin pour ajouter un point / adresse que vous avez identifié depuis Google Maps, il sera préférable de changer le *CRS* par défaut en WGS 84 (Latitude & Longitude) et le *Coordinate Order* en *Lat, Lon (Y,X) – Google Map order*.
4. Une fenêtre devrait s'ouvrir en bas à gauche de votre écran où vous pouvez entrer les coordonnées du point à localiser.
5. Zoomer sur la localisation du point avec l'icône *Zoom to* dans votre fenêtre **Zoom to Coordinate** 

Ajoutez maintenant un point à cet endroit dans la couche `waterpoints2` (**Toggle Editing**  + **Add Point Feature** ). Enregistrez le avec les informations mentionnées plus haut (attention, x:longitude and y:latitude).

## Topologie

L'observation de la topologie, ou le respect des propriétés d'adjacence entre les objets géographique, est primordiale en cela qu'elle va diriger la qualité et la faisabilité des analyses spatiales ultérieures.

Importez la couche vectorielle `roads.shp` qui se trouve dans le sous-dossier **roads**.

Il s'agit d'une digitalisation grossière des routes de la propriété. Observez sa topologie (conseil : désactivez la couche `aerial` pour mieux distinguer les lignes). Elle comporte de multiples erreurs : routes déconnectées aux croisements, mauvaises intersections, etc.

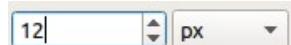


*Figure 2: Erreur topologique : Mauvaises intersections aux croisements*

Pour éviter ces problèmes de topologie, il est important de savoir utiliser les outils de snap proposés par QGIS. Lors de la digitalisation, les outils de snap forcent le curseur à se connecter à un autre objet selon des règles prédéfinies.

**Pour corriger les erreurs topologiques sur une couche avec le snapping :**

1. **Project > Snapping options**
2. Activez le snapping en cliquant sur 

3. Choisissez **Active Layer** dans le premier menu déroulant, car dans notre cas nous souhaitons joindre des lignes composant les routes avec d'autres routes: donc des éléments de la même couche **roads**.
4. Cochez à la fois les options **Vertex** et **Segment** dans le deuxième menu déroulant, ce qui nous permettra de nous lier à un sommet d'une ligne mais également sur un côté.
5. Les champs  permettent de définir la tolérance du snapping (la valeur maximale pour laquelle des segments vont être joints). Vous pouvez tester différentes valeurs et choisir la mieux adaptée.
6. Cliquez sur **Topological editing** et **Snapping on Intersection**.
7. Quittez la fenêtre de configuration du Snapping.
8. Sélectionnez l'entité à corriger avec 
9. Activez le mode édition 
10. **Edit > Vertex Tool** ou 
11. Cliquez sur le nœud (rond rouge) que vous voulez déplacer. Déplacez le jusqu'au nœud auquel il doit être lié. Vous constaterez que le nœud est « attiré » vers les nœuds des autres routes : c'est le snapping.
12. Une fois l'ensemble des nœuds corrigés (vous pouvez en faire uniquement quelques-uns ici), désactivez le mode édition.
13. Désactivez le snapping dans **Project > Snapping options** en cliquant sur 

Il est également possible d'effectuer un repérage automatique des erreurs de topologie suite à une digitalisation.

#### Pour effectuer une détection automatique des erreurs topologiques :

1. Activez (ou Installez) le plugin **Topology Checker** dans **Plugins > Manage and Install Plugins...**
2. Cliquez sur l'icône  dans la barre d'outil (ou **Vector > Topology Checker Panel**). Une fenêtre devrait s'ouvrir en bas à droite de votre écran.
3. Cliquez sur l'icône **Configure**  pour créer des règles de topologie.

Dans notre cas, nous allons contrôler les intersections entre les lignes dessinées sur la couche **roads** et nous allons donc définir que la couche **roads must not have dangles** (= an endpoint that is not connected to another line).

