



Travaux Pratiques sur les Systèmes d'Information Géographique

- SIG -

Initiation à QGIS

Avec QGIS 3.10.0



Avant-propos

Ce manuel est une initiation à l'utilisation du logiciel libre **QGIS**. Il a été rédigé en se basant sur la version française « QGIS 3.10.0 A Coruña ».

Ce **manuel** et les **données** y afférentes sont libres de droit et redistribuables moyennant une mention de la source*. Ils sont téléchargeables gratuitement à l'adresse web : <http://hdl.handle.net/2268/190559>.

Les descriptions et sources des données utilisées dans ce manuel sont présentées en [Annexe 5](#).

Pensez à l'environnement avant d'imprimer ce manuel!!**



Ce manuel a été rédigé par [Antoine DENIS](#)
[Université de Liège \(ULIEGE\)](#)
[Arlon Campus Environnement](#)
[Département des Sciences et Gestion de l'environnement](#)
[Unité Eau Environnement Développement \(EED\)](#)
Avenue de Longwy, 185
6700 Arlon, Belgique
Antoine.Denis@ULiege.be

Merci de signaler toute erreur rencontrée dans ce manuel par email à l'adresse ci-dessus.

Les mises à jour de ce manuel seront disponibles via l'adresse web ci-dessus.

Version du 9 avril 2020.

Photo de couverture : photo et carte du Kilimandjaro

* Comment citer ce manuel ? : « Travaux Pratiques sur les Systèmes d'Information Géographique (SIG), Initiation à QGIS, Avec QGIS 3.10.0, Antoine DENIS, 2020, Arlon Campus Environnement, Université de Liège, Belgique ».

** N'imprimez pas ce manuel ! Si vous devez l'imprimer, utilisez le verso de feuilles déjà utilisées, imprimez recto-verso et/ou imprimez en 2 pages par feuilles.

Du même auteur

Sont également disponibles, du même auteur, les manuels de Travaux Pratiques suivants:

Manuel de TP	Année	Pages	Adresse de téléchargement	Commentaires
SIG – ArcGIS 9.3	2012	89	https://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/135775	ArcGIS = le logiciel SIG payant de référence. Données fournies.
SIG – QGIS 3.10	2020	243	http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/190559	Ce manuel-ci. QGIS = le logiciel SIG gratuit de référence. Données fournies.
Télédétection spatiale I	2020	111	https://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/143553	Ancienne version du manuel « Télédétection spatiale II » basée essentiellement sur le logiciel payant ENVI. Données fournies.
Télédétection spatiale II	2020	429	https://orbi.uliege.be/handle/2268/240835	Ce manuel reprend la très grande majorité du contenu du manuel « Télédétection spatiale I » mais adapté avec données et logiciels libres, souvent en version améliorée, et présente une série d'exercices et ressources supplémentaires. Avec données fournies et logiciels libres.

Sera également bientôt disponible, une « **Revue des modes de représentation de l'information spatiale** »

- <https://orbi.uliege.be/handle/2268/241653> (2020)

Toutes les publications de l'auteur sont disponibles en libre accès ici :

- <https://orbi.uliege.be/browse?type=author&value=Denis%2C+Antoine+p005248>

Table des matières

Avant-propos	ii
Table des matières	iv
Liste des contextualisations	xi
Liste des notes	xi
Notes de version	xii
Liste des abréviations.....	xiii
1. Introduction	1
1.1. Objectifs de ce manuel.....	1
1.2. Contenu de ce manuel et temps nécessaire	1
1.3. Accès aux données utilisées dans ce manuel	2
1.4. Organisation des données utilisées sur votre ordinateur.....	3
2. Introduction aux Systèmes d'Information Géographique - SIG.....	4
2.1. Qu'est-ce qu'un Système d'Information Géographique - SIG ?	4
2.2. Les 2 grands types de données géographiques : Matriciel vs Vectoriel	5
2.3. Données géographiques et tables associées.....	6
3. Présentation de QGIS.....	7
4. Site WEB de QGIS.....	9
5. Télécharger et installer QGIS	10
5.1. Télécharger QGIS	10
5.2. Installer QGIS.....	10
6. Aide et documentation sur QGIS.....	12
6.1. Documentation QGIS officielle.....	12
6.1.1. Documentation QGIS générale	12
6.1.2. Documentation officielle (sur le net) de quelques fournisseurs de traitements intégrées ou accessibles depuis QGIS.....	12
6.1.3. Documentation accessible via l'interface de QGIS.....	13
6.2. Documentation QGIS non officielle	13
6.2.1. Recherche via Google	13

6.2.2.	Les forums : questions et réponses sur QGIS	13
6.2.3.	Quelques bons tutoriaux sur le net	14
6.2.4.	Vidéos sur YouTube	14
7.	Utiliser QGIS.....	15
7.1.	Découverte et gestion d'un projet QGIS	15
7.1.1.	Ouvrir un projet QGIS	16
7.1.1.1.	Ouvrir un projet QGIS préexistant	16
7.1.1.1.1.	Problème pouvant arriver à l'ouverture d'un projet QGIS préexistant.....	16
7.1.1.2.	Ouvrir/créer un nouveau projet QGIS	17
7.1.2.	Structure d'un projet QGIS	18
7.1.3.	Naviguer dans les données géographiques via l' « Explorateur QGIS » (En : « QGIS Browser »).....	19
7.1.4.	Manipuler des fichiers de données géographiques dans QGIS	21
7.1.5.	Afficher les couches (En : layers) d'information dans la fenêtre de visualisation de QGIS	22
7.1.5.1.	« MapSwipe Tool » ! Une astuce pour la comparaison visuelle des données géographique !.....	22
7.1.6.	Naviguer dans la fenêtre de visualisation.....	23
7.1.6.1.	Outils de « Navigation cartographique »	23
7.1.6.2.	Variation de l'échelle d'affichage	24
7.1.6.3.	« Zoom To Coordinate » de l'extension « Lat Lon Tools ».....	25
7.1.7.	Définir la gamme d'échelle de visibilité d'une couche	26
7.1.8.	Ajouter / enlever / déplacer une barre d'outils, un panneau	27
7.1.9.	Installer et afficher une extension (En : plugin) dans QGIS	27
7.1.9.1.	Liste des extensions utilisées dans le cadre de ce manuel	29
7.2.	Créer un nouveau projet QGIS	33
7.2.1.	Modifier les propriétés d'un projet QGIS	33
7.2.2.	Définir le système de coordonnées d'un projet QGIS	35
7.2.3.	A propos des systèmes de coordonnées	38
7.2.4.	Gestion des systèmes de coordonnées des fichiers de données géographiques dans QGIS.....	39
7.2.4.1.	Le système de coordonnées d'un fichier n'est pas défini ou est mal défini et doit être (re-)défini	39
7.2.4.2.	Le système de coordonnées d'un fichier est défini correctement et doit être changé.....	42
7.2.4.3.	Ressources additionnelles sur la gestion des systèmes de coordonnées	43
7.3.	Ajouter des données.....	43
7.3.1.	Ajouter des données « vecteur » et « raster » présentes sur votre PC	44

7.3.1.1.	Ajouter une couche vecteur dans QGIS.....	44
7.3.1.2.	Ajouter une couche raster dans QGIS.....	47
7.3.2.	Ajouter des données ponctuelles à partir de leurs coordonnées géographiques XY	48
7.3.2.1.	Ajouter des données ponctuelles XY à partir d'un tableur (Excel ou Libre/OpenOffice par exemple)	48
7.3.2.2.	Ajouter des données ponctuelles XY à partir d'un fichier texte délimité	50
7.3.3.	Ajouter divers fonds de carte (En : base maps) à partir de serveurs web.....	53
7.3.3.1.	Via les extensions « QuickMapServices » et « OpenLayers Plugin »	53
7.3.3.2.	Via le menu « XYZ tiles »	54
7.3.4.	Ajouter des données disponibles via des « services web spatiaux » de types WMS/WMTS, WFS, WCS	56
7.3.4.1.	Définition de 3 types de “services web spatiaux” de référence... ..	57
7.3.4.1.1.	WMS et WMTS : « Web Map (Tile) Service ».....	57
7.3.4.1.2.	WFS : « Web Feature Service »	57
7.3.4.1.3.	WCS : « Web Coverage Service »	57
7.3.4.2.	Accéder aux données disponibles via les « services web spatiaux »	58
7.3.4.2.1.	Trouver un service web spatial	58
7.3.4.2.2.	Utiliser un service web spatial dans QGIS	59
7.4.	La table d'attributs	62
7.4.1.	Utilité de la table d'attributs.....	62
7.4.2.	Accéder à la table d'attributs.....	63
7.4.2.1.	Ouvrir la table d'attributs	63
7.4.2.2.	L'outil d'identification.....	63
7.5.	Sélectionner des données	64
7.5.1.	Sélection simple	64
7.5.2.	Sélection par attribut	65
7.5.3.	Sélection par localisation	67
7.6.	Dupliquer un fichier vectoriel ou raster.....	69
7.7.	Exporter un fichier vectoriel ou raster et fonctions associées	70
7.8.	Jointure et Relation entre 2 tables	74
7.8.1.	Créer une jointure entre 2 tables	74
7.8.1.1.	Jointure basée sur la localisation des entités de 2 fichiers.....	75
7.8.1.1.1.	L'Extension « NNJoin »	75
7.8.1.1.2.	Outil basique de jointure par localisation	79
7.8.1.1.3.	La matrice des distances	79
7.8.1.2.	Jointure basée sur un attribut commun à 2 tables.....	80

7.8.2.	Créer une Relation entre 2 tables.....	84
7.9.	Statistiques, graphiques et calculs dans la table d'attributs.....	85
7.9.1.	Calculer des statistiques dans la table d'attributs.....	85
7.9.1.1.	L'outil « Montrer le résumé statistique».....	85
7.9.1.2.	L'outil « Statistiques basiques pour les champs... ».....	86
7.9.1.3.	L'outil « Statistiques par catégories ».....	87
7.9.1.4.	L'outil « GroupStats » (Fr : Résumer, Récapituler, En : Summarize)	89
7.9.2.	Créer un graphique à partir de la table d'attributs	91
7.9.2.1.	Créer un graphique avec « Data Plotly »	91
7.9.2.2.	Créer un graphique via exportation vers « Excel ».....	96
7.9.2.3.	Créer un graphique dans QGIS via le fournisseur de traitements « R » et l'utilisation de « RScript ».....	97
7.9.2.4.	Créer un graphique avec le langage « Python » (non documenté dans ce manuel).....	99
7.9.3.	Calculs dans la table d'attributs.....	100
7.9.3.1.	Utiliser la calculatrice de champ de la table d'attributs	100
7.9.3.2.	Créer un nouveau champ dans la table d'attributs	102
7.9.3.3.	Calculer des aires, périmètres, longueurs d'entités spatiales	105
7.9.3.3.1.	Gestion des unités utilisées pour des mesures de surface ou de distance	106
7.9.3.3.2.	Gestion du système de coordonnées dans lequel est réalisée la mesure de surface ou de distance ..	106
7.9.3.4.	Calculer des centroïdes d'entités spatiales	108
7.10.	Edition et création de données géographiques.....	113
7.10.1.	Edition (modification) de données géographiques	113
7.10.1.1.	Contrôler l'édition.....	113
7.10.1.2.	Extensions d'édition.....	114
7.10.1.3.	Editer une couche vectorielle	115
7.10.1.4.	Options de numérisation (création, édition, accrochage,...)	116
7.10.1.5.	Options d'accrochage	117
7.10.1.6.	Editer la table d'attributs.....	118
7.10.1.7.	Sauvegarder des modifications et clôturer une session d'édition	119
7.10.2.	Créer de nouvelles données géographiques	119
7.10.2.1.	Créer un nouveau « Shapefile ».....	121
7.11.	Géoréférencement	124
7.11.1.	Introduction au géoréférencement	124
7.11.2.	Géoréférencer un fichier	124
7.11.2.1.	Préparation du projet de géoréférencement	124
7.11.2.1.1.	Définition du système de coordonnées du projet QGIS.....	124

7.11.2.1.2.	Choix de la référence par rapport à laquelle le géoréférencement se fera.....	125
7.11.2.2.	Etapes du géoréférencement	126
7.11.2.2.1.	Ouvrir le géoréférencement	126
7.11.2.2.2.	Ouvrir le fichier à géoréférencer	127
7.11.2.2.3.	Créer des points de contrôle ou points de calage..	127
7.11.2.2.4.	Configurer la transformation	129
7.11.2.2.5.	Evaluer la cohérence des points de calage	130
7.11.2.2.6.	Appliquer le géoréférencement.....	131
7.11.2.2.7.	Vérifier le résultat du géoréférencement	131
7.11.3.	Plus d'information sur le géoréférencement	132
7.12.	Utiliser des outils de traitement.....	136
7.12.1.	Documentation sur les outils de traitement	136
7.12.2.	Accéder aux outils de traitement	136
7.12.2.1.	Outils de traitement faisant partie intégrante de QGIS	136
7.12.2.2.	Outils de traitement provenant de fournisseurs de traitements	138
7.12.3.	Présentation brève de certains fournisseurs de traitements.....	140
7.12.3.1.	« GDAL ».....	140
7.12.3.2.	« GRASS ».....	140
7.12.3.3.	« SAGA ».....	141
7.12.3.4.	« R scripts ».....	141
7.12.3.5.	« Orfeo ToolBox »	141
7.12.3.6.	« Scripts » (Python) (non utilisé dans ce manuel)	142
7.12.4.	Installer et configurer des outils de traitements non-installés par défaut.....	143
7.12.4.1.	Installation et configuration de « R » dans QGIS.....	143
7.12.4.2.	Installation et configuration de « OTB » dans QGIS (non utilisé dans ce manuel).....	145
7.12.5.	Activer des outils de traitements déjà installés.....	145
7.12.6.	Exemples d'utilisation d'outils de traitement classiques	147
7.12.6.1.	Créer une « Zone Tampon » (En : « Buffer »)	147
7.12.6.2.	Intersecter 2 couches de données géographiques : outil « Intersection » (En : « Intersect »).....	151
7.12.7.	Modeleur graphique de traitements (non utilisé dans ce manuel) ...	154
7.12.8.	Utiliser des lignes de commandes (En : « command line ») et des « Scripts » (non utilisé dans ce manuel)	155
7.12.8.1.	QGIS et Python.....	155
7.12.8.2.	Autres possibilités.....	155
7.12.9.	Traitement par lot : traitement itératif (En : « Batch processing »)...	155
7.13.	Travailler avec des « raster »	163
7.13.1.	Symbologie d'un raster	163
7.13.2.	Interpolation spatiale.....	168

7.13.3.	Créer un raster de pentes (mais aussi d'exposition, d'ombrage, de relief et d'index de rugosité) à partir d'un MNT.....	171
7.13.4.	Reclassifier les valeurs d'un raster.....	173
7.13.5.	« Calculatrice Raster » (En : « Raster Calculator »)	176
7.14.	Analyse hydrologique	181
7.14.1.	Délimiter un bassin versant et actions connexes	181
7.14.2.	Représentation 3D du relief naturel	190
	7.14.2.1. Utilisation de l'outil « Nouvelle Vue Cartographique 3D ».....	190
	7.14.2.2. Utilisation de l'extension « QGIS2threejs »	190
7.15.	Enregistrement d'un projet QGIS : « chemin relatif » ou « chemin absolu » ?	192
7.15.1.	Exemple.....	193
7.15.2.	Définitions.....	194
7.15.3.	Choix du type d'enregistrement (« absolu » ou « relatif ») de votre projet QGIS.....	194
7.15.4.	Exercice	194
7.16.	Edition cartographique (réalisation de cartes).....	200
7.16.1.	Éléments pouvant apparaître sur une carte	200
7.16.2.	Interface de mise en page	200
7.16.3.	Mode de mise en page « Portrait » ou « Paysage » et mises en page prédéfinies	201
7.16.4.	Symbologie des données	201
	7.16.4.1. Symbologie d'un fichier vectoriel (point, ligne, polygone).....	202
	7.16.4.2. Symbologie d'un fichier matriciel	204
7.16.5.	Diagrammes (camembert, histogramme, texte)	204
7.16.6.	Étiqueter les données (Fr « étiquette », En : « labels »)	205
7.16.7.	Insérer la position des éléments géographiques sur la carte.....	205
7.16.8.	Se déplacer sur « l'objet carte papier »	206
7.16.9.	Ajuster la zone géographique à cartographier et choisir l'échelle.....	206
7.16.10.	Insérer des objets cartographiques	206
	7.16.10.1. Insérer la légende	207
	7.16.10.2. Insérer une échelle	207
	7.16.10.3. Insérer la flèche indiquant le Nord	208
	7.16.10.4. Insérer un titre, l'auteur, la date de création de la carte, les sources des données et le système de coordonnées	209
7.16.11.	Insérer une grille (ou graticule) et un cadre de géo-référencement..	209
7.16.12.	Masquer automatiquement les zones de non intérêt.....	210
7.16.13.	Utiliser des cartes multiples / encarts cartographiques.....	211
7.16.14.	Modifier la symbologie dans des cartes multiples	212
7.16.15.	Exporter une carte	213
7.16.16.	Réaliser une webmap (cartes interactives pour le web)	213
	7.16.16.1. « Qgis2web »	213
	7.16.16.2. « QGIS Cloud Plugin »	213

7.16.16.3. « Qgis2threejs »	213
Remerciements	214
Liste des figures	215
Liste des annexes	219
Annexe 1 - Les 11 commandements pour utiliser correctement QGIS	220
Annexe 2 - Outils fréquemment utilisés dans QGIS.....	222
Annexe 3 - Exemple de carte d'occupation du sol.....	223
Annexe 4 - Fiche technique pour l'importation de points XY (GPS par exemple) dans QGIS à partir d'un GPS ou d'un tableur.....	224
Annexe 5 - Descriptions et sources des données utilisées dans ce manuel.....	226
Annexe 6 - Sites internet SIG intéressants.....	228
Annexe 7 - Conseils pour mener à bien une campagne de terrain avec utilisation de GPS	230

Liste des contextualisations

Contextualisation 1 : Au secours d'un étudiant géographe ! Découverte, navigation et gestion de l'interface d'un projet QGIS !	15
Contextualisation 2 : Inondation au Pakistan suite à une mousson extrêmement importante	31
Contextualisation 3 : Aide à la gestion de l'eau en milieu rural dans le centre-est du Mali	72
Contextualisation 4 : SIG participatif aux Philippines	111
Contextualisation 5 : Etude de l'évolution spatiale des zones écologiques du Guatemala.....	123
Contextualisation 6 : Evaluation du nombre de personnes potentiellement impactées par une catastrophe nucléaire en Inde.....	135
Contextualisation 7 : Evaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain en cas de déforestation d'un territoire de forêt brésilienne.....	161
Contextualisation 8 : Contrat de rivière en Haïti et Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE).....	179
Contextualisation 9 : Orpaillage artisanal en République Démocratique du Congo et pollution des rivières	198

Liste des notes

Note 1 : Question d'échelles !.....	24
Note 2 : A propos des systèmes de coordonnées.....	38
Note 3 : De la gestion des systèmes de coordonnées des fichiers (1/5)	39
Note 4 : A propos de l'« encodage » des données vectorielles.....	45
Note 5 : A propos des formats des couches vectorielles.....	45
Note 6 : Une couche dans QGIS = un lien qui pointe vers une donnée source !.....	61

Notes de version

Janvier 2016	❖ Manuel adapté à QGIS 2.12
Décembre 2019	<ul style="list-style-type: none">❖ Manuel entièrement revu sur base de la version 3.10.0 de QGIS❖ « Objectifs pédagogiques » et « Temps approximatif » sont indiqués pour chaque contextualisation❖ Ajout de nombreuses illustrations : représentation schématique de l'ensemble des opérations à effectuer par contextualisation (« Schéma des opérations »), aperçu des résultats à obtenir, fenêtres des outils utilisés avec paramétrisation, etc❖ Noms des données spécifiquement créées pour ce manuel en français (précédemment en anglais)❖ Ajout de quelques nouvelles fonctionnalités
Mars 2020	<p>Petites améliorations :</p> <ul style="list-style-type: none">• Contextualisation 2 : mise en avant de l'importance de définir le SCR d'un projet QGIS• Contextualisation 3 : ajout d'une illustration du principe de « jointure spatiale » ou « jointure par localisation »• Contextualisation 7 : ajout d'une étape d'exportation afin de pallier à un bug de GRASS et amélioration des instructions pour l'utilisation de la calculatrice raster pour éviter un bug potentiel• Autres petites améliorations

Liste des abréviations

CRS	Coordinate Reference System
DD	Degrés Décimaux (En: Decimal Degrees)
DEM, DTM	Digital Elevation Model, Digital Terrain Model (= MNT)
DMS	Degrés Minutes Secondes (En : Degrees Minutes Seconds)
En	English (traduction anglaise de certains mots français dans ce manuel)
FOSS4G	Free and Open Source Software for Geospatial
Fr	Français (mot en version française dans ce manuel lorsque la version anglaise est également présentée)
GCS	Geographic Coordinate System
GIS	Geographic Information System (= SIG)
MNT, MNA, MNE	Modèle Numérique de Terrain /d'Altitude / d'Élévation
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OGC	Open Geospatial Consortium
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
OWS	OGC Web Service
OSM	Open Street Map
PCS	Projected Coordinate system
SCG (En: GCS)	Système de Coordonnées Géographiques
SCP (En: PCS)	Système de Coordonnées Projetées
SIG	Système d'Information Géographique
ULg	Université de Liège
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS / WMTS	Web Map Service / Web Map Tile Service

1. Introduction

1.1. Objectifs de ce manuel

Les **objectifs** de ce manuel sont de :

1. Vous donner une **vision globale et technique de ce qu'est un SIG et de son utilité**
2. Vous **initier à la manipulation et au traitement de données géographiques** à l'aide du logiciel SIG gratuit de référence « **QGIS** ». En particulier, à la fin de ce TP, vous serez capables, via QGIS, de :
 - **Visualiser et consulter** des données géographiques en 2D et en 3D
 - **Accéder** à des données géographiques disponibles **sur le net**
 - **Organiser et gérer** des données géographiques
 - **Modifier** des données géographiques existantes (édition) et en **créer** de nouvelles
 - **Analyser** des données géographiques (interroger des données, mettre en relation différentes informations spatiales, calculer des statistiques, etc)
 - Réaliser une **modélisation** simple sur base de données raster (image) (modèle multi-couches)
 - **Géoréférencer** des données raster
 - Réaliser une **analyse hydrologique** simple (délimitation de bassins versants,...)
 - Réaliser une **mise en page cartographique** (symbologie, utilisation des éléments propres aux cartes (graticule, légende, flèche du Nord, etc))

1.2. Contenu de ce manuel et temps nécessaire

Ce manuel commence par :

- Une brève **introduction générale aux SIG** : le concept de SIG, les formats et l'organisation des données en SIG
- Une **présentation de QGIS** : principales caractéristiques, organisation générale
- Une présentation du **site web** de QGIS
- Quelques indications pour **télécharger et installer** QGIS
- Quelques indications pour trouver **aide et documentation** sur QGIS

Ensuite la très grande partie de ce manuel est consacrée à la manipulation de données géographiques selon un niveau croissant de complexité. La découverte progressive de QGIS se fait la plupart du temps via des exercices s'articulant autour de mises en contexte donnant sens aux manipulations des données. Ces « **Contextualisations** » s'articulent autour des thématiques des « **Pays du Sud** » et de la « **gestion de l'environnement** » avec un accent pour la « **gestion des risques naturels** ». Elles apparaissent *en italiques sur fond coloré dans le texte, de même que les indications faisant référence à des données propre à ce manuel (nom de fichiers, de répertoires, etc)*. Elles commencent par une mise en contexte en lien avec une problématique « géographico-environnementale » réelle et présentent ensuite les consignes précises pour résoudre le problème posé, consignes faisant référence aux sections

de ce manuel contenant la description des outils/fonctions à utiliser. Des « **Schémas des opérations** » présentant schématiquement l'organisation et la chronologie des opérations techniques à réaliser pour mener à bien une contextualisation accompagnent les contextualisations les plus complexes. Les contextualisations présentent également :

- La **localisation des données et du projet QGIS à utiliser**, sous la forme d'un encadré sur fond orange,
 - Les **objectifs pédagogiques**, sous la forme d'un encadré sur fond bleu,
 - Le **temps approximatif** nécessaire à la réalisation de la contextualisation, sous la forme d'un encadré sur fond mauve, et exprimé de 2 manières :
 - Découverte en autonomie : ~ 15h à 20h pour l'ensemble du manuel
 - Manipulations techniques uniquement, par un expert : ~ 5h pour l'ensemble du manuel
- ! Attention ! Ce temps n'a pas été mesuré, mais seulement estimé, peut-être de manière trop optimiste !

Ces contextualisations, de même que certaines données utilisées, sont fictives et souvent simplificatrices de la réalité.

Quelques « **Notes** » (encadrées) et « **Remarques** » ponctuent les exercices, les reliant parfois à des notions plus théoriques.

Enfin, les quelques « **Annexes** » constituent un bon complément aux exercices, avec notamment « **Les 11 commandements** » à respecter pour utiliser correctement QGIS!

1.3. Accès aux données utilisées dans ce manuel

Ce manuel et les données nécessaires pour faire les exercices qui y sont présentés sont disponibles **gratuitement** à l'adresse web <http://hdl.handle.net/2268/190559>.

La taille totale des données à télécharger est d'environ **262 Mo**. En fonction de la qualité de votre connexion internet, vous choisirez de télécharger les données via l'une des 2 méthodes ci-dessous:

1. Si votre connexion internet est de bonne qualité :

- Téléchargez directement le dossier « Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE.zip » qui contient l'ensemble des données. Ensuite, décompressez le dossier « Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE.zip » vers un dossier que vous appellerez « Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE ».

2. Si votre connexion internet n'est pas de bonne qualité :

- Téléchargez séparément les 10 dossiers contenant les données, numérotés de 1 à 10. Une fois les 10 dossiers téléchargés, décompressez-les et mettez-les dans un dossier que vous appellerez « Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\ ».

1.4. Organisation des données utilisées sur votre ordinateur

Une fois téléchargé et décompressé, placez ensuite le dossier « Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE » dans le **répertoire de votre choix sur votre ordinateur mais en faisant ATTENTION** à ce que ce **nom de répertoire**:



- ne soit **pas trop long**
- ne contienne **pas de caractère avec accent (é, è, à,...) ou caractère spécial (-, ;, (), ...)** (sont autorisées uniquement les chiffres de 0 à 9, lettres de a à z sans accent, le caractère « underscore » (_) et les espaces)

car cela pourrait empêcher le bon fonctionnement de certains outils de QGIS et provoquer un « bug ». Attention, si vous placez le dossier sur le **bureau de l'ordinateur**, le « **nom d'utilisateur** » de la session que vous utilisez ne doit pas contenir d'accent ou de caractère spécial car le répertoire correspondant au « bureau » (= « Desktop » en anglais) reprend ce « nom d'utilisateur » (exemple du nom de répertoire d'un nouveau dossier créé sur le bureau de l'ordinateur (sous Windows en anglais): « C:\Users\Administrator\Desktop\New folder » où « Administrator » est le « nom d'utilisateur »). (Ces recommandations sont rappelées dans le « commandement N° 1 » en Annexe 1, page 220.)

Si vous placez le dossier à **la racine d'un disque dur de votre ordinateur** (par exemple sur le disque « D »), vous devriez obtenir une organisation de vos dossiers comme illustré dans la Figure 1 ci-dessous.

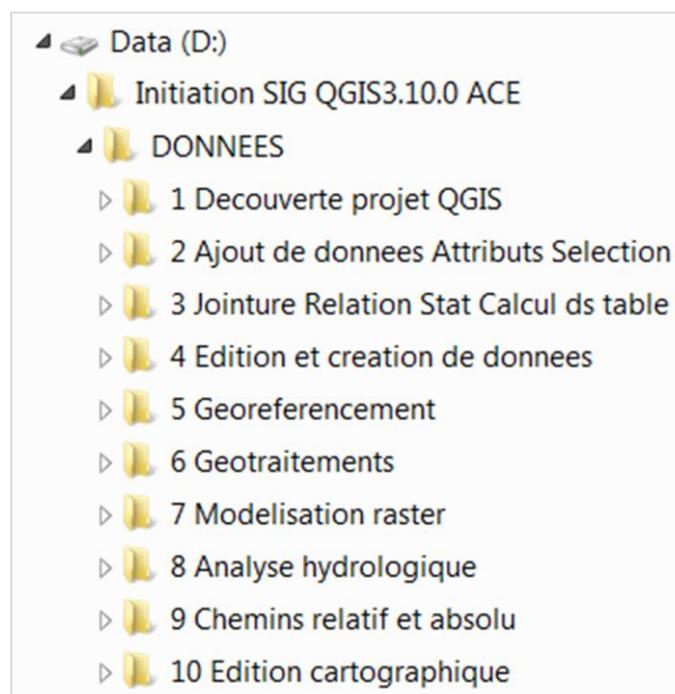


Figure 1 : Organisation du dossier « Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE » contenant les données liées à ce manuel

2. Introduction aux Systèmes d'Information Géographique - SIG

2.1. Qu'est-ce qu'un Système d'Information Géographique - SIG ?

Les SIG sont une **technologie de l'information** très performante spécialement adaptée aux **données géographiques**. Les SIG présentent **3 grands volets** (Figure 2) :

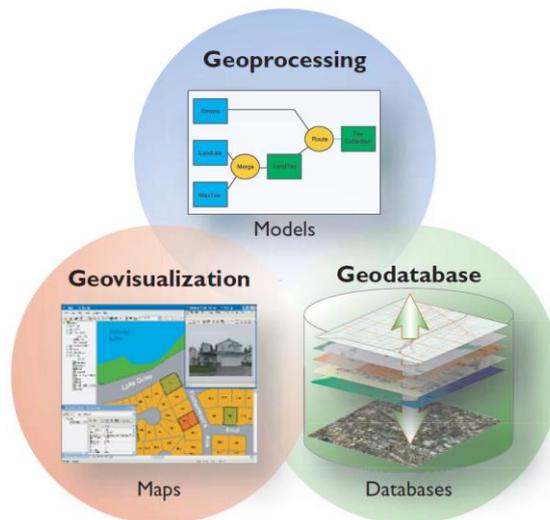


Figure 2 : Les 3 éléments constituant le noyau d'un SIG complet (Source de l'illustration : The three views of GIS, ArcGIS 9 - What is ArcGIS ?, ESRI)

- **Le volet géodatabase** : un SIG permet d'organiser et gérer une base de données spatiales, c'est-à-dire une base de données contenant des jeux de données qui représentent des informations géographiques.
- **Le volet géovisualisation** : un SIG permet de visualiser des données géographiques, en 2D ou en 3D, avec possibilité d'animation temporelle (4D), de modifier la symbologie des données (couleurs, symboles, etc) et de réaliser des cartes statiques (cartes classiques) ou dynamiques (webmaps interactives).
- **Le volet géotraitement (En : geoprocessing)**: un SIG permet d'appliquer de très nombreux traitements sur des données géographiques via des « outils de traitements » ou « outils de géo-traitements ». Ceux-ci permettent soit de modifier des données existantes, soit de faire interagir différentes données existantes les unes avec les autres pour produire de nouvelles données.

En outre, les SIG permettent de facilement intégrer des connaissances provenant de **sources multiples** (images satellites, données statistiques, relevés de terrain, etc) et peuvent être utilisés comme une interface de collaboration **interdisciplinaire** (aménagement du territoire, surveillance de l'environnement, études statistiques, tourisme, économie, gestion des risques naturels, etc).

2.2. Les 2 grands types de données géographiques : Matriciel vs Vectoriel

Il existe 2 grands types de données géographiques dans les SIG : les « **Matrices** » et les « **Vecteurs** » (Figure 3).

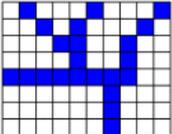
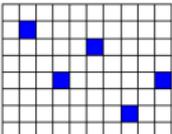
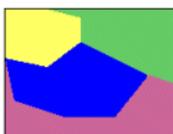
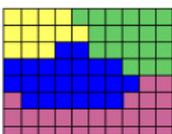
Vecteur	Matrice ou Raster	Exemple dans la réalité
		Données linéaires : cours d'eau, routes,...
		Données ponctuelles : arbres, stations météo, points GPS,...
		Données polygonales : limites administratives (frontières de pays, limites de communes, etc.), parcs naturels, lacs,...

Figure 3 : Types de données géographiques : Vecteur versus Matrice (Raster)

- Les « **Matrices** »

Les « **Matrices** », plus souvent appelées « **Raster** », correspondent à des « **grilles composées de cellules** », ou autrement dit, à des « **images composées de pixels** ». Chaque cellule contient une valeur qui, souvent, représente un phénomène géographique, par exemple, l'altitude ou l'occupation du sol. Ce peut être par exemple : une carte scannée, une photographie aérienne, une image satellite, une photo numérique, un MNT (Modèle Numérique de Terrain)...

- Les « **Vecteurs** »

Les « **vecteurs** » sont composés de **points, lignes ou polygones**.

Les formats de fichiers vectoriels les plus courants en SIG sont les formats « **shapefile** » (« fichier de formes » en traduction littérale) et « **GeoPackage** » (plus récemment). L'appellation « shapefile » est souvent utilisée comme synonyme de « fichier vectoriel ».

2.3. Données géographiques et tables associées

Les SIG permettent d'associer / intégrer facilement des **données de type spatial** avec des **données de type « tabulaire »** (ou « attributaire ») (Figure 4). A chaque entité spatiale correspond une / des information(s) attributaires organisées dans une « table ».

La Figure 4 représente quelques pays d'Amérique Centrale, repris sous la forme d'**entités spatiales** de type « polygone », auxquels est associée toute une série d'informations organisées dans une table appelée « **table d'attributs** ». 1 ligne ou « **enregistrement** » (En : « record ») contient toute l'information concernant 1 pays. 1 colonne ou 1 « **champ** » (En : « field ») correspond à 1 type d'information, par exemple, le nom du pays, sa superficie, sa démographie, etc.

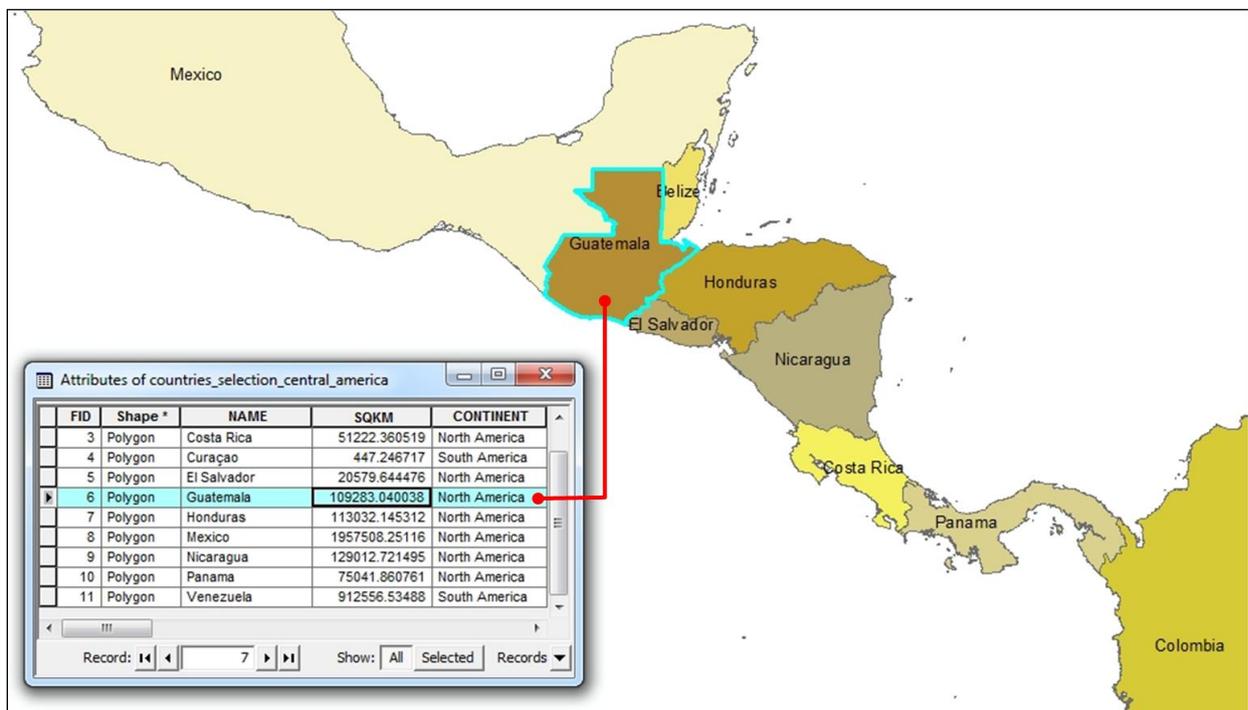


Figure 4 : Donnée géographique et table associée

3. Présentation de QGIS

QGIS est un **logiciel de type « Système d'Information Géographique »** (SIG).

Le voici présenté de manière synthétique :

- Logiciel **Open Source**, c'est-à-dire :
 - Gratuit
 - Libre
 - Distribué sous la licence GNU GPL (General Public License). Ceci signifie que vous pouvez étudier et modifier le code source, tout en ayant la garantie d'avoir accès à un programme SIG non onéreux et librement modifiable.
- **Alternative** au logiciel SIG payant de référence « **ArcGIS** » (<https://www.esri.com/fr-fr/home>) de la firme ESRI
- **Multi plate-formes** : compatible avec les systèmes d'exploitation Linux, Mac OS X, Android et Windows
- Avec une communauté d'assistance internationale d'utilisateurs, de développeurs et de supporters enthousiastes
- QGIS est l'un des projets officiels de la « Fondation Open Source Geospatial » (En : « **The Open Source Geospatial Foundation** ») (« **OSGeo** »)
 - Site web: <http://www.osgeo.org/>
 - OSGeo est une association sans but lucratif créée le 27 février 2006 au Delaware (USA)
 - OSGeo a pour mission principale d'aider au développement et à la promotion des logiciels libres spatiaux tout en améliorant la collaboration entre les différents projets existants



- Développement rapide depuis 2002
- **Intégrateur d'autres logiciels SIG Libre / Open Source** de référence (qui seront appelés dans ce manuel les « Fournisseurs de traitements » : GRASS, GDAL, SAGA, R scripts, Scripts Python, Orfeo ToolBox (OTB),...)
- **Simple** à utiliser
- Présentant de **nombreuses fonctionnalités** (Figure 5) :
 - **Gestion des formats** raster (matrice, image) et vecteur (point, ligne, polygone) des données spatiales
 - **Visualisation** des données
 - **Cartographie** : 2D, 3D, webmap
 - **Traitements** :
 - Traitements propres à QGIS

- Traitements intégrés à partir d'autres logiciels SIG Libre / Open Source de référence (les « fournisseurs de traitements » : GRASS, SAGA, GDAL, etc)
- Compatibilité avec :
 - Différents **serveurs internet** de données (OWS, WCS, WFS, WM(T)S, OpenLayers,...)
 - Différentes types de **base de données** à caractère spatiale (PostGIS (PostgreSQL), Spatialite, Oracle Spatial, MSSQL)
- **Nombreuses extensions** (En : plugins) qui permettent de nombreuses fonctionnalités

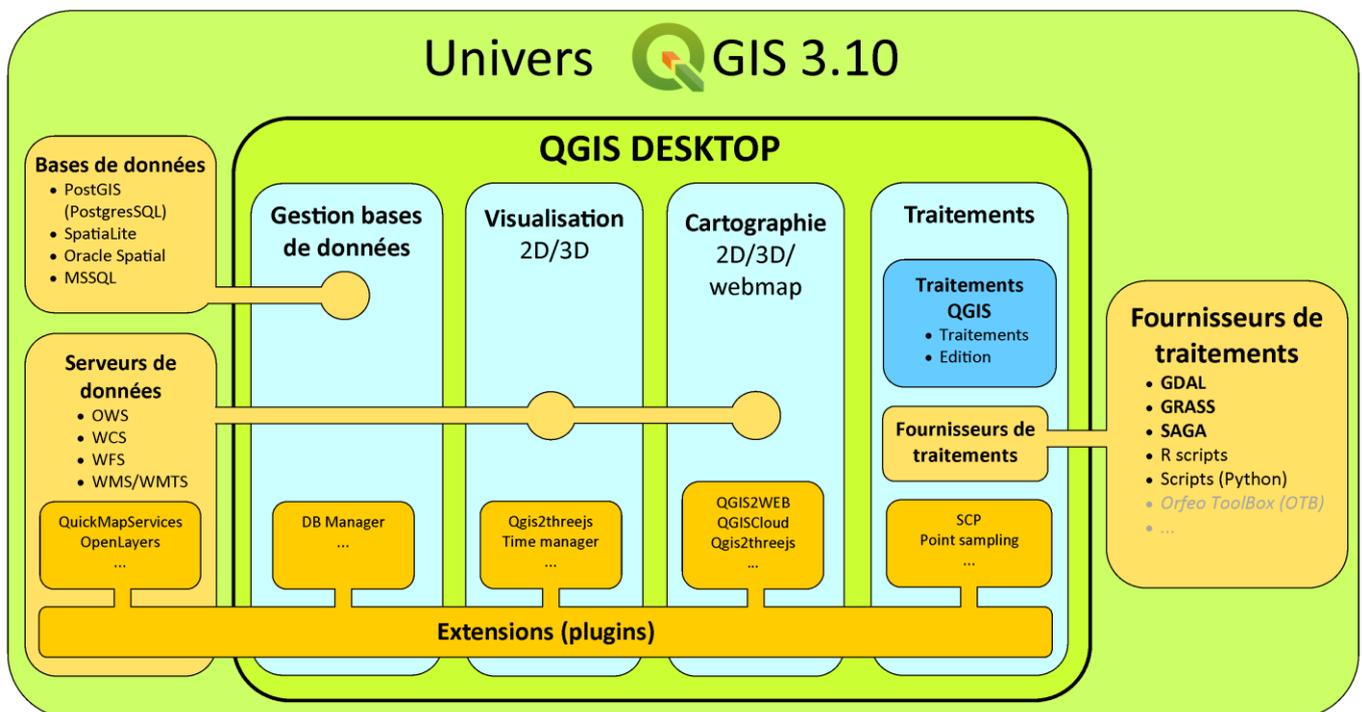


Figure 5 : Présentation et organisation globale des principaux constituants et fonctionnalités de QGIS3 (schéma non validé)

4. Site WEB de QGIS

Le **site web** de QGIS (Figure 6) est <http://www.qgis.org/fr/site/> et est disponible dans plusieurs langues dont le français.



Figure 6 : Page d'accueil du site web de QGIS (décembre 2019)

5. Télécharger et installer QGIS

5.1. Télécharger QGIS

QGIS peut être **téléchargé** à partir de l'adresse web suivante :

- <http://www.qgis.org/fr/site/forusers/download.html>

Une fois à cette adresse vous devrez **choisir le produit à télécharger** en fonction des éléments suivants :

- Le **système d'exploitation** de votre ordinateur
 - Choisir parmi un des systèmes d'exploitation disponibles : Windows 32 ou 64 bits, Mac OS X, Linux, BSD, Android
- Le **type d'installateur**
 - **Un « installateur indépendant /autonome» : conseillé. Installation facile.**
 - L'« installateur réseau OsGeo4W » : déconseillé. Pour les utilisateurs experts. Donne une liberté de choix des composantes à installer.
- La **version du logiciel**
 - La dernière version
 - Contient les dernières mises à jour
 - Peut présenter certains bugs
 - La version maintenue à long terme (LTR)
 - Stable, pas/peu de bugs
 - Ne contient pas les dernières mises à jour

C'est la version 3.10.0 de QGIS (dernière version disponible en décembre 2019) avec installateur indépendant pour Windows qui a été utilisée pour la rédaction de ce manuel.

5.2. Installer QGIS

Après téléchargement de l'installateur, lancez l'installation : pour ce faire, à titre d'exemple, dans le cas de l'installateur indépendant QGIS 3.10.0 pour Windows 64 bit, double-cliquez-gauche sur le fichier d'installation téléchargé « **QGIS-OSGeo4W-3.10.0-2-Setup-x86_64.exe** » et exécutez la procédure d'installation jusqu'à la fin en suivant les indications apparaissant à l'écran. Après installation une **série d'applications** relatives à QGIS sont disponibles, sous la forme d'icônes (Figure 7) :

- Sur le bureau de l'ordinateur (raccourcis) et
- Dans le menu « Tous les programmes > QGIS3.10.0 >... »

Icône	Nom	Explication	Référence dans ce manuel
	QGIS Desktop 3.10.0	L'application principale de QGIS → Pour une utilisation basique de QGIS, cette interface est suffisante Rem : les outils de traitements dépendants de « GRASS » ne fonctionnent pas	Sections 7.1 à 7.16, pages 15 à 200
	QGIS Desktop 3.10.0 with GRASS 7.6.1	Idem mais avec les outils de traitements « GRASS » qui fonctionnent. → Utilisez cette interface si vous avez besoin d'outils de traitement dépendants de GRASS	Sections 7.13 et 7.14 pages 163 et 181
	Qt Designer with QGIS 3.10.0 custom widgets	Application permettant la création d'interfaces graphiques (formulaire, etc) pour les applications QT. QT est une bibliothèque logicielle C++ pour le développement d'applications multiplateformes. → Pour les développeurs uniquement	/
	GRASS GIS 7.6.1	2 des « Fournisseurs de traitements » intégrés à QGIS. Ils peuvent être utilisés à travers l'interface de QGIS Desktop ou de manière indépendante.	Présentés à la section 7.12.3 page 140
	SAGA GIS (2.3.2)		
	OSGeo4W Shell	OSGeo4W Shell est la fenêtre de commande qui permet de lancer les applications en ligne de commandes d'OSGeo4W. OSGeo4W est une distribution de binaires (logiciels directement utilisable sans qu'une décompression ou une compilation soit nécessaire) d'un grand nombre de logiciels open source geospatial pour les environnements Win32 (Windows XP, Vista, etc).	/

Figure 7 : Présentation et description des applications s'installant sur l'ordinateur lors de l'installation de QGIS

Installation supplémentaire pour certaines applications

Certaines « Fournisseurs de traitements » de QGIS (R, Orfeo ToolBox,...) nécessitent une installation et une configuration supplémentaires et indépendantes. Référez-vous, pour quelques directives à ce propos, aux sections :

- 7.12.3 Présentation brève de certains fournisseurs de traitements, page 140
- 7.12.4 Installer et configurer des outils de traitements non-installés par défaut, page 143

6. Aide et documentation sur QGIS

La documentation officielle QGIS existe mais peut parfois se révéler incomplète. L'utilisateur devra dès lors se rediriger vers les très nombreuses sources de documentation disponibles sur le net.

6.1. Documentation QGIS officielle

La documentation QGIS officielle est disponible sous diverses formes. La documentation originelle est en anglais mais est en partie disponible dans d'autres langues dont le français.

6.1.1. Documentation QGIS générale

La porte d'entrée pour accéder à toute la documentation officielle QGIS est :

- <https://www.qgis.org/fr/docs/index.html#>
- Où vous trouverez notamment :
 - Le « [Manuel d'utilisation](#) » (En : « [User guide](#) ») (en ligne et en PDF téléchargeable), aussi accessible via le bouton « Table des matières de l'Aide »  dans l'interface de QGIS.
 - Le « [Manuel d'exercices](#) » (En : « [Training manual](#) ») (en ligne et en PDF téléchargeable)
 - « [Une rapide introduction aux SIG](#) »

6.1.2. Documentation officielle (sur le net) de quelques fournisseurs de traitements intégrées ou accessibles depuis QGIS

La documentation officielle des fournisseurs de traitements :

GDAL	http://www.gdal.org/
SAGA	http://www.saga-gis.org/
GRASS	https://grass.osgeo.org/
Rscript	https://www.r-project.org/
Orfeo ToolBox (OTB)	https://www.orfeo-toolbox.org/

De l'aide pour ces fournisseurs de traitements est également disponible :

- Dans les boîtes à outils de ces applications
- Dans la documentation QGIS

6.1.3. Documentation accessible via l'interface de QGIS

L'aide accessible via l'interface de QGIS est disponible via:

- Les **rubriques d'aide de ces outils**
 - Lors de l'utilisation d'un outil dans QGIS, un menu ou un onglet d'aide (En : « Help ») est parfois disponible et renseigne sur le paramétrage de l'outil, son objectif, son fonctionnement, etc.
- Le menu « **Aide** » de l'interface de QGIS
- Le bouton « **Qu'est-ce que c'est ?** »  qui donne une indication brève sur certaines parties/menus/outils de l'interface de QGIS lorsqu'ils sont cliqués avec cet outil.

6.2. Documentation QGIS non officielle

Une série de ressources documentaires non officielles sur QGIS sont disponibles sur le net.

6.2.1. Recherche via Google

Lors d'une recherche d'information sur QGIS, le plus simple et le plus rapide est souvent de :

- Utiliser Google et de faire une recherche classique par mots-clefs en utilisant, entre autre, le mot-clef « QGIS ».

Cette recherche vous redirigera fort probablement vers quelques sites de référence pour l'aide sur QGIS, sites qui peuvent être consultés également directement et qui sont repris dans les sections suivantes.

6.2.2. Les forums : questions et réponses sur QGIS

Voici 2 forums SIG très utilisés :

- « **GIS StackExchange** » : probablement le meilleur forum sur les SIG, dont QGIS, pour des questions techniques :
 - <http://gis.stackexchange.com/> (En)
- « **GeoRezo** », le portail francophone de la géomatique, et en particulier sa page de forum sur QGIS :
 - <http://georezo.net/forum/viewforum.php?id=55> (Fr)

6.2.3. Quelques bons tutoriaux sur le net

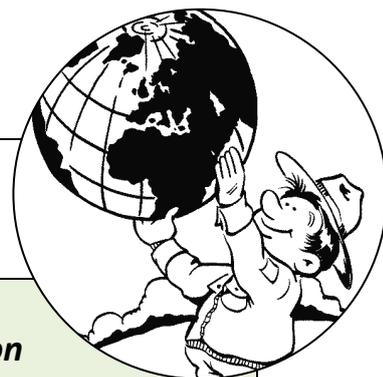
Voici une liste des meilleurs tutoriaux QGIS trouvé sur le net après une brève recherche :

- Initiation à QGIS (par adess) <http://www.adess.cnrs.fr/tutoggis/> (Fr, site web + PDF)
- Tutoriaux QGIS (par Ujaval Gandhi) <http://www.qgistutorials.com/fr/> (Fr, En, ..., site web + PDF)
- Initiation à QGIS (par Sigea) <https://sigea.educagri.fr/tutoriels-de-logiciels-sig/qgis/> (Fr, PDF, web)
- Liste de manuels QGIS sur le site de QGIS : <https://www.qgis.org/fr/site/forusers/trainingmaterial/index.html>
- Prise en main et perfectionnement à QGIS, par l'espace interministériel français de l'information géographique : <http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/qgis-supports-pedagogiques-r947.html> (Fr, PDF, HTML)
- Diverses informations sur QGIS, par l'espace interministériel français de l'information géographique : <http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/qgis-r625.html> (Fr)
- Débuter avec Quantum GIS 2.8 (par Fabien Potiez) disponible [ici](#) (Fr, PDF)
- Initiation à QGIS sur les thématiques des « Pays du Sud » et de la « gestion de l'environnement » avec un accent sur la « gestion des risques naturels » : ce manuel : <http://hdl.handle.net/2268/190559> (Fr, PDF)

6.2.4. Vidéos sur YouTube

Vidéo des manipulations à faire dans l'interface de QGIS pour arriver à un objectif donné : à rechercher par mots-clefs dans Google ou YouTube.

7. Utiliser QGIS



7.1. Découverte et gestion d'un projet QGIS

Contextualisation 1

Au secours d'un étudiant géographe ! Découverte, navigation et gestion de l'interface d'un projet QGIS !

Un de vos camarades de classe a manqué la première leçon d'initiation à QGIS et fait appel à vous car il rencontre quelques problèmes...

Il a créé son premier projet QGIS mais une couche d'information pourtant présente dans le projet semble indisponible, une autre ne s'affiche pas de manière idéale, certaines fonctionnalités ne semblent pas directement accessibles dans QGIS, etc...

A vous de l'aider en suivant les indications reprises dans les sections 3.3.1 à 3.3.7 ci-dessous.

DONNEES & PROJET QGIS!	Les données à utiliser sont disponibles dans le dossier « ...\\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\1 Decouverte projet QGIS\ ». Projet QGIS : « Decouverte projet QGIS.qgz » situé dans ce même dossier.
-----------------------------------	--

Objectifs pédagogiques	Découverte et gestion d'un projet QGIS : ouvrir un projet QGIS préexistant, comprendre et gérer l'interface d'un projet QGIS, naviguer, explorer et visualiser des données géographiques dans QGIS, comprendre comment sont organisées des données géographiques.
-------------------------------	---

Temps approximatif	Découverte en autonomie : ~1h00 Manipulations techniques uniquement, par un expert : ~0h20
---------------------------	---

Contextualisation 1 : Au secours d'un étudiant géographe ! Découverte, navigation et gestion de l'interface d'un projet QGIS !

7.1.1. Ouvrir un projet QGIS

7.1.1.1. Ouvrir un projet QGIS préexistant

Ouvrez le projet QGIS préexistant se situant dans le répertoire « ... \Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\1 Decouverte projet QGIS\Decouverte projet QGIS.qgz » en double-cliquant dessus.

A l'ouverture du projet, une couche sera renseignée comme « indisponible » (Figure 8). Aidez-vous des indications ci-dessous pour la rendre disponible en indiquant le répertoire dans lequel elle se trouve réellement, répertoire qui est « ... \1 Decouverte projet QGIS\SHAPEFILE\ZONES\Zones explorees au gre des exercices de ce manuel.shp ».

Pour ouvrir un projet QGIS préexistant,

- Soit **double-cliquez** sur un fichier de projet QGIS « **nom_du_projet.qgz** »
- Soit démarrez QGIS et utilisez le menu
 - « **Projet > Ouvrir** » et naviguez vers le répertoire contenant vers le projet d'intérêt
 - « **Projet > Ouvrir un projet récent** » et sélectionnez le projet d'intérêt dans la liste

7.1.1.1.1. Problème pouvant arriver à l'ouverture d'un projet QGIS préexistant

A l'ouverture d'un projet QGIS préexistant, il se peut qu'une fenêtre intitulée « **Traiter les couches indisponibles** » (Figure 8) apparaisse. Cette fenêtre apparaîtra lorsque le projet QGIS que vous ouvrez contenait, la dernière fois qu'il a été enregistré, une ou plusieurs couches d'information qui ne sont plus accessibles par le projet QGIS actuellement. Cela est dû au fait que le(s) répertoire(s) que le projet QGIS avait enregistré(s) pour cette/ces couches n'est (ne sont) plus valable(s). Cela arrive lorsque, entre le dernier enregistrement et l'ouverture actuelle, la (les) couche(s) a (ont) été supprimée(s), renommée(s) ou a (ont) changé de répertoire, ou lorsque le fichier de projet QGIS a lui-même été placé dans un autre répertoire.

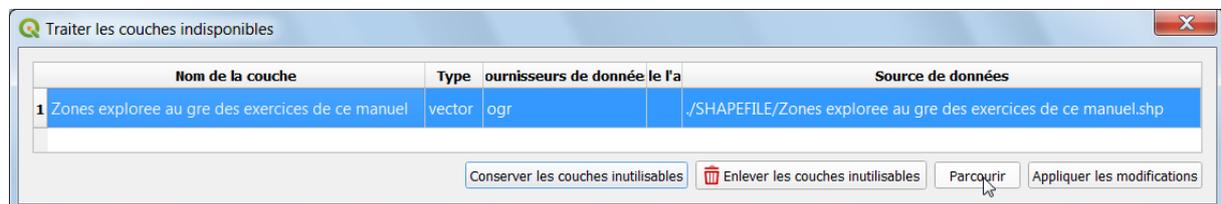


Figure 8 : Fenêtre « Traiter les couches indisponibles » apparaissant à l'ouverture d'un projet QGIS préexistant lorsque le projet QGIS ne retrouve pas automatiquement la/les couches d'information qu'il est censé contenir.

La fenêtre « **Traiter les couches indisponibles** » liste la ou les couches pour lesquelles il y a un problème et présente le répertoire que le projet QGIS avait enregistré lors du dernier enregistrement pour chaque couche. Pour résoudre ce problème, il vous suffit de :

1. Sélectionner une couche à problème dans cette fenêtre
2. Cliquer sur le bouton « Parcourir » et naviguer vers le répertoire où se trouve effectivement la couche correspondante. Ceci ne sera possible que si la couche correspondante n'a pas été supprimée et que vous savez où elle se trouve, bien entendu
3. Cliquer ensuite sur « Ouvrir », et recommencer pour toutes les couches à problème
4. Cliquer ensuite sur « Appliquer les modifications »

Si certains couches ne peuvent être retrouvées, elles seront considérées par QGIS comme « **inutilisables** » et vous aurez le choix de :

- « **Conserver** les couches inutilisables »
- « **Enlever** les couches inutilisables » (les supprimer du projet QGIS)

Le projet QGIS pourra ensuite s'ouvrir. Les couches « inutilisables » mais « conservées » dans le projet seront marquées d'un petit  dans le panneau « Couches », sur lequel vous pourrez cliquer afin de redéfinir le répertoire correct de la couche en question une fois le projet QGIS ouvert.

Pour en savoir plus sur les modalités d'enregistrement d'un projet QGIS et comment un projet QGIS retrouve les données sources qu'il doit afficher dans son interface, consultez la section 7.15 page 192.

7.1.1.2. Ouvrir/créer un nouveau projet QGIS

Pour ouvrir/créer un nouveau projet QGIS,

- Soit,
 - Cliquez sur « **Démarrer > Tous les programmes > QGIS > QGIS Desktop** »
 - Utilisez le menu « **Projet > Nouveau** »
- Soit,
 - Utilisez l'icône de raccourci vers « **QGIS Desktop** » disponible sur le bureau de l'ordinateur
 - Utilisez le menu « **Projet > Nouveau** »

7.1.2. Structure d'un projet QGIS

Vous devriez maintenant avoir en face de vous le projet QGIS repris à la Figure 9 (sans les annotations rouges).

L'« interface principale de QGIS », aussi appelée « Canevas de QGIS » s'organise de la manière suivante :

1. Un panneau latéral appelé « Couches » (En : « Layers ») reprenant une liste des fichiers présents dans le projet QGIS.
2. Une « Fenêtre de visualisation spatiale » des données activées/cochées dans le panneau « Couches ».
3. Une « Barre de menus » comprenant toute une série de fonctionnalités sous forme de menus déroulants
4. Des barres d'outils, permettant diverses opérations par l'intermédiaire de boutons dont l'« Ajout de couches » dans le projet QGIS
5. Un panneau « Explorateur » qui permet de naviguer dans les répertoires et d'explorer les données (confer section suivante)
6. La barre inférieure reprenant quelques outils et fonctionnalités dont les « Coordonnées du pointeur » dans le système de coordonnées du projet QGIS, l'« Echelle » de l'affichage actuel dans la fenêtre de visualisation et le « Système de coordonnées du projet QGIS ».

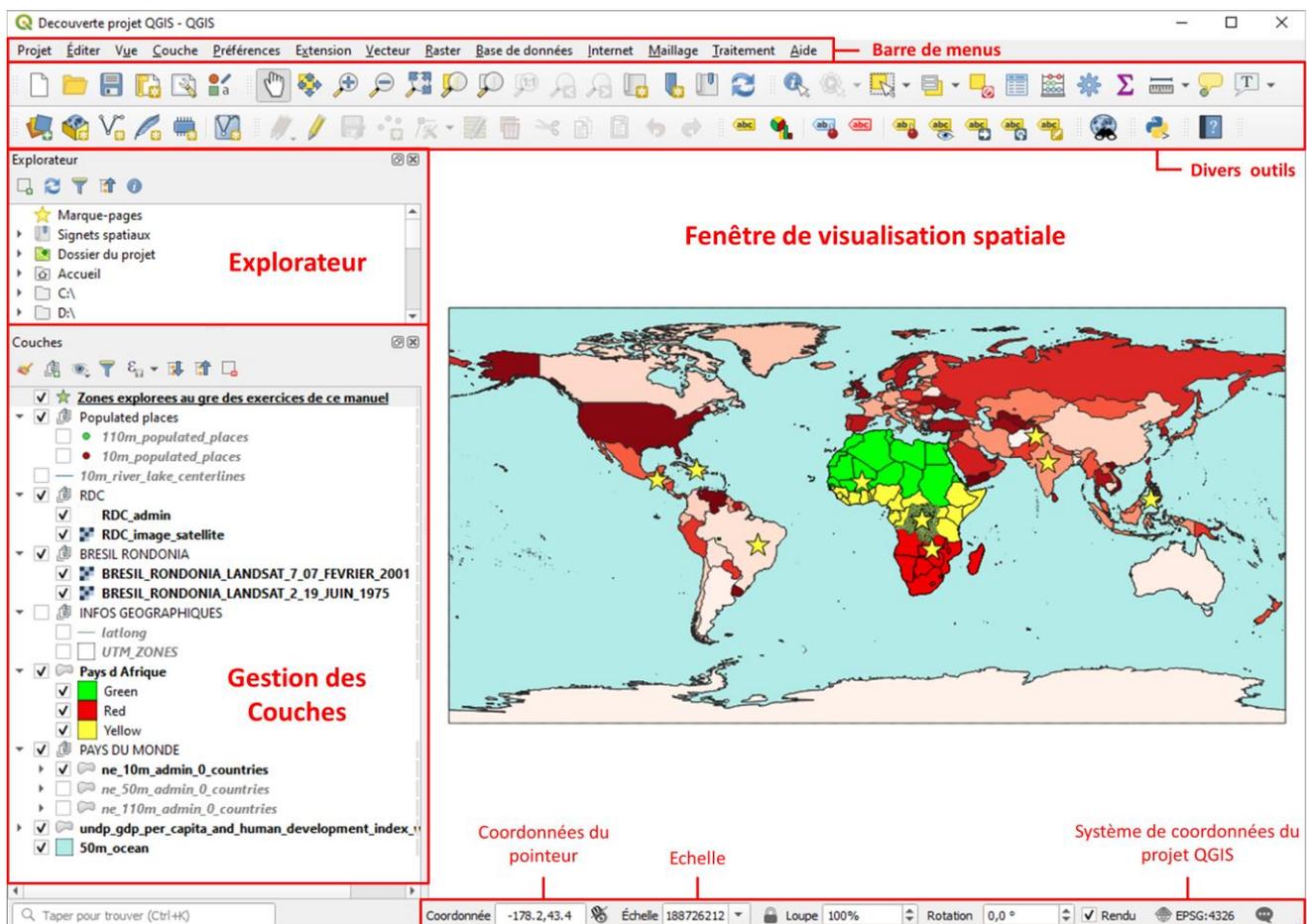


Figure 9 : Structure de l'interface d'un projet QGIS

7.1.3. Naviguer dans les données géographiques via l'« Explorateur QGIS » (En : « QGIS Browser »)

A l'aide des indications ci-dessous, **explorez** dans un premier temps le répertoire « ... \Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE \DONNEES \1 Navigateur QGIS Data Exploration \ » (Figure 10).

Le panneau latéral de gauche de l'interface de QGIS présente par défaut le **panneau « Explorateur »** (Figure 10) qui permet de naviguer dans les répertoires de votre ordinateur, sur des serveurs de données géographiques, etc.

Pour **faire apparaître le panneau « Explorateur »** si celui-ci est absent, cochez le menu « Explorateur » via le menu « **Vue > Panneaux > Explorateur** ».

L'« **Explorateur** » permet notamment de :

- Accéder facilement au « **Dossier du projet** » qui correspond au dossier contenant le projet QGIS qui est ouvert (uniquement visible si vous avez ouvert un projet QGIS qui est déjà enregistré dans un répertoire)
- **Créer un raccourci** vers un répertoire d'intérêt, via un clic droit sur celui-ci et l'utilisation du  **Marque-pages**, par exemple dans ce cas-ci vers le dossier « **Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE** » contenant les données relatives à ce manuel
- **Naviguer** parmi les fichiers
- **Gérer** (ajout, suppression, édition) **les connexions aux services web spatiaux** (WMS/WMTS, WFS, WCS, etc) via un clic droit sur le service ou type de service d'intérêt (confer la section 7.3.4 page 56)
- **Créer de nouveaux « shapefiles » ou « geopackages »** via un clic droit sur le dossier d'intérêt (confer la section 7.10 page 113)

Remarques :

- L'explorateur **présente chaque donnée géographique comme s'il s'agissait d'un fichier unique** alors que ce « fichier unique » correspond en fait souvent à plusieurs fichiers complémentaires les uns des autres, comme expliqué à la section 7.1.4 ci-dessous.
- L'explorateur identifie les données de types « **vecteur** »  et « **raster** »  par des **icônes spécifiques** (Figure 10).

Un **clic droit sur une couche d'information** permettra notamment de :

- **Supprimer** le fichier
- **D'exporter** le fichier
- **D'ajouter le fichier** dans le projet QGIS actuel
- **D'accéder aux propriétés de la couche** (Figure 10) via un panneau à onglets multiples permettant de visualiser:
 - Les « **Métadonnées** » de la couche (données décrivant les données)
 - Un « **Aperçu** » de la représentation spatiale/géographique de la couche
 - Les « **Attributs** » de la couche : la table d'attributs des données vectorielles (table associées aux entités spatiales)

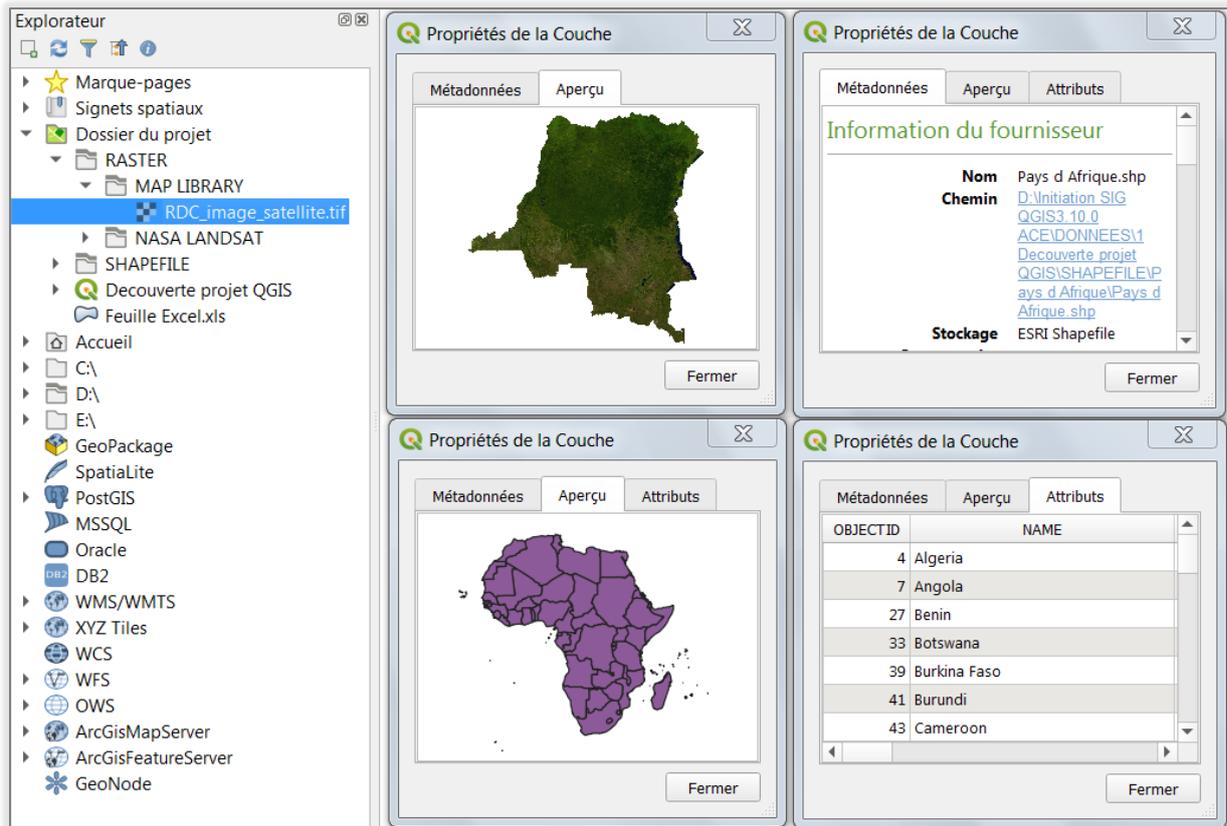


Figure 10 : Panneau « Explorateur » utilisé à partir du projet QGIS « 1 Decouverte projet QGIS.qgz » et visualisation de différentes propriétés de 2 couches d'information : « RDC_image_satellite » (raster) et « Pays d Afrique » (vecteur).

Explorez ensuite très rapidement le reste du dossier « DONNEES » pour avoir un bref aperçu des données qui seront utilisées dans ce manuel (facultatif).

7.1.4. Manipuler des fichiers de données géographiques dans QGIS

Certains fichiers de données géographiques ne sont pas de simples fichiers uniques. A **1 fichier de données géographiques** (par exemple, 1 shapefile ou 1 raster) apparaissant dans l'« Explorateur QGIS » peuvent correspondre **plusieurs fichiers**, visibles dans l'explorateur Windows. Ces fichiers sont complémentaires les uns des autres et contiennent chacun **une partie de l'information géographique** nécessaire pour une lecture correcte de « ce fichier » par QGIS (Figure 11).

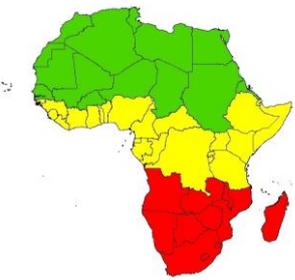
Aperçu du fichier	Extension des fichiers associés	Description des fichiers associés
« Pays d Afrique » 	Pays d Afrique. shp (pour « SHaPe »)	La géométrie, les entités géographiques
	Pays d Afrique. dbf (pour « DataBaseFile »)	Les données attributaires
	Pays d Afrique. prj OU Pays d Afrique. qpj (pour « Projection »)	Le système de coordonnées
	Pays d Afrique. qml	La symbologie
	Pays d Afrique.shx	L'index des enregistrements
	Pays d Afrique.sbn	Index spatiaux n'existant qu'après une requête ou une jointure
	Pays d Afrique.sbx	
xml	Les métadonnées (facultatif)
... .cpg	Le type d'encodage	

Figure 11 : Signification des extensions des différents fichiers complémentaires constituant un fichier de données géographiques

Pour vous en rendre compte, comparez, dans l'explorateur QGIS et dans l'explorateur de votre ordinateur (explorateur Windows par exemple via le menu « Démarrer > Ordinateur > D >... »), chacun des deux fichiers suivants :

- « ... \Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\1 Decouverte projet QGIS\SHAPEFILE\Pays d Afrique\Pays d Afrique »
- « ... \Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\1 Decouverte projet QGIS\RASTER\MAP LIBRARY\RDC_image_satellite »

ATTENTION ! Etant donné qu'« un » fichier de données géographiques est en fait souvent composé d'un ensemble de fichiers complémentaires, il est important, lorsque vous **déplacez, renommez,...** vos fichiers, de le faire **via l'« Explorateur QGIS »** qui réalisera l'opération comme s'il n'y avait qu'un seul fichier. En particulier, lorsque vous transmettez vos données à un collaborateur, faites attention à lui **transmettre** l'ensemble des fichiers concernés sans quoi il ne pourra probablement pas utiliser correctement vos données.

7.1.5. Afficher les couches (En : layers) d'information dans la fenêtre de visualisation de QGIS

Pour **afficher / ne plus afficher une couche**, il suffit de cocher / décocher la case située à gauche du nom de la couche.

- Cochez/décochez, par exemple, la case à la gauche de la couche « *10m_river_lake_centerlines* »

Remarquez la **barre d'outil**  qui permet de contrôler les couches : ajouter un groupe, contrôler la visibilité, filtrer la légende, étendre, réduire, supprimer.

La fenêtre de visualisation de QGIS affiche les données géographiques sélectionnées dans le panneau « Couches » comme une **superposition de couches** les unes sur les autres selon l'ordre vertical défini dans ce panneau « Couches » (la couche supérieure dans le panneau « Couches » sera affichée au-dessus des autres dans la fenêtre de visualisation spatiale).

Pour **modifier l'ordre des couches**, sélectionnez une couche en cliquant sur son nom et déplacez-la en-dessous ou au-dessus de son emplacement initial, par exemple :

- Cliquez sur le nom de la couche « *10m_river_lake_centerlines* » dans le panneau « Couches » et faites-la glisser en-dessous de la couche « countries ». Que constatez-vous dans la fenêtre de visualisation ? Réponse : la couche « *10m_river_lake_centerlines* » est cachée par la couche « countries » qui se trouve au-dessus.

Attention !, lors de l'addition de nouvelles données, QGIS place la nouvelle couche dans le panneau « Couches » au-dessus de la couche qui a été sélectionnée la dernière dans ce panneau.

7.1.5.1. « MapSwipe Tool » ! Une astuce pour la comparaison visuelle des données géographiques !

Dans le panneau « Couches », faites un « clic-droit sur le groupe de couches BRESIL RONDONIA > Zoomer sur le groupe ». Ceci devrait vous transporter dans l'Etat de Rondonia au Brésil pour lequel 2 images des satellites Landsat-2 et Landsat-7 mettant en évidence la déforestation qu'a subie la région entre 1975 et 2001 sont disponibles dans le projet QGIS (Figure 12). Suivez les indications ci-dessous pour comparer visuellement ces 2 images.

- L'outil « **MapSwipe Tool** » est particulièrement utile pour **comparer visuellement 2 couches d'information qui se superposent**, par exemple 2 images satellites d'une même zone acquises à 2 moments différents. Il permet d'afficher/désafficher une couche d'information à l'aide d'un simple mouvement de vas-et-viens (ou glissement) avec la souris sur la couche.
- L'outil « MapSwipe Tool » est une extension (En : plugin) qui doit être installée via le menu « **Extension > Installer / Gérer les extensions > MapSwipe Tool > Installer le plugin** » (une connexion internet est nécessaire, conférer la section 7.1.9 page 27 pour plus d'explication sur les « extensions » de QGIS).

- Une fois installée, cette extension apparait comme un nouveau bouton  dans l'interface de QGIS.
- Activez d'abord dans le panneau « Couches », la couche d'information pour laquelle vous voulez un effet de « swipe », via un simple clic sur cette couche, *dans ce cas-ci pour la couche « BRESIL_RONDONIA_LANDSAT_7_07_FEVRIER_2001.tif ».*
- Ensuite, cliquez simplement avec la souris sur la couche d'information d'intérêt dans la fenêtre de visualisation spatiale de QGIS et, en laissant votre clic enfoncé, déplacez la souris horizontalement ou verticalement afin d'activer l'effet « swipe » (Figure 12).

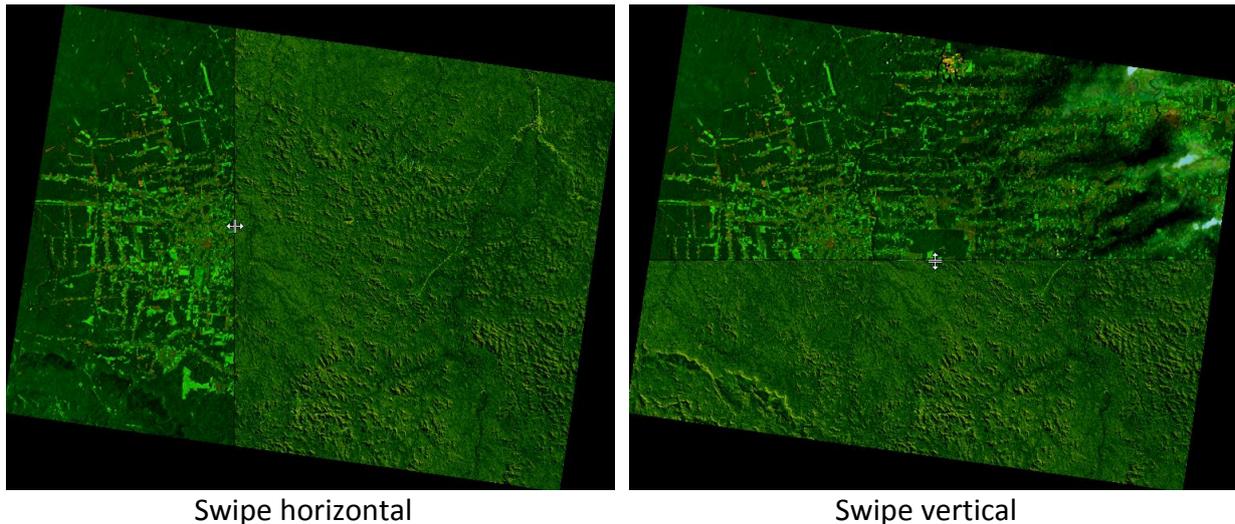


Figure 12 : Utilisation de l'outil « MapSwipe Tool » dans QGIS pour faciliter la comparaison visuelle de 2 couches d'information se superposant, par glissement (En : Swipe) horizontal (gauche) ou vertical (droite), ici 2 images des satellites Landsat-2 et Landsat-7 mettant en évidence la déforestation qu'a subit l'Etat de Rondonia au Brésil entre 1975 et 2001

7.1.6. Naviguer dans la fenêtre de visualisation

7.1.6.1. Outils de « Navigation cartographique »

Les outils de navigation sont disponibles dans la barre d'outils suivante appelée « **Navigation cartographique** », par défaut positionnée dans la partie supérieure de l'interface d'un projet QGIS :



- Utilisez ces outils pour naviguer de la manière suivante :
 - Zoomez sur l'Inde 
 - Zoomez sur l'ensemble de vos données (affichées ou non) .
 - Pour trouver facilement la RDC, faites un clic-droit sur le nom de la couche « RDC_admin » dans le panneau « Couches » et choisissez « **Zoomez sur la couche** » OU faites un **DOUBLE CLIC-DROIT** sur le nom de la couche.

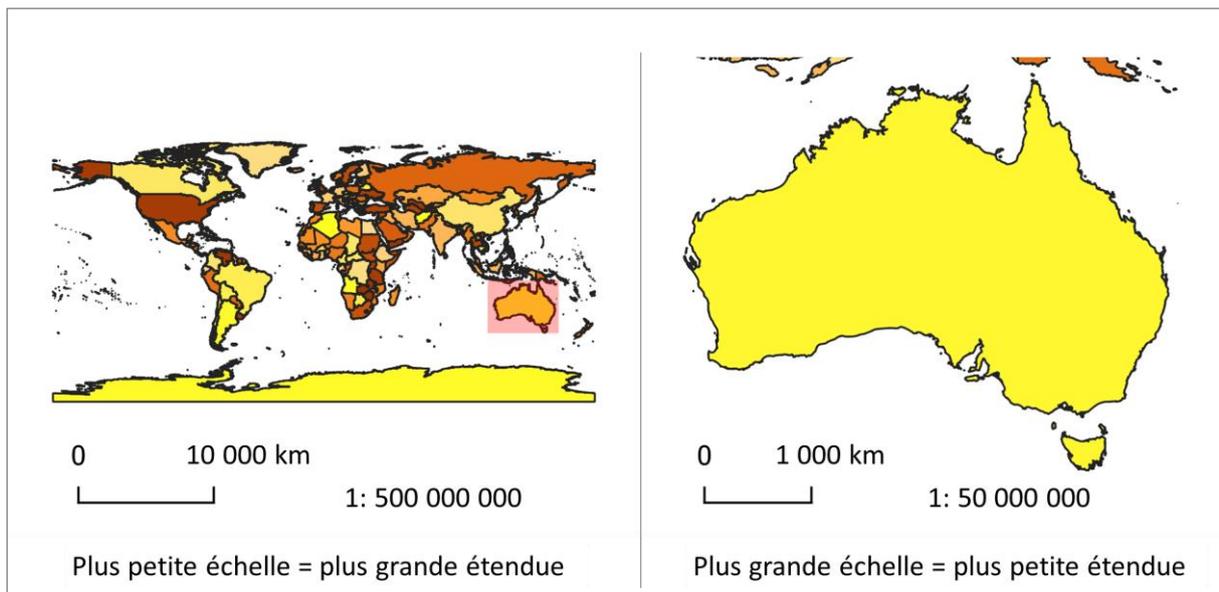
- Pour retourner en Inde facilement, utilisez la flèche bleue de gauche de retour au zoom précédent .
- Utilisez la flèche bleue de droite pour revenir en RDC .

7.1.6.2. Variation de l'échelle d'affichage

- Visualisez maintenant la RDC avec les 3 échelles suivantes : 1/24 000, 1/500 000, 1/100 000 000 000. Pour ce faire, utilisez, dans le **menu « Echelle » en bas à droite de l'interface de QGIS**, le menu déroulant ou entrez les valeurs d'échelles désirées. L'affichage résultant vous paraît-il logique ?
- Qu'est-ce qu'une « grande » et une « petite » échelle ? Réponse dans la Note 1 ci-dessous.

Question d'échelles !

- Les **petites échelles** correspondent à de petites valeurs d'échelle, soit de grands dénominateurs dans les fractions représentant les échelles. Elles sont utilisées pour représenter de grandes surfaces avec peu de détails (ex : le monde au 1/500 000 000. Dans ce cas, 1cm sur la carte égale 500 000 000 cm dans le monde réel, soit 5 000 km).
- Les **grandes échelles**, inversement, seront utilisées pour représenter de petites surfaces avec beaucoup de détails (ex : un quartier au 1/10 000. Dans ce cas, 1cm sur la carte égale 10 000 cm dans le monde réel, soit 100 m).



Note 1 : Question d'échelles !

7.1.6.3. « Zoom To Coordinate » de l'extension « Lat Lon Tools »

- Pour identifier facilement un point dont vous avez les coordonnées, utilisez l'outil « **Zoom To Coordinate** » (Figure 13).
- Cet outil dépend de l'extension (En : plugin) « **Lat Lon Tools** » qui doit être installée via le menu « **Extension > Installer / Gérer les extensions > Lat Lon Tools** » : l'installer (confer la section 7.1.9 page 27 pour plus d'explication sur les « extensions » de QGIS).
- Une fois installée, cette extension apparait comme une nouvelle barre d'outils  dans l'interface de QGIS. En particulier, utilisez l'outil « **Zoom To Coordinate** »  pour par exemple identifier le « Sanctuaire des Bonobos » au Sud de Kinshasa, dont les coordonnées en Degrés Décimaux sont : latitude (Y) = -4.488, longitude (X) = 15.266 (attention, contre-intuitivement, par défaut cet outil nécessite d'encoder Y puis X (pas XY)). Cet outil conserve approximativement l'échelle du canevas QGIS mais centre le canevas sur le point d'intérêt.
- Remarquez que le bouton « **Show in External Map** »  permet, en cliquant dessus puis en cliquant dans l'interface spatiale de QGIS à l'endroit désiré, d'ouvrir une page web (**Open Street Map, Google Map, etc**) et d'y localiser automatiquement le point d'intérêt.
- Notez que cette extension est aussi disponible via la menu principal « **Extension > Lat Long Tools** » et que celui-ci donne accès au paramétrage des outils via le menu « **Settings** » qui permet notamment de choisir le système de coordonnées dans lequel entrer les coordonnées du point à chercher et le type de carte web à ouvrir lors de l'utilisation du bouton  (« **Extension > Lat Long Tools > Settings > External map** »).

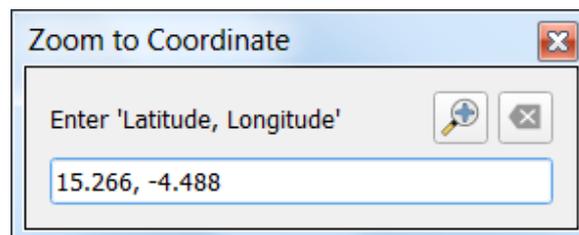


Figure 13 : Fenêtre de l'outil « Zoom To Coordinate » dépendent de l'extension « Lat Lon Tools »

7.1.7. Définir la gamme d'échelle de visibilité d'une couche

A l'aide des indications ci-dessous, modifiez la gamme d'échelle de visibilité de la couche « 10m_populated_places » et faites en sorte que cette couche ne s'affiche plus à des échelles inférieures (zoom out) à 1 / 10 000 000. Au préalable, vous aurez rendu cette couche visible en la cochant dans le panneau « Couches ». Vérifiez votre manipulation en modifiant l'échelle d'affichage en deçà et au-delà de 1 / 10 000 000.

Il est possible de définir une gamme d'échelle, pour une couche donnée, en dehors de laquelle la couche ne s'affichera pas dans QGIS, même si la couche est activée.

Ceci est particulièrement utile dans **2 situations** :

- Lorsque la couche présente une très **grande densité d'information** qui résulte en une représentation graphique qui sera d'autant plus surchargée et illisible que cette couche est visualisée avec une **échelle plus petite**. Dans ce cas, il peut être utile de définir une échelle en deçà (vers un dénominateur plus grand : zoom out) de laquelle la couche ne s'affiche plus. Par exemple, un fichier qui contiendrait toutes les villes et villages du monde n'offre pas une visualisation de qualité s'il est visualisé à l'échelle de la planète sur un écran d'ordinateur.
- Lorsque la couche correspond à une **information à visualiser à une petite échelle** (par exemple, à l'échelle des pays du monde) et que **cette information n'est plus du tout pertinente, voire devient gênante, lorsqu'un zoom (in)** est effectué pour s'intéresser à une information concernant une échelle plus grande (par exemple, à l'échelle sous nationale).

Pour modifier l'échelle de visibilité d'une couche (Figure 14) :

- « **Clic-droit sur la couche > Définir l'échelle de visibilité** » et paramétrer cette fenêtre comme désiré
 - **Minimum** : en deçà de cette échelle (vers un dénominateur plus grand : zoom out), la couche ne sera pas visible
 - **Maximum** : au-delà de cette échelle (vers un dénominateur plus petit : zoom in), la couche ne sera pas visible
 - La couche sera donc visible entre les 2 échelles minimum et maximum indiquées

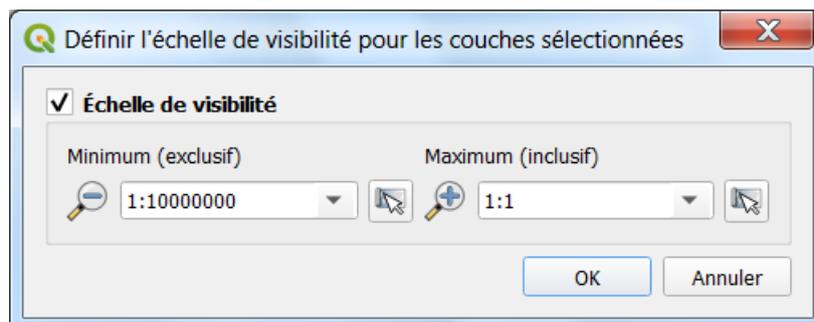


Figure 14 : Fenêtre de définition de l'échelle de visibilité pour les couches sélectionnées

7.1.8. Ajouter / enlever / déplacer une barre d'outils, un panneau

Pour **ajouter / enlever** une barre d'outils ou un panneau, vous avez le choix :

1. Soit, s'il s'agit d'un outil principal de QGIS ou d'un panneau :
 - Cliquez sur le menu déroulant « Vue > barre d'outils » ou « Vue > Panneaux » de la barre de menu principale d'QGIS
 - Sélectionnez les outils/panneaux désirés
2. Soit, s'il s'agit d'un outil dépendant d'une extension :
 - Via le menu « Extension » et
 - Sélectionnez les outils désirés

Pour **déplacer** une barre d'outils ou un panneau, cliquez sur :

- La petite barre verticale à l'extrémité gauche de la barre d'outils, ou sur
- Le titre du panneau

et déplacez-la/le avec la souris.

7.1.9. Installer et afficher une extension (En : plugin) dans QGIS

QGIS met à disposition une très grande série d'extensions (+/- 550 au moment d'écrire ces lignes). Les extensions ont des **fonctionnalités très diverses** (gestion des données, visualisation, édition, traitement,...). Les extensions ont leur propre page web <https://plugins.qgis.org/>. Une liste des plugins populaires est disponible ici <https://plugins.qgis.org/plugins/popular/>.

Certaines extensions sont **installées automatiquement** lors de l'installation de QGIS (+/-15). D'autres par contre nécessitent une **installation manuelle** à travers l'interface de QGIS. Il ne faut installer une extension donnée qu'une seule fois. Après installation, une extension sera automatiquement accessible (installée et activée) dans tous les projets QGIS ouvert ultérieurement. Enfin, parfois, certaines extensions sont **installées par défaut mais non activées/cochées**. Elles doivent alors simplement être activées/cochées dans la liste pour pouvoir être utilisées. C'est le cas par exemple de l'extension principale « **Processing** » qui conditionne l'affichage du menu principal « **Traitement** » et permet d'accéder à la « Boîte à outils de traitements » de QGIS dans laquelle se trouvent de très nombreux outils QGIS.

Pour **installer une extension dans QGIS** :

- Veillez à être **connecté à internet** pour avoir accès à la liste des extensions disponibles. Les extensions sont en effet stockées dans un dépôt (En : repository, <https://plugins.qgis.org/plugins/>) sur le web, dépôt auquel QGIS doit pouvoir se connecter pour les charger puis les installer.
- Pour rechercher une extension :
 - Allez dans le menu de QGIS « **Extensions > Installer / Gérer les extensions** » et cliquez sur l'onglet « Toutes » pour visualiser la liste de toutes les extensions QGIS disponibles

- Les extensions déjà installées sont souvent identifiées par une icône spécifique alors que celles non installées sont identifiées par l'icône .
- Pour installer une extension, il suffit de :
 - Sélectionner l'extension désirée dans la liste
 - Cliquer sur le bouton « **Installer l'extension** » en bas à droite de la fenêtre des extensions.

Après quelques secondes, l'extension sera installée et un message apparaîtra furtivement pour vous le confirmer. Une fois l'extension installée, un petit carré apparaîtra à la gauche de l'extension dans la liste et une icône spécifique sera souvent utilisée. *Par exemple pour l'extension « Lat Lon Tools » :*



Pour **afficher/activer une extension** :

- Il faut que l'extension soit installée (confer ci-dessus).
- Il faut que le petit carré à la gauche de l'extension dans la liste des extensions soit coché.

*Après avoir **installé les extensions présentées à la Figure 15** à la page suivante, vous pourrez **fermer votre projet QGIS** sans l'enregistrer et passer à la contextualisation suivante.*

Vous voilà maintenant familiarisé avec l'interface de QGIS ! Les choses sérieuses peuvent enfin commencer 😊 !

7.1.9.1. Liste des extensions utilisées dans le cadre de ce manuel

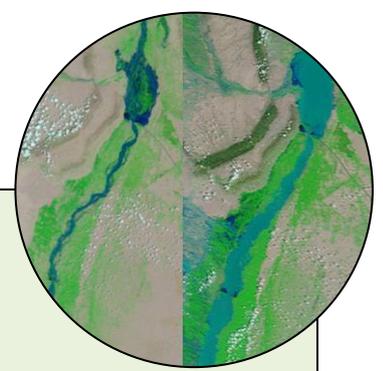
Les extensions utilisées dans le cadre de ce manuel sont listées par ordre chronologique d'utilisation dans la Figure 15 ci-dessous. Vous pouvez d'ores et déjà toutes les installer/activer. Sinon, vous aurez à le faire au moment de les utiliser.

Extension	Icône	Utilité	Section	Page
MapSwipe Tool		Facilite la comparaison visuelle de 2 couches d'information superposées par simple glissement de la souris	7.1.5	22
Lat Lon Tools		Identification d'une position à partir de ces coordonnées XY (entre autres)	7.1.6	23
QuickMapServices OpenLayers Plugin		Visualisation, dans QGIS, via des serveurs web, d'une série de « fonds de carte » ou « base maps » mondiaux (images satellites, relief, occupation du sol, etc)	7.3.3.1	53
Processing		Cette extension est installée par défaut mais pas toujours activée/cochée. La cocher permet d'afficher le menu principal « Traitement » et d'accéder à la « Boîte à outils de traitements » de QGIS	Nombreuses	Nombreuses
NNJoin		Jointure spatiale avancée utilisant une relation spatiale de type « plus proche voisin » (« Nearest Neighbor »)	7.8.1.1.1	75
GroupStats		Calcul de statistiques par groupe sur un champ (une colonne) d'une couche vectorielle	7.9.1.4	89
Data Plotly		Réalisation de graphiques à partir de la table d'attributs d'une couche vectorielle	7.9.2.1	91
Processing R Provider		Est utile pour pouvoir utiliser des scripts dépendant du logiciel R à partir de QGIS. ("A Processing provider for connecting to the R statistics framework")	0 7.12.4.1 7.12.5	97 143 145
Digitizing tools et d'autres extensions d'édition		Edition avancée de données vectorielles	7.10.1.2	114
Géoréférencéur GDAL		Géoréférencement de données raster	7.11	124
Mask		Réalisation de masque pour la mise en page cartographique	7.16.12	210
Qgis2threejs		Permet de réaliser des représentations 3D et webmap 3D	7.14.2.2 7.16.16.3	190 213
Qgis2web QGIS cloud		Permettent de faire une webmap (carte web, carte interactive pour site internet)	7.16.16.1 7.16.16.2	213 213

Figure 15 : Liste des extensions QGIS utilisées dans ce manuel et sections du manuel correspondantes

Contextualisation 2

Inondations au Pakistan suite à une mousson extrêmement importante



La vallée de l'Indus au Pakistan subi une importante inondation suite à une mousson extrêmement longue et abondante. Les villages de la vallée subissent d'importants dégâts, notamment la destruction des réserves de riz qui constituent la base de la nourriture des villageois. La famine menace.



Le Croissant Rouge, qui vient de vous engager en tant que spécialiste en SIG, désirerait **identifier les villages les plus vulnérables** pour prioriser les zones d'apport de nourriture par hélicoptère. Ces villages sont définis comme étant **les villages en terre présents en zone inondée ou dans une zone tampon de 5 km autour de la zone inondée**.