4. Une fois la règle définie, cliquez sur **Add Rule** puis **OK**.
5. Lancez la détection avec l'icône *Validate All* 
6. Les extrémités de ligne qui ne sont connectées à aucune autre ligne apparaissent en rouge sur la carte. Reconnectez quelques-unes de ces extrémités avec l'outil de snapping (en suivant les instructions ci-dessus).
7. Contrôlez que l'erreur a bien été corrigée en recliquant sur *Validate All* dans le **Topology Checker**.
8. Décochez l'option **Show errors**, fermez la fenêtre du plugin et désactivez le mode édition.

*Note* : Vous pouvez trouver des informations détaillées sur le fonctionnement du plugin **Topology Checker** ici [https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user\\_manual/plugins/core\\_plugins/plugins\\_topology\\_checker.html](https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/plugins/core_plugins/plugins_topology_checker.html)

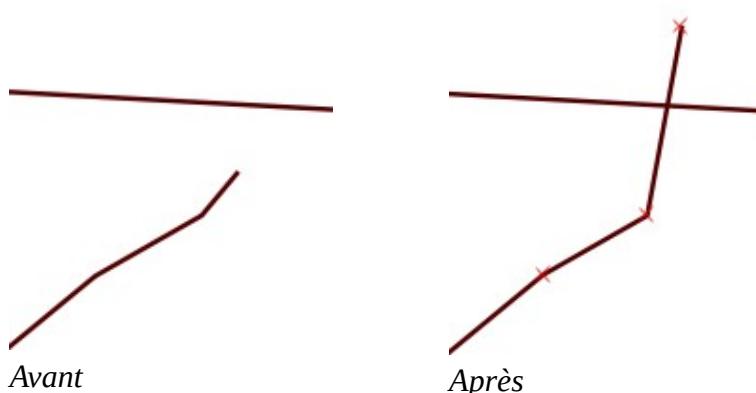
Le propriétaire vous a fourni un fichier GPS qu'il a acquis avec son GPS de poche. Il y a notamment enregistré le pourtour de la propriété et l'étendue d'un feu de savane. Vous voudriez savoir la surface de ce feu.

Pour cela, ouvrez le fichier `donnees_GPS.gpx` dans le sous-dossier **GPS**, qui regroupe plusieurs fichiers vectoriels. Sélectionnez uniquement la couche `tracks` et cliquez sur **OK**. Fermez ensuite la fenêtre permettant d'ajouter une couche vectorielle, si cela n'est pas fait automatiquement.

Elle représente la délimitation d'un feu qui a ravagé une partie de la propriété en 2012. Cette couche provenant d'un fichier GPS ne peut pas être modifiée. Faites en deux copies **ESRI Shapefile**, que vous nommez `Borders` et `Fire`.

Ouvrez la table des attributs de `Borders` et supprimez les deux objets **ACTIVE LOG 015** et **Fire 2012** pour ne garder que **Borders**.

Pour l'étape suivante, il est nécessaire que la ligne `Fire` coupe la frontière de la propriété. Dans la couche `Fire`, activez le mode édition et utilisez l'outil **Vertex Tool** pour prolonger la ligne `Fire 2012` au-delà de la ligne `Borders`. Maintenant, vous pouvez effectuer la suppression des deux objets **ACTIVE LOG 015** et **Borders** dans la table des attributs de la couche `Fire`.



Nous allons maintenant créer un polygone à partir de la ligne **Border** (**Vector > Geometry Tools > Lines to polygons**). Une nouvelle couche polygone vient d'être créée qui représente l'ensemble de la propriété du fermier namibien. Pour pouvoir découper cette zone avec la ligne qui illustre la limite de l'incendie qui a ravagé le Nord-Est de son terrain, nous allons utiliser l'outil **Split with lines** disponible dans la **Processing Toolbox** sous **Vector overlay** en sélectionnant les bons fichiers dans Input Layer et Split Layer. Remplissez le champs *Split* avec votre couche **Fire**.

Une nouvelle couche vectorielle s'affiche qui contient deux polygones, la zone qui a brûlé en 2012 et le reste de la propriété. Quelle est la surface de terrain qui a brûlé lors du feu de brousse de 2012 ?