Les **étapes à suivre** sont les suivantes :

- Créer un nouveau projet QGIS ET (!) définition de son Système de Coordonnées de Référence (SCR)
- Y insérer les données disponibles sur votre PC et certaines données disponibles via internet
- Prendre connaissance de leur contenu informatif
- Identifier les villages en terre les plus vulnérables à l'aide d'outils de sélection
- Produire un fichier identifiant ces villages
- Créer une carte sommaire rendant compte de la situation (Figure 35, page 69)

Pour vous aider, consultez le « **Schéma des opérations simplifié** » présenté à la Figure 16 page 32 et **suivez les indications données dans les sections suivantes**. Un **aperçu illustré du projet QGIS** que vous réaliserez est disponible à la Figure 22 page 46 (projet QGIS après ajout des données dans le projet) et à la Figure 35 page 69 (aperçu de la « carte résultat »).

Les **indications** nécessaires sont insérées dans les sections qui suivent cette contextualisation.

Les **données disponibles** sur la région sont :

- Un fichier Excel « **Zones habitees du Pakistan.xls** » correspondant aux principales zones peuplées du Pakistan. Les colonnes de ce fichier sont : NOM, le nom des villages ; X_LONGITUD, la longitude des villages ; Y_LATITUDE, leur latitude ; TYPE_VILLAGE, le type de construction principal rencontré dans la zone (« En terre » ou « En dur »). Ces coordonnées sont exprimées dans le système « WGS84, EPSG : 4326 ».
- Un fichier shapefile (vecteur) « **10m_river_lake_centerlines.shp** » : cette couche identifie la ligne centrale des plus grands fleuves du monde.
- Un fichier shapefile (vecteur) « **ETENDUE_INONDATION_24_AOUT_2010_MODIS_AQUA.shp** » identifiant les zones

touchées par l'inondation à la date du 24 août 2010 (zones identifiées à partir d'une image du satellite « MODIS Aqua »). (Source : [hyperlien désactivé https://data.hdx.rwlab.org/dataset/fl20100802pak-flood-vectors-modisaqua-24-august-2010](https://data.hdx.rwlab.org/dataset/fl20100802pak-flood-vectors-modisaqua-24-august-2010))

- Un fichier shapefile (vecteur) « **ETENDUE_INONDATION_24_AOUT_2010_MODIS_AQUA_ZONE_TAMPON_5KM.shp** » correspondant à une zone tampon de 5 km autour des zones touchées par l'inondation à la date du 24 août 2010, soit la zone maximale dans laquelle l'inondation risque d'avoir des conséquences graves sur les populations.
- Un fichier au format « KML » (vecteur) identifiant les districts pakistanais affectés par l'inondation : « **affected_district_20092010.shp.kml** » (Source : [hyperlien désactivé http://floods2010.pakresponse.info/MapCenter/GISData.aspx](http://floods2010.pakresponse.info/MapCenter/GISData.aspx)). (Ce fichier peut également s'ouvrir dans l'application « Google Earth » directement par double-clics si « Google Earth » est installé sur votre PC. « Google Earth » est une application indépendante de QGIS qui peut être téléchargée gratuitement ici <http://www.google.fr/intl/fr/earth/index.html>. L'installation de « Google Earth » sur votre PC est simple et rapide. Une fois installé sur votre PC « Google Earth » peut être utilisé pour visualiser le fichier « KML » ci-dessus. L'utilisation de « Google Earth » n'est pas obligatoire pour la réalisation de cet exercice mais constitue un petit plus.
- **2 images satellites** (raster) issues du satellite MODIS TERRA à 1 km de résolution spatiale et datant du 31 juillet 2009 et 2010, soit en **situation normale (2009)** et en **situation d'inondation (2010)** : (Source : [hyperlien désactivé http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?subset=Pakistan](http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?subset=Pakistan))
 - *Pakistan_31_JULY_2009_TERRA_1km_CLIP.tif*
 - *Pakistan_31_JULY_2010_TERRA_1km_CLIP.tif*

DONNEES & PROJET QGIS !	<p>Les données à utiliser sont disponibles dans le dossier « ...\\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\2 Ajout de donnees Attributs Selection ».</p> <p>Projet QGIS : il n'y en a pas ! C'est à vous de le créer en suivant les indications ci-dessous. N'oubliez pas de définir le SCR du projet !</p>
------------------------------------	--

Objectifs pédagogiques	<p>Créer un nouveau projet QGIS (+définition de son SCR !), y ajouter des données géographiques de différents types (vecteur vs raster) et provenant de différentes sources (locale, service web), comprendre l'importance des Systèmes de Coordonnées de Référence (SCR) et pouvoir les gérer, découvrir la table d'attributs et son utilité, apprendre à réaliser des sélections (requêtes attributaires et spatiales), dupliquer et exporter une couche d'information.</p>
-------------------------------	---

Temps approximatif	<p>Découverte en autonomie : ~2h00</p> <p>Manipulations techniques uniquement, par un expert : ~0h30</p>
---------------------------	--

Contextualisation 2 : Inondation au Pakistan suite à une mousson extrêmement importante

**« Inondations au Pakistan suite à une mousson extrêmement importante »
Schéma des opérations simplifié**

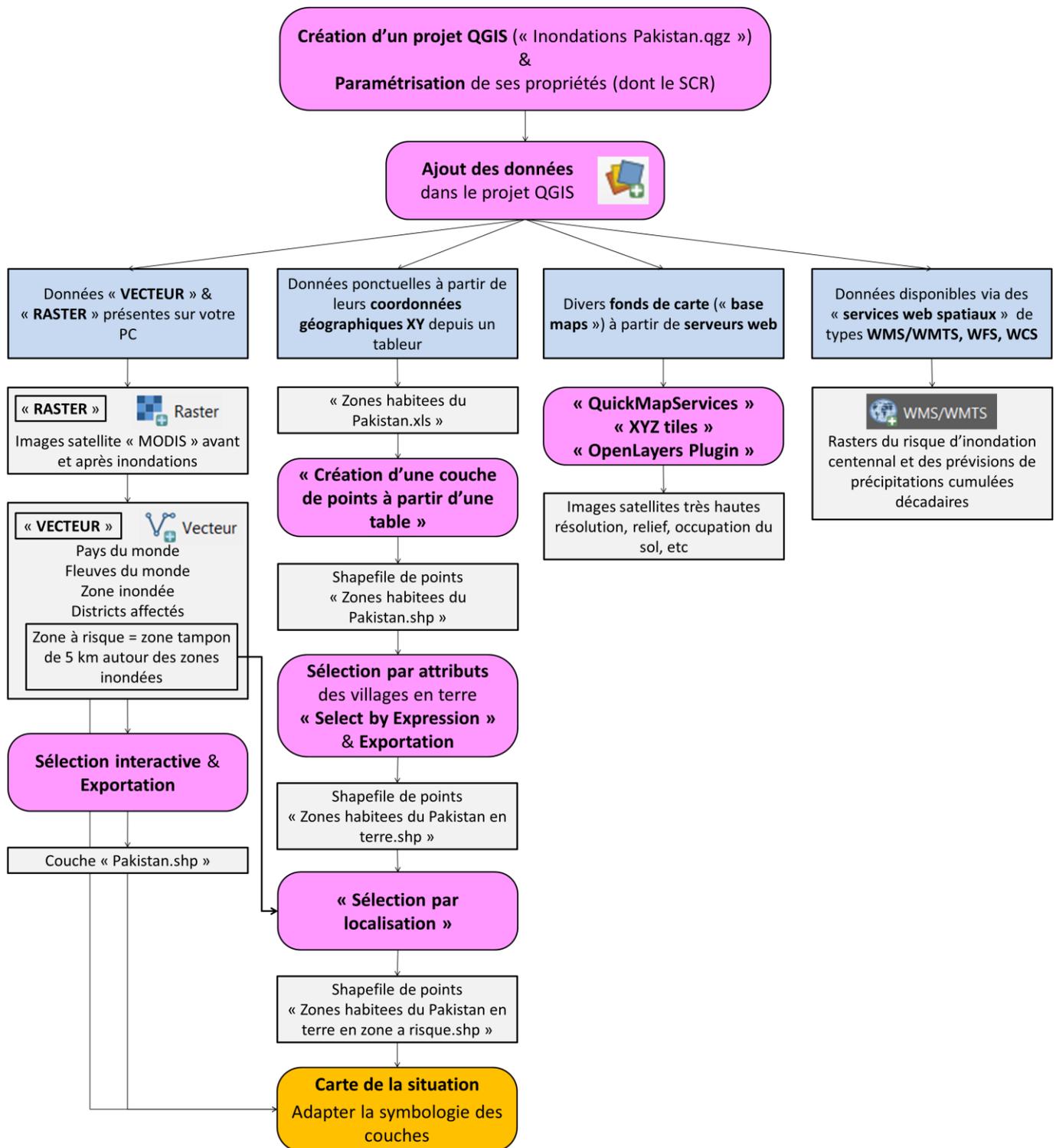


Figure 16 : Schéma des opérations simplifié de la contextualisation 2 « Pakistan »

7.2. Créer un nouveau projet QGIS

Pour créer un nouveau projet QGIS :

- Démarrez QGIS
- Utilisez le menu « Projet > Nouveau »

Une nouvelle interface vierge de QGIS apparaît.

Pour enregistrer votre nouveau projet QGIS, utilisez le menu :

- « **Projet > Enregistrer sous...** » et choisissez le répertoire de votre choix, *dans ce cas-ci «... \Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE \DONNEES\2 Ajout de donnees Attributs Selection \» et appelez-le « Inondations Pakistan.qgz ».*

7.2.1. Modifier les propriétés d'un projet QGIS

A l'aide des indications ci-dessous :

- Définissez des **degrés décimaux** comme unités des coordonnées géographiques de l'interface de QGIS.
- Donnez comme **titre** de votre projet QGIS « INONDATIONS PAKISTAN » (facultatif).
- Attention, définissez comme **Système de Coordonnées géographique de Référence (SCR)** pour votre projet QGIS le SCR « code EPSG 4326, WGS 1984 », via le menu « Projet > Propriétés... > SCR > » (Figure 18 page 34). Ce système est adapté à la base de données mondiale que vous allez utiliser qui est elle aussi exprimée dans ce SCR.



Les propriétés d'un projet QGIS sont accessibles et modifiables via le menu :

- **Projet > Propriétés...** (Figure 17)

Notez la possibilité de :

- Dans l'onglet « **Général** » (Figure 17):
 - Donner un « Titre de projet »
 - Choisir la « **Couleur de la sélection** » (confer la section 7.5, page 64)
 - « Save paths » : définir le **mode d'enregistrement des chemins/répertoires : « relatif » ou « absolu »** (confer section 7.15 page 192)
 - Choisir les **unités de mesures de distance et surface** : mètres, pieds, miles nautiques, différentes expressions des degrés, mètres², ha, etc
 - Choisir les **unités à utiliser pour l'affichage des coordonnées** dans la fenêtre « Coordonnée » en bas au centre de l'interface du projet QGIS. Ces coordonnées renseignent sur la position géographique du curseur dans l'interface spatiale
- Dans l'onglet « **SCR** » (Figure 18):
 - Choisir le « **Système de Coordonnées de Référence (SCR)** » du projet (confer section 7.2.2 ci-après).

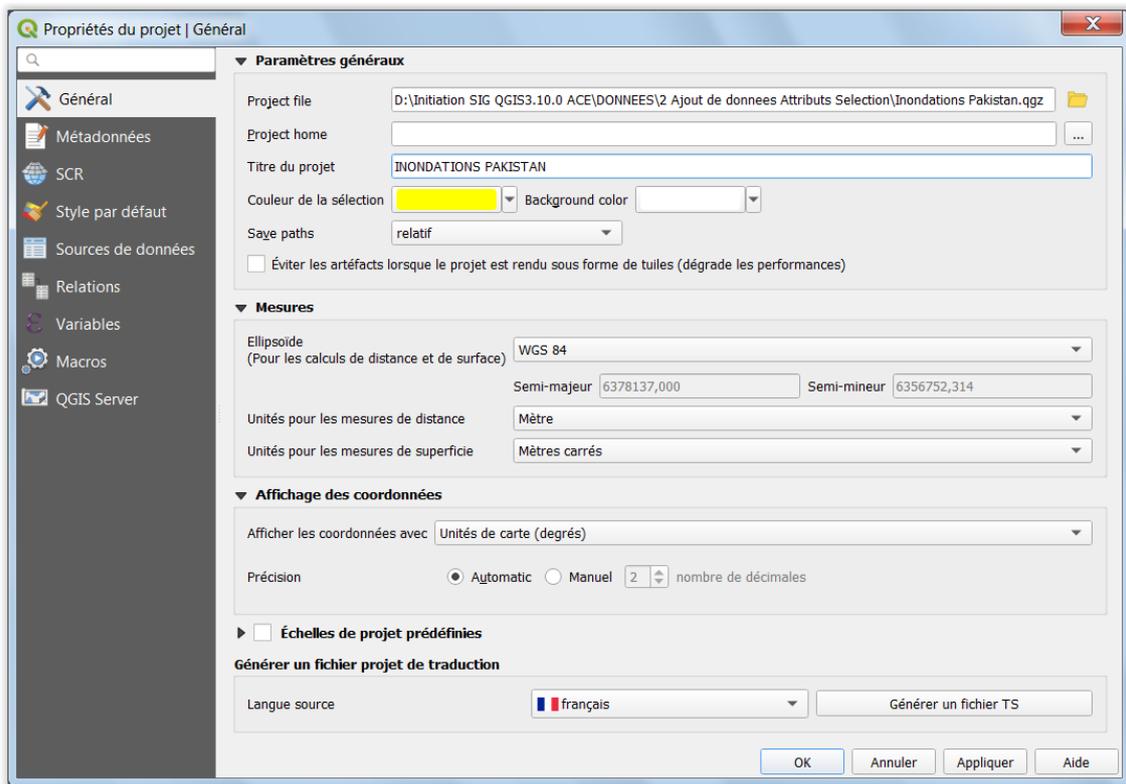


Figure 17 : Fenêtre de paramétrage des propriétés d'un projet QGIS, onglet « Général »

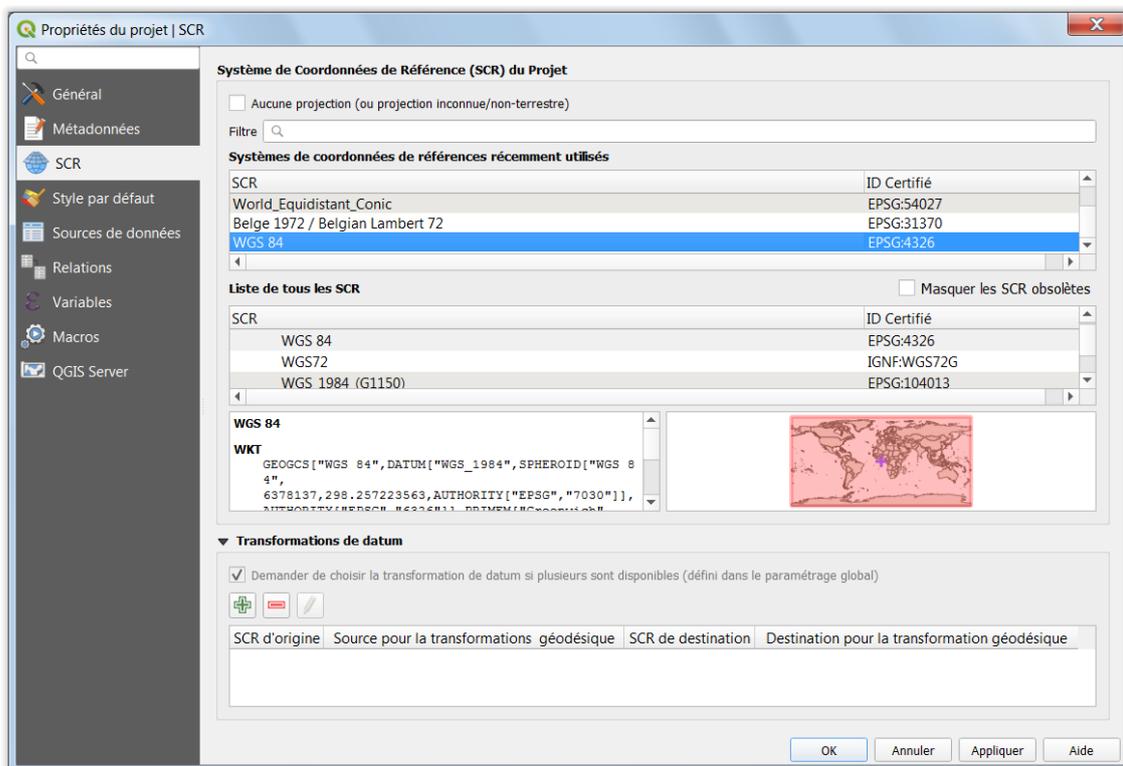


Figure 18 : Fenêtre de paramétrage des propriétés d'un projet QGIS, onglet « SCR » (Système de Coordonnées de Référence) qui permet de définir le SCR dans lequel seront représentées graphiquement les entités spatiales dans l'interface du projet QGIS.

7.2.2. Définir le système de coordonnées d'un projet QGIS



Comme vous allez travailler sur une base de données mondiale exprimée dans le système de coordonnées géographique « code EPSG 4326, WGS 1984 », utilisez ce système pour votre projet QGIS via le menu « Projet > Propriétés... > SCR > » (Figure 18 page 34) (information déjà mentionnée à la section précédente).

La première chose à faire lors de la création d'un nouveau projet QGIS est de définir le système de coordonnées dans lequel vous voulez travailler.

!! Le système de coordonnées d'un projet QGIS est le système utilisé pour représenter (afficher) les fichiers géographiques dans l'interface du projet QGIS !! (Figure 19)

Si le(s) système(s) de coordonnées dans le(s)quel(s) sont exprimés les fichiers géographiques d'un projet QGIS sont différents du système de coordonnées du projet QGIS, les fichiers géographiques seront **projetés « à la volée »**, c'est-à-dire au moment de et pour l'affichage, dans le système de coordonnées du projet QGIS. Les fichiers géographiques en tant que tel ne sont pas modifiés. → Il est donc possible que le « projet QGIS » et les « fichiers géographiques présents dans ce projet » soient exprimés dans des systèmes de coordonnées différents !

Lors de la création d'un nouveau projet QGIS, lors d'une première utilisation de QGIS et avant l'ajout de la première couche d'information dans le projet, le **système de coordonnées par défaut** du projet est :

- **EPSG :4326 - WGS 84**, le World Geographic System 1984, le système de coordonnées géographique le plus souvent utilisé.

La manière dont le SCR du projet est défini par défaut peut être paramétrée via le menu :

- « **Préférences > Options... > SCR > SCR pour les projets** » et choisir de
 - soit utiliser le SCR de la première couche d'information ajoutée dans le projet,
 - soit d'utiliser un SCR par défaut à définir via le menu déroulant

Pour **modifier le SCR d'un projet QGIS** en cours de route:

- **Projet > Propriétés... > SCR > (Figure 18)**
- Choisissez le système de coordonnées désiré pour le projet QGIS. Le système de coordonnées sélectionné et quelques-unes de ses propriétés apparaissent en bas de la fenêtre « Propriétés du projet | SCR ».
- Cliquez sur « OK »

Pour en savoir plus sur l'**utilisation des projections** dans QGIS, voir la documentation QGIS suivante :

- https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/working_with_projections/working_with_projections.html?highlight=projection

Pour visualiser l'effet d'un changement du système de coordonnées d'un projet QGIS sur la représentation spatiale des données (Figure 19):

(Attention, ne faites ces changements de système de coordonnées que lorsque vous serez arrivé à la fin de la section « 7.3.1.1 Ajouter une couche vecteur dans QGIS », page 44, et que vous aurez devant vous un projet QGIS avec une visualisation de l'ensemble des pays du monde. Après avoir fait ces changements, n'oubliez pas de redéfinir le SCR « code EPSG 4326, WGS 1984 » pour votre projet QGIS.)

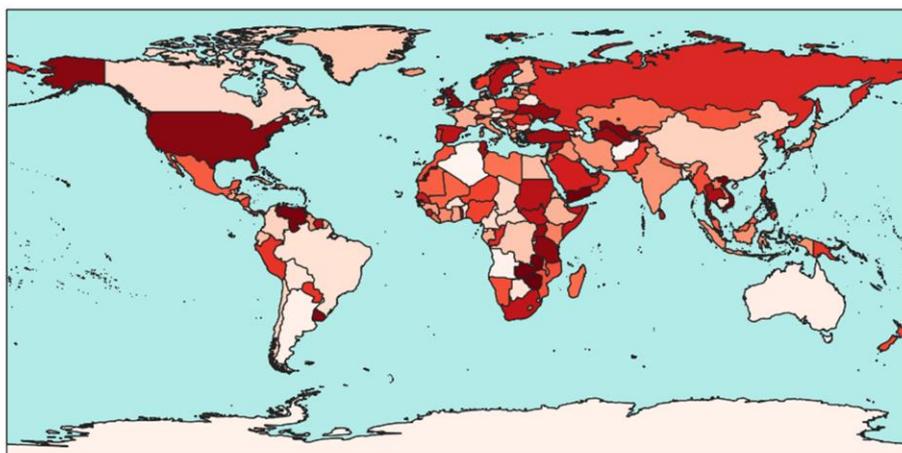
- Dans un projet QGIS, zoomez sur une étendue suffisamment grande que pour pouvoir voir cet effet, par exemple, l'ensemble des pays du monde.
- Modifiez le système de coordonnées du projet QGIS (confer la section 7.2.1 ci-dessus) en choisissant successivement :
 - Sphere_Equidistant_Cylindrical (EPSG : 53002) : projection cylindrique conservant les surfaces mais pas les distances et les directions
 - World_Equidistant_Conic (EPSG : 54027) : projection conique ne conservant pas les surfaces
 - World_Mercator (EPSG : 54004) : projection conservant les angles mais déformant les distances
 - Belge_Lambert_1972 (EPSG : 31370) : projection adaptée à et centrée sur la Belgique

Remarque :

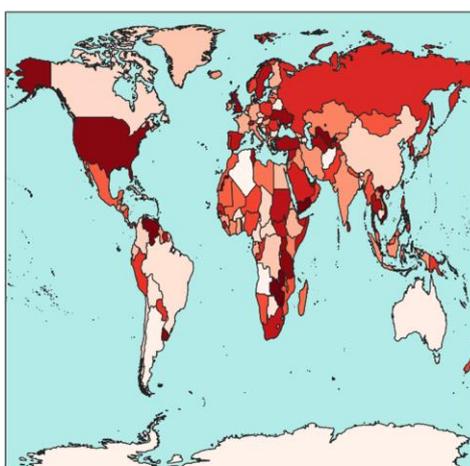
- GCS = Geographic Coordinate System = système de coordonnées géographique
- WGS = World Geodesic System = système géodésique mondial

Pour en savoir plus sur les **systèmes de coordonnées** et les **projections cartographiques** :

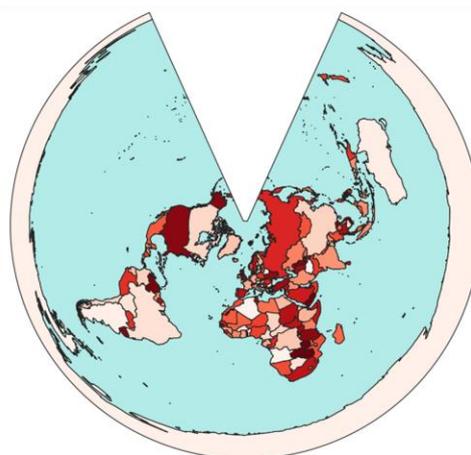
- Systèmes de Coordonnées de Référence (SCR) dans la **documentation QGIS** : https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/gentle_gis_introduction/coordinate_reference_systems.html?highlight=coordinate%20reference%20systems
- Les projections cartographiques et les systèmes de coordonnées dans l'**aide online d'ArcGIS** : <http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/003r00000001000000/>



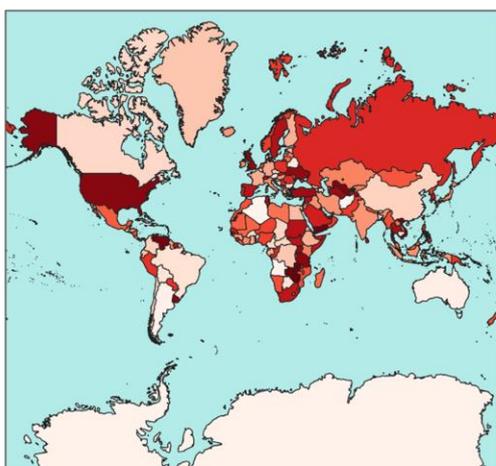
EPSG 4326
WGS84



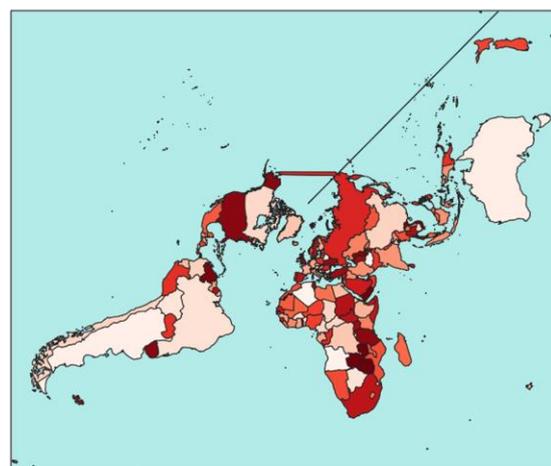
EPSG 53002
Sphere Equidistant Cylindrical



EPSG 54027
World Equidistant Conic



EPSG 54004
World Mercator



EPSG 31370
Belge 1972 / Belgian Lambert 72

Figure 19 : Représentation du monde selon différents Systèmes de Coordonnées de Référence (SCR) utilisés comme SCR d'un projet QGIS

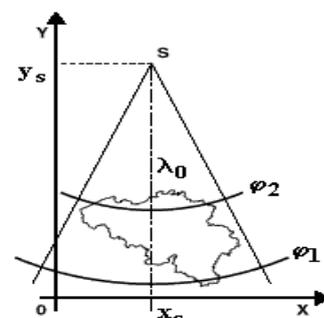
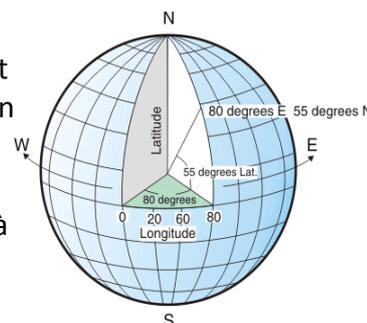
7.2.3. A propos des systèmes de coordonnées

Un **système de coordonnées géographiques** est

- Un référentiel dans lequel on peut représenter des éléments dans l'espace. Ce système permet de se situer sur l'ensemble du globe terrestre grâce à un couple de coordonnées géographiques (Source : Wikipedia)

On distingue habituellement les :

- Systèmes de Coordonnées **Géographiques** (SCG-GCS) : qui utilisent une surface sphérique (à 3 dimensions) pour déterminer la position sur la terre à l'aide de coordonnées appelées « latitude » et « longitude » qui sont généralement exprimées en degrés et correspondent à des angles formés par les droites reliant le point à positionner à la surface de la terre, le centre de la terre et une origine à la surface de la terre définie par un méridien (de Greenwich souvent) et une parallèle (l'Equateur souvent) d'origine. (Figure : sphère)
- Système de Coordonnées **Projetées** (SCP) : qui utilise une représentation plate (à 2 dimensions) pour déterminer la position sur la terre à l'aide de coordonnées « X,Y » linéaires (des mètres par exemple) dans une grille ayant une origine propre au système. Le système de coordonnées projetées est toujours basé sur un SCG. (Figure : plan)



Système **UTM** (Universal Transverse Mercator)

- SCP très souvent utilisé
- Sont répartis en zones Nord (N) et Sud (S) par rapport à l'équateur, et sont numérotés en fonction de la longitude
- Nombreuses variantes (recherchez « utm » dans le menu QGIS « Projet > Propriétés... > SCR > Filtre : tapez « utm » »)
- Voir également le fichier shapefile « UTM_ZONES.shp »

Système **EPSG : 4326 - WGS 1984**

- SCG très souvent utilisé
- Vous le trouverez dans QGIS en tapant dans le filtre de recherche de SCR « WGS 84 EPSG : 4326 »

En **Belgique**

- En Belgique le système « Belge Lambert 1972 » est le plus utilisé traditionnellement.
- Ce système a des mètres pour unité et prend son origine (point 0,0) au Sud-Ouest de la Belgique (Figure : plan)
- Plus récemment le système « Belge Lambert 2008 » a été adopté.

Le « **système géodésique** » (Fr) ou « **datum** » (En) : permet d'incorporer les variations locales d'altitude non exprimée par le sphéroïde ou ellipsoïde (dérivé 3D d'une ellipse) qu'il accompagne.

Note 2 : A propos des systèmes de coordonnées

7.2.4. Gestion des systèmes de coordonnées des fichiers de données géographiques dans QGIS

Attention, il ne faut pas confondre :

- Le système de coordonnées d'un projet QGIS (confer la section 7.2.2 ci-dessus) : c'est le système dans lequel toutes les couches d'un projet QGIS sont affichées (représentées) dans l'interface du projet QGIS (Figure 19).
- Le système de coordonnées d'un fichier de données géographiques (fichier vecteur ou raster) : c'est le système dans lequel est exprimé un fichier particulier. Pour les fichiers shapefile vectoriels, les informations sur ce système sont reprises dans le fichier avec l'extension « .prj » ou « .qpj » (confer section 7.1.4 page 21).

Par exemple, un projet QGIS utilisant le système de coordonnées « A » peut contenir 3 couches d'informations exprimées respectivement dans les systèmes de coordonnées « A », « B » et « C ». Les 3 couches seront affichées dans le système de coordonnées « A » même si elles sont exprimées dans les systèmes « A », « B » et « C ».

2 cas de figure qui amènent l'utilisateur à devoir **définir ou modifier** le système de coordonnées d'un fichier de données géographiques sont régulièrement rencontrés :

- Le système de coordonnées d'un fichier n'est **pas défini** ou est **mal défini** et doit être **(re-)défini**
- Le système de coordonnées d'un fichier est **défini correctement** et doit être **changé ((re-)projection)**

Ces 2 cas de figure sont présentés dans les 2 sections suivantes en détails (à ne lire qu'en cas de nécessité).

7.2.4.1. Le système de coordonnées d'un fichier n'est pas défini ou est mal défini et doit être (re-)défini

- **Comment savoir si un fichier a un système de coordonnées défini ?**
 - Il est primordial de savoir si un fichier donné a un système de coordonnées défini ou pas. Pour le savoir, plusieurs possibilités existent :
 - Pour les **fichiers vectoriels**, les informations relatives au système de coordonnées d'un fichier sont enregistrées dans un fichier de même nom que le fichier d'intérêt mais portant l'extension « .qpj » (« .prj » dans ArcGIS). Dans l'explorateur Windows, vérifiez la présence de ce fichier et éventuellement ouvrez ce fichier avec le « bloc note » (En : Notepad) pour y lire le système de coordonnées utilisé.
 - Pour les **fichiers matriciels** il arrive souvent que les informations sur la projection soient contenues directement dans le fichier principal et ne soient donc pas présentées dans un fichier indépendant. Il n'est donc pas possible dans ce cas de déterminer de cette manière si le fichier a un système de coordonnées défini.

Note 3 : De la gestion des systèmes de coordonnées des fichiers (1/5)

- **Lors de l'ajout dans un projet QGIS d'un fichier sans système de coordonnées défini, la fenêtre « Sélectionneur de système de coordonnées de référence » s'ouvre automatiquement avec le message « Spécifier le SCR pour la couche ... ».**
 - Ce message signifie que le système de coordonnées n'est pas défini. Cette fenêtre permet d'« indiquer » quel système de coordonnées utiliser pour l'affichage du fichier ajouté dans QGIS. Attention, cette opération ne crée pas de fichier de projection avec l'extension « .prj » ou « .qpj » et ne « définit » donc pas à proprement parlé la projection du fichier. Le fichier reste sans système de coordonnées défini mais utilise le système de coordonnées indiqué lors de l'ajout. Ce système est indiqué dans les propriétés de la couche.
 - Si ce message est ignoré (bouton « Annuler »), le fichier sera affiché dans le projet QGIS comme si il était exprimé dans le système de coordonnées « WGS 84, EPSG : 4326 » (si les « Préférences » du projet n'ont pas été changées (confer ci-après)). Ce système est indiqué dans les propriétés de la couche, mais aucun fichier « .prj » ou « .qpj » n'est créé.
 - La manière dont le SCR des couches est défini dans certains cas peut être paramétrée via le menu « **Préférences > Options... > SCR > SCR pour les couches** »
- Un « **Clic-droit sur la couche > Propriétés > Général > Système de coordonnées de référence (SCR)** » ne permet donc pas de savoir si un système de coordonnées est réellement défini pour cette couche (confer ci-dessus). Il donne simplement une indication sur le système de coordonnées appliqué à ce fichier dans le projet QGIS actuel.
- **Comment savoir si un fichier a un système de coordonnées mal défini ?**
 - Typiquement, si, lors de l'ajout d'un fichier dans un projet QGIS contenant déjà des données de référence (données dont vous êtes certains de l'exactitude en termes de positionnement et de système de coordonnées), le fichier ajouté ne se positionne pas correctement par rapport aux données de référence, il est fort probable que le système de coordonnées du fichier ajouté soit mal ou pas défini.
- **Comment trouver le bon système de coordonnées dans lequel est exprimé un fichier lorsque l'information n'est pas disponible dans le fichier ?**
 - Si vous ne connaissez pas le système dans lequel est exprimé le fichier,
 - Tentez d'obtenir l'information via :
 - Les fichiers accompagnants le fichier principal (métadonnées, etc)
 - Le site web à partir duquel le fichier a été téléchargé
 - La personne qui vous a fourni le fichier
 - **Si l'information est introuvable**, référez-vous à la section ci-dessous « Que faire lorsque l'information sur le système de coordonnées n'est pas disponible ? »

- **Comment définir le système de coordonnées ?**

- Attention ! Cette méthode ne peut être utilisée que si :
 - L'information sur le **système de coordonnées** du fichier (normalement contenue, pour les fichiers vecteur, dans le fichier avec l'extension « .prj » ou « .qj ») est **absente ou présente mais fausse**
 - Le système de coordonnées réel dans lequel est déjà exprimé le fichier est connu de l'utilisateur !
- Pour définir un système de coordonnées d'un fichier il faudra procéder en 2 étapes :

- 1. Indiquer le système de coordonnées à utiliser pour le fichier**

Ceci peut se faire de différentes manières :

- **Lors de l'ajout de la couche** d'intérêt dans un projet QGIS :
 - Si le système de coordonnées n'est **pas défini**, la fenêtre « Sélectionneur de système de coordonnées de référence » s'ouvre automatiquement avec le message « Spécifier le SCR pour la couche ... ». Cette fenêtre peut être utilisée pour indiquer le système de coordonnées à appliquer au fichier.
 - Si un système de coordonnées est **défini mais est incorrect**, la fenêtre « Sélectionneur de système de coordonnées de référence » ne s'ouvrira pas et le fichier s'ajoutera dans le panneau « Couches ». Il sera probablement mal positionné dans l'interface géographique, ce qui est révélateur d'un problème, peut-être lié à une mauvaise définition du système de coordonnées du fichier ajouté. Dans ce cas, référez-vous à la section suivante ci-après.
- Lorsque la couche est déjà présente dans le projet QGIS :
 - « Clic-droit sur la couche > Définir le SCR > Définir le SCR de la couche > Sélectionnez le bon système », ou
 - « Clic-droit sur la couche > Propriétés... > Source > Géométrie et système de coordonnées de référence (SCR) > bouton « Sélectionner le SCR »  »

Suite à cette « indication », le fichier sera affiché « virtuellement » dans le projet QGIS comme si il était défini dans le système de coordonnées sélectionné, bien qu'il ne possède pas encore un fichier « .prj » ou « .qj » contenant l'information sur le système de coordonnées.

- 2. Exporter le fichier**

- Exportez le fichier pour lequel un système de coordonnées a été indiqué via un « Clic-droit sur la couche > Enregistrer sous... ». Le fichier exporté de la sorte sera accompagné d'un fichier « .prj » et « .qj » contenant l'information sur le système de coordonnées. Le système de coordonnées de ce nouveau fichier est maintenant « défini ».

Note 3 : De la gestion des systèmes de coordonnées des fichiers (3/5)

- **Que faire lorsque l'information sur le système de coordonnées n'est pas disponible ?**
 - Dans ce cas, le fichier risque de ne pas pouvoir être utilisable. Cependant, plusieurs possibilités permettent de repositionner « plus ou moins correctement » un fichier. Attention, notez que cela ne constitue pas toujours une solution idéale, les propositions ci-dessous pouvant déboucher sur des erreurs plus ou moins légères/graves de positionnement. A l'utilisateur de bien vérifier a posteriori la précision du positionnement.
 - Tentez de « **définir** » un système de coordonnées comme expliqué ci-dessus en faisant la meilleure supposition et testez le(s) système(s) au(x)quel(s) vous pensez. Vous jugerez de la justesse du système de coordonnées utilisé sur base du positionnement du fichier corrigé.
 - Une autre possibilité est de :
 - Pour un fichier « **vectériel** » :
 - Définir le système de coordonnées supposé le plus adéquat
 - **Editer le fichier** pour le déplacer manuellement à la bonne position (confer la section « 7.10 Edition et création de données géographiques » page 113)
 - Pour un fichier « **raster** » :
 - Définir le système de coordonnées supposé le plus adéquat
 - Procéder à un « **géoréférencement** » (confer la section « 7.11 Géoréférencement » page 124)

7.2.4.2. Le système de coordonnées d'un fichier est défini correctement et doit être changé

- **Comment connaître le système de coordonnées d'un fichier ?**
 - Confer la même question dans la section 7.2.4.1 ci-dessus.
- **Comment passer d'un système de coordonnées correct d'un fichier vers un autre système de coordonnées?**
 - Il faut « **re-projeter** » le fichier, depuis le système de coordonnées dans lequel il est exprimé, système connu de QGIS (et donc déjà défini), vers le système de coordonnées cible.
 - La re-projection se fait à l'aide d'outils différents selon que le fichier est de type vecteur ou raster :
 - Pour reprojeter un **fichier vecteur** :
 - Utiliser l'outil « Projeter une couche »
 - Cet outil se trouve dans le panneau « **Boîte à outils de traitements > Outils généraux pour les vecteurs > Projeter une couche** » (confer la section « 7.12.2 Accéder aux outils de traitements, page 136 »).
 - Pour reprojeter un **fichier raster** :
 - Utiliser l'outil GDAL « Projection (warp) »
 - Cet outil se trouve dans le panneau « **Boîte à outils de traitements > GDAL > Projections raster > Projection (warp)** » (confer la section « 7.12.2 Accéder aux outils de traitement, page 136 »).

7.2.4.3. Ressources additionnelles sur la gestion des systèmes de coordonnées

Voyez la section « Working with projections » dans la documentation officielle de QGIS :

- https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/working_with_projections/working_with_projections.html?highlight=projections

Note 3 : De la gestion des systèmes de coordonnées des fichiers (5/5)

7.3. Ajouter des données

Vous allez ajouter dans votre projet QGIS les données disponibles pour cet exercice.

Plusieurs méthodes existent pour ajouter des données dans QGIS. La fenêtre accessible via

le bouton « Gestionnaire des sources Open Data »  (Figure 20) permet d'ajouter différents types de données (vecteur, raster, texte délimité, etc) mais aussi de se connecter à différents types de base de données (MSSQL, Oracle,...) ou serveurs web (WMS/WMTS, WCS, WFS, Services ArcGIS ,...).

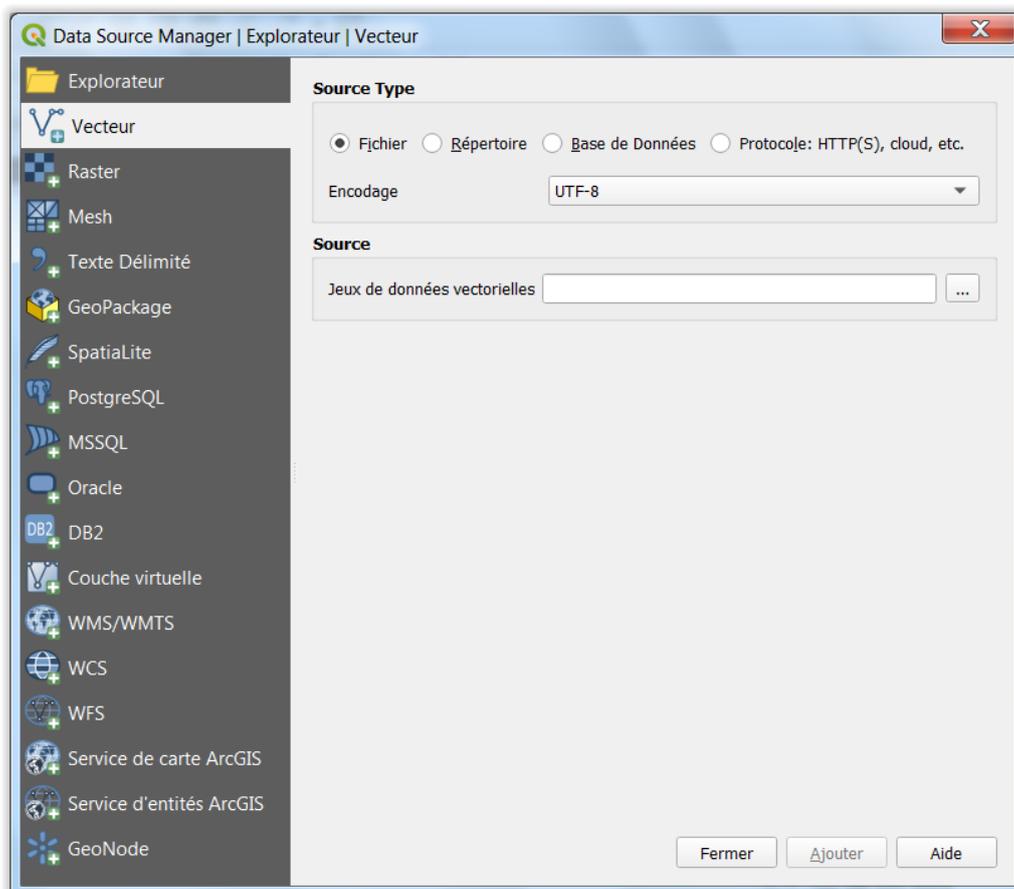


Figure 20 : Fenêtre « Gestionnaire des sources Open Data » qui permet d'ajouter différents types de données dans QGIS mais aussi de se connecter à différents serveurs de données

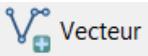
7.3.1. Ajouter des données « vecteur » et « raster » présentes sur votre PC

Vous allez ajouter dans votre projet QGIS les données aux formats vecteur et raster disponibles pour cet exercice.

7.3.1.1. Ajouter une couche vecteur dans QGIS

Dans ce cas-ci, choisissez comme :

- **Type de source** : « Fichier »
- **Encodage** : Conservez la valeur indiquée par défaut
- **Source** :
 - Naviguez vers « ...\\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\2 Ajout de donnees Attributs Selection\» et sélectionnez les données vectorielles (« shapefile ») suivantes présentes dans ce répertoire :
 - « 10m_river_lake_centerlines.shp »
 - « ETENDUE_INONDATION_24_AOUT_2010_MODIS_AQUA.shp »
 - « ETENDUE_INONDATION_24_AOUT_2010_MODIS_AQUA_ZONE_TAMPON_5KM.shp » (**Attention** : si le SCR de votre projet QGIS n'est pas défini (confer section 7.2.1 page 33), cette couche se positionnera incorrectement dans l'interface de QGIS (à un autre endroit que les autres couches))
 - « ne_50m_admin_0_countries.shp » (les pays du monde)
 - Ajouter également la couche vectorielle « affected_district_20092010.shp.kml » qui est en format « KML » (compatible avec Google Earth). Après avoir cliqué sur le bouton « Ajouter », sélectionnez toutes les sous couches lorsqu'une fenêtre apparait à cet effet.

- Cliquez sur le bouton  de la fenêtre présentée à la Figure 20.
- Choisissez le type de source et l'encodage (type « Fichier » et garder l'encodage par défaut, confer Note 4 ci-après).
- Choisissez la source en naviguant vers le répertoire contenant les couches d'intérêt et en sélectionnant les fichiers à ajouter (choisir le fichier avec l'extension « .shp » si vous désirez ajouter un « shapefile », confer la Note 5 et Figure 21 ci-dessous)
- Cliquer sur « Ajouter » puis « Fermer »

A propos de l'« encodage » des données vectorielles

L'« encodage » est la manière dont le fichier est encodé. Vous pouvez conserver la valeur par défaut dans un premier temps. Cependant si vous constatez a posteriori que certains caractères de l'information textuelle contenue dans la table d'attributs (confer section 7.4 page 62) ne s'affiche pas correctement (lettre accentuée remplacée par un « ? » ou un autre caractère incorrect), vous pouvez tenter de modifier l'encodage de la couche :

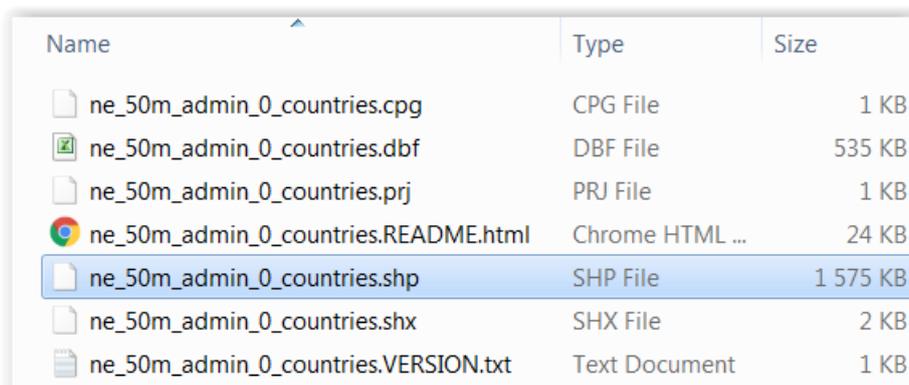
- Soit au moment de l'ajout de la couche dans QGIS,
- Soit via un « clic-droit sur la couche après ajout dans QGIS > Propriétés > Source > Paramètres > Encodage des données sources... et sélection de l'encodage correct ».

Le type d'encodage pour une couche shapefile s'enregistre dans le fichier avec l'extension « .cpg ». Pour en savoir plus sur l'encodage, voyez ce document <http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/qgis-encodage-des-fichiers-shp-et-recommandations-a2908.html>.

Note 4 : A propos de l'« encodage » des données vectorielles

A propos des formats des couches vectorielles

Un des formats les plus connus et utilisés pour les couches vectorielles est le **format « shapefile »** (fichier de formes), caractérisé par l'extension « .shp » (confer à ce propos la section 7.1.4 page 21). Lors de l'ajout d'une telle couche dans un projet QGIS, il faut sélectionner **UNIQUEMENT** le fichier de type « **SHP File** » avec l'extension « .shp » (Figure 21).



Name	Type	Size
ne_50m_admin_0_countries.cpg	CPG File	1 KB
ne_50m_admin_0_countries.dbf	DBF File	535 KB
ne_50m_admin_0_countries.prj	PRJ File	1 KB
ne_50m_admin_0_countries.README.html	Chrome HTML ...	24 KB
ne_50m_admin_0_countries.shp	SHP File	1 575 KB
ne_50m_admin_0_countries.shx	SHX File	2 KB
ne_50m_admin_0_countries.VERSION.txt	Text Document	1 KB

Figure 21 : Sélection du fichier de type « SHP File » avec l'extension « .shp » lors de l'ajout d'une couche vectorielle en format shapefile.

Notez également que le format « **GeoPackage** » devient la référence pour les données vectorielles et il semblerait que ce format soit amené à remplacer le format « shapefile » à termes. Il présente notamment l'avantage de contenir l'information d'une couche vectorielle dans un seul et unique fichier (contrairement au shapefile). Une discussion à ce propos est disponible ici <https://www.gis-blog.com/geopackage-vs-shapefile/>.

Note 5 : A propos des formats des couches vectorielles

Vos données s'ajoutent dans la fenêtre de visualisation spatiale du projet QGIS (Figure 22).

- **Visualisez** les différentes couches d'information
- Si nécessaire, **dans le panneau « Couches »**, pour assurer une bonne visualisation des informations ajoutées,
 - Modifiez l'**ordre vertical** des couches
 - **Activez/désactivez** certaines couches
 - **Zoomez** sur l'étendue d'une couche en particulier, par exemple via un « Clic-droit sur le nom de la couche > Zoomer sur la couche ».
 - Eventuellement, modifiez la **symbologie** de certaines couches via un clic-droit sur la couche dans le panneau « Couches » > Propriétés... > Symbologie > modification de la couleur (dont transparence), de l'épaisseur des traits, etc (plus d'information à propos de la symbologie des couches vecteurs est disponible à la section 7.16.4.1 page 202)

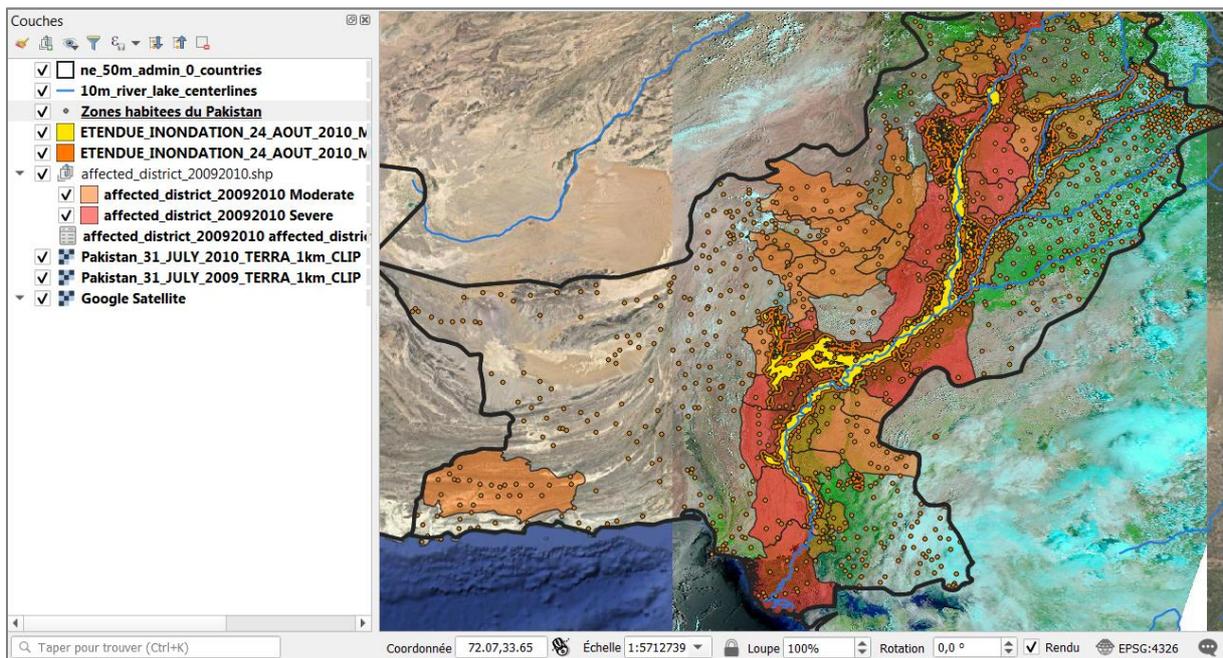


Figure 22 : Aperçu de la fenêtre de visualisation spatiale du projet QGIS « Inondations Pakistan », sur une partie du Pakistan, après ajout des données vectorielles (pays du monde avec contour noir et remplissage transparent, les zones habitées du Pakistan sous la forme de points, les fleuves du monde en bleu, les zones inondées et districts impactés en jaune, orange et rouge), des données raster (images satellites MODIS) et de l'image de fond « Google Satellite » via un service web). Les données ont été réarrangées dans le panneau « Couches » (ordre vertical) et la symbologie de certaines couches a été modifiée.

Remarque : pour visualiser l'effet d'un changement du système de coordonnées d'un projet QGIS sur la représentation spatiale des données, reportez-vous aux indications données à la fin de la section « 7.2.2 », page 35 et suivante, ci-dessus. Une fois cela fait, passez à la section 7.3.1.2 ci-après.

7.3.1.2. Ajouter une couche raster dans QGIS

- Cliquez sur le bouton  Raster
- Naviguez vers le raster à ajouter

Dans ce cas-ci :

- Naviguez vers « ...\\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\\DONNEES\\2 Ajout de donnees Attributs Selection\\IMAGE\\ »
- Sélectionnez les **2 fichiers raster** présents dans ce répertoire :
 - « Pakistan_31_JULY_2009_TERRA_1km_CLIP.tif »
 - « Pakistan_31_JULY_2010_TERRA_1km_CLIP.tif »
- Rappelez-vous de l'outil « **Map Swipe Tool** » permettant de faciliter la comparaison visuelle de couches d'information superposées, outils déjà présenté à la section 7.1.5 page 22.
- Des **aperçus du résultat** sont visibles aux Figure 22 et Figure 23.



Figure 23 : Comparaison, à l'aide des 2 images satellites MODIS et de l'outil « Map Swipe Tool », d'un segment du fleuve Indus au centre du Pakistan, pendant (partie Nord) et avant (partie Sud) l'inondation du 24 août 2010. Le bleu correspond à l'eau du fleuve.

7.3.2. Ajouter des données ponctuelles à partir de leurs coordonnées géographiques XY

Vous allez utiliser le fichier Excel « **Zones habitees du Pakistan.xls** » contenant les coordonnées des principales zones peuplées du Pakistan, exprimées dans le système de coordonnées « **WGS84 EPSG : 4326** », pour les positionner sur la carte via la **création d'un fichier shapefile de points**. Vous **exporterez** la couche de points importée comme nouveau fichier shapefile indépendant que vous nommerez « **Zones habitees du Pakistan.shp** » et vous l'ajouterez dans votre projet QGIS (Figure 22).

- Ouvrez le fichier contenant les données ponctuelles XY en dehors de QGIS pour en avoir un aperçu. Comme, dans ce cas-ci, vos données GPS sont dans un tableur « Excel », utilisez Excel pour les visualiser. Après visualisation, fermez Excel.

2 méthodes sont présentées dans les 2 sections suivantes pour importer des données ponctuelles XY. Utilisez les **indications de la section 7.3.2.1 page 48**. Inutile de suivre les indications de la section 7.3.2.2 page 50 qui propose une manière alternative et moins directe de procéder.

!! Pour une procédure plus générale, reprenant notamment les conditions que la construction d'un tableur de données ponctuelles XY doit remplir avant l'importation dans QGIS, voir l'**Annexe 4 « Fiche technique pour l'importation de points XY (GPS par exemple) dans QGIS à partir d'un tableur »**.

7.3.2.1. Ajouter des données ponctuelles XY à partir d'un tableur (Excel ou Libre/OpenOffice par exemple)

Pour importer dans QGIS des données ponctuelles XY (coordonnées géographiques) à partir d'un tableur Excel ou Libre/OpenOffice, utilisez l'outil « **Créer une couche de points à partir d'une table** » (Figure 24). Pour ce faire :

- Cliquez sur le menu : « **Traitements > Boîte à outils > Création de vecteurs > Créer une couche de points à partir d'une table** »
- Naviguez vers le fichier à importer, dans ce cas-ci, « **Zones habitees du Pakistan.xls** », sélectionnez-le et cliquez sur « Open »
- Sélectionnez comme « Champ X » et « Champ Y » les colonnes de la feuille Excel qui contiennent les coordonnées de longitude (X) et de latitude (Y) respectivement, dans ce cas-ci, « **X_LONGITUD** » et « **Y_LATITUD** »
- Sélectionnez comme « SCR cible » (Système de Coordonnées de Référence) le SCR dans lequel les coordonnées géographiques de la feuille Excel sont exprimées, dans ce cas-ci, « **code EPSG : 4326 - WGS84** ».
- Comme « Points depuis une table », naviguez vers le répertoire dans lequel enregistrer le fichier shapefile de points résultant de l'opération (« Enregistrer vers un fichier... ») et nommez-le, dans ce cas-ci, « **...\2 Ajout de donnees Attributs Selection\SHAPEFILE\Zones habitees du Pakistan.shp** »,
- Cliquez sur « Executer » puis « Fermer »

Les coordonnées géographiques XY sont importées comme couche vectorielle shapefile de points dans QGIS. Une couche automatiquement nommée « **Points depuis une table** » s'ajoute dans le panneau « Couches ». Afin de voir apparaître dans le panneau « Couches » le shapefile de points portant le nom que vous lui avez assigné, vous pouvez supprimer du panneau « Couches » la couche « Points depuis une table » (clic-droit sur la couche > Supprimer la couche) et y ajouter le fichier vectoriel shapefile portant le nom que vous lui avez assigné, à partir du répertoire dans lequel vous l'avez enregistré.

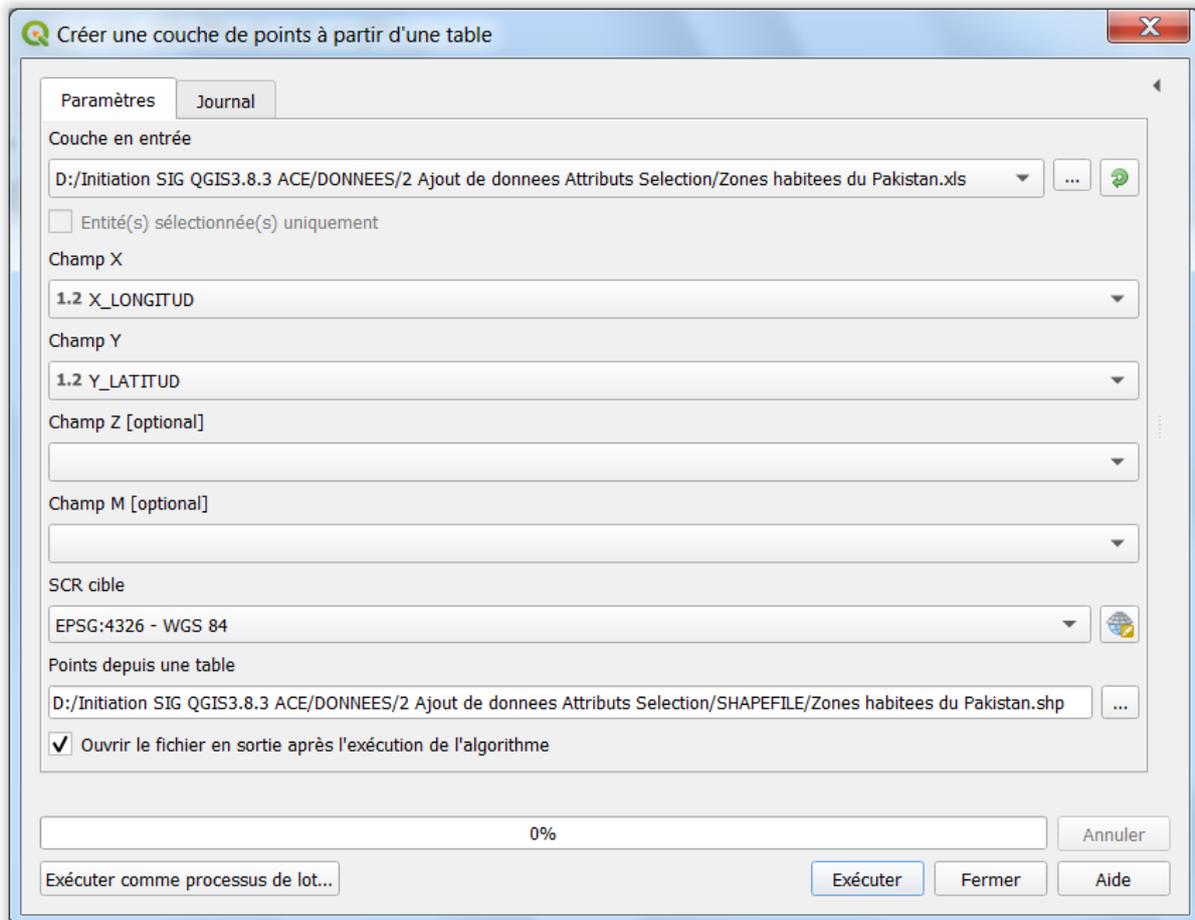


Figure 24 : Fenêtre d'importation de données ponctuelles XY à partir d'un tableur Excel via l'outil « Créer une couche de points à partir d'une table »

7.3.2.2. Ajouter des données ponctuelles XY à partir d'un fichier texte délimité

Dans le cas de l'exercice « Pakistan », **vous pouvez passer cette section-ci** si vous avez déjà réalisé l'ajout de données ponctuelles XY via la fonction décrite dans la section précédente. La méthode décrite dans cette section-ci (7.3.2.2) est moins directe que celle de la section précédente.

Pour importer des données ponctuelles XY à partir d'un fichier texte délimité :

Si votre fichier est en format Excel ou Libre/OpenOffice par exemple, et que vous désirez utiliser la méthode d'importation « texte délimité », vous devez préalablement **exporter ce fichier en format « texte délimité »** (csv, etc).

- Dans Excel, cliquez sur « File > Save as > »
- Choisissez comme « Save as type : » : « CSV (comma delimited) (*.csv) »
- Choisissez le répertoire de sortie, et nommez votre fichier (*dans ce cas-ci, « Zones habitees du Pakistan.csv »*).
- Cliquez sur « OK » et « Yes » autant de fois qu'il sera nécessaire pour finaliser cette opération

Vous obtenez donc un **fichier CSV** (*dans ce cas-ci, « Zones habitees du Pakistan.csv »*).

- Ce fichier peut être ouvert à l'aide d'un éditeur de texte (Bloc note, Notepad,...)

→ **Pour importer** dans QGIS les positions enregistrées dans le **fichier CSV** (« Zones habitees du Pakistan.csv ») :

- Dans QGIS, ouvrez la fenêtre accessible via le bouton « Gestionnaire des sources Open Data » 
- Cliquez sur le bouton « Ajouter une couche de Texte Délimité » 

La fenêtre « Créer une couche depuis un fichier texte délimité (CSV) » apparait (Figure 25).

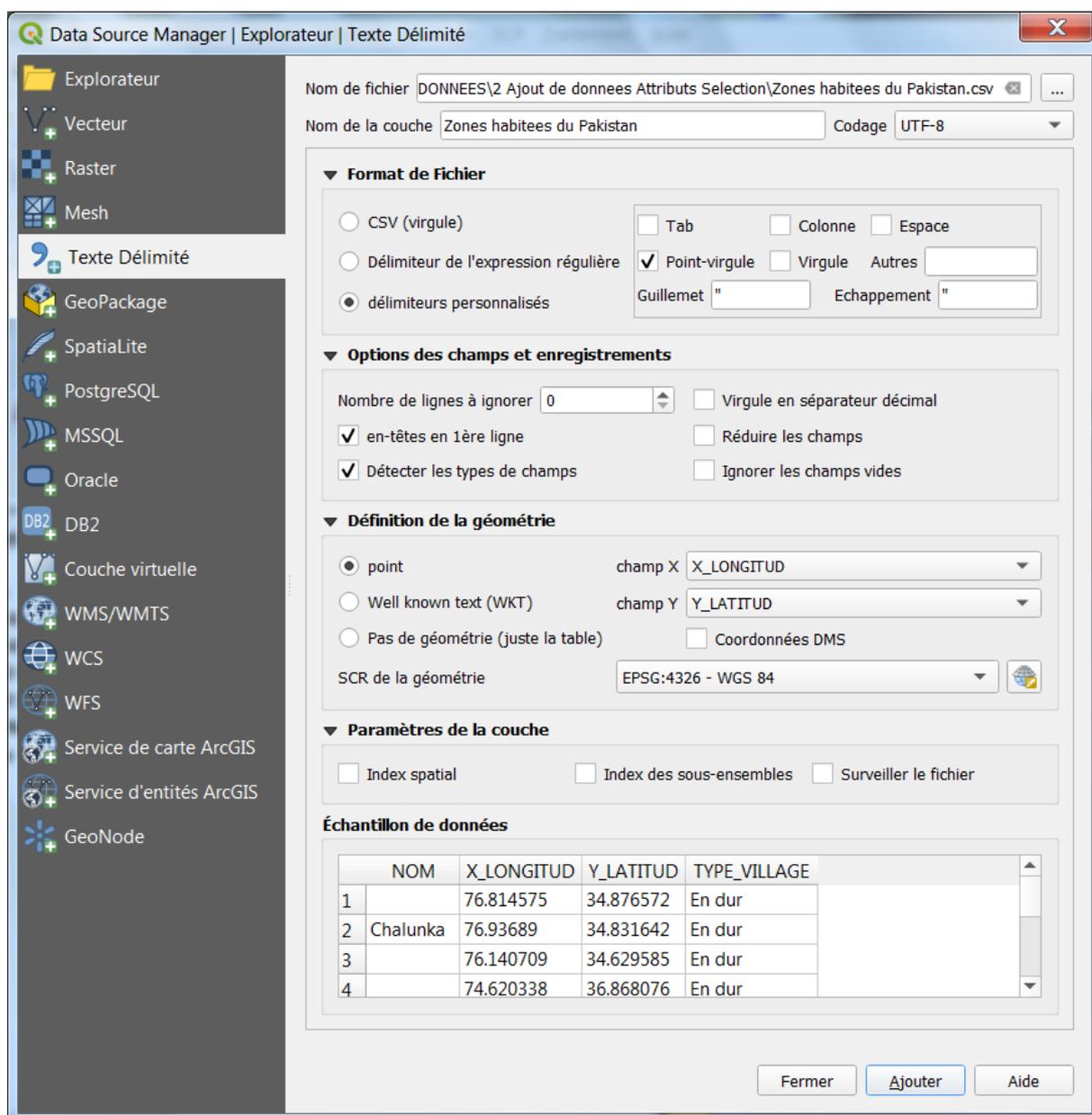


Figure 25 : Fenêtre d'importation de données ponctuelles XY à partir d'un fichier de type « Texte Délimité » (CSV dans ce cas-ci)

Paramétrez correctement cette fenêtre,

- Cliquez sur « Parcourir » pour naviguez vers le fichier de texte délimité d'intérêt, *dans ce cas-ci « Zones habitees du Pakistan.csv ».*
- Choisissez le « **Format de fichier** » correspondant à votre fichier texte délimité contenant les coordonnées géographiques. Dans le cas d'un fichier texte CSV avec comme séparateur des « ; », choisissez « **délimiteurs personnalisés** » et cochez la case « Point-virgule »
- Cochez la case « **en-têtes en 1^{ère} ligne** » si votre fichier contient une ligne d'en-tête.
- Choisissez comme « **Définition de la géométrie** » : « point »
- Faites correspondre

- au « **Champ X** » la colonne de votre fichier contenant les informations sur la longitude, *dans ce cas-ci « X_LONGITUD »*
- au « **Champ Y** » la colonne de votre fichier contenant les informations sur la latitude, *dans ce cas-ci « Y_LATITUD »*
- Choisissez comme « **SCR de la géométrie** » le « Système de Coordonnées de Référence » dans lequel sont exprimés les points à importer (*dans ce cas-ci, « EPSG : 4326 - WGS84 »*). En cas de doutes sur le système de coordonnées à utiliser, les sections 7.2.4 et 7.2.4.1 pourront peut-être vous aider.
- Une option est disponible pour l'importation de points exprimés en « DMS » (Degrés-Minutes-Seconde), *ce qui n'est pas utile dans ce cas-ci étant donné que nos points sont exprimés en Degrés Décimaux.*

Le bas de la fenêtre « **Echantillon de données** » vous donne un aperçu de comment votre fichier texte est lu sur base des paramètres que vous avez définis ci-dessus. Si l'affichage n'est pas correcte, à vous d'adapter les paramètres. Si l'affichage est correct :

- Cliquez sur « **Ajouter** » puis « **Fermer** »

Vos points sont importés dans QGIS.

Si les points ne sont pas visibles, pour les visualiser :

- Cliquez-droit sur la couche de points dans le panneau « Couches » et cliquez sur « **Zoomer sur la couche** »

Les points devraient apparaître dans l'interface spatiale, *dans ce cas-ci sur le Pakistan.*

La couche de point importée n'est **pas encore enregistrée comme un fichier vectoriel indépendant du fichier « .csv »**. Pour créer un tel fichier, suivez les instructions données à la section ci-dessous « **7.7 Exporter un fichier vectoriel ou raster et fonctions associées** » (en résumé : cliquez-droit sur la couche à exporter > Exporter > Sauvegarder les entités sous... > choisir le format « ESRI shapefile » et le répertoire de sortie).

7.3.3. Ajouter divers fonds de carte (En : base maps) à partir de serveurs web

Dans le cas de l'exercice « Pakistan », choisissez une des 2 méthodes « QuickMapServices » ou « XYZ tiles » (confer indications ci-dessous), pour vous faire une idée du contexte spatial de la zone étudiée en visualisant par exemple, une couverture satellite très haute résolution de la zone (Figure 22), le relief et les données d'OpenStreetMap.

Via QGIS et une connexion internet, il est possible de se connecter à de nombreux services de visualisation de données en ligne mettant notamment à disposition divers « **fonds de carte** » ou « **base maps** ». Ces données sont par exemple :

- **Imagerie satellite** (Google, ESRI, Bing)
- **Carte du relief** (ESRI terrain, physical, shaded relief ; GOOGLE terrain, physical ; STAMEN terrain ; OCM Landscape ;...)
- **Cartes de l'occupation du sol, routes, lieux, etc** (GOOGLE maps, streets ou road ; WIKIMEDIA ; [OpenStreetMap \(OSM\)](#) ;...)
- Et bien d'autres...

Attention, vous devrez **être connecté à internet** pour pouvoir en bénéficier !

3 outils, offrant en partie les mêmes services mais ayant également certaines spécificités, sont présentés dans les 2 sections suivantes.

7.3.3.1. Via les extensions « QuickMapServices » et « OpenLayers Plugin »

« QuickMapServices » et « OpenLayers Plugin » sont toutes deux des **extensions**. Vous devez donc **les installer** via le menu « Extension > Installer/Gérer les extensions >... » (confer la section 7.1.9 page 27).

« QuickMapServices »

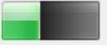
- Le menu « **QuickMapServices** » s'installe dans le menu principal « **Internet** » et est également disponible via le bouton 
- Pour **ajouter une série importante de services supplémentaires**, cliquez sur « Internet > QuickMapServices > Settings > onglet « More services » > et cliquez sur « Get contributed pack » > cliquez sur « Enregistrer » ».
- Le bouton « **Search QMS** »  est très pratique car il permet d'obtenir directement accès aux serveurs de données disponibles spécifiquement sur l'étendue géographique actuellement utilisée dans l'interface QGIS. (Testez cette fonctionnalité par exemple en zoomant d'abord sur l'étendue du Grand-Duché de Luxembourg, puis en cliquant sur ce bouton. Les services disponibles apparaîtront dans la fenêtre « Search QMS ».)

« OpenLayers Plugin »

- Le menu « **OpenLayers Plugin** » s'installe dans le menu « **Internet** ».
- Attention, cette extension est **souvent défectueuse**... à utiliser avec beaucoup de précaution...

Pour visualiser les données de « QuickMapServices » ou « OpenLayers Plugin » dans l'interface de QGIS :

- Cliquez sur les données souhaitées dans les menus de ces services

L'affichage peut parfois prendre un peu de temps (cela dépend notamment de la qualité de votre connexion internet). Tant que l'image n'est pas complètement chargée, un bouton, en bas de l'interface de QGIS, , reste actif. Une fois l'image chargée, il peut être nécessaire d'

- **actualiser la fenêtre de visualisation** à l'aide du bouton « **Actualiser** »  afin de faire apparaître la donnée sélectionnée.

Faites également attention à l'ordre des couches dans le panneau « Couches » car les couches supérieures peuvent cacher les couches inférieures.

- **Changez l'ordre des couches ou activez/désactivez certaines couches** afin d'obtenir le rendu souhaité.

7.3.3.2. Via le menu « XYZ tiles »

Le menu « **XYZ tiles** » de QGIS permet, via un webservice, d'accéder à une **série de fonds de carte dont des images satellites très hautes résolution (ESRI, GOOGLE, BING) et d'autres types de carte (Google maps, OpenStreetMap, relief, etc, etc)**.

Pour y accéder, procéder comme indiqué ci-dessous (Figure 26). Ces manipulations ne doivent se faire qu'une seule fois. Les webservices ajoutés resteront disponibles pour les futurs et anciens projets QGIS.

- Dans l'interface QGIS, cliquer sur le bouton de la **console Python**  qui s'ouvrira dans l'interface
- Se rendre sur la **page web** :
 - https://raw.githubusercontent.com/klakar/QGIS_resources/master/collections/Geosupportsystem/python/qgis_basemaps.py
- **Copier l'ensemble du script** présent sur cette page dans le presse-papier
- **Coller l'ensemble du script dans la console Python de QGIS** après les marques « >>> » dans la partie inférieure de la console (confer la partie inférieure de la Figure 26).
- **Attendre** une dizaine de secondes que le code se soit correctement exécuté
- Après, toujours dans la console, terminer l'opération en tapant la touche « **Enter** »

- Une série de services web est venue s'ajouter dans le menu accessible via le bouton



« **Gestionnaire des sources Open Data > Explorateur > XYZ Tiles** » (Figure 26).

- Ces services peuvent maintenant être ajoutés dans l'interface QGIS via un double clic sur les services d'intérêt de ce même menu.
- La console Python peut être fermée.

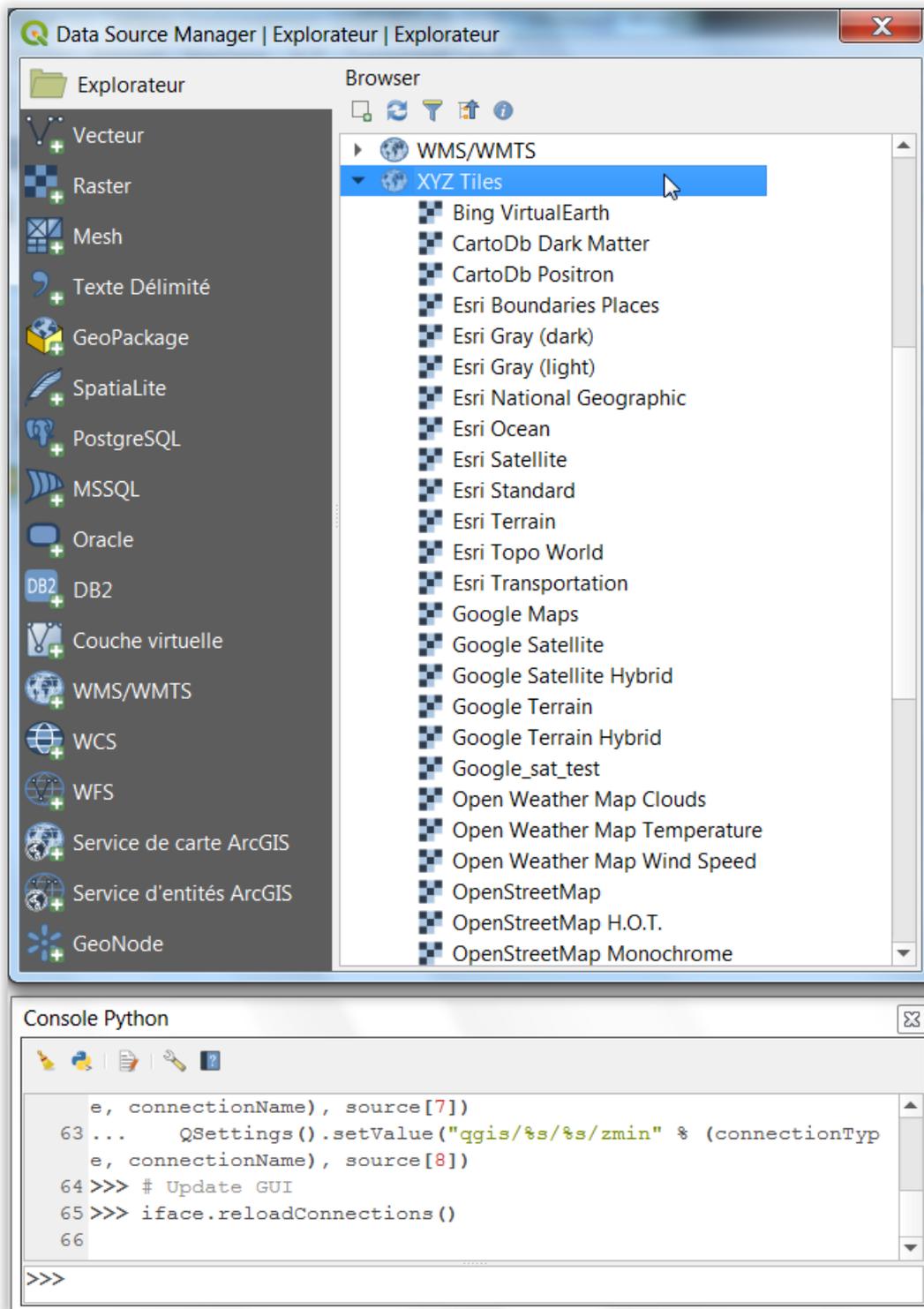


Figure 26 : Ajout d'une série de services web dans QGIS via la console Python et le bouton « Gestionnaire des sources Open Data > Explorateur > XYZ Tiles ».

7.3.4. Ajouter des données disponibles via des « services web spatiaux » de types WMS/WMTS, WFS, WCS

Vous ajouterez dans QGIS, via WMS, des données provenant du site web « **Global Flood Awareness System** » (GloFAS) :

- <https://www.globalfloods.eu/>

“GloFAS is the global flood service of the European Commission Copernicus Emergency Management Service, an operational system monitoring and forecasting floods across the world.”

Vous utiliserez dans QGIS, pour la connexion au WMS, l'**adresse web URL** suivante :

- <http://globalfloods-ows.ecmwf.int/glofas-ows/ows.py?>

Cette adresse WMS peut être retrouvée dans le document suivant :

- https://www.globalfloods.eu/static/downloads/GloFAS-WMS-T_usermanual.pdf, lui-même disponible via la page :
- <https://www.globalfloods.eu/general-information/data-and-services/>

En particulier, vous ajouterez **les données** suivantes :

- « **Accumulated Precipitations** » : les précipitations cumulées pour une période de prévision de 10 jours..., disponible dans le répertoire WMS
 - 0 > 57 > 64 > Accumulated Precipitations
- « **Flood hazard 100 year** » : le risque d'inondation centennal (avec une période de retour de 100 ans), disponible dans le répertoire WMS
 - 0 > 1 > 4 > Flood hazard 100 year

Une fois les données ajoutées dans QGIS, jetez-y un rapide coup d'œil pour le Pakistan (**Figure 27**) et aidez-vous de la légende disponible dans le panneau « Couches » pour l'interprétation.

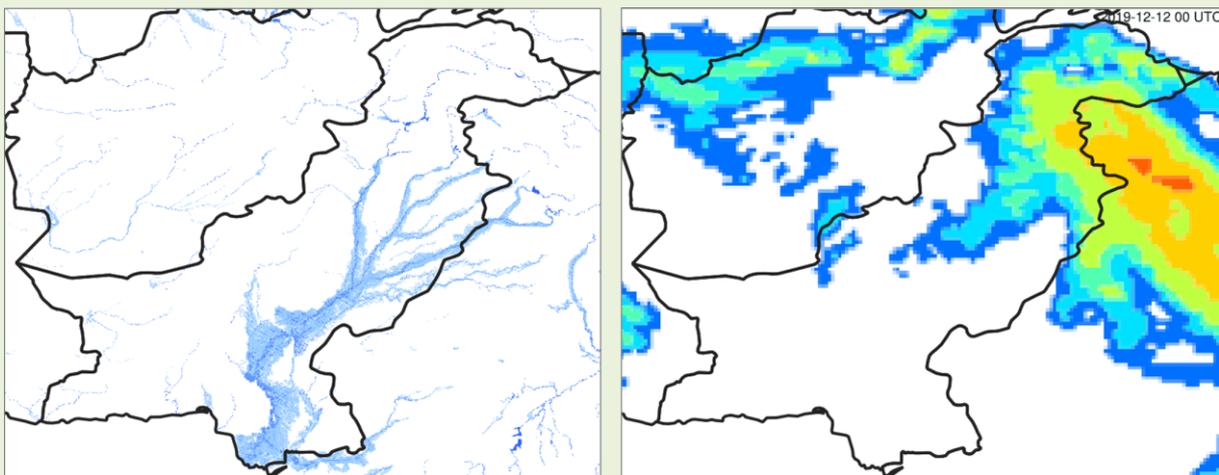


Figure 27 : Aperçu, pour le Pakistan, des données « Flood hazard 100 year » (à gauche) et « Accumulated Precipitations » (à droite), ajoutées dans QGIS à partir du service web de type WMS du « Global Flood Awareness System » (GloFAS)

Cette manipulation a pour seul but de vous indiquer la marche à suivre pour utiliser ce type de service dans QGIS et n'a pas de réelle utilité au regard dans la contextualisation « Pakistan ».

*Pour info, le site « GloFAS » présente également un **géoportail classique** sur lequel vous pourrez visualiser les données directement en ligne (sans passer par QGIS). Ce géoportail est accessible moyennant inscription à l'adresse suivante :*

<https://www.globalfloods.eu/accounts/login/?next=/glofas-forecasting/> (à ne pas faire, sauf si intérêt particulier)

Certaines organisations mettent toute une série d'informations géographiques en ligne à via des serveurs de « **services web spatiaux** » (En : « spatial web services ») de différents types. Ces services web permettent à des « clients web » (par exemple : QGIS) d'accéder aux informations géographiques qu'ils stockent, avec la possibilité de sélectionner ces données sur une zone géographique particulière.

7.3.4.1. Définition de 3 types de “services web spatiaux” de référence

Citons 3 « services web spatiaux » standards et « open source » qui respectent les spécifications/normes maintenues par l'Open Geospatial Consortium (OGC) :

7.3.4.1.1. WMS et WMTS : « Web Map (Tile) Service »

- Donne accès à une **image** géoréférencée des données géographiques qu'elle représente
- Cette image peut être sous différents formats :
 - Formats image : JPEG, PNG, GIF, etc
 - Format vectoriel : points, lignes, courbes et texte, aux formats comme le SVG ou le WebCGM
- L'information spatiale utilisée pour réaliser l'image visualisée n'est pas accessible. Seule la visualisation de cette information est possible.

7.3.4.1.2. WFS : « Web Feature Service »

- Donne accès à des données géographiques brutes de type « **vectoriel** » (points, lignes, polygones...)
- Il est possible de réaliser une série de manipulations sur ces données : édition (mise à jour, création, suppression), analyse spatiale (requêtes), modification de la symbologie, etc.

7.3.4.1.3. WCS : « Web Coverage Service »

- Donne accès à des **données géographiques brutes de type « coverage »** dont des données de types raster (par exemple : une image satellite brute avec accès à toutes les bandes spectrales, un MNT, etc).

- Il est possible de réaliser une série de manipulations sur ces données : analyse spatiale (requêtes), modification de la symbologie, etc
- La définition précise de « coverage » dans l'expression « WCS » ne semble pas évidente à trouver sur le web.

7.3.4.2. Accéder aux données disponibles via les « services web spatiaux »

De très nombreux services web spatiaux (plusieurs dizaines de milliers) sont disponibles sur le net. Un exemple de procédure est donné ci-dessous pour trouver un service web spatial et accéder à ses données dans QGIS.

7.3.4.2.1. Trouver un service web spatial

Plusieurs possibilités existent pour trouver un service web spatial, par exemple :

- **Recherche GOOGLE**
 - Faire une recherche dans Google en utilisant comme **mots-clefs** : le nom de la région ou du pays d'intérêt, la thématique des données recherchées, le type de service web spatial (WFS, WMS, WCS,...), par exemple : « Pakistan floods WMS ».
 - le résultat final de votre recherche doit être **une adresse « URL »**, c'est-à-dire une adresse web commençant par « http:// »
 - Copiez cette adresse URL et utilisez-la dans QGIS (confer section suivante)
- **Sites web spécialisés**
 - Faire une recherche sur un site web répertoriant les services web spatiaux. Par exemple, le site web <http://directory.spatineo.com/> permet de rechercher ces services dans une base de données très importante (mais probablement pas exhaustive), par mots-clefs (région, thème), par critères géographiques (pays, continent) et par type de service.
 - Le résultat d'une recherche sur ce site donne une liste de services web spatiaux.
 - En cliquant sur un service, vous obtenez une page web présentant le service : les données disponibles et **l'adresse « URL »** à utiliser dans QGIS pour se connecter à ce service et accéder aux données.
 - Copiez cette adresse URL et utilisez-la dans QGIS (confer section suivante)

7.3.4.2.2. Utiliser un service web spatial dans QGIS

Dans le cas de l'exercice « Pakistan », suivez les indications ci-dessous afin d'ajouter les données décrites en début de section 7.3.4 à partir d'un serveur de type **WM(T)S**.

Une fois l'adresse URL d'un service web spatial trouvée (confer ci-dessus), dans QGIS :

- Cliquez sur un des boutons  **WMS/WMTS**  **WCS**  **WFS**, respectivement « Ajouter une couche WMS/WMTS, WCS, WFS », en fonction du type de service à utiliser.
- Cliquez sur le bouton « **Nouveau** » pour « **Créer une nouvelle connexion à un service** » (Figure 28).

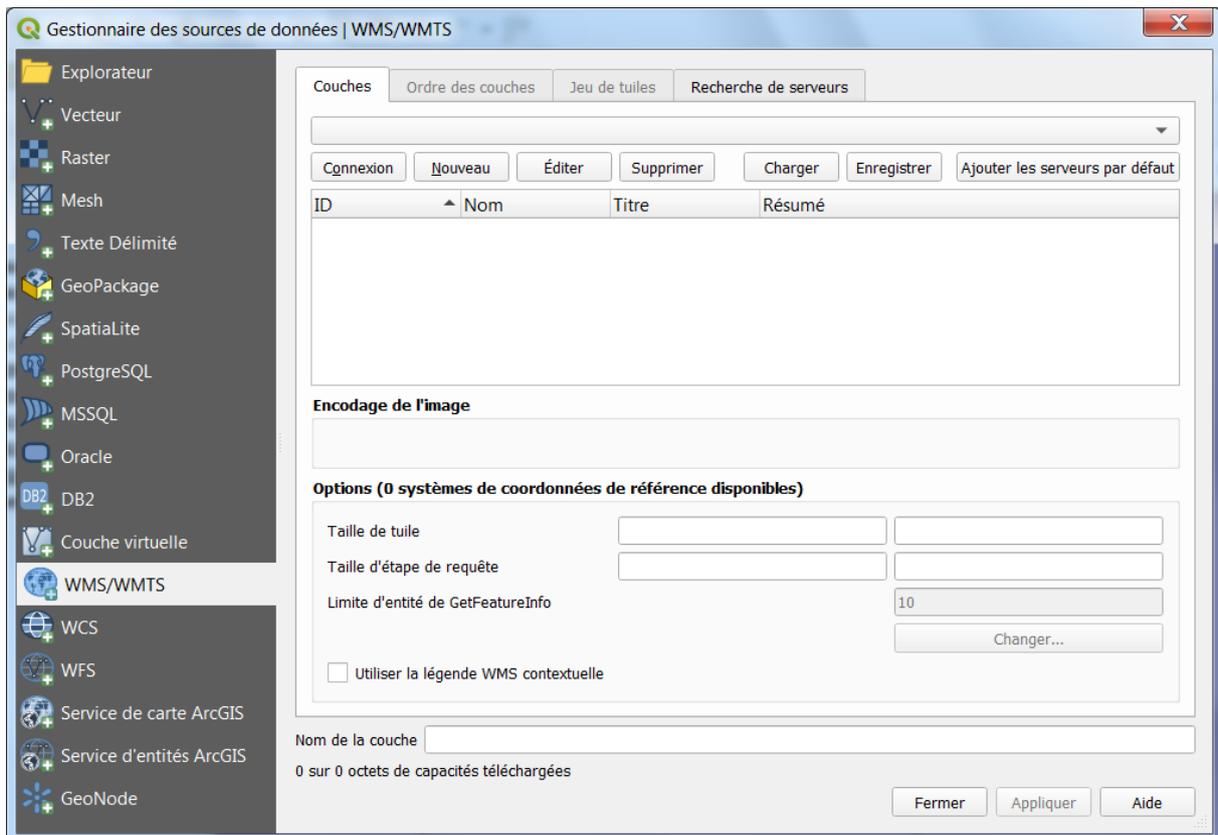


Figure 28 : Fenêtre permettant l'ajout d'une connexion vers un serveur WMS/WMTS

- Dans la fenêtre qui apparaît (Figure 29),
 - Nommez votre connexion (un nom de votre choix)
 - Collez l'adresse internet URL correspondant au service dans le menu « URL », *dans ce cas-ci :*
 - <http://globalfloods-ows.ecmwf.int/glofas-ows/ows.py?>
 - Si le service n'est pas sécurisé, « Nom d'utilisateur » et « Mot de passe » ne sont pas utiles. Sinon, renseignez-vous via le site web fournisseur des données pour accéder à ces informations.
 - Cliquez sur « OK »

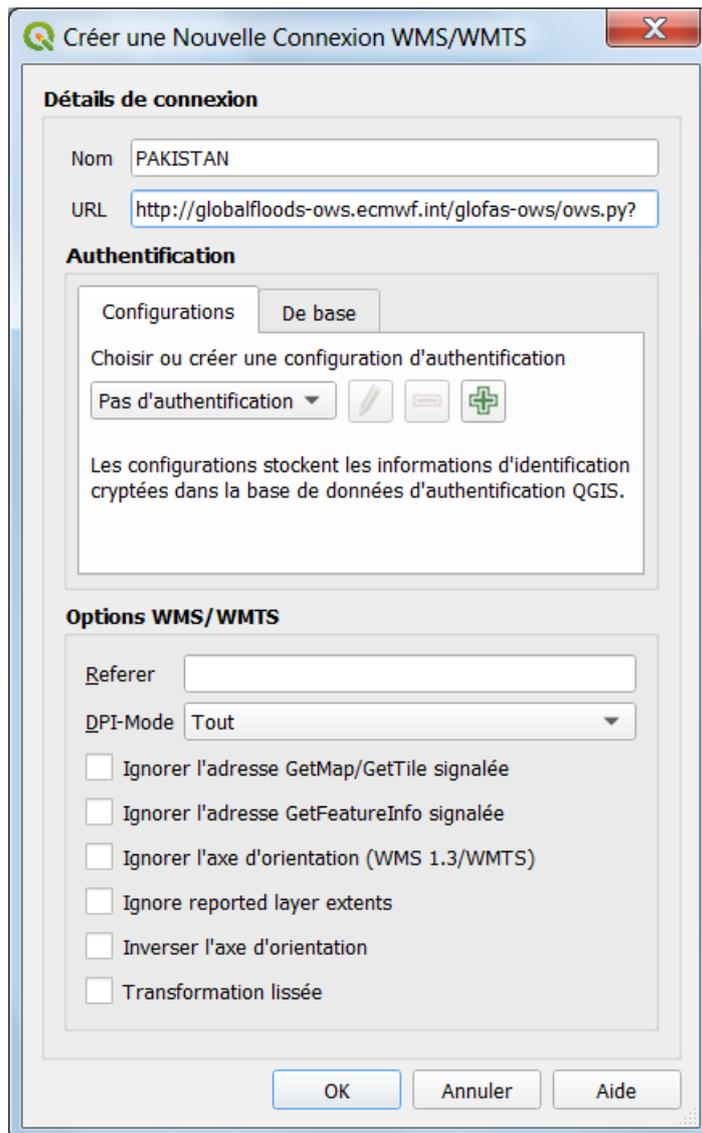


Figure 29 : Fenêtre de création d'une nouvelle connexion WMS

Dans la fenêtre « Gestionnaire des sources de données | WMS/WMTS » (Figure 30),

- Cliquez sur le bouton « **Connexion** »
 - La liste des services disponibles à cette adresse apparait

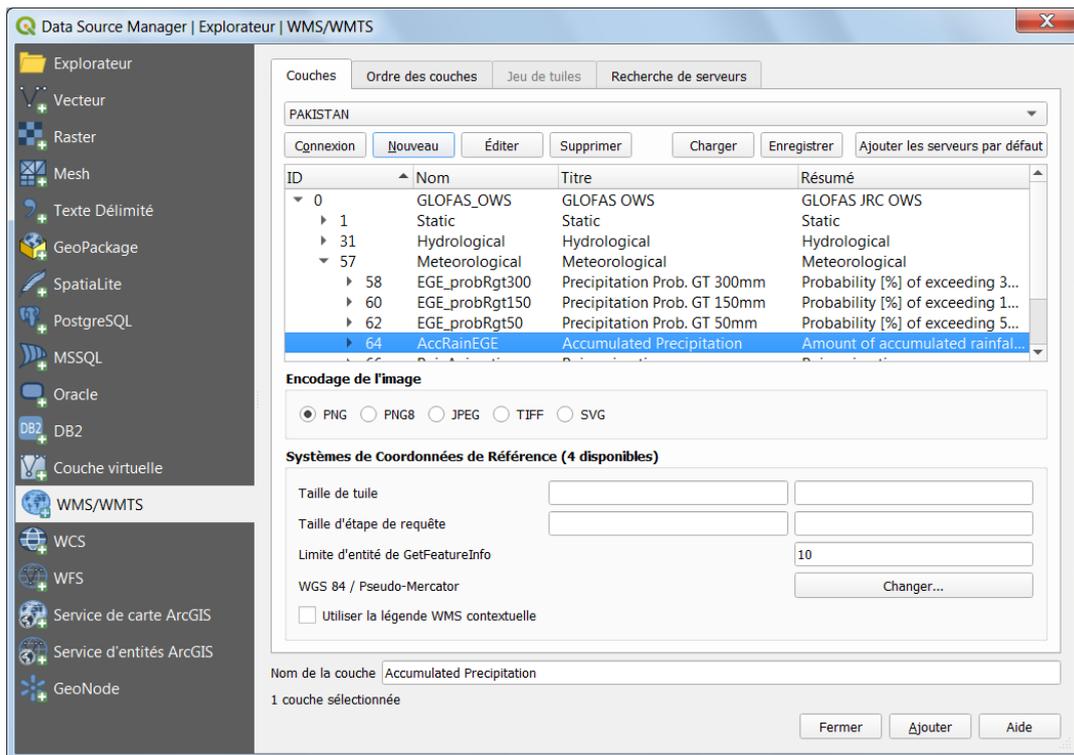


Figure 30 : Fenêtre d'ajout des couches d'un serveur WM(T)S

- Sélectionnez le service d'intérêt dans la liste.
- Choisissez le format d'encodage de l'image (pour les WMS)
- Cochez éventuellement « Utiliser la légende WMS contextuelle (pour les WMS) (à ne pas utiliser dans ce cas-ci car les légendes sont corrompues) »
- Nommez la couche ou gardez le nom proposé par défaut
- Cliquez sur « Ajouter »
- Sélectionnez et ajoutez éventuellement une autre donnée
- Cliquez sur « Fermer »

La (les) couche(s) d'information choisie(s) apparai(ssen)t dans l'interface de QGIS.