## Analyse de la couverture végétale

Importez les couches rasters qui se trouvent dans le sous-dossier **Landsat**. Il s'agit des différentes bandes spectrales captées par un satellite Landsat. Elles vont servir à évaluer l'état de la végétation sur la propriété du fermier namibien.

Il y a plusieurs fichiers images (.tif) à importer :

- allbands
- b1 : Aérosols
- b2 : Bleu
- b3 : Vert
- b4 : Rouge
- b5 : Infrarouge proche
- b6\_1 : Infrarouge moyen 1
- b6\_2 : Infrarouge moyen 2
- b7 : Panchromatique
- b8 : Cirrus
- Fausse\_couleur (R=NIR G=R B=G)
- Vraie\_couleur (R G B)

Les données Landsat peuvent être téléchargées gratuitement, par exemple sur <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Plus d'informations sur le programme spatial Landsat et les différentes bandes spectrales sont disponibles sur internet, notamment sur Wikipédia ([http://fr.wikipedia.org/wiki/Programme\\_Landsat](http://fr.wikipedia.org/wiki/Programme_Landsat)).

Le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) est un indicateur souvent utilisé pour caractériser la couverture végétale et la santé des plantes. Le calcul de l'indice NDVI requiert

l'utilisation de 2 bandes spectrales : la bande **Rouge (VIS)** et la bande du **Proche Infrarouge (NIR)**.

La formule, appliquée pour chaque pixel, est la suivante :

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}$$

Les plantes rejettent les proches infrarouges qui ne sont pas assez énergique pour la photosynthèse alors qu'elles absorbent la lumière visible. Pour les plantes, on s'attend donc à une grande différence entre NIR et VIS.

**Pour calculer le NDVI :**

1. **Raster > Raster Calculator**
2. Entrez la formule du NDVI dans le champs **Raster Calculator Expression** en double cliquant sur les couches dans **Raster Bands**.
3. Dans **Result Layer**, sauvez la nouvelle couche `ndvi` dans votre dossier de travail et cliquez sur **Use Selected Layer Extent** pour mettre à jour l'emprise du résultat.
4. Cliquez sur **OK**.

Affichez le raster obtenu avec une palette de couleur plus appropriée dans les **Properties** de la couche. Dans **Render Type**, choisissez *Singleband pseudocolor*. Dans **Color Ramp**, sélectionnez un dégradé de Rouge-Vert (*RdYlGn*) qui est approprié pour l'affichage du NDVI. Cliquez sur **OK**.

Nous allons maintenant transformer notre couche raster en couche vectorielle avec un processus de polygonisation. L'objectif ici est de mettre en évidence les zones de végétation les plus denses sur la propriété. Pour se faire, il faut différencier les pixels selon si leur valeur NDVI est inférieur ou supérieur à une certaine valeur qui a été fixée à 0.37 dans cet exercice.

**Pour effectuer une polygonisation du NDVI selon un certain seuil :**

1. **Raster > Raster Calculator**
2. Entrez l'expression logique : **ndvi@1 > 0.37**. Cette opération permettra de créer une couche binaire avec la valeur 0 pour les zones qui ne répondent pas à la condition et la valeur 1 ailleurs.
3. Nommez cette nouvelle couche **NDVI\_binaire**. Il s'agit toujours d'une couche raster. Il faut donc maintenant la transformer en couche vectorielle.
4. **Raster > Conversion > Polygonize (Raster to vector)**
5. Spécifiez les paramètres suivants :
  - **Input file** : fichier raster à polygoniser (ici, **NDVI\_binaire**)

- **Vectorized** : nom et emplacement de sauvegarde du fichier vectoriel (ici, nommez-le `NDVI_vector`)
6. Cliquez sur OK.
  7. Dans la table des attributs, sélectionnez tous les objets dont la valeur de DN est égale à 0 et supprimez-les (ils correspondent aux pixels qui avaient une valeur inférieure à 0.37).