Une couche dans QGIS = un lien qui pointe vers une donnée source !

Lorsque vous ajoutez des données dans un projet QGIS, vous ne faites que créer **un lien** qui pointe vers le fichier source et qui permet l'affichage de cette donnée source dans le projet QGIS. Un projet QGIS (document avec l'extension « .qgz ») peut être vu comme une simple interface à travers laquelle vous pouvez réaliser des opérations sur vos données géographiques, dont l'enregistrement de votre mise en page (pour la réalisation d'une carte par exemple) et les propriétés de vos couches (symbologie,...) et de vos blocs de données (système de coordonnées,...). Un projet QGIS ne contient pas en tant que tel vos données. Une couche ajoutée dans QGIS n'est donc qu'un lien qui pointe vers une donnée source stockée sur un disque dur, une clef USB, etc. Un même fichier peut être affiché de différentes manières dans différents projets QGIS coexistants en même temps.

Note 6 : Une couche dans QGIS = un lien qui pointe vers une donnée source !

7.4. La table d'attributs

A l'aide des indications ci-dessous prenez connaissance des informations présentes dans les tables d'attributs des shapefiles du projet Pakistan (en particulier « Zones habitees du Pakistan.shp »).

7.4.1. Utilité de la table d'attributs

Les « **données attributaires** » d'un fichier de données géographiques ou « **Table d'attributs** » (Figure 31) (le fichier avec l'extension « .dbf » (confer section 7.1.4 page 21)) sont facilement accessibles dans QGIS.

Chaque **colonne** de la table d'attributs, aussi appelée « **champ** » (« field » en anglais) contient une information (ou « variable ») décrivant les entités spatiales (exemples : superficie, classe de qualité, nom, etc, etc).

Ces données peuvent être utilisées pour diverses opérations telles :

- La **sélection** de données : par exemple pour sélectionner des pays dont la démographie est supérieure à une valeur donnée.
- L'utilisation d'une **symbolologie** : par exemple pour attribuer aux pays une couleur relative à leur Indice de Développement Humain (IDH).

Dans la **table d'attributs** (Figure 4), **1 ligne** (ou un « enregistrement ») **correspond à 1 entité spatiale**. 1 entité spatiale peut être composée de plusieurs polygones ou plusieurs lignes ou plusieurs points, spatialement distincts, que l'on appellera alors « **entité multi-parties** » (En : « multipart feature »).

	NOM	X_LONGITUD	Y_LATITUD	TYPE_VILLAGE
9	WAH	72,751793	33,774338	En terre
10	Wad	66,369141	27,333757	En dur
11	Virawah	70,77198	24,524261	En dur
12	Vihowa	70,508194	31,129446	En dur
13	Vihari	72,348259	30,045731	En terre
14	Vakrio	70,457207	24,809126	En terre

Figure 31 : Aperçu d'une table d'attributs

7.4.2. Accéder à la table d'attributs

Deux possibilités s'offrent à vous pour accéder aux données attributaires dans QGIS :

- Ouverture de la « Table d'attributs »
- L'outil d'identification 

7.4.2.1. Ouvrir la table d'attributs

Pour ouvrir une table d'attributs :

- Cliquez-droit sur le nom de la couche dont vous voulez visualiser la table d'attributs
- Cliquez « Ouvrir la table d'attributs »

La table d'attributs de la couche s'ouvre (Figure 31).

7.4.2.2. L'outil d'identification

A l'aide de cet outil, identifiez le fleuve « Indus » dans le fichier « Pakistan 10m_river_lake_centerlines.shp ». Par curiosité identifiez également les pays voisins du Pakistan dans le fichier « ne_50m_admin_0_countries.shp ».

- Cliquez sur l'outil d'identification  de la barre d'outils « Attributs »
- Cliquez ensuite sur la ou les entité(s) spatiale(s) pour laquelle vous désirez accéder à l'information de la table d'attributs.
- Une fenêtre d'identification de cette entité spatiale (nommée « Identifier les résultats ») apparaît et présente toutes les informations de la table d'attributs de cette entité (correspondant à une ligne de la table d'attributs et à toutes les colonnes (champs)/attributs de la table).

Les différents « Mode » ou options de cet outil permettent :

- Mode « **Couche actuelle** » : n'afficher que les attributs de la couche actuellement sélectionnée dans le panneau « Couches »
- Mode « **De haut en bas, s'arrêter à la première** » : n'afficher que les attributs de la couche supérieure (la plus haute en termes de superposition) sélectionnée dans l'interface spatiale
- Mode « **De haut en bas** » : afficher les attributs de toutes les couches sélectionnées dans l'interface spatiale (lorsque plusieurs couches sont superposées)
- Mode « **Choix de la couche** » : propose, lorsque plusieurs couches sont superposées, dans une petite fenêtre s'ouvrant automatiquement lors du clic de sélection, de choisir une des couches sélectionnées dans l'interface spatiale et de n'afficher que les attributs de cette couche.

7.5. Sélectionner des données

La sélection, dans un fichier donné, de certaines entités spatiales présentant des valeurs attributaires particulières ou un positionnement spatial particulier, peut être utile pour :

- Réaliser des opérations sur une partie seulement des entités spatiales d'un fichier
- Réduire la quantité de données au sein d'un fichier via une sélection suivie d'une exportation des entités sélectionnées dans un fichier indépendant. Ceci peut permettre d'alléger une base de données et de la rendre plus lisible.

! 6^{ème} commandement pour travailler correctement dans QGIS (voir Annexe 1 -) :

Après avoir travaillé avec une sélection, il vaut mieux **désélectionner les entités** à l'aide du bouton «  » afin de ne pas réaliser les opérations suivantes sur une sélection non désirée sans s'en rendre compte.

7.5.1. Sélection simple

Réalisez une **sélection simple du pays Pakistan** dans le shapefile « *ne_50m_admin_0_countries.shp* » à l'aide des indications ci-dessous et exportez-le comme un nouveau fichier shapefile de polygones à l'aide des indications de la section « 7.7 Exporter un fichier vectoriel ou raster et fonctions associées ». Vous appellerez ce fichier « *Pakistan.shp* » et vous l'enregistrerez dans le répertoire « *D:\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\2 Ajout de donnees Attributs Selection* ».

! Attention ! Après l'exportation faite via la section 7.7, passez aux sections 7.5.2 et 7.5.3 ci-dessous.

La méthode de sélection la plus « simple » consiste à **sélectionner manuellement** les entités spatiales. Ce type de sélection peut se faire de 2 façons,

1. Soit dans la fenêtre de visualisation avec les **outils de sélection** de la barre d'outils « Attributs » (Figure 32).
 - Choisissez l'outil de sélection désiré
 - Cliquez sur la / les entité(s) à sélectionner
 - Une sélection multiple est possible en maintenant la touche « ctrl » pressée pendant la sélection

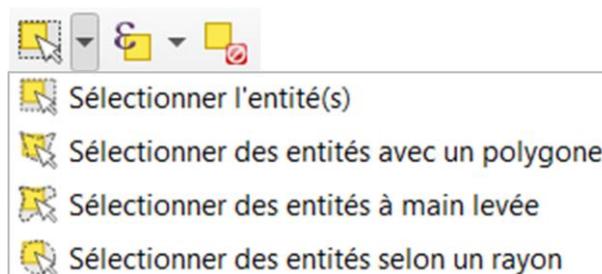


Figure 32 : Outils de sélection manuelle d'entités spatiales

2. Soit dans la **table d'attributs**,

- Ouvrez la table d'attributs du fichier pour lequel vous voulez réaliser une sélection (confer section 7.4.2 page 63)
- Cliquez sur le petit carré gris à l'extrême gauche (en en-tête) de chaque ligne pour sélectionner l'entité correspondant à cette ligne.
- Une sélection multiple est possible en maintenant la touche clavier « ctrl » pressée pendant la sélection

Une série de boutons dans la barre d'outils de la table d'attributs permettent de réaliser les opérations suivantes sur la / les entité(s) sélectionnée(s) :

- Désélectionner
- Déplacer la sélection au sommet de la table d'attributs
- Inverser la sélection
- Centrer la carte et zoomer sur les entités sélectionnées



Afin de faciliter une recherche dans la table d'attributs avant une sélection simple, vous pouvez réaliser un **classement croissant ou décroissant de vos données** selon un champ (une colonne) particulier en cliquant sur une en-tête de colonne de la table d'attributs.

Outre ces méthode de sélection simple, QGIS permet de réaliser des **requêtes de recherche / sélection d'entités** sur base spatiale et attributaire (sections suivantes).

7.5.2. Sélection par attribut

*Vous allez créer un **nouveau fichier shapefile ne contenant que les villages du Pakistan en terre**, villages identifiés comme les plus vulnérables. Pour ce faire réalisez une « sélection par attribut » des villages en terre dans le fichier « Zones habitees du Pakistan.shp » à l'aide des indications ci-dessous et exportez-la vers un nouveau fichier shapefile à l'aide des indications de la section « 7.7 Exporter un fichier vectoriel ou raster et fonctions associées ».*

Attention! Après l'exportation faite via la section 7.7, passez à la section 7.5.3 ci-dessous.

La sélection par attributs permet de sélectionner une / des entités spatiales sur base de leurs attributs à l'aide d'une « requête ».

- **ATTENTION !** Sélectionnez en premier lieu, dans le panneau « Couches », la couche dans laquelle vous voulez réaliser une sélection. La requête s'effectuera en effet uniquement sur la couche sélectionnée dans le panneau « Couches ».
- Cliquez sur le bouton  qui est accessible
 - Soit dans la barre d'outils « Attributs » dans l'interface principale de QGIS
 - Soit dans la barre d'outils de la table d'attributs du fichier d'intérêt

La fenêtre « **Select by expression – nom du fichier** » apparaît (Figure 33). Pour réaliser une sélection, écrivez une expression dans la fenêtre « Expression ». Les entités spatiales correspondant à cette expression seront sélectionnées.

Par exemple, pour sélectionner les villages en terre du Pakistan dans le fichier « Zones habitees du Pakistan.shp » :

- Dans le panneau central de la fenêtre, ouvrez le menu « **Champs et valeurs** » en cliquant sur le signe + devant ce menu. Ce menu s'ouvre et donne accès aux noms de colonnes de la table d'attributs.
- Double-cliquez sur le nom de colonne « **TYPE_VILLAGE** », colonne qui contient les noms des pays. « TYPE_VILLAGE » apparaît dans la partie « Expression » de la fenêtre.
- Simple-cliquez sur le signe « = ». Notez que tous les « opérateurs » sont disponibles via le menu « **Opérateurs** » du panneau central de la fenêtre. Pour information, l'opérateur « différent de » s'écrit « < > »
- Cliquez sur le bouton « Tous uniques » dans la partie droite de la fenêtre. Ceci fait apparaître dans la fenêtre « Valeurs » toutes les valeurs uniques contenues dans la colonne « TYPE_VILLAGE ». Ceci permet d'éviter de devoir écrire la ou les valeurs de la colonne sélectionnée et permet donc d'éviter de faire des fautes de frappe.
- Double-cliquez sur la valeur d'intérêt « **En terre** » de la colonne sélectionnée. La valeur « En terre » apparaît dans la partie « Expression » de la fenêtre et complète l'expression de sélection qui devrait maintenant correspondre à :
 - « **"TYPE_VILLAGE" = 'En terre'** » (Figure 33).
- Choisissez une des options de sélection via le menu déroulant du bouton de sélection en bas à droite de la fenêtre de sélection.
- Fermez la fenêtre de sélection

Les entités correspondantes (*les villages en terre du Pakistan*) devraient être sélectionnées.

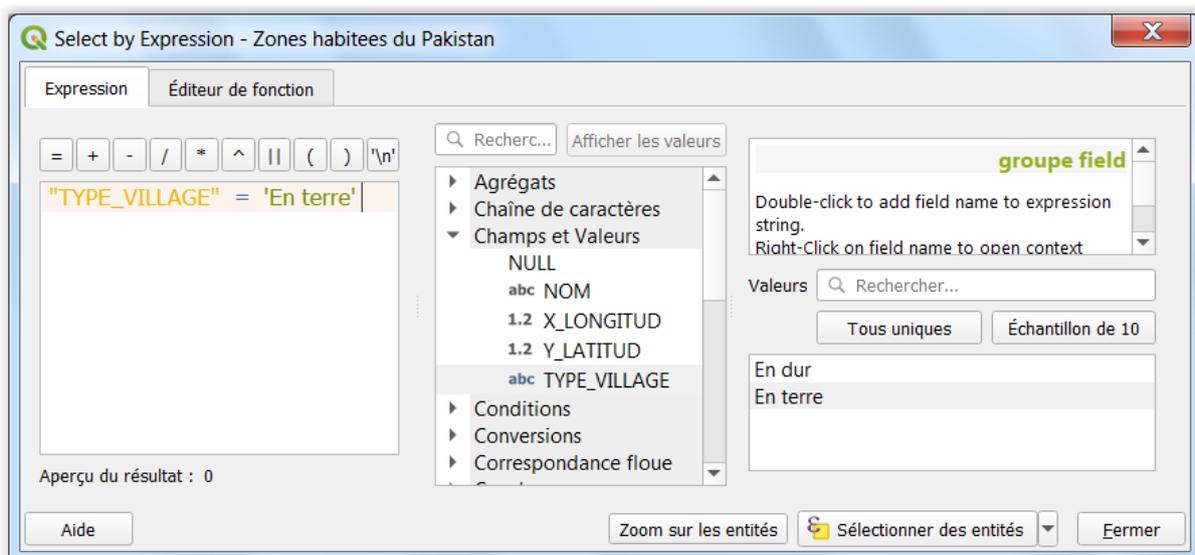


Figure 33 : Fenêtre de « sélection par expression » ou « sélection par attribut »

Dans votre fenêtre de visualisation, les entités spatiales correspondantes à votre requête de sélection sont maintenant **sélectionnées (avec un pourtour en jaune par défaut)**. Pour le voir, la couche dans laquelle vous avez réalisé la sélection doit être rendue visible en la cochant dans le panneau « Couches ».

Afin de **vérifier que votre sélection est correcte** :

- Soit,
 - Cliquez sur **l'outil d'identification**  puis sur quelques entités sélectionnées et
 - Vérifiez les informations apparaissant
- Soit,
 - Ouvrez la table d'attributs de la couche de sélection (« *Zones habitees du Pakistan.shp* ») (clic droit sur le nom de la couche > Ouvrir la table d'attributs »)
 - Cliquez sur le bouton « Déplacer la sélection au sommet » pour afficher en haut de la table d'attributs les entités sélectionnées (apparaissant en bleu dans la table)
 - Vérifiez les informations apparaissant

*Une fois les villages en terre sélectionnés, passez directement à la section « 7.7 Exporter un fichier vectoriel ou raster et fonctions associées » et enregistrez les villages en terre dans un nouveau shapefile de points que vous appellerez « **Zones habitees du Pakistan en terre.shp** » dans le répertoire « D:\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\2 Ajout de donnees Attributs Selection\ ». Attention de cocher l'option « **N'enregistrer que les entités sélectionnées** ».*

! Après l'exportation faite via la section 7.7, passez à la section 7.5.3 ci-dessous.

7.5.3. Sélection par localisation

*Vous allez **sélectionner les villages en terre qui se situent dans la zone maximale dans laquelle l'inondation** risque d'avoir des conséquences graves sur les populations, soit, en termes techniques, les villages en terre qui se situent dans la **zone tampon de 5 km** identifiée par le fichier « *ETENDUE_INONDATION_24_AOUT_2010_MODIS_AQUA_ZONE_TAMPON_5KM.shp* »*

La sélection par localisation permet de sélectionner une / des entités spatiales d'une couche sur base de la relation spatiale (position relative) de cette couche avec une autre couche.

Pour réaliser une sélection par localisation :

- Accédez à l'outil « **Sélection par localisation...** » via le menu :
 - « Vecteur > Outils de recherche > Sélection par localisation... »
- Dans la fenêtre « Sélection par localisation... » (Figure 34)
 - Dans le menu « Sélectionnez les entités depuis », sélectionnez dans le menu déroulant le fichier sur lequel réaliser la sélection, *dans ce cas-ci le fichier « **Zones habitees du Pakistan en terre.shp** »*

- Dans le menu « Où les entités... », sélectionnez la fonction « Intersecte »
- Dans le menu « En comparant les entités de », sélectionnez dans le menu déroulant le fichier à considérer pour l'intersection, *dans ce cas-ci le fichier « ETENDUE_INONDATION_24_AOUT_2010_MODIS_AQUA_ZONE_TAMPON_5K M.shp »*
- Dans le menu « Modifier la sélection actuelle en », sélectionnez dans le menu déroulant la fonction « Créer une nouvelle sélection »
- Cliquez sur « Exécuter », puis « Fermer »

Les entités sont sélectionnées dans l'interface spatiale (avec un pourtour en jaune par défaut).

- Vérifiez visuellement dans l'interface spatiale que la sélection s'est opérée correctement.

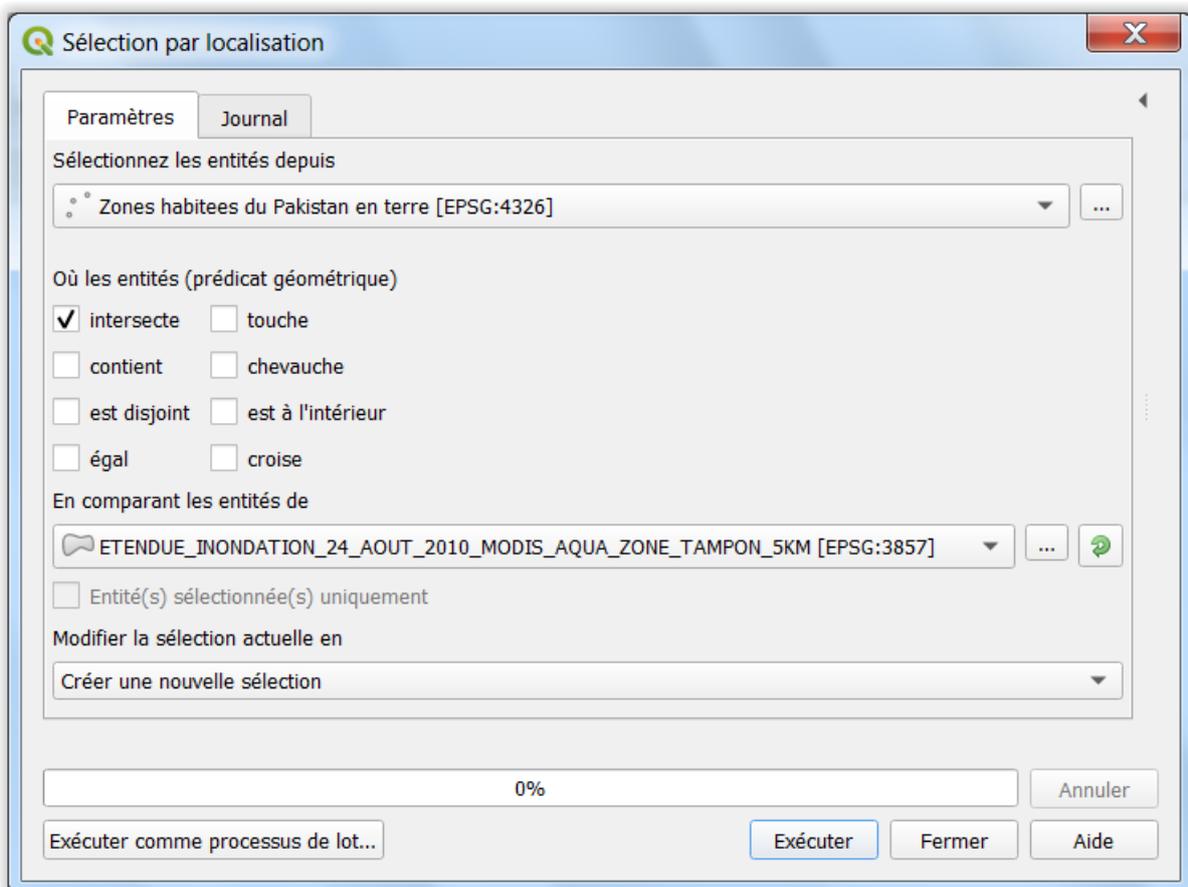


Figure 34 : Fenêtre de « Sélection par localisation »

Une fois les villages en terre en zone à risque sélectionnés, créez un nouveau shapefile indépendant correspondant à cette sélection à l'aide des indications de la section « 7.7 Exporter un fichier vectoriel ou raster et fonctions associées ». Enregistrez les villages en terre en zone à risque dans un nouveau shapefile de points que vous appellerez « **Zones habitees du Pakistan en terre en zone a risque.shp** » dans le répertoire « D:\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\2 Ajout de donnees Attributs Selection\ ». Attention de cocher l'option « **N'enregistrer que les entités sélectionnées** ».

Ce fichier répond à la demande du Croissant Rouge. **Votre « Mission Pakistan » est accomplie. ☺ !**

Eventuellement, modifiez la symbologie (clic-droit sur la couche > Propriétés... > Symbologie (plus de détails sur la symbologie seront donnés dans la section 7.16.4 page 201)) **et l'ordre des couches pour présenter votre résultat sous la forme d'une carte sommaire (Figure 35).**

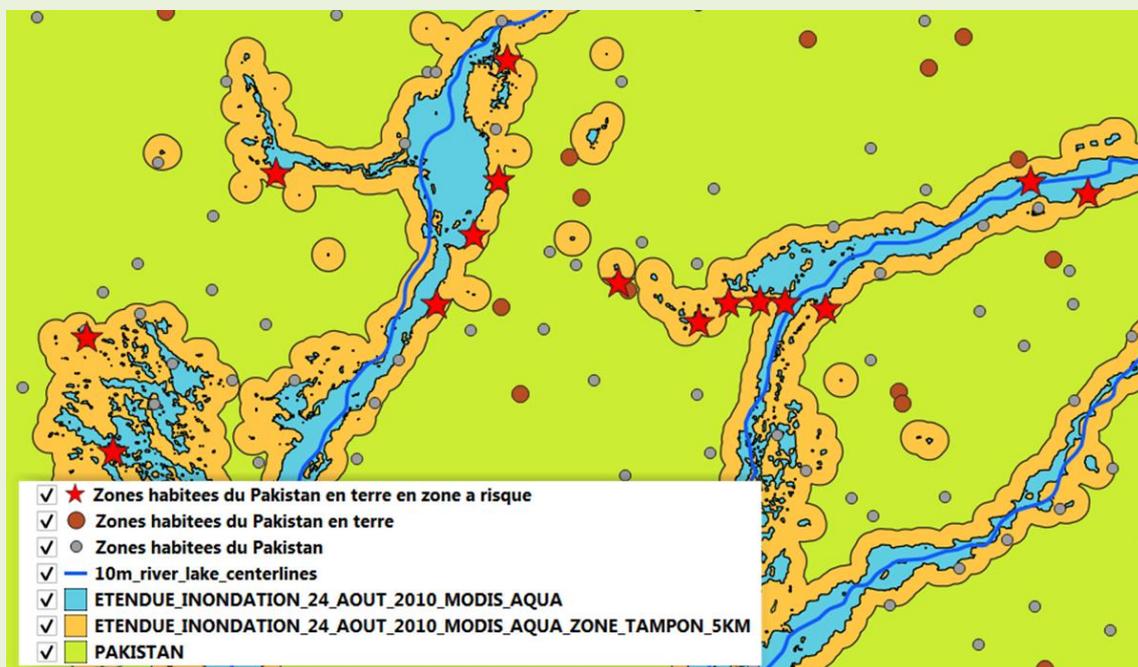


Figure 35 : Carte sommaire présentant les résultats de la contextualisation 2 pour une partie du Pakistan

7.6. Dupliquer un fichier vectoriel ou raster

Pour dupliquer un fichier vectoriel ou raster vers un nouveau fichier :

- Cliquez-droit sur la couche à exporter dans le panneau « Couches »
- > Dupliquer la couche

Cette commande ajoutera automatiquement une copie du fichier dupliqué dans le panneau « Couches » de QGIS et le nommera de la même manière que le fichier dupliqué avec la mention « copier » à la fin du nom.

7.7. Exporter un fichier vectoriel ou raster et fonctions associées

L'exportation d'un fichier permet d'exporter une couche affichée dans QGIS vers un nouveau fichier indépendant ou de simplement réaliser une copie du fichier tout en modifiant certaines de ses propriétés (nom, format, SCR, taille des cellules pour un raster, exportation d'entités spatiales sélectionnées pour un fichier vecteur, etc).

Pour exporter une couche, vectorielle ou raster, vers un nouveau fichier indépendant :

- Cliquez-droit sur la couche à exporter dans le panneau « Couches », puis
- Cliquez sur « Exporter > Sauvegarder les entités sous... », puis

Pour un **fichier vectoriel**, choisissez :

- Le format (« GeoPackage » et « ESRI shapefile » sont les formats le plus courants, choisissez un autre format si besoin...)
- Le répertoire de sortie
- Le SCR
- Le fait de n'enregistrer (ou pas) que les entités préalablement sélectionnées dans le fichier.
- Le fait d'ajouter (ou pas) automatiquement le nouveau fichier dans l'interface de QGIS après sa création,...

Pour un **fichier raster**, choisissez :

- Le mode de sortie (« Donnée brute » (le raster complet) vs « Image » (une image RGB utilisant le style actuel d'affichage de la couche)
- Le format
- Le répertoire de sortie
- Le SCR, ce qui permet de **changer de projection**
- Le fait d'ajouter (ou pas) automatiquement le nouveau fichier dans l'interface de QGIS après sa création,...
- L'emprise : ce qui permet de **découper le raster sur une région rectangulaire donnée**
- La résolution spatiale : pour **augmenter (ou réduire) la taille des pixels**
- ...

Après l'ajout dans l'interface de QGIS d'une duplication ou d'une exportation d'un fichier, il peut être intéressant, afin de mieux la visualiser dans l'interface QGIS, de supprimer ou désactiver le fichier duquel est issu le nouveau fichier :

- Supprimez (dans le panneau « Couches », clic droit sur la couche > Supprimer).
- Désactivez (dans le panneau « Couches », le décocher).

Contextualisation 3

Aide à la gestion de l'eau en milieu rural dans le centre-est du Mali



La région de Dinangourou dans le centre-est du Mali, bien que se situant dans le Sahel, a toujours de par le passé pu satisfaire ses besoins en eau, tant les éleveurs que les cultivateurs maraichers. Cependant depuis quelques années, un **changement climatique** prononcé se traduit par une diminution conséquente des précipitations et une certaine tension s'est installée pour la répartition de l'accès aux puits, situation qui pourrait rapidement dégénérer en conflit. Face à cette situation, les chefs des 12 villages de la région se sont réunis et ont décidé de **prioriser l'accès aux 50 puits de la région sur base de la distance puits-village**, règle ancestrale qui n'était plus d'application étant donné l'abondance en eau des années passées. Il fut donc décidé que chaque puits serait exploitable en priorité par le village le plus proche. Il est cependant important de noter que les éleveurs et les cultivateurs (irrigation) n'ont pas les mêmes besoins en eau, avec **30 litres par jours par personne pour les éleveurs, et 50 litres par jour par personne pour les cultivateurs**. Les différents **puits** fournissent des quantités d'eau journalières variant **entre 50 et 950 litres par jour**.



→ Vous réalisez un stage de géographe dans une ONG basée à Gao, à l'Est de cette région, et vous avez eu vent de la problématique. Vous vous proposez d'apporter une aide aux chefs de villages via l'utilisation des SIG. Vos **objectifs** sont de :

- identifier **de quel village chaque puits est le plus proche**,
- établir un **indice de satisfaction en eau pour chaque village** sur base du mode de vie de leurs habitants (cultivateurs versus éleveurs), de la démographie de chaque village et de la quantité d'eau totale disponible par village sur base des puits les plus proches,
- réaliser une **carte sommaire** rendant compte de la situation et mettant en évidence (**Figure 58, page 104**):
 - **les villages** : représentés par des points dont la couleur variera en fonction de la valeur de l'indice de satisfaction en eau. Les noms des villages et les valeurs de l'indice seront aussi affichés
 - **les puits** : sous la forme de points bleus dont la taille variera en fonction de leur débit

Vous disposez des fichiers suivants :

- **12_villages_autour_de_Dinangourou.shp** : shapefile reprenant les 12 villages de la région avec dans la table d'attributs, le nom des villages, leur démographie, le type de population (cultivateur versus éleveur), et les besoins en eau par personne du village en litres par jour.
- **50_puits_autour_de_Dinangourou.shp** : shapefile reprenant les 50 puits de la région avec dans la table d'attributs, la quantité d'eau disponible en litres par jour.
- **Parcelles de coton bio de Yanle.shp** : shapefile reprenant les parcelles de coton de quelques cultivateurs du village de Yanle.

Les indications ci-dessous (sections 7.8 et 7.9) devraient vous permettre de réaliser ces différentes tâches. Un « **schéma des opérations** » à réaliser est présenté à la Figure 36 ci-dessous.

Attention, pour réaliser les différentes opérations en respectant la logique présentée dans le « schéma des opérations » il vous faudra parfois faire des **allers-retours dans les sections 7.8 et 7.9 ci-dessous**. Suivez attentivement les indications reprises en italique sur fond vert qui vous serviront de fil rouge !

Commencez par utiliser l'outil « Montrer le résumé statistique » pour obtenir les statistiques descriptives de base sur les débits des 50 puits à partir du fichier « 50_puits_autour_de_Dinangourou.shp » en suivant les indications disponibles à la **section 7.9.1.1, page 85**.

DONNEES & PROJET QGIS !	<p>Les données : les données nécessaires à cette étude sont disponibles dans le dossier « ...\\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\\DONNEES\\3 Jointure Relation Stat Calcul ds table\\».</p> <p>Projet QGIS : « Gestion de l'eau au Mali.qgz » situé dans ce même dossier.</p>
------------------------------------	--

Objectifs pédagogiques	Découvrir les notions de jointure et relation et réaliser des jointures spatiale et attributaire, calculer des statistiques et réaliser des graphiques à partir de données attributaires, réaliser des calculs dans la table d'attributs, mesurer des aires et périmètres (dans la 2 ^{ème} partie de la contextualisation page 105).
-------------------------------	---

Temps approximatif	Découverte en autonomie : ~2h00 Manipulations techniques uniquement, par un expert : ~0h30
---------------------------	---

Contextualisation 3 : Aide à la gestion de l'eau en milieu rural dans le centre-est du Mali

« Aide à la gestion de l'eau en milieu rural dans le centre du Mali »
Schéma des opérations

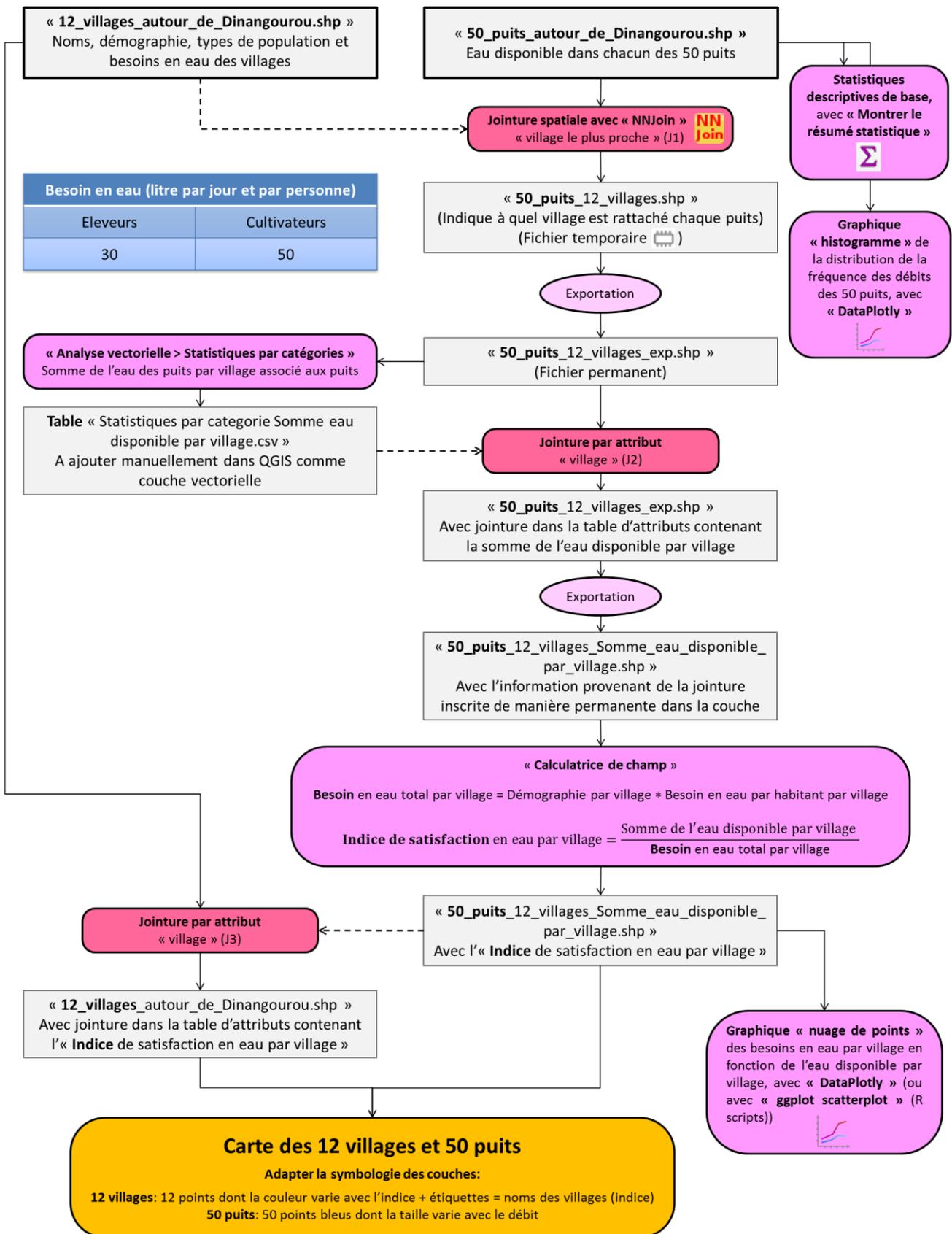


Figure 36 : Schéma des opérations de l'exercice « Aide à la gestion de l'eau en milieu rural dans le centre du Mali »

7.8. Jointure et Relation entre 2 tables

2 méthodes pour associer entre elles différentes tables (tables d'attributs ou autres tables) sont traditionnellement distinguées :

- **Jointure (En : « Joins »)** : permet d'ajouter, dans la table d'attributs du fichier à partir duquel vous faites la jointure (« Table_Base »), les champs d'une autre table (« Table_Jointe »), sur base d'un champ (colonne) contenant une information commune aux deux tables ou sur base d'une relation spatiale (exemple : superposition) entre les entités spatiale associées à ces 2 tables.
- **Relation (En : « Relates »)** : la relation établi un lien entre deux tables, basé sur un champ (colonne) contenant une information commune, mais la relation n'ajoute pas les champs de la table reliée dans la table de base. Les informations de la table reliée sont accessibles à partir de la table de base.

7.8.1. Créer une jointure entre 2 tables

Deux types de jointures existent dans QGIS :

- Jointure basée sur la **localisation** spatiale (ou position relative) des entités spatiales de 2 fichiers (Figure 38)
- Jointure basée sur un **attribut** commun à 2 tables (Figure 42)

Une même « ligne » de la « Table_Jointe » peut être associée à plusieurs « entités spatiales différentes » ou « lignes différentes de la table d'attributs » de la « Table_Base » (Figure 37 a).

Dans le cas de jointure sur **base attributaire**, une seule « ligne » de la « Table_Jointe » peut être associée à une « ligne » donnée de la « Table_Base » (Figure 37 a).

Remarquez que si des modifications sont apportées dans la « Table_Jointe » après que la jointure ait été faite, ces modifications seront automatiquement mises à jour dans la « Table_Base ». L'inverse peut-être vrai également, en fonction du paramétrage de la jointure... une série d'options existent pour contrôler le comportement des jointures.

Dans le cas de jointure sur **base spatiale**, plusieurs « lignes » de la « Table_Jointe » peuvent être associées à une « ligne » donnée de la « Table_Base » via une agrégation des valeurs de la « Table_Jointe » en utilisant une formule mathématique simple (somme, moyenne, etc) (Figure 37 b).

Remarquez que, contrairement à la jointure attributaire, la mise à jour des informations jointes après jointure lors d'une modification de la « Table_Jointe » ne semble pas pouvoir se faire dans QGIS.

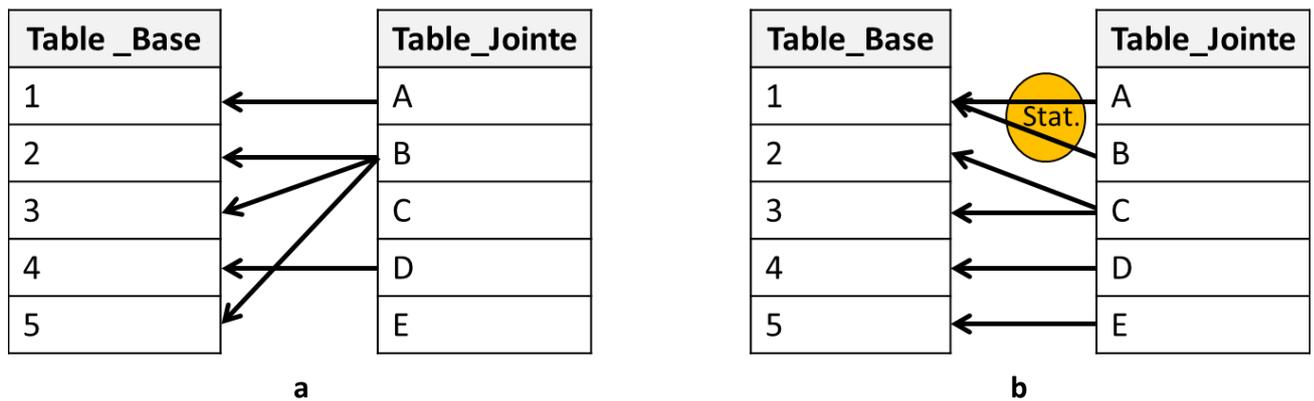


Figure 37 : Mécanisme général de jointure

7.8.1.1. Jointure basée sur la localisation des entités de 2 fichiers

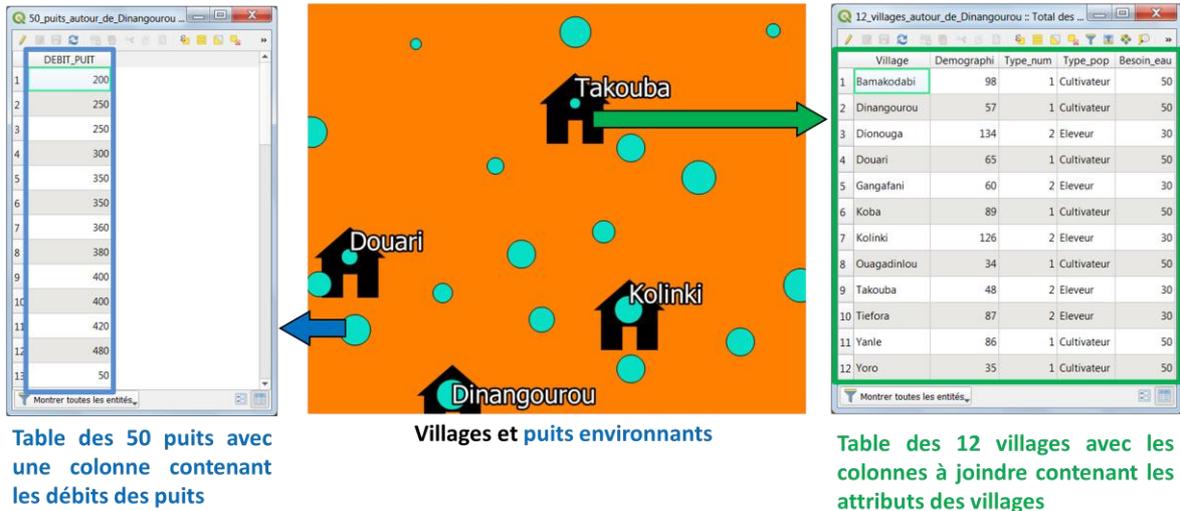
Dans cette section, à l'aide d'une jointure spatiale (la notion de jointure est présentée dans les sections précédentes), vous allez joindre à chaque puits du fichier « 50_puits_autour_de_Dinangourou.shp » (« Table_Base »), les informations du village le plus proche contenues dans le fichier « 12_villages_autour_de_Dinangourou.shp » (« Table_Jointe ») (Figure 38).

Attention, pour réaliser cette opération, plusieurs possibilités existent dans QGIS. Uniquement la 1^{ère} ci-dessous (l'extension « NNJoin ») sera utilisée dans le cadre de l'exercice « Mali » :

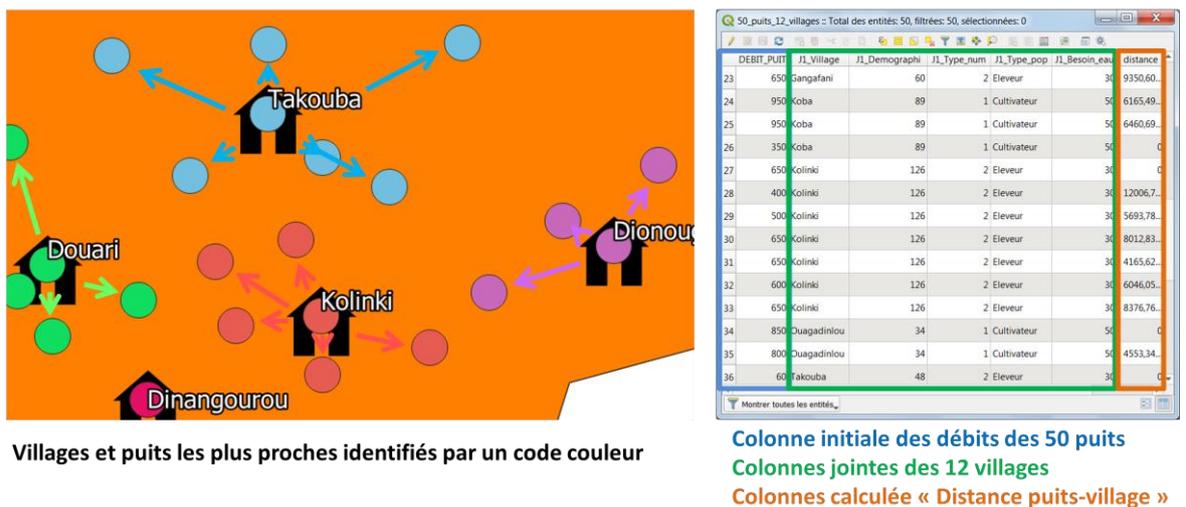
7.8.1.1.1. L'Extension « NNJoin »

- Cette extension est documentée [ici](#) (page principale), [ici](#) (plugins.qgis.org) et [ici](#) (GitHub)
- Cette extension doit être installée (Menu « Extensions > Installer / Gérer les extensions > NNJoin » : l'installer (confer la section 7.1.9 page 27)). Une fois installé, cet outil apparait comme un nouveau bouton  dans l'interface de QGIS.
- **Avantages :**
 - Utilise une relation spatiale de type « plus proche voisin » pour établir la jointure, et fonctionne donc aussi avec des entités spatiales non superposées.
 - Produit directement un nouveau fichier vecteur indépendant qui contient toutes les informations du fichier de base (input) et du fichier joint.
- **Attention :**
 - Les distances entre les entités jointes sont calculées dans les unités du système de coordonnées de la couche jointe. Il faudra donc veiller à ce que ce système de coordonnées utilise les unités désirées, sinon faire une reprojection de la couche vers un système de coordonnées adéquat (confer la section 7.2.4.2, page 42).
 - Une jointure sur base de couches dans un SCR non projeté est permise, mais les distances sont alors calculées et exprimées en degrés décimaux.
 - Les couches de la jointure peuvent être dans des SCR différents.

Avant la jointure spatiale



Action de la jointure spatiale



A chacun des **50 puits** sont associés **les attributs du village le plus proche**

Figure 38 : Mécanisme de jointure basée sur la localisation spatiale (ou position relative) des entités spatiales de 2 fichiers ou « jointure spatiale », ici pour le cas de la « Contextualisation 3 Mali ». Les cercles représentent les puits, les maisons représentent les villages. Remarque : dans le projet QGIS fourni, les villages ne sont pas identifiés par des maisons mais aussi par des cercles.

Pour établir un joint basé sur la localisation des entités de 2 fichiers avec « NNJoin » :

- Installez l'extension « NNJoin » disponible dans le menu principal de QGIS « Extension > Installer / Gérer les extensions »
- Cliquez sur le bouton « NNJoin »  disponible dans les barres d'outils de l'interface de QGIS après installation de l'extension ou via le menu « Vecteur > NNJoin > NNJoin »
- Paramétrez l'outil NNJoin comme souhaité (Figure 39) :

- « Input vector layer » : la couche de base (input) à laquelle l'autre fichier sera joint (*dans le cas l'exercice Mali, la couche « 50_puits_autour_de_Dinangourou.shp »*)
 - « Join vector layer » : la couche à joindre à la couche de base (*dans le cas l'exercice Mali, la couche « 12_villages_autour_de_Dinangourou.shp »*)
 - « Join prefix » : le préfixe qui sera donné aux noms des champs (colonnes) joints dans le fichier résultant (*dans le cas l'exercice Mali, « J1_ »*)
 - Par défaut le préfixe des noms des champs joints correspond au nom de la table jointe, ce qui peut être assez long. Utilisez un préfixe plus court (*dans le cas de l'exercice « Mali », utilisez le préfixe « J1_ »*) pour alléger les noms de champs de la table résultant de la jointure. **Lors de l'exportation** de la table contenant la jointure vers un nouveau fichier, **seuls les 10 premiers caractères** des noms des champs joints **seront conservés**. Si le préfixe correspond au nom de la table jointe et est long (>10 caractères), les noms de tous les champs joints correspondront au même préfixe suivis d'un numéro, ce qui n'est pas fort pratique pour identifier les différents champs.
 - « Output layer » : le nom du nouveau fichier indépendant qui résultera de la jointure (*dans le cas l'exercice Mali, « 50_puits_12_villages »*)
- Cliquez « OK » puis « Close » dans la fenêtre « NNJoin »

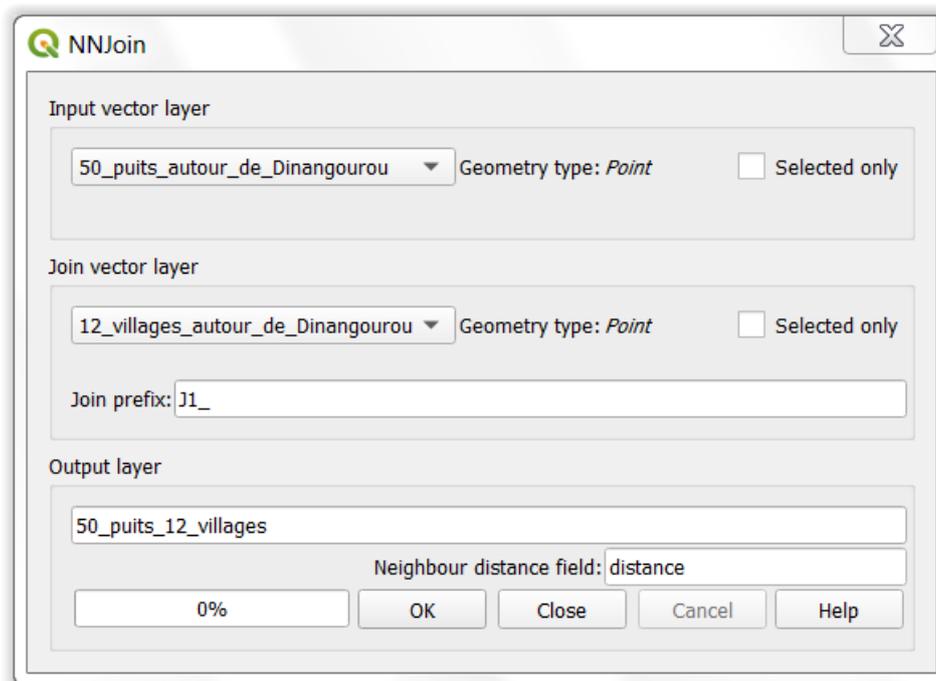


Figure 39 : Fenêtre de jointure spatiale via l'extension NNJoin

Le fichier résultant apparaît dans le panneau « Couches » de l'interface de QGIS.

- Vérifiez que la jointure s'est réalisée correctement en ouvrant la table d'attributs de ce fichier (présence de l'information jointe sous la forme de colonnes supplémentaires (*dans le cas l'exercice Mali, colonnes avec le préfixe « J1_ »*) (Figure 40), et avec l'outil « Identifier les entités »  dans l'interface spatiale de QGIS (*dans*

le cas l'exercice Mali, pour quelques puits, vérifiez que c'est bien le nom du village le plus proche qui y est associé).

	DEBIT_PUIT	J1_Village	J1_Demographi	J1_Type_num	J1_Type_pop	J1_Besoin_eau	distance
1	50	Takouba	48	2	Eleveur	30	11727,22...
2	60	Takouba	48	2	Eleveur	30	0
3	200	Takouba	48	2	Eleveur	30	14630,96...
4	250	Douari	65	1	Cultivateur	50	0
5	250	Yoro	35	1	Cultivateur	50	0

Figure 40 : Table d'attributs de la couche « 50_puits_12_villages.shp » contenant les informations de la jointure spatiale dans les colonnes dont le préfixe est « J1_ » et une colonne « distance » indiquant la distance entre chaque couple « puit-village le plus proche ».

Ce fichier est un **fichier temporaire** (identifié par le symbole  dans le panneau « Couches » (Figure 41)) c'est-à-dire qu'il n'est pas enregistré sur votre disque dur. (Pour s'en rendre compte, « Clic-droit sur la couche > Propriétés > Information > Chemin (répertoire): information non présente ; Source: Point?crs=EPSG:3395&uid={7c93fe5f-65fc-41b3-8ef2-5d09f0b52deb} (ou quelque chose de similaire) » : cela ne correspond pas à un répertoire sur l'ordinateur.)

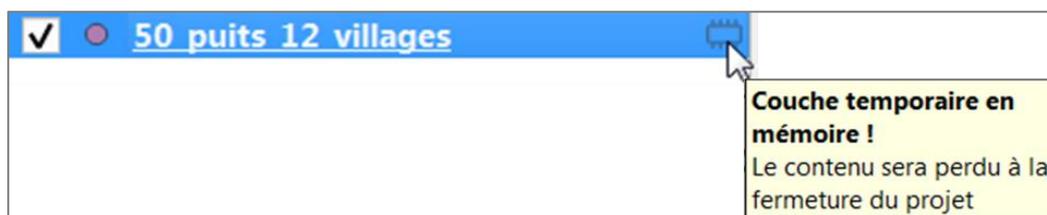


Figure 41 : logo et message (visible dans le panneau «Couches») prévenant qu'une couche est temporaire

Pour produire un nouveau fichier indépendant permanent, **il faut exporter la couche résultant de la jointure.**

- Exportez ce fichier avec sa jointure vers un fichier shapefile permanent : « Clic-droit sur le fichier > Exporter > Sauvegarder les entités sous ... » et nommez-le « 50_puits_12_villages_exp.shp » dans le cas de l'exercice « Mali »
- Ajoutez ce nouveau fichier dans votre interface QGIS et vérifiez que sa table d'attributs contient bien les informations provenant de la jointure.

La table d'attributs du fichier « 50_puits_12_villages_exp.shp » vous indique donc à quel village est rattaché chacun des 50 puits de la région.

ATTENTION, dans le cas de l'exercice « Mali », **passez directement à la section 7.9.1.3 page 87**, qui vous permettra de calculer des « **Statistiques par catégories** », étape préalable à la réalisation d'une jointure attributaire telle que présentée dans la section 7.8.1.2 page 80 (confer le schéma des opérations présenté à la Figure 36). Revenez ensuite à la section 7.8.1.2 page 80.

7.8.1.1.2. Outil basique de jointure par localisation

Le menu « Vecteur > Outils de gestion de données > Joindre les attributs par localisation... » :

- C'est la méthode de base de jointure spatiale de QGIS. Cependant cet outil de jointure n'est pas fort développé et se révèle inutile dans nombre de situations.
- **Avantage :**
 - Produit directement comme résultat un nouveau fichier vecteur qui contient toutes les informations du fichier de base (input) et du fichier joint.
- **Désavantage :**
 - Ne fonctionne qu'avec des entités spatiales qui se superposent et non avec entités proches (non-superposées). Si les entités ne sont pas superposées, elles sont ignorées. Cette méthode n'intègre pas une relation spatiale de type « plus proche de ».

Dans le cas de l'exercice « Mali », cette fonction n'est donc pas utilisable puisque certains puits ne sont pas superposés à un village donné et ces puits seront donc ignorés.

7.8.1.1.3. La matrice des distances

Le menu « Vecteur > Outils d'analyse > Matrice des distances... »

- Cette méthode est proposée comme solution alternative et est documentée [ici](#) par exemple (la « Couche de points en entrée » serait celle des puits et la « Couche de points cible » celle des villages).
- **Avantage :**
 - Utilise une relation spatiale de type « plus proche de » pour établir la jointure, et fonctionne donc avec des entités spatiales non superposées.
- **Désavantage :**
 - Beaucoup de manipulations sont nécessaires pour obtenir l'ensemble des informations souhaitées dans un nouveau fichier indépendant. Les étapes sont :
 - Utilisation de l'outil de « Matrice des distances... » qui produit un fichier en format CSV
 - Importation du fichier CSV dans QGIS comme « texte délimité »
 - Réalisation d'une jointure attributaire pour associer le fichier CSV importé à la couche de base
 - Exportation de la couche avec sa jointure vers un nouveau fichier indépendant

Dans le cas de l'exercice « Mali », cette fonction n'est pas utilisée car la procédure est fastidieuse.

7.8.1.2. Jointure basée sur un attribut commun à 2 tables

Dans le cas de l'exercice « Mali », à l'aide des indications reprises dans cette section, vous allez réaliser 2 jointures attributaires :

1^{ère} jointure attributaire :

- Joindre au fichier « **50_puits_12_villages_exp.shp** » (« Table_Base » ou « couche cible » ou « input table »), l'information sur la somme de l'eau disponible par village (somme des débits des puits les plus proches pour chaque village) contenue dans la table « **Statistiques par categorie Somme eau disponible par village** » (« Table_Jointe » ou « couche jointe » ou « join table ») en utilisant le champ commun (« Champ de jointure ») « **Village** ».
- ATTENTION ! Les indications en italique sur fond vert reprises ci-dessous correspondent à la réalisation de cette 1^{ère} jointure.

2^{ème} jointure attributaire (confer le schéma des opérations à la Figure 21, page 61) :

- **ATTENTION !** Réalisez cette 2^{ème} jointure attributaire **uniquement en fin d'exercice lorsque vous aurez réalisé toutes les étapes préalables !**
- Réalisez cette 2^{ème} jointure attributaire à partir de la couche « 12_villages_autour_de_Dinangourou.shp » à laquelle vous joindrez les informations de la couche « 50_puits_12_villages_Somme_eau_disponible_par_village.shp » en utilisant comme champs de jointure ceux contenant les noms des villages et en utilisant comme préfixe des noms de champs joints « J3_ ».
- ATTENTION ! Aucune indication spécifique à cette 2^{ème} jointure n'est reprise ci-dessous

ATTENTION ! Après avoir effectué cette 2^{ème} jointure, consultez l'encadré vert de la page 103 pour suivre les consignes qui vous permettront de **FINALISER L'EXERCICE « MALI » par la création d'une carte sommaire rendant compte de la situation.**

Le principe général de jointure basée sur un attribut commun à 2 tables est présenté dans la Figure 42.

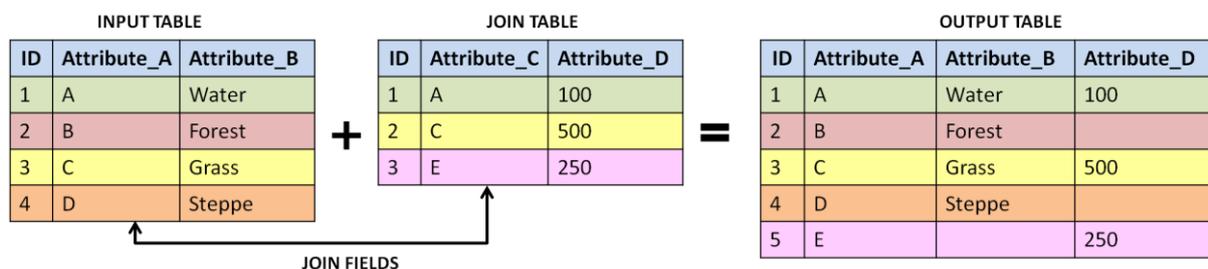


Figure 42 : Mécanisme de jointure basée sur un attribut commun à 2 tables

Pour établir une jointure basée sur un attribut commun à 2 tables (Figure 43),

- Cliquez-droit sur le nom de la couche (« Table_Base ») (*dans le cas de la 1^{ère} jointure attributaire de l'exercice « Mali », la couche « 50_puits_12_villages_exp.shp »*) à laquelle vous désirez joindre les données d'une autre table (« Table_Jointe »)
- Allez dans « Propriétés > Jointures »
- Cliquez sur le bouton d'ajout de jointure .
- Paramétrez la fenêtre « Ajouter une jointure vectorielle » qui apparait (Figure 43), comme ceci :
 - « Joindre la couche » : la couche à joindre (« Table_Jointe »), *dans le cas de la 1^{ère} jointure attributaire de l'exercice « Mali », la table « Statistiques par categorie Somme eau disponible par village »*
 - « Champ de jointure » : le champ de la couche à joindre (« Table_Jointe ») qui doit servir à la jointure, *dans le cas de la 1^{ère} jointure attributaire de l'exercice « Mali », le champ « J1_Village »*
 - « Champ dans la couche cible » : le champ de la couche cible (« Table_Base ») qui doit servir à la jointure, *dans le cas de la 1^{ère} jointure attributaire de l'exercice « Mali », le champ « J1_Village »*
 - Utilisez éventuellement les autres options :
 - « champs joints » permet de sélectionner quels champs de la « Table_Jointe » seront joints à la « Table_Base ». Par défaut tous les champs sont joints. *Dans le cas de la 1^{ère} jointure attributaire de l'exercice « Mali », sélectionnez les 2 champs « J1_Village » (qui permettra de vérifier que la jointure s'est opérée correctement) et « sum » (= la somme de l'eau disponible par village, l'information d'intérêt à joindre à la table de base).*
 - « **Préfixe de nom de champ personnalisé** », *dans le cas de la 1^{ère} jointure attributaire de l'exercice « Mali », utilisez le préfixe « J2_ », confer plus haut la remarque dans la section 7.8.1.1 page 75 sur la jointure sur base de la localisation)*
 - Cliquez sur « OK ».

La jointure s'affiche dans la fenêtre « Propriétés de la couche > Jointures » (Figure 44).

- **ATTENTION ! CLIQUEZ (encore) SUR « OK » POUR VALIDER LA JOINTURE** et fermer la fenêtre de « Propriétés de la couche ».

Pour **visualiser et vérifier votre jointure** :

- Ouvrez la table d'attributs de la couche cible (« Table_Base »).

Vous constatez en principe que les champs de la « Table_Jointe » ont été joints à la table de couche cible (« Table_Base ») (Figure 45) (*avec le préfixe « J2_ » dans le cas de la 1^{ère} jointure attributaire de l'exercice de l'exercice « Mali »*).

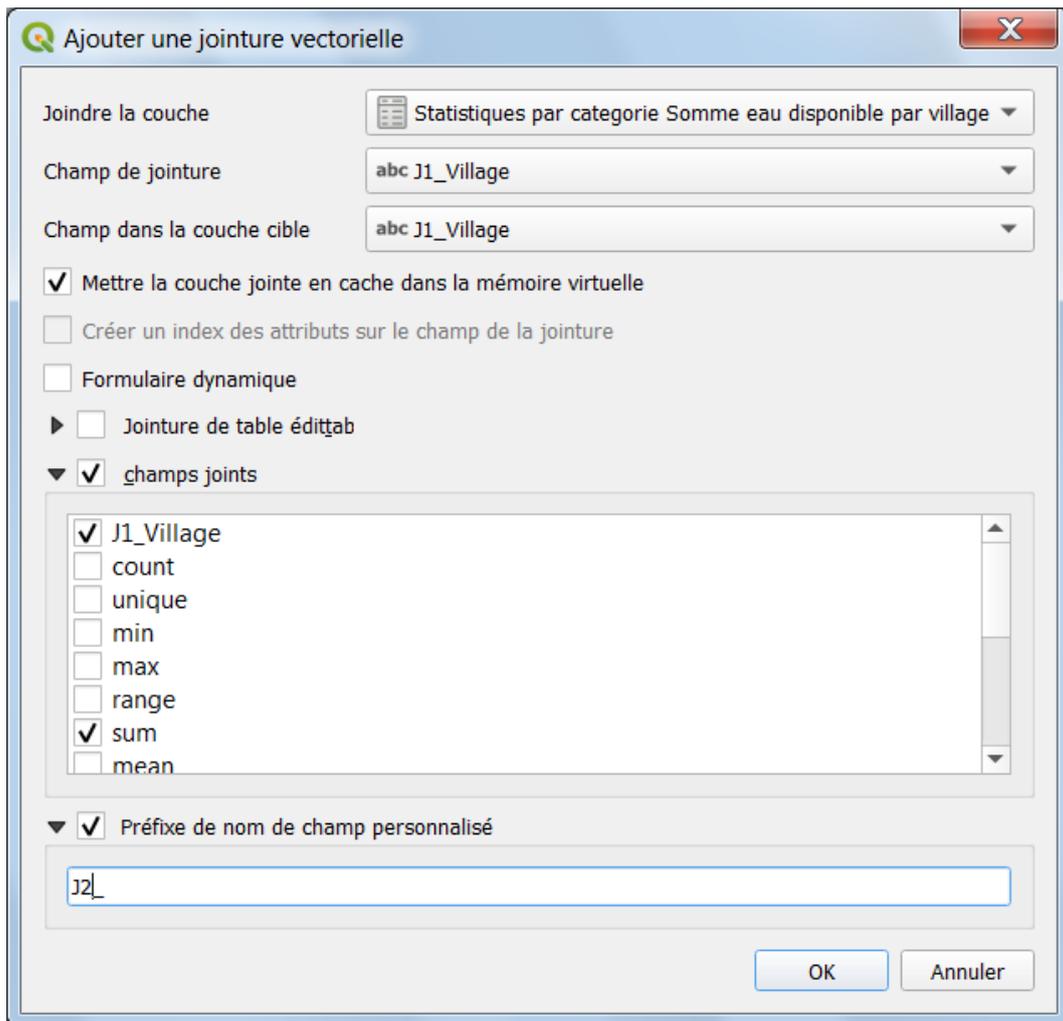


Figure 43 : Fenêtre d'ajout d'une jointure vectorielle (jointure par attribut). Le cas de la 1^{ère} jointure attributaire de la contextualisation « Mali »

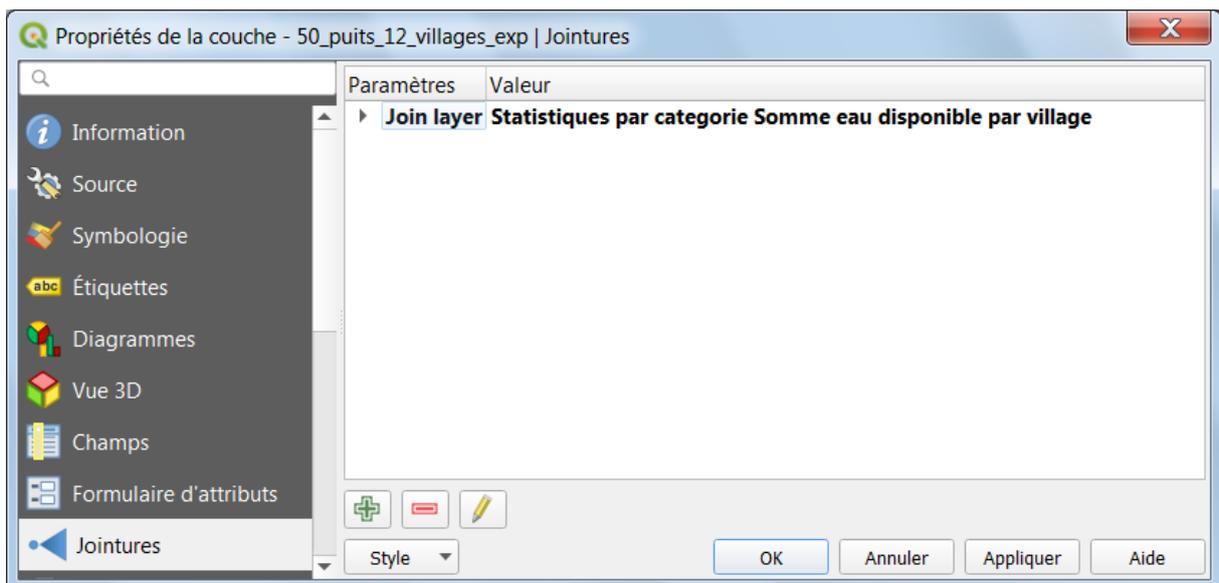


Figure 44 : Menu « Propriétés de la couche > Jointures » d'une couche vectorielle après la réalisation d'une « jointure attributaire » ou « jointure basée sur un attribut commun à 2 tables ». La jointure est listée dans cette fenêtre.

50_puits_12_villages_exp :: Total des entités: 50, filtrées: 50, sélectionnées: 0

	DEBIT_PUIT	J1_Village	J1_Demogra	J1_Type_nu	J1_Type_po	J1_Besoin_	distance	J2_J1_Village	J2_sum
1	250	Yoro	35	1	Cultivateur	50	0,0000...	Yoro	250
2	800	Tiefora	87	2	Eleveur	30	4915,0...	Tiefora	1300
3	500	Tiefora	87	2	Eleveur	30	0,0000...	Tiefora	1300
4	800	Ouagadinlou	34	1	Cultivateur	50	4553,3...	Ouagadinl...	1650
5	850	Ouagadinlou	34	1	Cultivateur	50	0,0000...	Ouagadinl...	1650
6	950	Koba	89	1	Cultivateur	50	6165,4...	Koba	2250
7	950	Koba	89	1	Cultivateur	50	6460,6...	Koba	2250
8	250	Koba	89	1	Cultivateur	50	0,0000...	Koba	2250

Montrer toutes les entités.

Figure 45 : Table d'attributs de la couche « 50_puits_12_villages_exp.shp » contenant le résultat de la jointure spatiale (colonnes avec le préfixe J1_) et de la jointure attributaire (colonnes avec le préfixe J2_)

Pour **sauver votre jointure dans un nouveau fichier indépendant et permanent**, exportez la couche cible (« Table_Base ») contenant le joint dans un nouveau fichier, *que vous appellerez, dans le cas de l'exercice « Mali », « 50_puits_12_villages_Somme_eau_disponible_par_village.shp », dans le dossier « 3 Jointure Relation Stat Calcul ds table »* :

- Cliquez-droit sur la couche à exporter > Exporter > Sauvegarder les entités sous...
- Choisissez le format et le répertoire
- Cliquez sur « OK »

Pour **annuler une jointure (à ne pas faire dans le cadre de l'exercice « Mali »)** dans la couche cible (« Table_Base »),

- Cliquez-droit sur le nom de la couche cible contenant la jointure
- Allez dans « Propriétés > Jointures »
- Sélectionnez la jointure à supprimer dans la fenêtre de jointure
- Cliquez sur le bouton de suppression de jointure .
- Cliquez sur « OK »

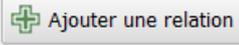
Dans le cadre de l'exercice « Mali », **après avoir effectué la première jointure attributaire décrite ci-dessus, passez directement à la section 7.9.3.1 page 100** relative à l'utilisation de la « **calculatrice de champs de la table d'attributs** » qui vous permettra de calculer les « **Besoins en eau total par village** » et « **l'indice de satisfaction en eau par village** » (confer le Schéma des opérations page 73).

7.8.2. Créer une Relation entre 2 tables

(Cette section ne fait pas partie de l'exercice « Mali ». Elle est donnée à titre informatif.)

Les relations entre tables sont mises à jour automatiquement et ne nécessitent pas la réouverture du document QGIS contenant les tables jointes.

Pour créer une relation entre deux tables,

- Cliquez, dans la barre de menu principale de QGIS, sur « Projet > Propriétés... > Relations > Ajouter une relation  »
- Remplissez les différents champs comme demandé (Figure 46) :
 - « Couche référençant (enfant) » (« Table_Jointe ») : la table qui contient les informations auxquelles vous voulez avoir accès à partir de la table de base
 - « Couche de référence (parent) » (« Table_Base ») : la couche à partir de laquelle vous accédez aux informations de la table reliée
 - Vous devez référencer le champ dans chacune des 2 tables qui permettra de faire le lien entre les tables.

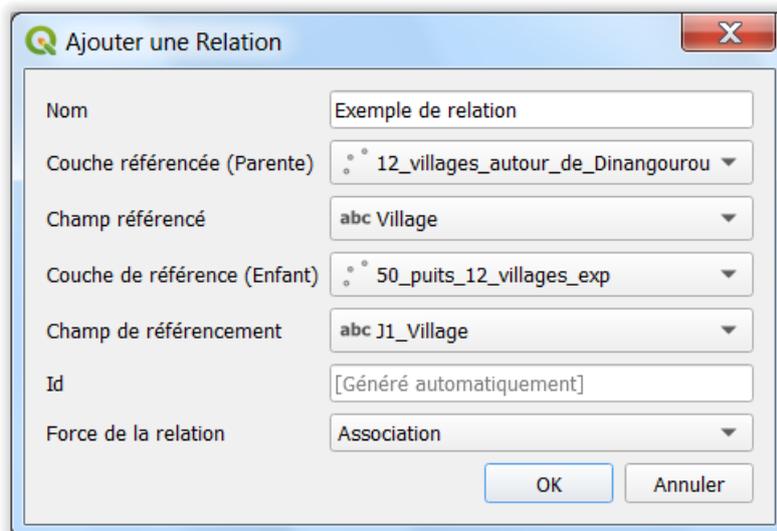


Figure 46 : Fenêtre d'ajout d'une relation

Pour accéder à une relation :

- Cliquez, dans l'interface spatiale, avec l'outil d'identification  sur l'entité spatiale de la « Table_Base » pour laquelle vous voulez accéder à la relation
- Dans la fenêtre « Identifier les résultats » qui apparaît, déroulez le menu « (Actions) »
- Cliquez sur « Afficher le formulaire de l'entité »
- La fenêtre « Nom de la Table_Base – Attributs d'entités » apparaît
- Dans cette fenêtre, l'encadré inférieur droit donne accès aux informations de la « Table_Jointe » reliées à l'entité sélectionnée.

7.9. Statistiques, graphiques et calculs dans la table d'attributs

7.9.1. Calculer des statistiques dans la table d'attributs

Quatre méthodes QGIS principales permettent de calculer des statistiques sur les informations contenues dans une table d'attributs.

- La fonction QGIS  « **Montrer le résumé statistique** » (barre d'outils « Attributs »)
- La fonction QGIS « **Statistiques basiques pour les champs...** » (« Vecteur > Outils d'analyse > Statistiques basiques pour les champs... »)
- La fonction QGIS « **Statistiques par catégories** » (« Traitement > Boite à outils > Analyse vectorielle > Statistiques par catégories »)
- L'extension QGIS « **GroupStats** » . Cette extension doit être installée (Menu « Extensions > Installer / Gérer les extensions > GroupStats » : l'installer (confer la section 7.1.9 page 27)). Cette extension s'installe dans la barre d'outils « Vecteur » (Vecteurs > Group Stats > GroupStats). Il n'existe pas de documentation officielle sur cet outil.
 - Un exemple d'utilisation assez sommaires et sans explication sur l'outil est disponible ici : <http://anitagraser.com/2013/02/02/group-stats-tutorial/>
 - Page sur le « QGIS Python Plugins Repository » : <https://plugins.qgis.org/plugins/GroupStats/>
 - Page GitHub : <https://github.com/borysiasty/GroupStats>

7.9.1.1. L'outil « Montrer le résumé statistique »

Dans le cadre de l'exercice « Mali », utilisez l'outil « Montrer le résumé statistique » pour obtenir les statistiques descriptives de base sur les débits des 50 puits à partir du fichier « 50_puits_autour_de_Dinangourou.shp ».

L'outil « Montrer le résumé statistique » :

- Est disponible via la barre d'outils « Attributs » 
- Permet de calculer, pour un champ donné, numérique ou textuel, certaines statistiques de base : compte, somme, moyenne, médiane, St-dev (pop), écart-type, minimum, maximum, etc (Figure 47).

Statistique	Valeur
Compte	50
Somme	30330
Moyenne	606.6
Médiane	650
St dev (pop)	230.309
Écart-type (exemple)	232.648
Minimum	50
Maximum	950

Figure 47 : Fenêtre résultant de l'utilisation de l'outil « Montrer le résumé statistique » appliqué sur la colonne reprenant les débits des puits de la couche « 50_puits_autour_de_Dinangourou.shp »

Attention ! Dans le cadre de l'exercice « Mali », passez ensuite à la section 7.8 page 74, et en particulier à la section 7.8.1.1.1 page 75 pour réaliser une jointure basée sur la localisation des entités de 2 fichiers.

7.9.1.2. L'outil « Statistiques basiques pour les champs... »

(Non utilisé dans le cadre de l'exercice « Mali »)

L'outil « Statistiques basiques pour les champs... » :

- Est disponible via le menu : « Vecteur > Outils d'analyse > Statistiques basiques pour les champs... »
- Permet de calculer, pour un champ donné, certaines statistiques de base telles que : moyenne, écart-type, somme, min, max, N, CV, nombre de valeurs uniques, médiane, etc
- Peut optionnellement ne prendre en considération que les entités sélectionnées
- Le résultat est un fichier « .html » qui peut s'ouvrir via une fenêtre « Visualisateur de résultats » qui s'intègre automatiquement à l'interface de QGIS lors de l'exécution de la fonction.

7.9.1.3. L'outil « Statistiques par catégories »

Dans le cas de l'exercice « Mali », l'outil « **Statistiques par catégories** » va vous permettre de calculer la somme des quantités d'eau disponibles par groupe de puits rattachés à chacun des villages (un groupe de puits = les puits les plus proches d'un village donné) à partir du fichier « 50_puits_12_villages_exp.shp ».

L'outil « Statistiques par catégories » :

- Est disponible via le menu : « **Traitement > Boite à outils > Analyse vectorielle > Statistiques par catégories** »
- A paramétrer, *comme indiqué dans la Figure 48 ci-dessous dans le cas de l'exercice « Mali »*
 - « **Couche vectorielle en entrée** » : la couche vectorielle à partir de laquelle calculer des statistiques
 - « **Champ pour calculer les statistiques** » : la colonne de la couche vectorielle en entrée sur laquelle calculer des statistiques
 - « **Champ(s) avec catégories** » : la ou les colonnes à utiliser pour définir les catégories ou groupes
 - « **Statistiques par catégories** » : Attention ! Choisissez un format de fichier de sortie compatible avec le format « table », par exemple le format « csv » (*dans ce cas-ci, nommez le fichier produit « **Statistiques par catégorie Somme eau disponible par village** »*). Dans ce cas, un fichier CSV est enregistré sur votre disque dur et est ajoutable dans QGIS :
 - Soit **automatiquement**, si l'option « Ouvrir le fichier en sortie après l'exécution de l'algorithme » est activée. Dans ce cas, la table affichera le nom par défaut « Statistiques par catégorie », ce qui porte parfois à confusion.
 - Soit **manuellement**, via le menu « Couche > Ajouter une couche > Ajouter une couche vecteur... ». Dans ce cas, la table affichera le nom que vous lui avez donné.
- Cliquez sur « Exécuter » puis « Fermer »
- Ouvrez cette table (elle s'ouvre comme une table d'attributs) (Figure 49)
- Observez le contenu de cette table : elle contient les statistiques calculées pour chaque catégorie (*c'est-à-dire la somme des quantités d'eau disponibles par groupe de puits rattachés à chacun des villages dans le cas de l'exercice « Mali »*). *Faites-vous une idée des quantités d'eau totale disponibles par village.*

ATTENTION, une fois ce calcul de « Statistiques par catégories » réalisé, **revenez à la section 7.8.1.2 page 80**, pour réaliser la **1^{ère} jointure attributaire** et poursuivre la chronologie du « Schéma des opérations » présenté à la Figure 36.

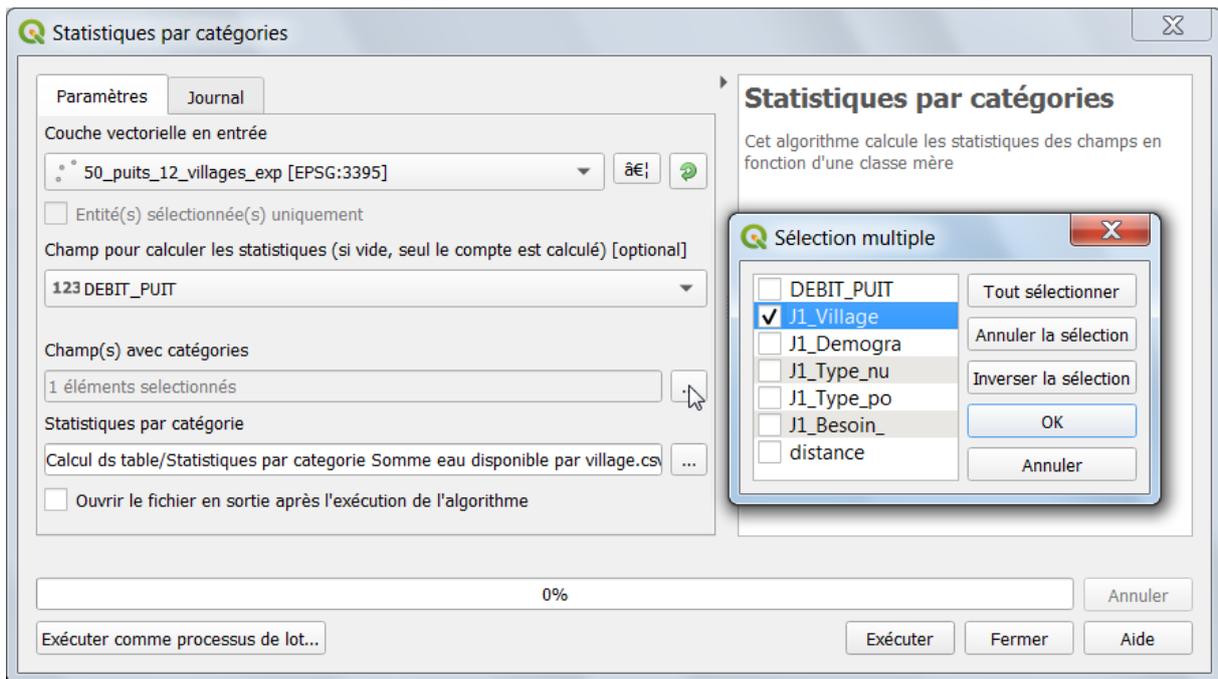


Figure 48 : Fenêtre de l'outil « Statistiques par catégories »

	J1_Village	count	unique	min	max	range	sum	mean	median	stddev	minority	majority	q1	q3	iqr
1	Kolinki	7	4	400	650	250	4100	585.71...	650	91.47...	400	650	550	650	100
2	Douari	6	6	250	800	550	3450	575	625	197.3...	250	250	400	750	350
3	Takouba	7	7	50	900	850	3010	430	300	334.1...	50	50	130	750	620
4	Dinangourou	4	4	600	900	300	3000	750	750	111.8...	600	600	650	850	200
5	Yanle	5	5	350	950	600	2930	586	530	199.4...	350	350	500	600	100
6	Dionouga	4	4	480	850	370	2880	720	775	143.0...	480	480	615	825	210
7	Bamakodabi	5	5	360	950	590	2860	572	420	236.4...	360	360	380	750	370
8	Gangafani	4	3	600	750	150	2650	662.5	650	54.48...	600	650	625	700	75
9	Yoro	1	1	250	250	0	250	250	250	0	250	250	250	250	0
10	Koba	3	2	350	950	600	2250	750	950	282.8...	350	950	650	950	300
11	Ouagadinlou	2	2	800	850	50	1650	825	825	25	800	800	800	850	50
12	Tiefora	2	2	500	800	300	1300	650	650	150	500	500	500	800	300

Figure 49 : Table résultant du calcul « Statistiques par catégories » dans le cas de l'exercice « Mali », avec notamment la somme (« sum ») des quantités d'eau disponibles par groupe de puits rattachés à chacun des villages

7.9.1.4. L'outil « GroupStats » (Fr : Résumer, Récapituler, En : Summarize)

Cet outil n'est pas utilisé dans le cas de l'exercice « Mali » car il est redondant avec l'outil « Statistiques par catégories » présenté dans la section précédente.

L'outil « GroupStats » permet de calculer, dans une table d'attributs, une statistique donnée (somme, moyenne, minimum, etc) sur un champ (une colonne) par groupes définis dans un autre champ (dans une autre colonne).

Pour utiliser « GroupStats » :

- Installez l'extension « GroupStats » via le menu « Extension > Installer / Gérer les extensions > GroupStats »
- Cliquez sur le bouton « GroupStats »  dans la barre d'outils « Vecteur ».

La fenêtre « Group Stats » apparaît. Dans cette fenêtre (Figure 50),

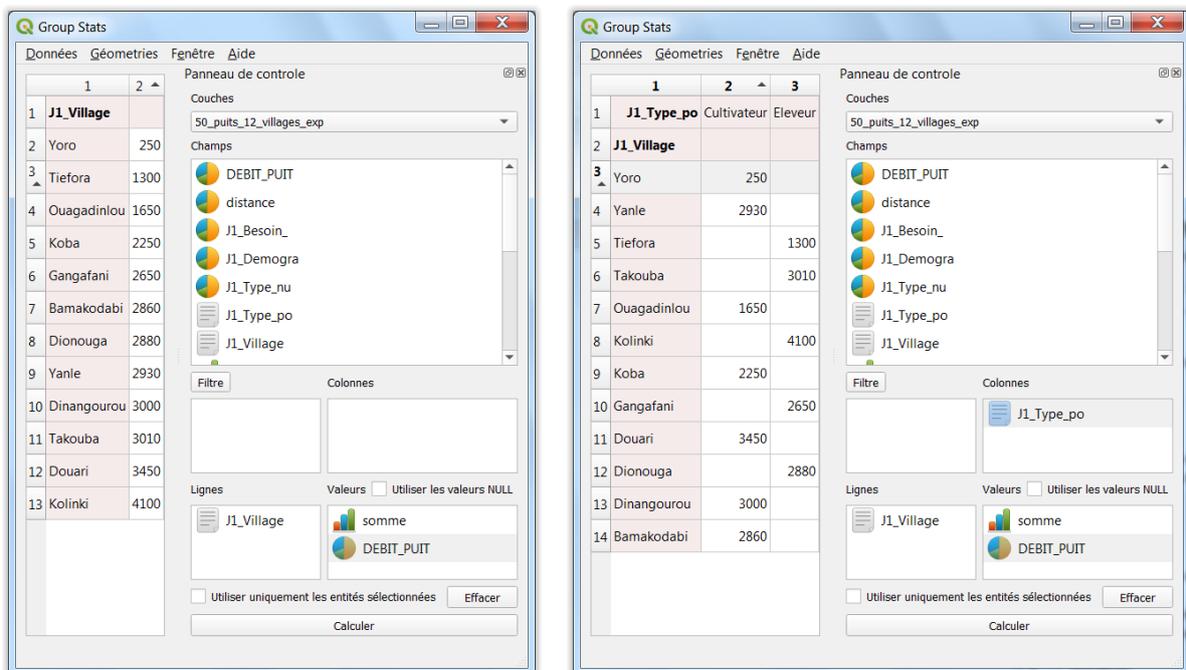


Figure 50 : Outil « Group Stats » : 2 méthodes d'utilisation et résultats associés

- Sélectionnez la couche sur laquelle calculer une statistique dans le menu déroulant « Layers »
- Dans la fenêtre « Champs », les différents types de champs sont identifiés par différentes icônes :
 - Champ numériques : icône « camembert »
 - Champs textuels : icône « page »
 - Statistiques possibles : icône « histogramme »

- Glissez-déposez les éléments constitutifs du calcul souhaité dans la partie en bas à **droite de la fenêtre « Group Stats »**
 - Dans la fenêtre « **Lignes** », glissez le nom du champ contenant les groupes par lesquels résumer l'information, groupes par lesquels calculer la statistique
 - Dans la fenêtre « **Valeurs** », glissez la statistique à calculer et le nom du champ contenant l'information à résumer, l'information sur laquelle calculer la statistique.
 - Dans la fenêtre « **Colonnes** » (facultatif), glissez le nom du (des) champ(s) dont chaque valeur unique (combinaison unique des valeurs) sera utilisée pour séparer les résultats du calcul statistique en autant de colonnes (Figure 50)
- Cliquez sur « **Calculer** »

Le **résultat du calcul** est présenté dans la partie gauche de la fenêtre « Group Stats ». Il contiendra autant de lignes que de groupes par lesquels la statistique a été calculée et autant de colonnes que de combinaisons uniques de valeurs des champs utilisés dans la fenêtre « Colonnes ».

Le résultat n'est pas disponible directement dans QGIS sous forme de table ou de fichier.

Pour enregistrer le résultat obtenu dans un **fichier CSV** :

- Cliquez, dans la fenêtre « Group Stats », sur « Data > Save all to CSV file »
- Naviguez vers le répertoire de sortie et nommez le fichier
- Ouvrez le fichier CSV avec un éditeur de texte (par exemple Notepad++) afin de vérifier le résultat. La colonne contenant la statistique aura comme nom « None » si la fenêtre « Colonnes » est restée vide lors du calcul statistique. Vous pouvez potentiellement la renommer et enregistrez cette modification.

Votre fichier statistique est produit et sauvegardé.

7.9.2. Créer un graphique à partir de la table d'attributs

4 manières de créer un graphique à partir des données disponibles dans une table d'attributs sont présentées ci-dessous.

Dans le cas de l'exercice « Mali », l'outil « Data Plotly » seul est suffisant que pour réaliser les 2 graphiques demandés.

7.9.2.1. Créer un graphique avec « Data Plotly »

*Dans le cas de l'exercice « Mali », Data Plotly est utilisé pour créer **2 graphiques de types différents** (confer le schéma des opérations à la Figure 36, page 73):*

- *Un graphique de type « **Histogramme** » permettant de se faire une idée sur la distribution de la fréquence des débits des 50 puits, à partir de la couche « 50_puits_autour_de_Dinangourou.shp » (Figure 52). Ce graphique peut être réalisé dès le début de l'exercice Mali puisqu'il se base sur une des données de départ.*
- *Un graphique de type « **Nuage de points** » (anglais : « scatter plot ») des besoins en eau par village (axe Y) en fonction de l'eau disponible par village (axe X) (Figure 53). Dans ce graphique, les villages au-dessus de la droite imaginaire « $y = x$ » souffrent d'un déficit en eau (indice de satisfaction en eau < 1), et les villages en-dessous de cette droite bénéficient d'un excédent d'eau (indice de satisfaction en eau > 1). **ATTENTION !** Ce 2^{ème} graphique ne pourra être réalisé qu'après avoir calculé les besoins en eau totaux par village en suivant les indications de la section 7.9.3.1 page 100, ci-dessous.*

*Les **Figure 52 et Figure 53** présentent le paramétrage à utiliser pour créer les 2 graphiques demandés dans le cadre de l'exercice Mali.*

Attention ! Une fois les 2 graphiques réalisés avec « Data Plotly », **revenez à la section 7.8.1.2 page 80** pour réaliser la 2^{ème} jointure attributaire.

L'outil « DataPlotly » est un puissant outil de **création de graphiques** dans QGIS (grande variété de types de graphiques, graphique interactif possible).

Il dépend de l'**extension « Data Plotly »** qu'il faut donc installer dans QGIS via le menu principal « Extension > Installer/Gérer les extensions » (confer section 7.1.9 page 27).

La page principale décrivant ce plugin et présentant une variété de graphiques à titre d'exemple est :

- <https://github.com/ghtmtt/DataPlotly>

Une documentation complète de « DataPlotly » décrivant l'ensemble des paramètres semble encore manquante.

Pour créer un graphique avec « Data Plotly » dans QGIS, après installation de cette extension :

- Cliquez sur le menu « **Extension > Data Plotly > DataPlotly** » ou sur le bouton  qui devrait être disponible dans les barres d'outils de l'interface de QGIS. L'interface de Data Plotly s'ouvre (Figure 52 et Figure 53).
- Choisissez le « Type de graphique » (Figure 51), « *Histogramme* » ou « *Nuage de points* » dans le cas de l'exercice « Mali ».

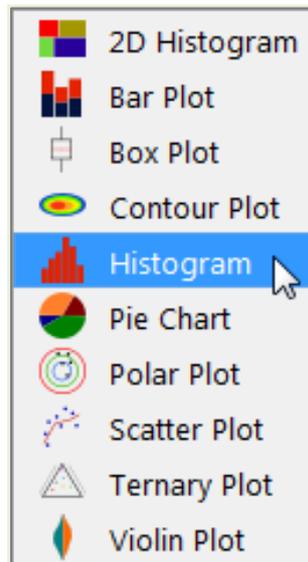
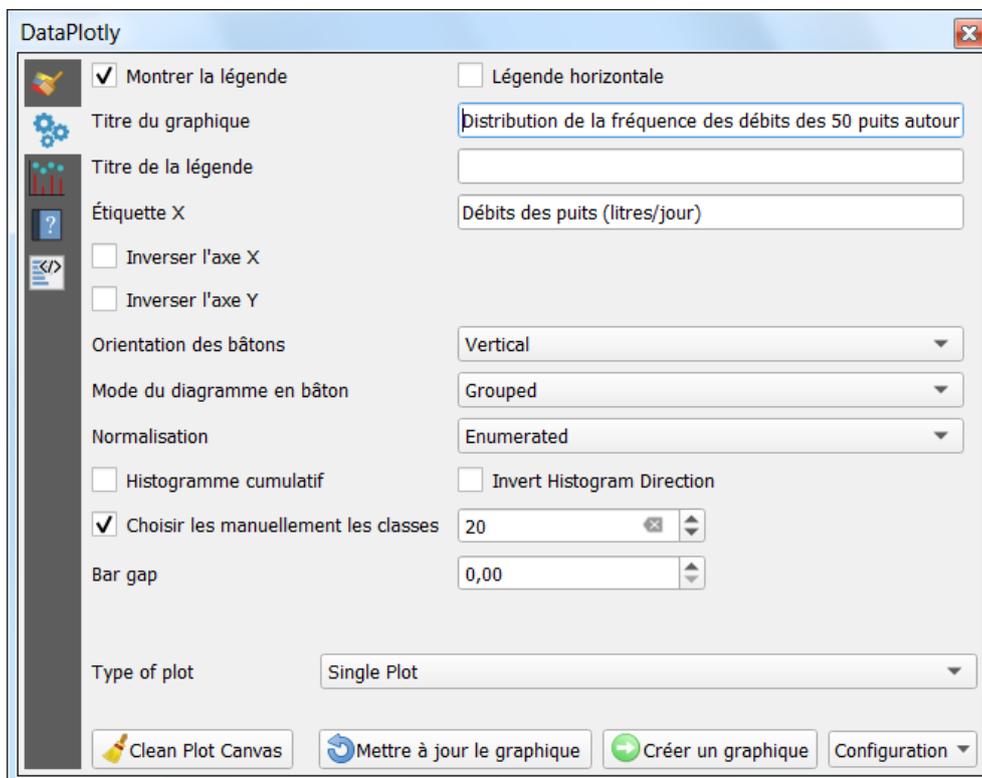
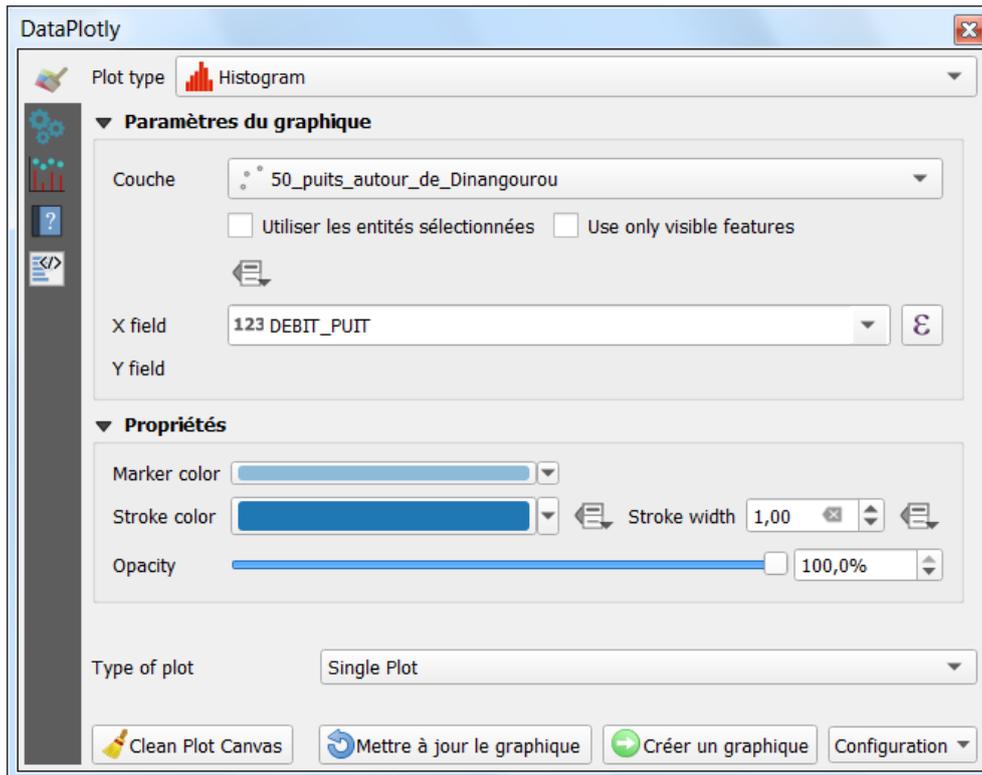


Figure 51 : Types de graphiques réalisables avec l'extension « Data Plotly »

- Choisissez la « Couche » à partir de laquelle construire le graphique.
- Précisez l'« abscisse X » et le « Champ Y » correspondants aux axes X et Y du graphique.
- Paramétrez les autres paramètres comme désiré, notamment le titre du graphique et des axes X et Y (via le 2^{ème} menu à gauche de l'interface ).
- Pour créer le graphique, cliquer sur le bouton  « Créer un graphique ». Cela prend parfois quelques secondes.
- Notez qu'il peut être utile d'effacer le graphique via le bouton  « Clean Plot Canvas » et de relancer la création du graphique via le bouton  « Créer un graphique » pour que le paramétrage ou ses modifications soient bien prises en compte pour la création du graphique.
- Le graphique peut être exporté en format « png » ou « html »



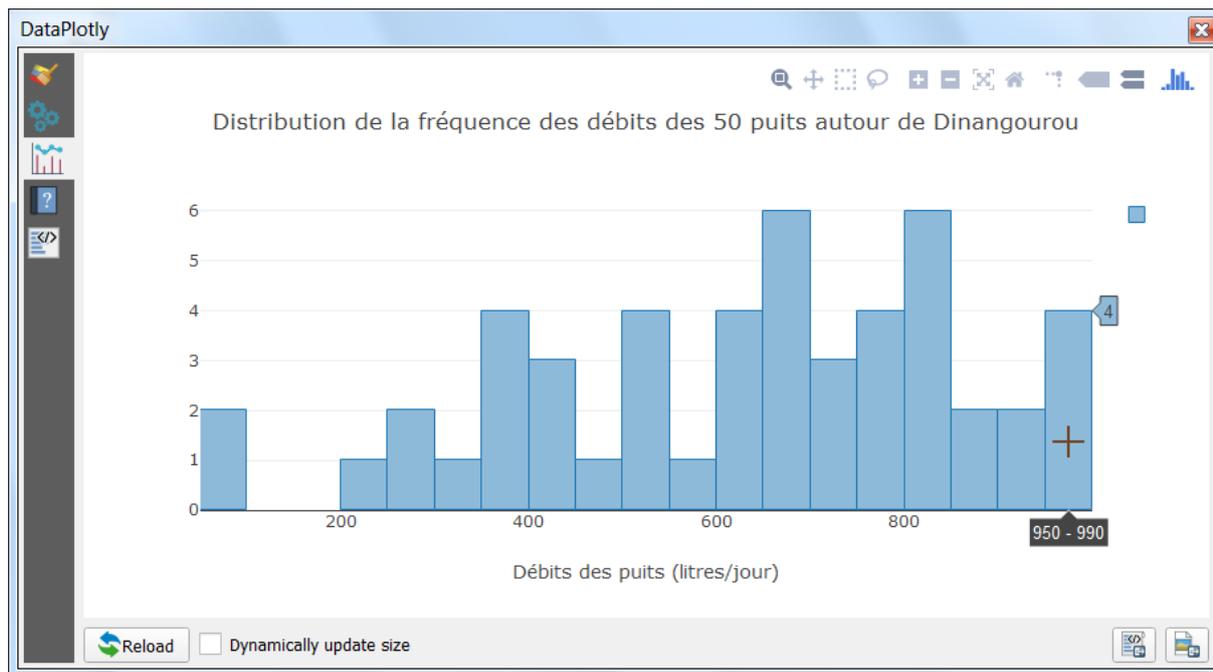
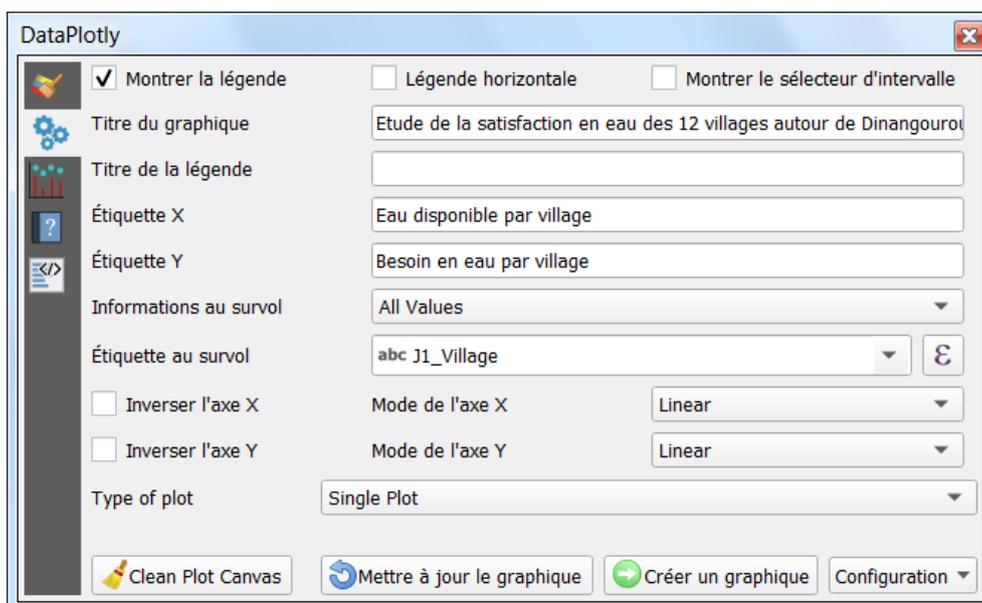
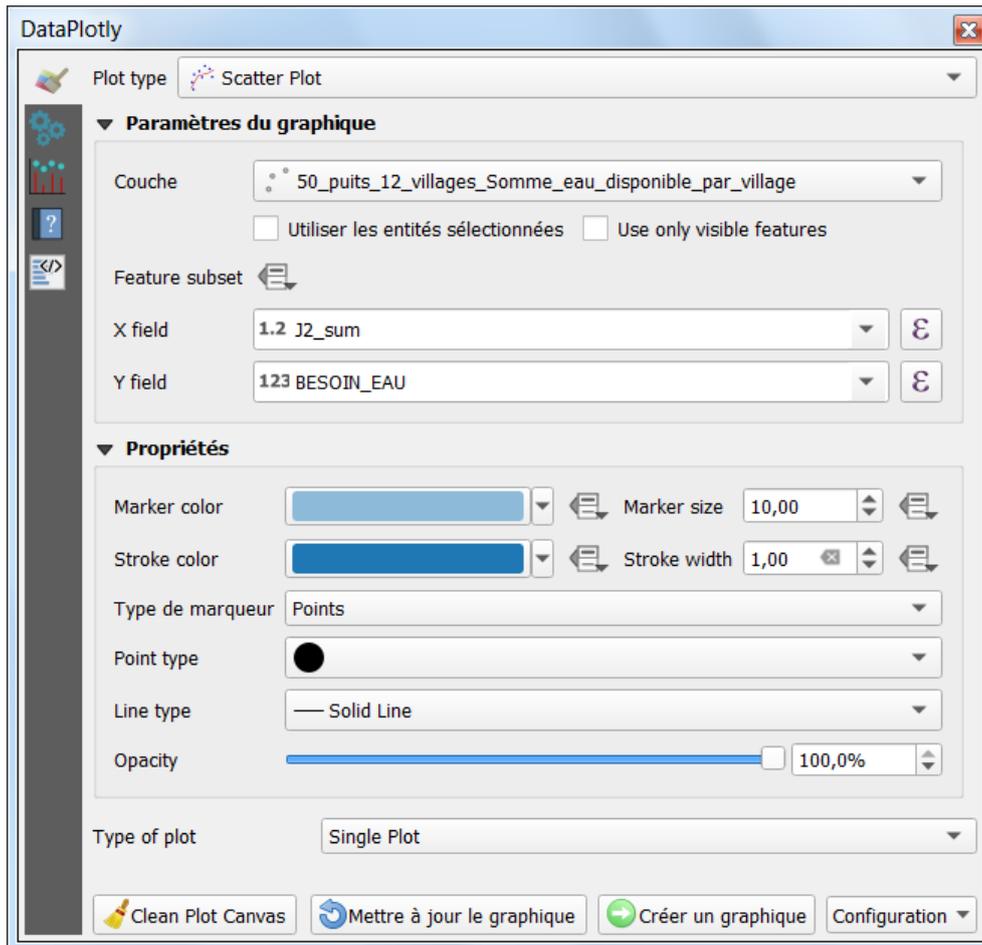


Figure 52 : Aperçu de la configuration de l'outil « DataPlotly » et graphique résultant, pour le cas du graphique de type « histogramme » de l'exercice « Mali » (3 illustrations ci-dessus).



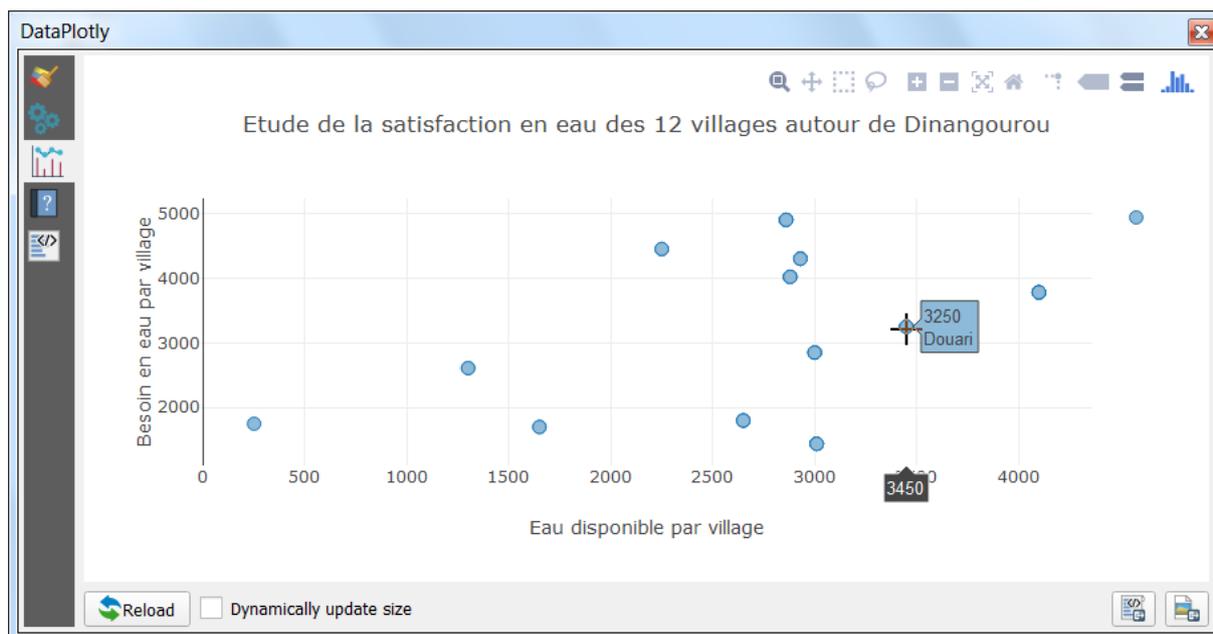


Figure 53 : Aperçu de la configuration de l’outil « DataPlotly » et graphique résultant, pour le cas du graphique de type « nuage de points » de l’exercice « Mali » (3 illustrations ci-dessus).

7.9.2.2. Créer un graphique via exportation vers « Excel »

Cette section ne doit pas être utilisée dans le cadre de l’exercice « Mali ».

Il est toujours possible d’exporter une table d’attributs vers Excel afin de bénéficier de ses fonctionnalités. Pour ce faire :

- Dans le panneau « Couches », **cliquez droit** sur la couche dont la table d’attributs doit être exportée,
- Utilisez le menu « Exporter > Sauvegarder les entités sous... »
- Choisissez comme « Format » : « Tableur MS Office Open XML [XLSX] »
- Choisissez un répertoire de sortie et nommez votre fichier exporté
- Sélectionnez éventuellement les colonnes à exporter
- Cliquez sur « OK »
- Ouvrez le fichier exporté dans Excel et réalisez le graphique

7.9.2.3. Créer un graphique dans QGIS via le fournisseur de traitements « R » et l'utilisation de « RScript »

Cette section n'est pas nécessaire pour mener à bien l'exercice « Mali » étant donné que les 2 graphiques demandés sont à réaliser en priorité via l'extension « Data Plotly », plus facile d'utilisation, comme indiqué à la section 7.9.2.1 ci-dessus. Cependant, pour les plus curieux, un exemple de « RScript » permettant de réaliser un graphique de type « nuage de points » a été préparé pour vous et est disponible dans le dossier « .../3 Jointure Relation Stat Calcul ds table/R SCRIPT ggplot scatterplot modified.rsx ». Celui-ci devrait vous permettre de réaliser le graphique présenté à la Figure 56 page 99.

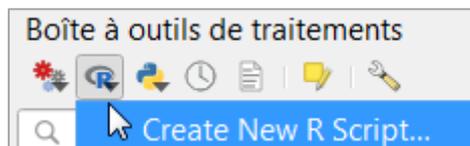
ATTENTION ! Pour utiliser le fournisseur de traitements « R », il faut au préalable avoir installé et configuré « R » dans QGIS comme indiqué aux sections 7.12.3, 7.12.4.1 et 7.12.5 pages 141 et 145.

Ensuite, il faut :

- soit avoir à disposition un script R pour QGIS
- soit écrire un script R pour QGIS

Pour importer un Rscript préexistant dans QGIS (*le script « R SCRIPT ggplot scatterplot modified.rsx » dans ce cas-ci*):

- Cliquez sur le bouton « R > Create New R Script... » dans la « Boîte à outils de traitements »



- Dans la fenêtre qui apparaît, cliquez sur « Ouvrir le script », et naviguez vers le Rscript à importer, puis cliquez sur « Open ». Le Rscript s'ouvre dans la fenêtre (Figure 54).

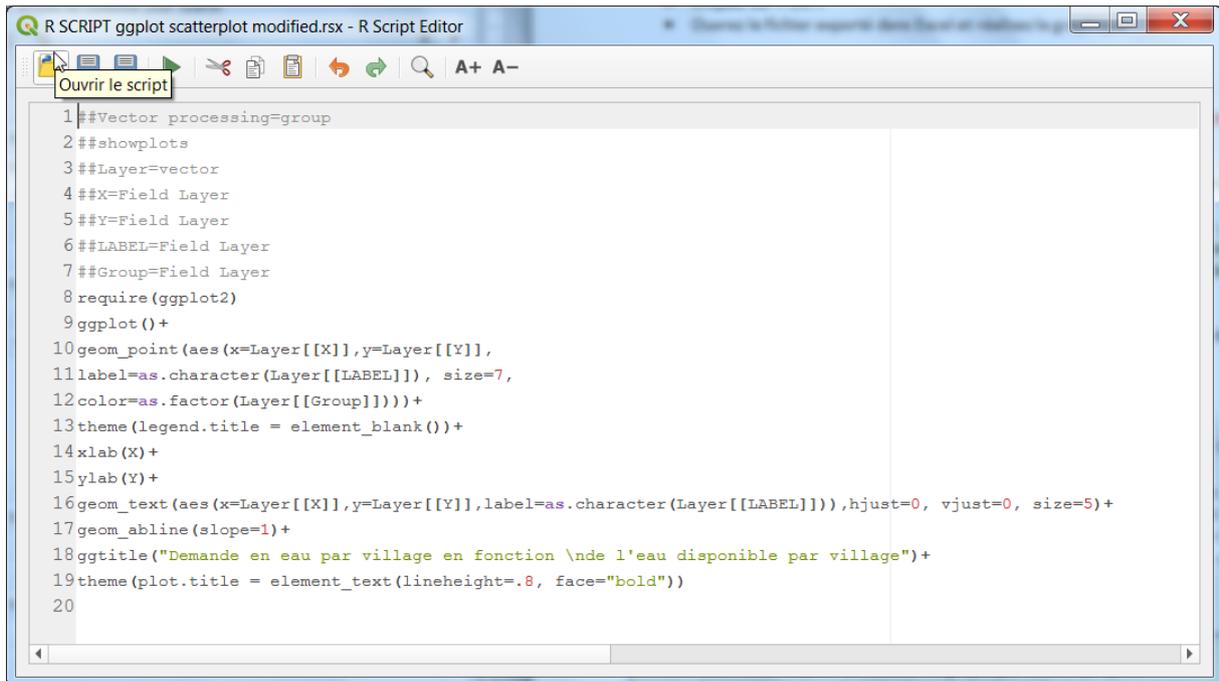


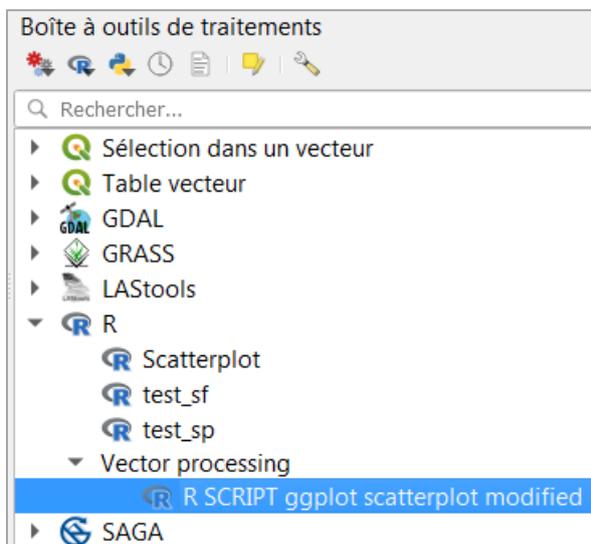
Figure 54 : RScript « R SCRIPT ggplot scatterplot modified.rsx » ouvert dans QGIS

Plus d'information sur « ggplot2 », le « package » R utilisé par le RScript, est disponible ici :

- <https://ggplot2.tidyverse.org/>

Une fois le RScript ouvert,

- Le RScript peut être **exécuté** via le bouton  (Figure 55)
- Le RScript peut également être « **Sauvegardé sous...** » via le bouton , vers le répertoire « C:\Users\Administrator\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\processing\rscripts\ », ce qui aura pour effet de le rendre disponible via un raccourci dans la « Boîte à outils de traitements » (confer Figure ci-dessous)



- Un clic-droit sur le script permet entre autres, de **l'éditer ou de l'exécuter**

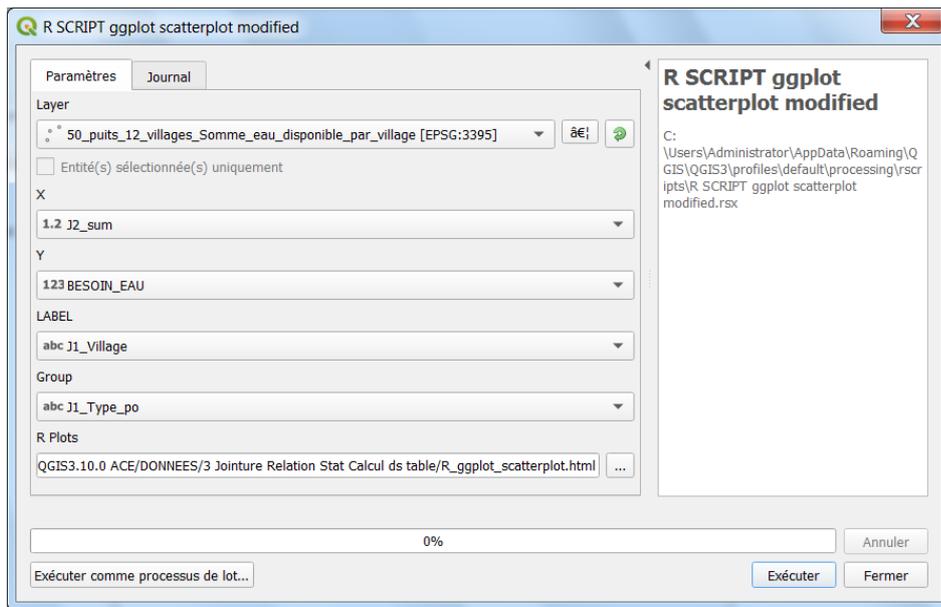


Figure 55 : Utilisation du script « R » « R SCRIPT ggplot scatterplot modified.rsx » de la Figure 43 dans QGIS : paramétrage de la fenêtre

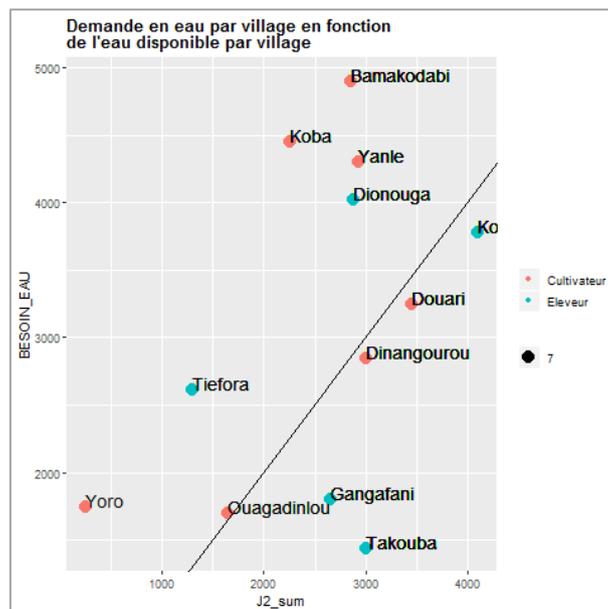


Figure 56 : Utilisation du script « R » « R SCRIPT ggplot scatterplot modified.rsx » de la Figure 54 dans QGIS : graphique résultant

7.9.2.4. Créer un graphique avec le langage « Python » (non documenté dans ce manuel)

Le langage « Python »  peut être utilisé pour créer des scripts, entre autre pour réaliser des graphiques. Pour ce faire,

- Utiliser la console Python ou un script Python dans la boîte à outils de traitements
- Utiliser le module Python « matplotlib » disponible ici <http://matplotlib.org/>.

7.9.3. Calculs dans la table d'attributs

7.9.3.1. Utiliser la calculatrice de champ de la table d'attributs

A l'aide des indications ci-dessous, vous allez calculer :

- Les besoins en eau totaux par village
- L'indice de satisfaction en eau pour chaque village

Ces calculs peuvent s'opérer directement dans la table d'attributs du fichier « 50_puits_12_villages_Somme_eau_disponible_par_village.shp » à l'aide de la « **Calculatrice de champ** ».

Le besoin en eau total par village se calcule comme suit :

BESOIN en eau total par village = Démographie du village * Besoin en eau par habitant du village

L'indice de satisfaction en eau de chaque village se calcule comme suit :

$$\text{INDICE de satisfaction en eau par village} = \frac{\text{Somme de l'eau disponible par village}}{\text{Démographie du village} * \text{Besoin en eau par habitant du village}}$$

Soit, dans l'interface de la « Calculatrice de champ » via les formules suivantes :

$$\begin{aligned} \text{BESOIN_EAU} &= \text{« J1_Demogra »} * \text{« J1_Besoin_ »} \\ \text{INDICE} &= \text{« J2_sum »} / (\text{« J1_Demogra »} * \text{« J1_Besoin_ »}) \end{aligned}$$

La composante « J1_Demogra » * « J1_Besoin_ » exprime les besoins totaux en eau par village en fonction de leur démographie et du type de population (cultivateur versus éleveur).

Dans la calculatrice de champs :

- Pour calculer les besoins en eau « **BESOIN_EAU** »
 - « Créer un nouveau champ » que vous nommerez « BESOIN_EAU », de type « Nombre entier (entier) », de longueur « 5 » et de précision « 0 ».
 - Utiliser l'« Expression » mentionnée ci-dessus à l'aide de la « Fonctions » « Champs et valeurs » qui contient les noms des champs de la table d'attributs.
- Pour calculer l'« **INDICE** » de satisfaction en eau (Figure 57):
 - « Créer un nouveau champ » que vous nommerez « INDICE », de type « Nombre décimal (réel) », de longueur « 5 » et de précision « 3 ».
 - Utiliser l'« Expression » mentionnée ci-dessus à l'aide de la « Fonctions » « Champs et valeurs » qui contient les noms des champs de la table d'attributs.

Vous obtiendrez de la sorte les indices de satisfaction en eau de chaque village et pourrez identifier les villages où un manque d'eau est à prévoir (valeur de l'indice < 1) si chaque village ne peut exploiter que les puits desquels il est le plus proche.

Une fois les 2 nouvelles colonnes calculées avec la calculatrice de champ, **passez à la section 7.9.2.1 page 91** pour créer un **graphique de type « nuage de points »** des besoins en eau par village en fonction de l'eau disponible par village, avec l'outil « **DataPlotly** ».

La calculatrice de champ permet de réaliser une gamme très variée d'opérations mathématiques se basant sur les valeurs reprises dans un ou plusieurs champs de la table d'attributs d'un fichier.

Pour réaliser un **calcul inter-colonnes**, dans la table d'attributs du fichier concerné,

- Ouvrez la table d'attributs du fichier
- Cliquez sur le bouton « Ouvrir la calculatrice de champs (Ctrl+I) » 
- Paramétrez votre calcul à l'aide de l'interface de la calculatrice de champ qui apparaît (Figure 57). Vous avez notamment le choix de :
 - Créer un nouveau champ ou de mettre à jour un champ existant
 - Lors de la création d'un nouveau champ, choisir :
 - Nom
 - Type : nombre entier, nombre décimal, texte ou date
 - **Longueur** : nombre de chiffres total du nombre (décimaux et non décimaux)
 - **La précision** : nombre de chiffres après la virgule
 - Lors de la mise à jour d'un champ existant, choisir le champ à mettre à jour dans le menu déroulant.
 - Rédiger l'expression de calcul à l'aide d'opérateurs mathématiques et de nombreuses fonctions, dont la fonction :
 - « Champs et valeurs » qui contient les noms des champs de la table d'attributs, utiles pour le calcul inter-colonnes.
 - ...
- Cliquez « OK »

Le champ se remplit des résultats du calcul. Attention, lors du calcul, la table d'attributs passe automatiquement en « mode d'édition » (confer section « 7.10 Edition et création de données géographiques », page 113). Vous devez donc, après que le calcul soit effectué :

- Sortir du « mode d'édition » en cliquant sur le bouton « Activer le mode d'édition (Ctrl+E) »  qui se situe dans le coin supérieur gauche de la table d'attributs.
- Cliquez sur le bouton « Enregistrer » dans la fenêtre apparaissant vous demandant « Voulez-vous enregistrer les modifications pour la couche 'nom de la couche' ? »

Le fichier est maintenant édité et enregistré.

- Vérifiez que le calcul s'est effectué correctement dans la table d'attributs.

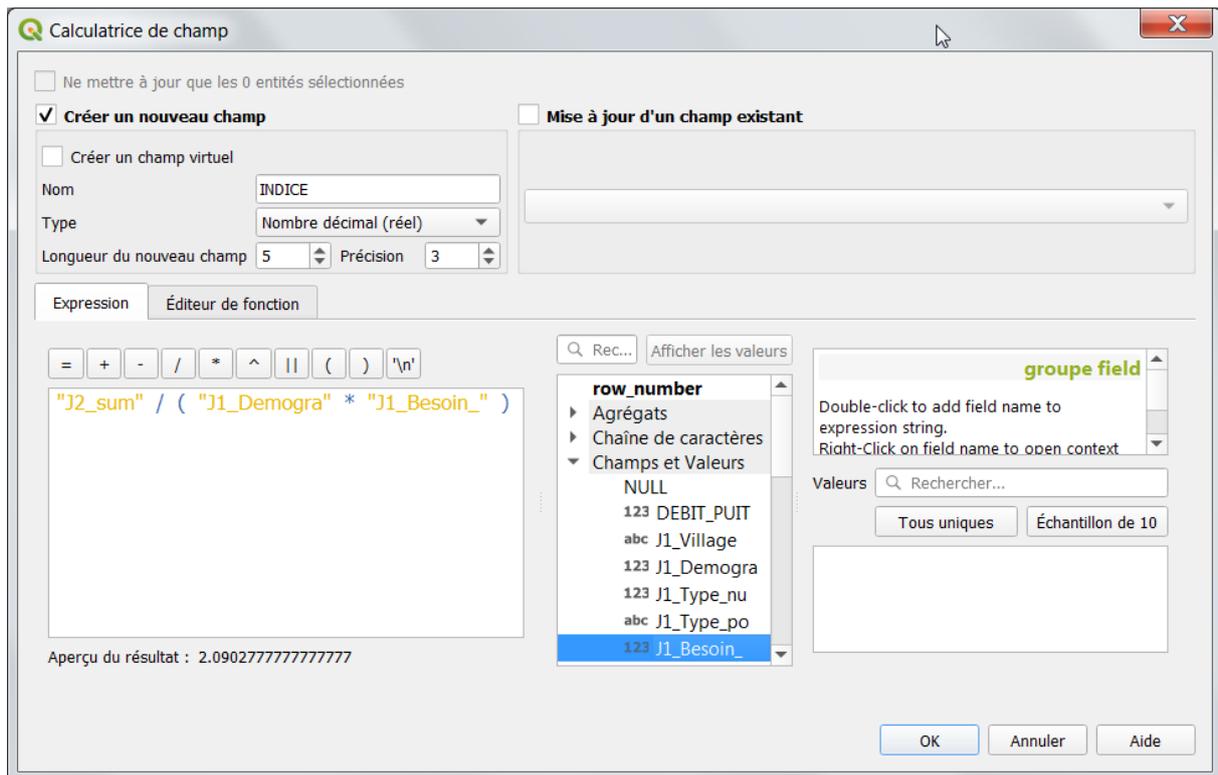


Figure 57 : Calculatrice de champ : exemple de calcul inter-colonne dans un nouveau champ

7.9.3.2. Créer un nouveau champ dans la table d'attributs

Notez qu'il est possible de créer un nouveau champ vide dans la table d'attributs. Pour ce faire :

- Ouvrez la table d'attributs du fichier
- Entrez en « mode d'édition » en cliquant sur le bouton « Activer le mode d'édition Ctrl+E) »  de la table d'attributs
- Cliquez sur le bouton « Nouvelle colonne (Ctrl+W) » 
- Définissez le format de votre champ dans la fenêtre qui apparaît « Ajouter une colonne »
- Cliquez sur « OK »

Le nouveau champ apparaît dans la table d'attributs

CONSIGNES POUR LA FINALISATION DE L'EXERCICE « MALI » par la création d'une CARTE sommaire rendant compte de la situation (Figure 58)

La carte « **Carte des 12 villages et 50 puits** » (confer le schéma des opérations à la Figure 21, page 61) est à faire **uniquement à la fin de l'exercice « Mali » lorsque vous aurez réalisé toutes les étapes préalables !**

- **N'activez** (cochez) que les deux couches d'intérêt dans le panneau « Couches » :
 - **Les 12 villages** : « 12_villages_autour_de_Dinangourou.shp »
 - **Les 50 puits** : « 50_puits_12_villages_Somme_eau_disponible_par_village.shp »
 - (et facultativement la couche « Mali »)
- Pour chacune de ces 2 couches **adaptez la symbologie** afin d'obtenir les résultats suivants :
 - **Les 12 villages** représentés par des points dont la couleur variera en fonction de la valeur de l'indice de satisfaction en eau. Les noms des villages et les valeurs de l'indice de satisfaction en eau seront aussi affichés via les « étiquettes »
 - **Les 50 puits** sous la forme de points bleus dont la taille variera en fonction de leur débit
- **Pour modifier la symbologie** d'une couche vectorielle, des indications complètes sont données à la section 7.16.4 page 201, mais voici l'essentiel des éléments à savoir dans ce cas-ci :
 - Clic droit sur la couche d'intérêt > Propriétés... > Symbologie > Symbole de type gradué (dans le premier menu déroulant) > Choisir la « Colonne » de la table d'attributs qui contient l'information sur laquelle baser la symbologie et définir intelligemment les autres paramètres:
 - **Pour les villages :**
 - Colonne « J3_Indice »
 - Méthode « Color »
 - Taille de symbole de 10
 - Une palette de couleurs allant du rouge au bleu avec comme « Mode » de « Jolies ruptures », 7 classes, classification symétrique autour de 1
 - Cliquez sur le bouton « Classer » puis « OK »
 - **Pour les Puits :**
 - Colonne « DEBIT_PUIT »
 - Couleur bleue
 - Méthode « Size », de 1 à 8 mm
 - 10 classes avec comme « Mode » de « Jolies ruptures »
 - Cliquez sur le bouton « Classer » puis « OK »

- **Pour ajouter des étiquettes** avec le nom des villages et la valeur des indices de satisfaction en eau:
 - *Clic droit sur la couche village > Propriétés... > Etiquettes > Etiquettes simples > :*
 - *pour afficher uniquement le nom des villages : choisissez la colonne « Village » dans le menu déroulant « Valeur »*
 - *pour afficher le nom du village suivi de la valeur de l'indice entre parenthèse, copier/coller dans le menu « Valeur » (ou dans la fenêtre accessible via le bouton ) la syntaxe suivante sans les guillemets les plus extérieurs « concat("Village" , '(', "J3_INDICE",') ».* Attention, cette syntaxe fait référence aux noms de colonnes de la table d'attributs : à adapter donc si vos colonnes se nomment différemment !
 - *Cliquez sur OK*
 - *(Modifiez éventuellement d'autres options selon le rendu souhaité)*

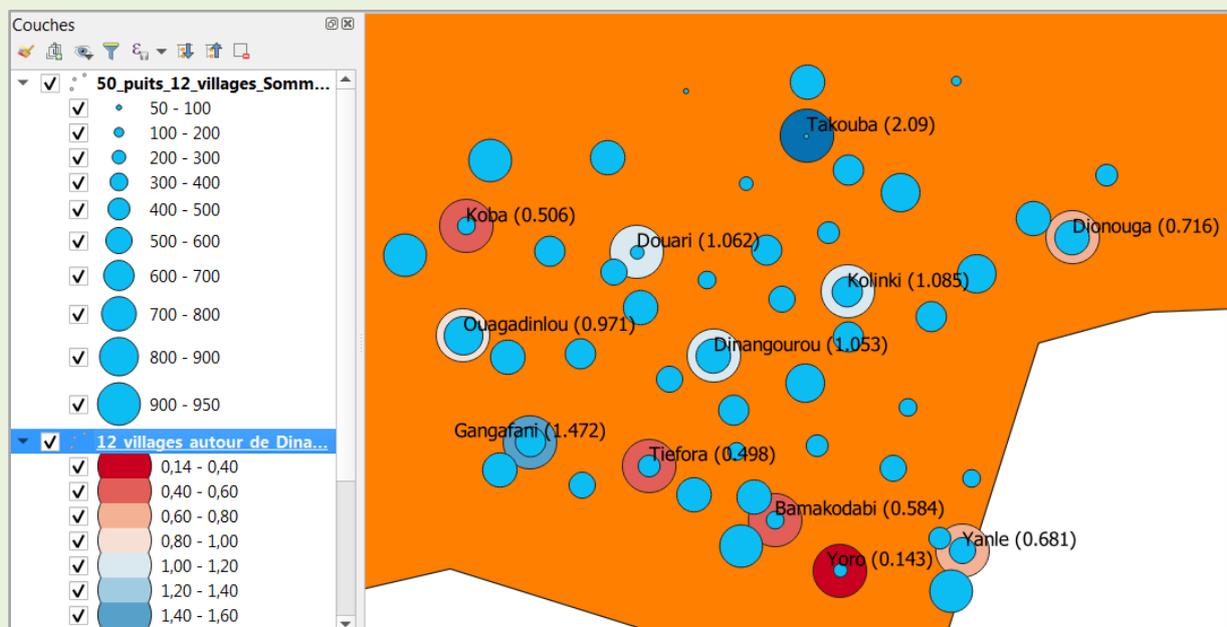


Figure 58 : Aperçu de la « carte sommaire des 12 villages et 50 puits » obtenue à la fin de l'exercice « Mali » et présentant l'indice de satisfaction en eau pour chacun des 12 villages (12 grands cercles de couleur variable) et le débit des 50 puits (50 cercles bleus de taille variable).

Une fois cette carte obtenue, votre « Mission Mali » sera accomplie 😊 !

Vous pouvez ensuite passer à la section 7.9.3.3 ci-dessous pour un petit exercice supplémentaire, toujours au Mali.

7.9.3.3. Calculer des aires, périmètres, longueurs d'entités spatiales

Contextualisation 3 – 2^{ème} partie et fin

Certains habitants du village de Yanle cultivent quelques champs de coton bio, l'or blanc de l'Afrique, en plus de leurs légumes. Etant donné qu'ils reçoivent de la part des sociétés cotonnières des quantités d'engrais proportionnelles à la superficie de leurs champs de coton, ils vous ont demandé d'évaluer à l'aide de votre SIG les superficies exactes de leurs parcelles de coton. Vous avez accepté. Un rapide relevé de terrain muni d'un GPS vous a permis de produire un fichier shapefile de polygones « **Parcelles de coton bio de Yanle.shp** » représentant les parcelles de coton du village.

Zoomez sur cette couche à l'aide d'un « Clic droit sur la couche > Zoomer sur la couche » pour la visualiser dans la fenêtre de visualisation. Aidez-vous des indications ci-dessous pour calculer les superficies des parcelles.

Vous réaliserez ces mesures de superficie en **hectare (ha)**.

Vous **reprojetez** le fichier « Parcelles de coton bio de Yanle.shp » dans un système de coordonnées projetées adapté à la zone étudiée. Dans ce cas-ci, le système WGS 84 / UTM zone 30N, code **EPSG 32630** semble adapté (confer <https://epsg.io/>). Vous nommerez le fichier reprojété « Parcelles de coton bio de Yanle Proj EPSG_32630.shp ».

Vous nommerez le champ dans lequel vous calculerez la superficie « **Superficie** » et utiliserez un champ de type « **Nombre décimal** » avec une :

- « **Précision** » de 3, soit une précision au millième d'hectare près (3 chiffres après la virgule)
- « **Longueur** » de 7, soit 4 (7-3=4) chiffres à gauche de la virgule

Ce qui semble être adapté dans ce cas-ci (superficie maximale encodable de 9999.999 ha)

Attention, lors de la mesure d'aires (superficies), périmètres ou longueurs, il faut distinguer 2 éléments :

- Les **unités** utilisées (m, km, ha, km², etc)
- Le **système de coordonnées** dans lequel est réalisée la mesure. Ce système impactera la valeur obtenue !

La gestion de ces 2 éléments est décrite dans les 2 sections ci-dessous.

7.9.3.3.1. Gestion des unités utilisées pour des mesures de surface ou de distance

La gestion des unités utilisées pour des mesures de surface ou de distance se fait via les propriétés du projet:

- Projet > Propriétés... > Général > Mesures > (Figure 59)

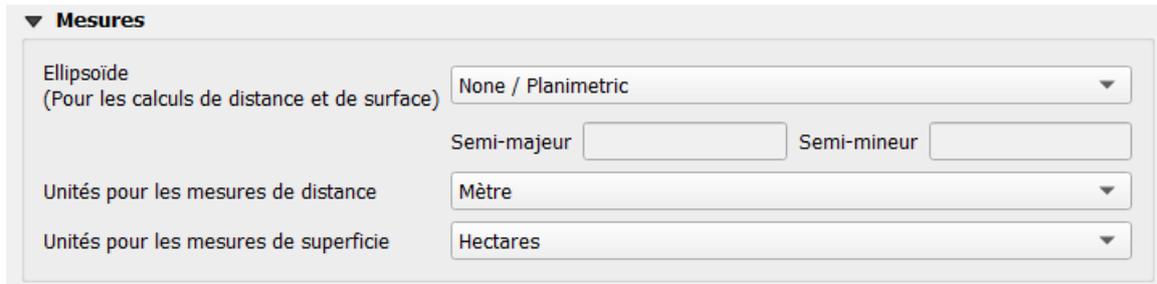


Figure 59 : Paramétrage des unités pour les mesures de distance et de superficie dans les propriétés d'un projet QGIS.

7.9.3.3.2. Gestion du système de coordonnées dans lequel est réalisée la mesure de surface ou de distance

Attention ! Les 2 systèmes de coordonnées (SCR), SCR du projet QGIS ET SCR du fichier shapefile, dans lesquels réaliser une mesure de surface ou de distance peuvent impacter la valeur de la mesure. Cet impact sera plus ou moins important en fonction des SCR considérés et de l'endroit de la terre considéré.

Pour réaliser une mesure la plus précise possible, il faudra veiller à :

- Pour une mesure de surface : utiliser un SCR qui conserve les surfaces
- Pour une mesure de distance : utiliser un SCR qui conserve les distances

Pour en savoir un peu plus à ce sujet, le lecteur est renvoyé à la documentation officielle de QGIS disponible ici : https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/gentle_gis_introduction/coordinate_reference_systems.html.

Dans la pratique, pour une analyse à mener à l'échelle d'un pays (ou pour une sous-région d'un pays), les **SCR nationaux** (ou sous-nationaux) (comme le « Belge 1972 / Belgian Lambert 72, code EPSG31370 » pour la Belgique) permettront fort probablement de réaliser une mesure de distance/surface avec une précision suffisante. Notons qu'**en cas de doute**, il est toujours possible de réaliser des mesures dans différents SCR et de comparer les résultats afin d'estimer si l'impact des SCR est important ou négligeable.

Il est donc important de **vérifier les SCR utilisés par le projet QGIS et par le fichier considéré** avant de réaliser le calcul. Pour rappel, voici comment accéder à ces informations :

- **SCR Projet QGIS** : Projet > Propriétés... > SCR. Ce menu peut être utilisé pour modifier le SCR du projet QGIS.

- **SCR fichier** : Cliquez-droit sur la couche à contrôler > Propriétés... > Source > Géométrie et système de coordonnées de référence ». **Attention !** Ce menu **NE PEUT PAS** être utilisé pour modifier le système de coordonnées de la couche. Confer à ce propos l'encadré 7.2.4 page 39, et ci-dessous.

Si nécessaire, vous pouvez **réaliser une reprojection** (passer d'un système de coordonnées vers un autre) d'une couche vectorielle avant de réaliser le calcul de superficie. Pour ce faire:

- Utilisez la fonction « **Reprojeter une couche** » disponible via le menu « Traitement > Boîte à outils > panneau « Boîte à outils de traitements » > Outils généraux pour les vecteurs > Reprojeter une couche »
- Choisissez un SCR adéquat.

Pour réaliser le calcul de distance ou de surface, une fois les SCR bien définis:

- Ouvrez la table d'attributs du fichier
- Utilisez la calculatrice de champ (confer ci-dessus la section 7.9.3 et Figure 60)
- Sélectionnez comme « Fonctions » « Géométrie > \$area ou \$length ou \$perimeter »

Faites attention à définir le bon « Type » de champ, de même que les bonnes « Longueur » et « Précision » (confer l'encadré vert ci-dessus) du champ recevant le résultat du calcul sous peine de ne pas voir apparaître le résultat souhaité.

- Cliquez « OK »
- Sortez du « mode d'édition » en cliquant sur le bouton « Activer le mode d'édition (Ctrl+E) » 
- Cliquez sur le bouton « Enregistrer » dans la fenêtre apparaissant vous demandant « Voulez-vous enregistrer les modifications pour la couche 'nom de la couche' ? »

Le fichier est maintenant édité et enregistré.

- Vérifiez que le calcul s'est effectué correctement dans la table d'attributs.

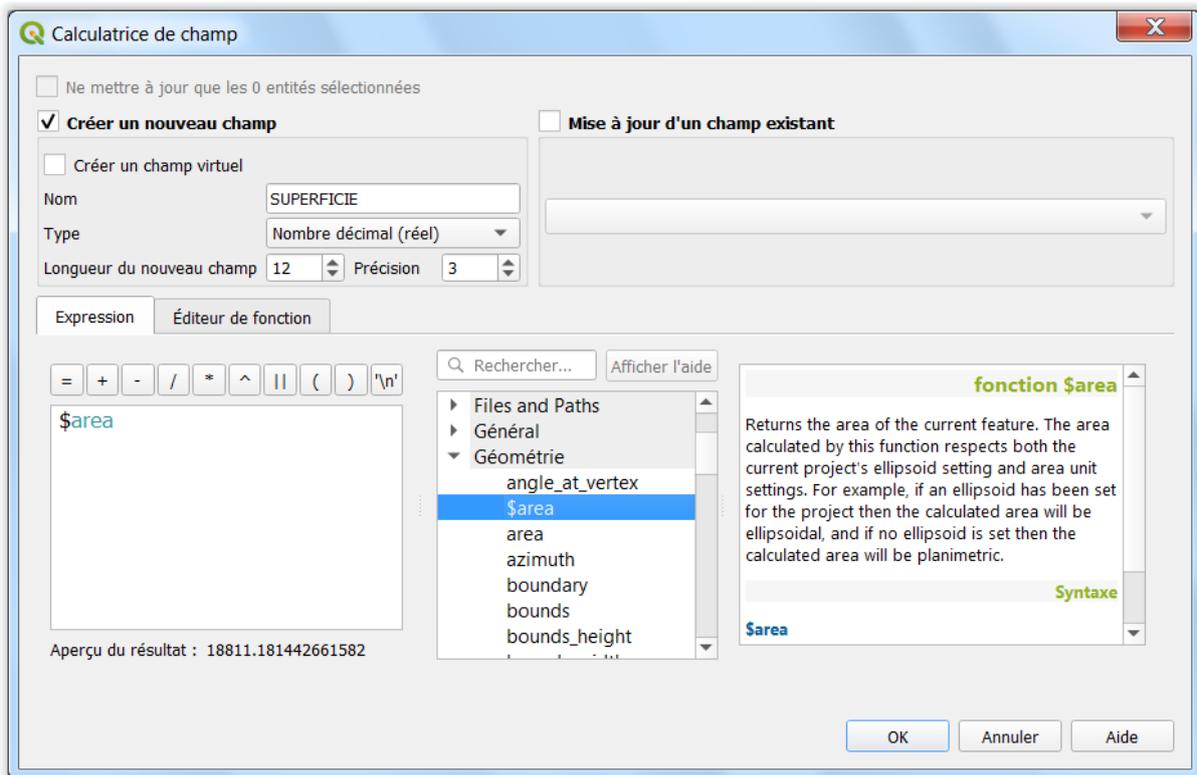


Figure 60 : Calculatrice de champ : exemple de calcul de la superficie de polygones en m²

Notez également, pour info, la différence entre les 2 paramètres de géométrie disponibles pour le calcul de surface dans la calculatrice de champs : « \$area » et « area ». Confer leur définition précise dans Figure 61 ci-dessous (Source = calculatrice de champ de QGIS3.10.0):

\$area	area
« Renvoie la surface de l'entité courante . La surface calculée par cette fonction respecte à la fois le paramétrage de l'ellipsoïde du projet et l'unité de surface . Ex: si un ellipsoïde a été paramétré pour le projet alors la surface sera ellipsoïdale, sinon, elle sera calculée selon un plan. »	« Renvoie la surface d'une géométrie polygonale . Les calculs sont toujours planimétriques dans le Système de Coordonnées de Référence (SCR) de la géométrie et les unités de la surface correspondent aux unités du SCR . Cette fonction est différente des calculs effectués par la fonction \$area qui réalise des calculs ellipsoïdaux en se basant sur les paramètres d'ellipsoïde du projet et des unités de surface. »

Figure 61 : Définition des 2 paramètres de géométrie disponibles pour le calcul de surface dans la calculatrice de champs : « area » et « \$area ».

7.9.3.4. Calculer des centroïdes d'entités spatiales

Cette section est donnée à titre informatif et ne fait pas partie de l'exercice « Mali ».

- Le « **centroïde** » est défini comme étant le point le plus au centre d'une entité spatiale. Il peut se situer en dehors de l'entité spatiale (points bruns à la Figure 62). Le centroïde d'un point correspond à ses coordonnées X et Y.
- Le « **centroïde forcé** » est le point le plus au centre **ET** inclus **sur/dans** une entité spatiale respectivement pour les lignes/polygones.

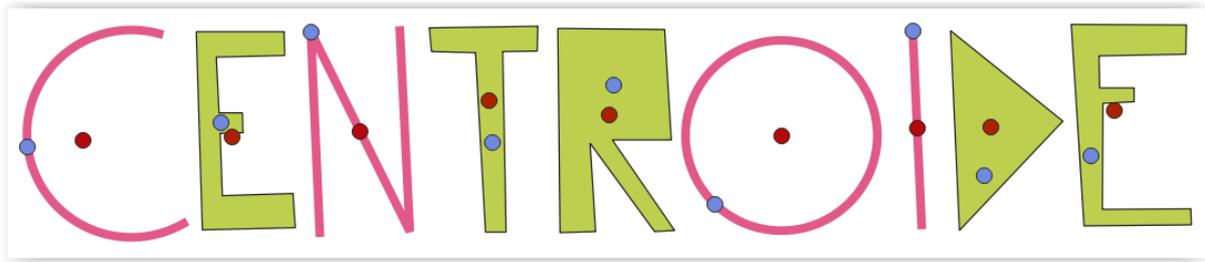


Figure 62 : Points bruns = centroïdes de polygones et de lignes ; points bleus = points inclus dans le polygone/ligne source.

Il existe diverses possibilités pour calculer ou obtenir les centroïdes d'entités spatiales dans QGIS. Quelques exemples sont repris ci-dessous.

1. Centroïdes de polygones ou lignes vers un fichier de points

- Outil « Vecteur > Outils de géométrie > **Centroïdes** »
 - Produit un fichier shapefile de points correspondant aux **centroïdes des polygones/lignes** du fichier shapefile utilisé en entrée (points bruns dans la Figure 62)
- Outil « Traitement > Boite à outils > SAGA > Shapes – Polygones > **Centroïdes de polygones** »
 - Idem
- Outil « Traitement > Boite à outils > Géométrie vectorielle > **Point dans la surface** »
 - Produit un fichier shapefile de points dont les points sont **inclus dans la « surface » du vecteur source** (points bruns à la Figure 46).

2. Centroïdes de points, lignes, polygones vers la table d'attributs

- Dans la « **Calculatrice de champ** »  de la table d'attributs du fichier pour lequel calculer les centroïdes
- Demandez la création d'un nouveau champ que vous nommerez par exemple « X_centroid » (pour la longitude) de type « Nombre décimal (réel) », avec une « Longueur » (longueur totale du chiffre y compris les décimales) et une « Précision » (nombre de décimales) suffisantes que pour accueillir les coordonnées des centroïdes exprimées dans le système de coordonnées du fichier (attention à prévoir suffisamment de décimales si les coordonnées sont calculées en degrés)
- Dans la fenêtre « Expression » de la calculatrice de champ tapez ensuite l'expression suivante pour la longitude : « x(\$geometry) ».
- Cliquez sur « OK ». Les coordonnées des longitudes des entités du fichier sont calculées et affichées dans le champ créé (« X_centroid »)
- Recommencez pour la latitude avec un champ appelé « Y_centroid » et l'expression « y(\$geometry) »

Contextualisation 4 SIG Participatif aux Philippines



L'ONG philippines « Mabuhay » vous demande de réaliser l'insertion dans un SIG du plan d'aménagement du territoire qu'elle a élaboré avec la communauté de pêcheurs et d'agriculteurs du village d'Akbar sur l'île de Basilan aux Philippines, dans le cadre de son projet de développement rural, au cours d'un atelier de SIG participatif et de cartographie communautaire. Les aménagements clefs identifiés par les villageois sont :

- l'implantation de **4 éoliennes**,
- l'installation de **3 points d'eau potable**,
- l'aménagement d'un **potager biologique communautaire**,
- l'installation d'un **réseau d'égouttage pour les eaux usées**.

L'ONG a demandé à la communauté de dessiner au marqueur ces aménagements aux endroits voulus sur une **carte papier** reprenant une image satellitaire issue de Google Earth (Figure 63). La carte papier a été légendée, **scannée**, puis **géoréférencée** dans QGIS. Cette carte est disponible en format « .tif » (raster) dans le répertoire « ... DONNEES\4 Edition et creation de donnees\Carte_communautaire_village_AKBAR_Georef.tif ».



Figure 63 : Plan d'aménagement du territoire réalisé via un atelier de SIG participatif communautaire dans le village d'Akbar sur l'île de Basilan aux Philippines et aperçu du village

Aidez-vous des instructions ci-dessous (section 7.10) pour insérer ces aménagements dans votre SIG. Vous devrez donc éditer ou créer de nouvelles couches d'information vectorielles qui correspondront aux aménagements à intégrer. Attention, choisissez le bon format de fichier vectoriel shapefile pour chaque type d'aménagement :

- **Eoliennes et points d'eau** : shapefile de type « **point** »
- **Réseau d'égouttage** : shapefile de type « **ligne** »
- **Parcelles de potager** : shapefile de type « **polygone** »

Remarquez que l'on vous demande d'intégrer les 4 éoliennes dans le fichier « **Projets eoliens de l'île de Basilan.shp** » reprenant les éoliennes en projet de construction sur l'île.

Démarrez votre travail en explorant les données présentes dans le projet QGIS « **SIG participatif aux Philippines.qgz** ».

Un aperçu du résultat que vous devriez obtenir est présenté à la **Figure 64**, et un « **Schéma des opérations** » est présenté à la **Figure 65**.

<p>DONNEES & PROJET QGIS !</p>	<p>Les données : les données à utiliser sont dans le dossier « ...\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\4 Edition et creation de donnees\».</p> <p>Projet QGIS : « SIG participatif aux Philippines.qgz » situé dans ce même dossier.</p>
<p>Objectifs pédagogiques</p>	<p>Editer (modifier) des données vectorielles existantes et créer de nouvelles données vectorielles (points, lignes, polygones).</p>
<p>Temps approximatif</p>	<p>Découverte en autonomie : ~1h00 Manipulations techniques uniquement, par un expert : ~0h15</p>

Contextualisation 4 : SIG participatif aux Philippines

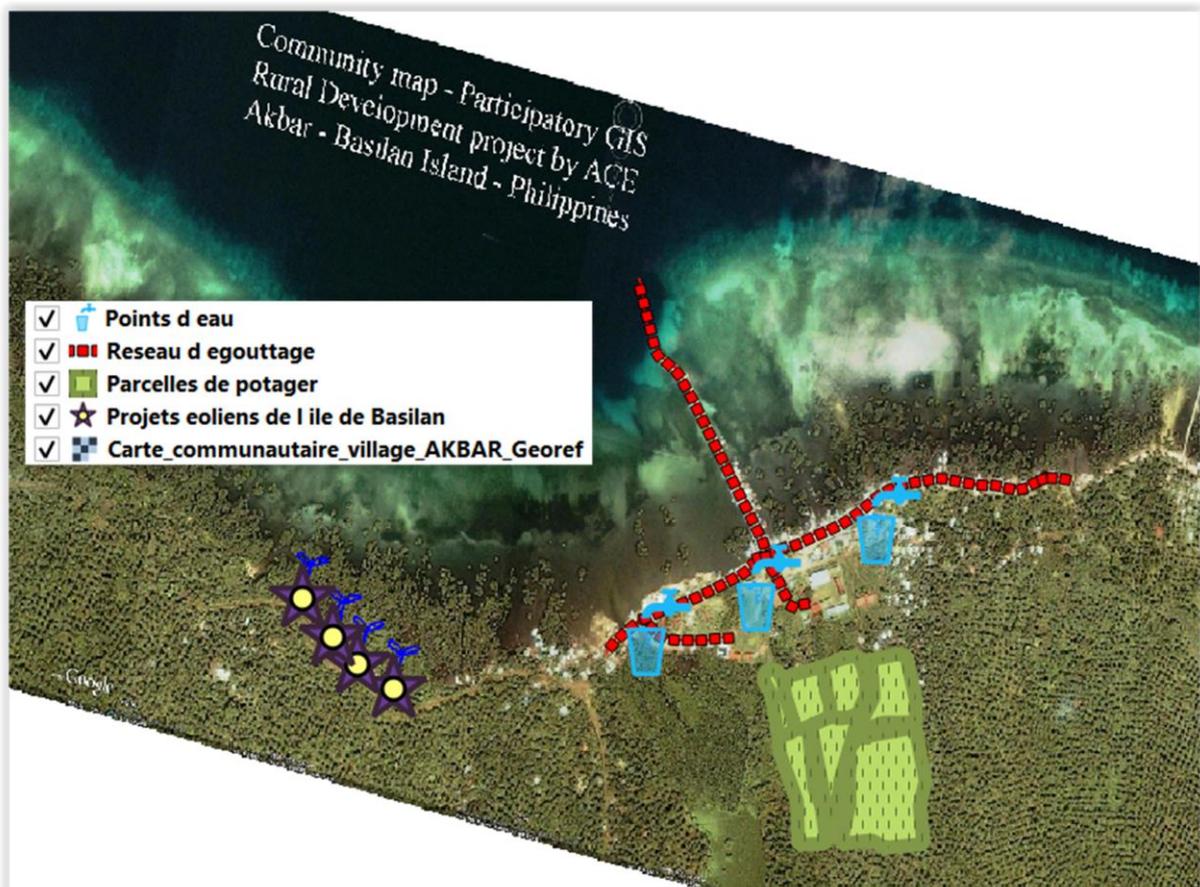


Figure 64 : Aperçu du résultat de l'édition et de la création de données géographiques vectorielles (points, lignes, polygones) dans le cas de la contextualisation « Philippines »

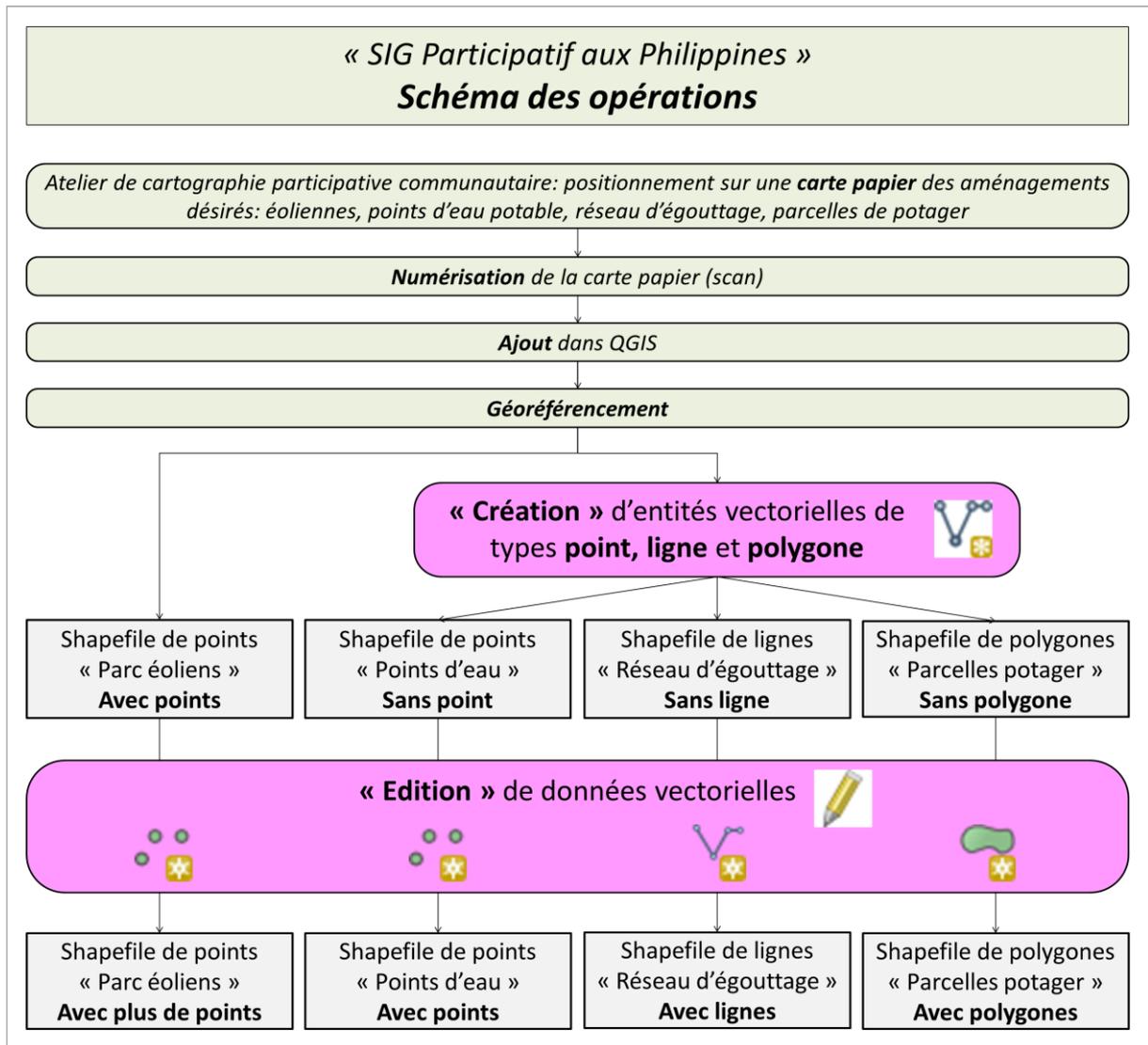


Figure 65 : Schéma des opérations de la contextualisation « Philippines »

7.10. Edition et création de données géographiques

7.10.1. Edition (modification) de données géographiques

Une fois ouvert le projet QGIS « SIG participatif aux Philippines.qgz » disponible dans le répertoire « ... DONNEES\4 Edition et creation de donnees », à l'aide des indications ci-dessous, éditez le shapefile « Projets eoliens de l'île de Basilan.shp » dans lequel vous ajouterez les 4 éoliennes d'Akbar. Il vous faudra zoomer sur la zone où se trouvent les éoliennes à créer et les « dessiner » via l'ajout de points identifiant leur localisation.

L'édition de données se fait dans ce qu'on appelle une « **Session d'édition** ».

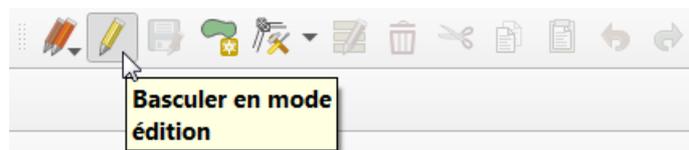
QGIS permet de **modifier des fichiers de données existants**, par exemple :

- **Ajouter** un nouveau **polygone** représentant une nouvelle construction pour la mise à jour d'un shapefile de polygones reprenant les habitations d'une ville.
- **Modifier** le tracé d'une **ligne** représentant une rivière qui aurait été détournée, dans un shapefile représentant le réseau hydrographique d'une région.
- **Supprimer** des **points** identifiants des arbres remarquables qui viennent d'être arrachés par une tempête.

7.10.1.1. Contrôler l'édition

L'édition est contrôlée par 2 barres d'outils.

- La « **Barre d'outils de numérisation** », permet des opérations d'édition de base.



- La « **Barre d'outils de numérisation avancée** » permet des opérations d'édition avancées.



Pour rappel, les barres d'outils peuvent être affichées ou masquées via le menu :

- **Vue > Barres d'outils > Cocher/décocher la/les barre(s) d'outils**

Ces outils sont également disponibles via le menu principal de QGIS « **Editer** ».

Une fois un dessin en cours,

- Le bouton  permet d'« activer les outils de numérisation avancée » qui sont disponibles dans la fenêtre « **Numérisation avancée** ». Ces outils permettent notamment de définir des angles, des directions et des distances entre éléments

- Outils CAD (En : Computer-Aided Design = Fr : Conception Assistée par Ordinateur (CAO))
- Courbe en trait continu « streaming »
- Extension « Digitizing tools »
- ...

7.10.1.3. Editer une couche vectorielle

- Ajoutez (si ce n'est déjà fait) dans votre projet QGIS le fichier que vous voulez éditer. Si ce fichier est un fichier nouvellement créé, sans entité spatiale donc, rien n'apparaîtra dans la fenêtre de visualisation mais le fichier viendra s'ajouter comme une nouvelle couche « vide » dans le panneau « Couches ».
- **Sélectionnez dans le panneau « Couches » le fichier à éditer**
- Cliquez sur le **crayon jaune**  de la « Barre d'outils de la numérisation ».
- Réalisez l'édition avec les outils disponibles (confer ci-dessus)
 - **Dessiner**
 - Le dessin avec l'outil de base « Ajouter une entité » se fait via un ou plusieurs clic-gauche, selon que le fichier édité est de type point (un clic) ou ligne ou polygone (plusieurs clics)
 - **Fin de dessin et édition de la table d'attributs**
 - Pour terminer une ligne ou un polygone, faites un clic droit.
 - A la fin de la construction d'une entité, lors du clic gauche pour un point ou lors d'un clic-droit pour les lignes et les polygones, une fenêtre apparaît automatiquement et permet d'éditer directement les attributs de l'entité terminée. Le nombre de champs de cette fenêtre dépend évidemment du nombre de champs dans la table d'attributs.
 - **Annulation et modification de dessin**
 - Les flèches   permettent d'annuler ou de rappeler la dernière entité dessinée.
 - Il ne semble pas possible d'effacer ou d'annuler un vertex en particulier en cours de dessin
 - L' « **outil de nœud** »  permet de modifier les vertex d'une entité terminée :
 - 2 clics gauches pour sélectionner puis activer un vertex, qui devient bleu une fois activé
 - Cliquer sur le vertex et glissez jusqu'à la position désirée pour déplacer le vertex
 - Touche « suppression » du clavier pour supprimer le vertex sélectionné
 - **Suppression d'entités**
Pour supprimer une ou plusieurs entité(s) :

- Sélectionnez la ou les entité(s)
- Cliquez sur le bouton de suppression 

Conseils :

- **Zoomez** sur la partie à éditer. Au plus vous zoomerez, au plus votre édition sera précise.
- Une échelle graphique peut être affichée dans l'interface de QGIS via le menu « **Vue > Décoration > Echelle graphique** », à activer et à paramétrer correctement. Cela peut vous aider à estimer la précision à laquelle vous travaillez.
- Vous pouvez également définir la « **distance de tolérance d'accrochage** » (En : « **snapping tolerance** »), c'est-à-dire une distance à partir de laquelle 2 sommets (En : vertex) ou segments sont spatialement collés ou fusionnés automatiquement (confer ci-dessous la section 7.10.1.5 « Options d'accrochage »).

7.10.1.4. Options de numérisation (création, édition, accrochage,...)

Il existe toute une série de paramètres généraux qui régulent la numérisation ou édition de données vectorielle. Ces paramètres peuvent être modifiés via le menu principal de QGIS :

- « **Préférences > Options... > Numérisation** » (Figure 66)

Avec notamment :

- L'épaisseur des lignes au moment de l'édition (par défaut très fines et peu visibles)
- Les options d'accrochage (confer ci-dessous)

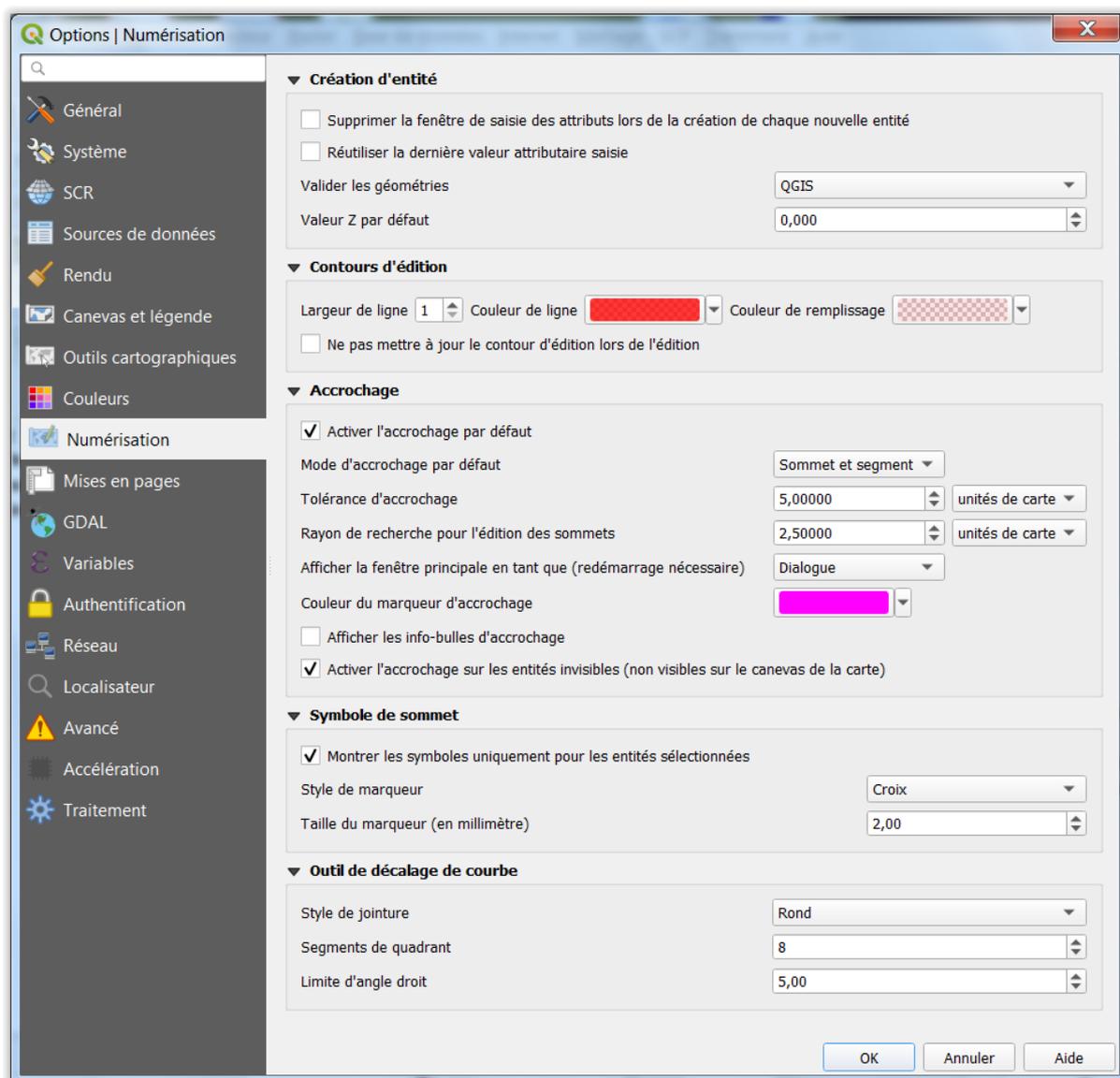


Figure 66 : Fenêtre de réglage des options de numérisation (création, édition, accrochage,...)

7.10.1.5. Options d'accrochage

Lorsque le dessin de certaines entités spatiales requière une certaine précision, pour que par exemple des entités soient parfaitement jointives, il est nécessaire de paramétrer correctement les « Options d'accrochage » (En : « Snapping » (ajustement automatique)) contrôlant une session d'édition.

L'accrochage consiste en le fait qu'un élément « E1 » (un sommet ou un segment) d'une entité spatiale en cours de construction sera automatiquement déplacé (collé spatialement) vers un élément « E2 » (un sommet ou un segment) d'une autre entité spatiale déjà existante si cet élément « E1 » se positionne à une distance de « E2 » inférieure à une valeur définie par la tolérance d'accrochage.

Les **options d'accrochage** sont modifiables via le menu principal de QGIS :

- **Projet > Options d'accrochage...** (Figure 67)

Cet outil permet de définir :

- Le **type d'accrochage** : sur un sommet, sur un segment, sur un sommet et un segment.
- La **tolérance d'accrochage** (En : **snapping tolerance**) : une distance (en unités de la carte ou en pixel) à partir de laquelle 2 « vertex » (un vertex = un point constitutif d'une entité spatiale) ou 2 segments voisins et d'entités spatiales distinctes sont fusionnés/collés automatiquement.

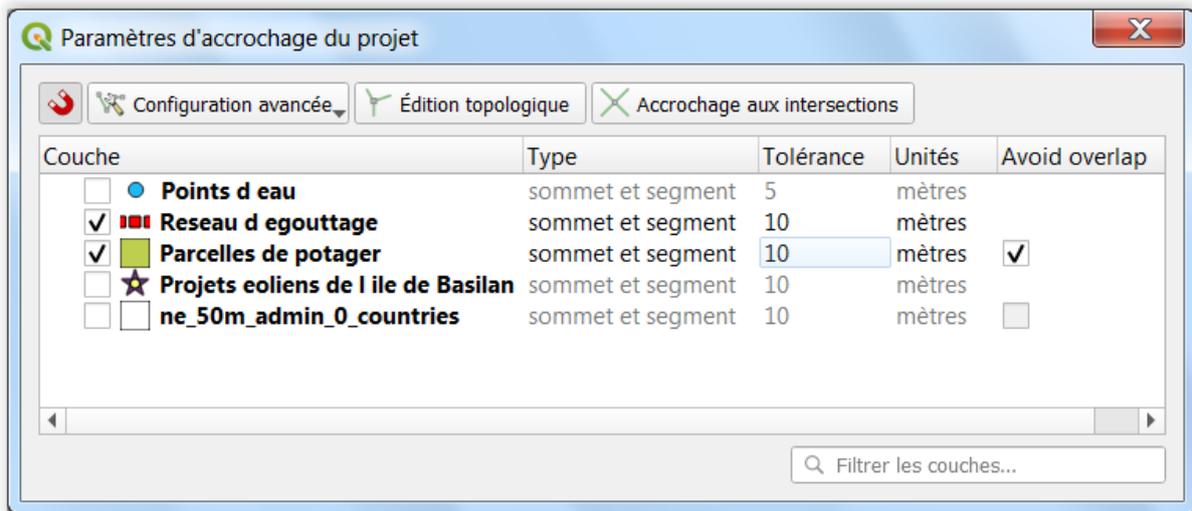


Figure 67 : Fenêtre de réglage des options ou paramètres d'accrochage

7.10.1.6. Editer la table d'attributs

En mode édition, vous avez aussi accès à la table d'attributs si vous voulez éditer les informations sur les entités spatiales que vous modifiez / créez.

- Par défaut, à la fin du dessin de chaque nouvelle entité spatiale, une fenêtre apparaît automatiquement et permet d'éditer directement les attributs de l'entité terminée. Ce comportement peut être modifié dans les « Préférences > Options... > Numérisation > Création d'objet »
- L'édition peut se faire également directement dans la table d'attributs.
- Vos éditions dans la table d'attributs devront respecter le format prédéfini des colonnes (texte, date, chiffre entier, chiffre décimal, etc).
- Pour visualiser l'entité spatiale que vous éditez dans la table d'attributs, sélectionnez-la,
 - Soit, dans l'interface géographique, à l'aide de la flèche de sélection 
 - Soit, dans la table d'attributs, en cliquant sur le carré gris à gauche de la ligne identifiant l'entité, suivi d'un clic sur le bouton  « Zoomer la carte sur les lignes sélectionnées (Ctrl+J) »

7.10.1.7. Sauvegarder des modifications et clôturer une session d'édition

A la fin d'une session d'édition, il est important de sauvegarder les modifications réalisées. Pour ce faire, dans la barre d'outils d'édition, cliquez sur :

- Le bouton  pour enregistrer les modifications de la couche
- Le bouton  pour désactiver le mode édition

7.10.2. Créer de nouvelles données géographiques

A l'aide des indications ci-dessous, vous allez créer 3 nouveaux shapefile qui accueilleront, via l'édition (confer ci-dessus), les informations relatives aux points d'eau potable, au potager biologique communautaire et à l'installation du réseau d'égouttage. Vous travaillerez dans le répertoire « ... DONNEES\4 Edition et creation de donnees ».

Pour **créer un nouveau fichier** de données géographiques, **2 possibilités** s'offrent à vous dans l'interface principale de QGIS :

- Soit, **créer un nouveau fichier « vide » et l'éditer.**
 - Cliquez sur le menu principal de QGIS « Couche > créer une couche » (Figure 68)
 - Choisissez le type de couche à créer.
 - Voyez aussi la section 7.10.2.1 ci-dessous
- Soit, **exporter** (confer section 7.7 page 70) **ou copier** (Figure 68) un fichier ou une partie de fichier existant vers un nouveau fichier (*ne pas utiliser cette possibilité dans le cas de l'exercice « Philippines »*)

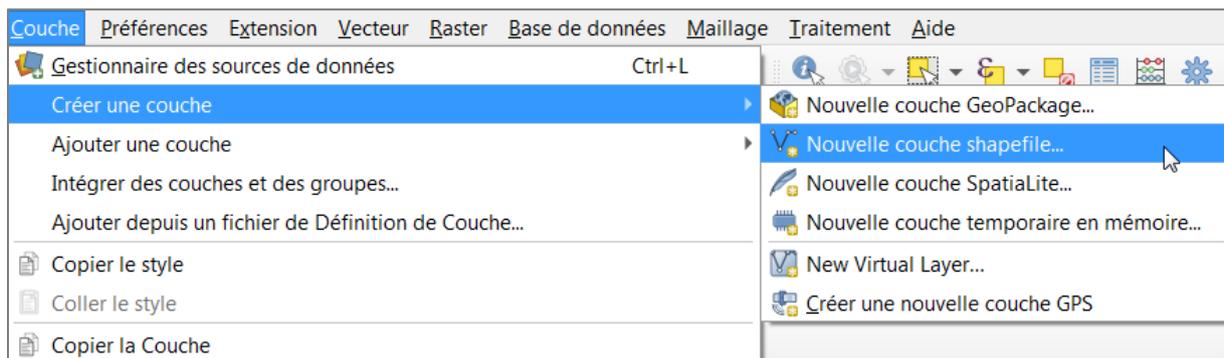


Figure 68 : Menu de création d'une nouvelle couche / de copie d'une couche existante dans QGIS

Différents types de nouveaux fichiers peuvent être créés dans QGIS :

- Une couche **shapefile** :
 - Un shapefile est un fichier de données vectorielles (points ou lignes ou polygones) enregistrant la localisation, la forme, les attributs, etc. des entités géographiques

- C'est le format le plus courant pour des entités spatiales vectorielles en SIG
- Voyez aussi la section 7.10.2.1 ci-dessous
- Une couche **GeoPackage**: (non utilisé dans ce manuel)
 - GeoPackage (GPKG) est un format de données géospatiales implémenté sous la forme d'une base de données SQLite qui permet de stocker divers types de fichiers comme : des entités vectorielles, des matrices de tuiles d'images et de rasters à différentes échelles, des attributs (données non spatiales),... (Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Geopackage> et <https://www.sigterritoires.fr/index.php/le-format-geopackage-et-ggis-3/>)
 - Ce format est amené à remplacer le format shapefile à termes. Confer à ce propos la Note 5 page 45.
- Une couche **Spatialite** : (non utilisé dans ce manuel)
 - « Spatialite » est un format de fichier permettant de stocker une base de données spatiale dans un seul fichier
 - Plus d'information sur ce format est disponible via le lien suivant : https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/training_manual/databases/spatialite.html
- Une couche **temporaire en mémoire** : (non utilisé dans ce manuel)
 - Permet de créer des couches vectorielles de différents types, mais temporaire
 - Une couche temporaire ne sera pas sauvegardée et sera supprimée lors de la fermeture du projet QGIS
- Une couche **virtuelle**: (non utilisé dans ce manuel)
 - "Virtual layers are a special kind of vector layer. They allow you to define a layer as the result of an SQL query involving any number of other vector layers that QGIS is able to open. Virtual layers do not carry data by themselves and can be seen as views to other layers." (Source: https://docs.qgis.org/3.4/fr/docs/user_manual/managing_data_source/create_layers.html?highlight=virtual%20layers#creating-virtual-layers)
- Une couche **GPS** : (non utilisé dans ce manuel)
 - Une couche avec l'extension « .gpx » qui correspond au format « GPS eXchange format ».
 - Ce format est un format de stockage et d'échange de données GPS qui peut contenir, dans un même fichier, n'importe quel nombre de :
 - « points d'intérêt » : positions (En : « waypoints »)
 - « itinéraires » : séquences de positions
 - « tracks » : un journal de suivi des déplacements du récepteur en fonction du temps
 - Pour en savoir plus sur l'utilisation de fichiers GPS dans QGIS, voyez le lien suivant https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/working_with_gps/plugins_gps.html?highlight=gps et l'Annexe 4 - .

Noms des fichiers de données géographiques

!! Remarquez que lors de la création d'un nouveau fichier (ou d'une nouvelle table), les noms comprenant des caractères spéciaux sont à proscrire : bien que compatibles avec certaines fonctions de bases, ils seront peut-être incompatibles avec des options avancées. Comme pour tout fichier informatique, pensez à donner des noms le plus explicite possible et pas trop long.

7.10.2.1. Créer un nouveau « Shapefile »

Pour créer un shapefile :

- Cliquez sur :
 - le menu principal de QGIS « **Couche > Créer une couche > Nouvelle couche shapefile...** » (Figure 68) ou
 - sur le bouton « Nouvelle couche shapefile »



La fenêtre « Nouvelle couche Shapefile » apparaît (Figure 69). Dans cette fenêtre :

- Paramétrez la création du shapefile comme souhaité, en particulier :
 - Le « **Type** » de shapefile (point, ligne, polygone)
 - Le « **SCR** » (Système de Coordonnées de Référence) via le bouton 
 - La création **des champs (colonnes)** de la table d'attributs :
 - **Nom** : 10 caractères maximum
 - **Type** : texte, nombre entier, nombre décimal ou date
 - **Longueur** : nombre de caractères total autorisé
 - **Précision** : nombre de chiffre après la virgule pour les nombres décimaux
 - ...
- Cliquez « OK »

La fenêtre « Enregistrer la couche sous... » apparaît :

- Naviguez jusqu'au répertoire dans lequel enregistrer la couche
- Nommez votre couche
- Cliquez sur « Save »

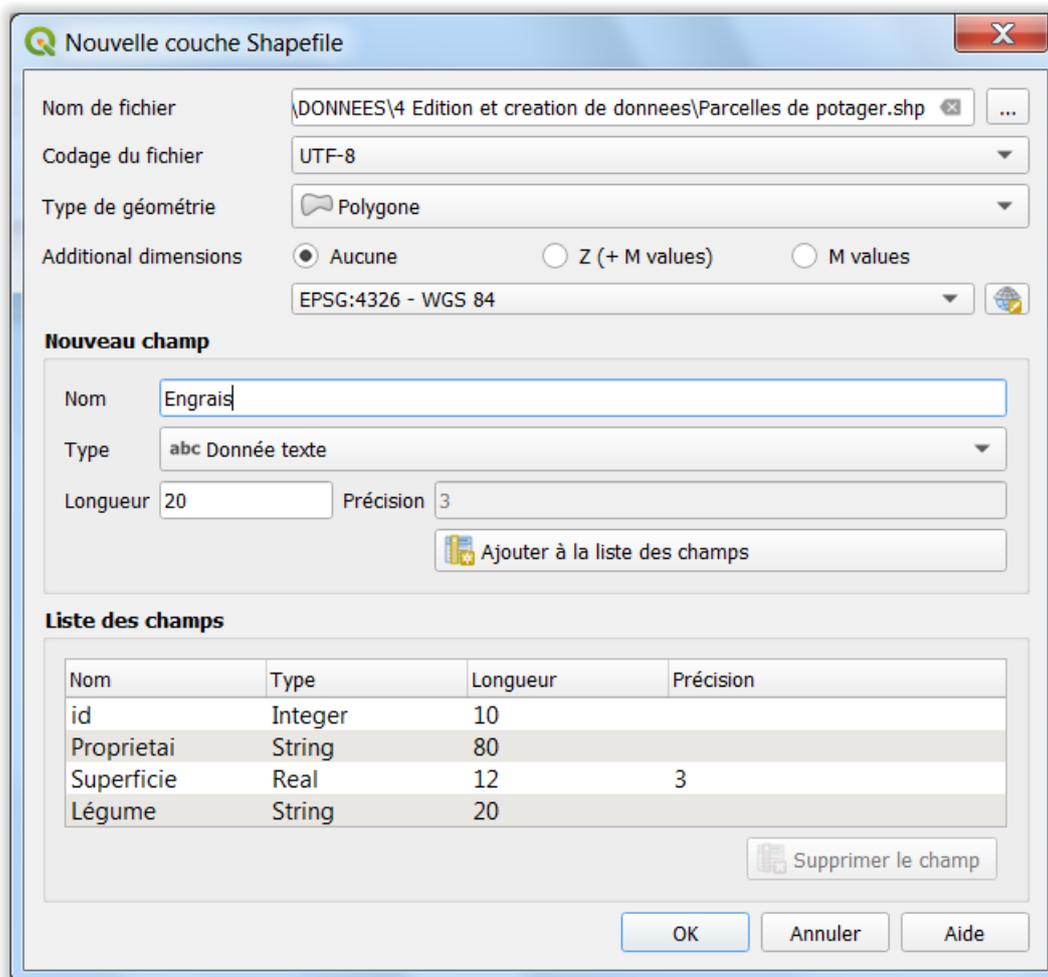


Figure 69 : Fenêtre de création d'une nouvelle couche vecteur (shapefile)

Le fichier est créé et s'ajoute automatiquement dans le panneau « Couches » de l'interface principale de QGIS.

Les fichiers créés de la sorte sont vides (ne contiennent aucune entité spatiale). Il faut donc les éditer (confer la section 7.10.1, ci-dessus) pour y insérer des entités spatiales et leurs attributs.

L'ajout de nouveaux champs (colonnes) après la création de l'entité est possible de 2 manières :

- Directement dans la table d'attributs (« Clic droit sur la couche > Ouvrir le table d'attributs »)
- Via les propriétés de la couche (« Clic-droit sur la couche > Propriétés > Champs »)

L'« **Explorateur QGIS** » permet également de créer une nouvelle couche shapefile via un clic droit sur un répertoire > Nouveau > ShapeFile....



Contextualisation 5

Etude de l'évolution spatiale des zones écologiques du Guatemala

Le centre d'étude en écologie du Guatemala vous demande de réaliser une étude de l'évolution des zones écologiques du Guatemala depuis 1950 jusqu'à maintenant. La première étape de votre travail consiste en la collection des données historiques disponibles.



Au cours de vos recherches vous avez trouvé la carte « Mapa ecologico de Guatemala, con la clave de clasificacion de vegetales del mundo » datant de 1959, sur le site web du « European archive on the soil maps of the WORLD (EuDASM) » (http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eudasm/EUDASM.htm). Cette carte n'était disponible que dans un format **JPG non géoréférencée**. Vous l'avez téléchargée et enregistrée dans le dossier « ... \Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE \DONNEES \5 Georeferencement \ » sous le nom « **guat_lucp.jpg** ».

Afin de pouvoir facilement comparer cette carte avec les autres données plus récentes, que vous récolterez ultérieurement, vous devez **importer cette carte dans QGIS** et la **géoréférencer**.

Les indications ci-dessous (section 7.11) devraient vous permettre de réaliser ces différentes tâches. Le système de coordonnées de la carte n'est malheureusement pas indiqué. Vous supposerez dès lors que le système utilisé est le système « **WGS 84, EPSG 4326** ». Vous géoréférencerez cette carte **par rapport aux frontières du Guatemala disponibles dans le fichier des pays du monde « ne_50m_admin_0_countries.shp »**.

Un aperçu de la carte géoréférencée est présenté à la Figure 73 page 131.

DONNEES & PROJET QGIS !	<p>Les données : les données à utiliser sont dans le dossier « ... \Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE \DONNEES \5 Georeferencement \ ».</p> <p>Projet QGIS : « Georeferencement au Guatemala.qgz » situé dans ce même dossier.</p>
------------------------------------	---

Objectifs pédagogiques	Réaliser un géoréférencement d'une donnée de type raster.
-------------------------------	---

Temps approximatif	<p>Découverte en autonomie : ~1h00</p> <p>Manipulations techniques uniquement, par un expert : ~0h15</p>
---------------------------	--

Contextualisation 5 : Etude de l'évolution spatiale des zones écologiques du Guatemala

7.11. Géoréférencement

7.11.1. Introduction au géoréférencement

Le **géoréférencement** permet de positionner correctement dans l'espace un fichier, de type raster, non ou mal géoréférencé, par exemple une carte papier numérisé ou une image aérienne, et de lui attribuer un système de coordonnées. Notez que cette opération s'intègre souvent dans la séquence d'opérations suivante :

- Obtention d'une **carte papier** sur une zone d'étude
- **Digitalisation** de la carte papier via scannage et obtention de la carte en format **numérique**, JPG par exemple
- **Importation** du fichier numérique JPG **dans QGIS**
- **Géoréférencement** de la carte JPG et enregistrement dans un format (« .tif » par exemple) comprenant un positionnement dans l'espace et un système de coordonnées géographiques
- (**Vectorialisation** de la carte par création d'un (ou plusieurs) shapefile reprenant les entités spatiales de la cartes (routes, sources, etc) (Confer section 7.10)
- **Edition des attributs** du shapefile (type de route, débit des sources, etc) (Confer section 7.10)
- Obtention d'une **carte digitale vectorielle géoréférencée**)

7.11.2. Géoréférencer un fichier

Le géoréférencement d'un fichier est une **procédure délicate** car elle est composée de **nombreuses opérations** au cours desquelles une erreur est vite commise. En outre **différents cas de figure** sont possibles en fonction du **type de donnée à géoréférencer** et du **type d'information prise comme référence** pour le géoréférencement. Il faudra également veiller à **utiliser les bons systèmes de coordonnées** au cours des différentes étapes sous peine d'obtenir un fichier (très) mal géoréférencé.

7.11.2.1. Préparation du projet de géoréférencement

Créer un projet QGIS qui servira au géoréférencement :

- Ouvrez un projet QGIS
- Enregistrez-le
- Nommez-le

7.11.2.1.1. Définition du système de coordonnées du projet QGIS

Une fois le projet QGIS créé,

- **Définissez le système de coordonnées du projet QGIS** via le menu « Projet > Propriétés... > SCR > sélection du système de coordonnées adéquat ». ATTENTION, plusieurs cas de figure peuvent se présenter selon la configuration du fichier à géoréférencer :

1. Le fichier à géoréférencer est déjà exprimé dans un **système de coordonnées connu**. Ce sera le cas par exemple avec une carte topographique scannée sur laquelle est écrit le système de coordonnées.

→ Utilisez le système de coordonnées du fichier à géoréférencer

2. Le fichier à géoréférencer est déjà exprimé dans un **système de coordonnées** mais celui-ci n'est **pas connu**. Ce sera le cas par exemple avec une carte topographique scannée sans information sur le système de coordonnées, une image satellite ou aérienne en format de type JPEG ou PNG sans information disponible sur la projection, etc

→ Faites la meilleure supposition sur le système de coordonnées du fichier à géoréférencer. *Dans ce cas-ci, utiliser le SCR « WGS 84, EPSG 4326 »*

3. Le fichier à géoréférencer **n'est pas exprimé dans un système de coordonnées**. Ce sera le cas par exemple d'une image aérienne brute.

→ Utilisez le système de coordonnées dans lequel vous voulez exprimer votre fichier

7.11.2.1.2. Choix de la référence par rapport à laquelle le géoréférencement se fera

Le géoréférencement doit se faire par rapport à une référence spatiale. Deux possibilités existent :

1. Utiliser une **donnée de référence déjà géoréférencée**, dont certaines caractéristiques (la forme de certaines entités spatiales) sont facilement identifiables avec précision à la fois sur l'image de référence et sur l'image à géoréférencer. Ces caractéristiques pourront donc servir à établir la correspondance entre le fichier à géoréférencer et la référence.
 - Une **donnée de référence** peut-être par exemple :
 - Une carte topographique
 - Un fichier vectoriel identifiant certains des éléments décrits ci-dessous
 - Une image satellite ou aérienne très haute résolution, par exemple les images « Google Satellite » disponibles dans QGIS via l'extension « QuickMapServices » (confer section 7.3.3.1 page 53 pour des indications sur l'utilisation de cette extension). Remarque : ne pas utiliser l'extension « **OpenLayers Plugin** » qui bug (en décembre 2019).
 - Les caractéristiques permettant la **correspondance** peuvent être par exemple :
 - Des limites administratives (la suite de la procédure décrite ci-dessous concerne ce cas) *dans ce cas-ci, les frontières du Guatemala disponibles dans le fichier des pays du monde « ne_50m_admin_0_countries.shp ».*
 - Des cours d'eau, en particulier, les confluences
 - Des routes, en particulier les carrefours

- Des points remarquables tels que bâtiments, monuments, arbres remarquables, coins de zones agricoles, forestières
 - ...
2. Utiliser les **coordonnées présentes sur l'image à géoréférencer** :
- Ce sera le cas par exemple lorsque le fichier à géoréférencer :
 - Est une carte topographique : elle comprendra sûrement une grille de coordonnées géographiques
 - Est une image aérienne/satellite imprimée sur laquelle vous avez annoté, au cours d'une campagne de terrain, les coordonnées GPS de points remarquables
 - Dans ce cas, en plus d'avoir défini le bon système de coordonnées du projet QGIS (confer section 7.11.2.1.1 ci-dessus) vous devrez choisir les **unités** de ce système de coordonnées (via le menu « Projet > Propriétés... > Général > Affichage des coordonnées > Choisir les unités ») pour les faire correspondre aux unités utilisées sur le fichier à géoréférencer.

7.11.2.2. Etapes du géoréférencement

Si vous utilisez un **fichier de référence** :

- Ajoutez dans QGIS le fichier de référence par rapport auquel vous voulez géoréférencer votre image
- Continuez la suite de la procédure ci-dessous

Si vous n'utilisez **pas un fichier de référence** :

- Continuez simplement la suite de la procédure ci-dessous

7.11.2.2.1. Ouvrir le géoréférencement

ATTENTION !! Le géoréférencement est une « extension principale » de QGIS. Elle est installée par défaut et ne peut être désinstallée MAIS il faut :

- Activer (cocher) l'extension via le menu « **Extension > Installer/Gérer les extensions > Géoréférencement GDAL** » (à écrire avec les accents pour la trouver dans le menu de recherche des extensions!).

Faites apparaître la **fenêtre « Géoréférencer »** qui permettra de faire le géoréférencement (Figure 70) :

- Cliquez sur « **Raster > Géoréférencer...** »
Remarque : la fenêtre « Géoréférencer » s'ouvre comme une nouvelle fenêtre indépendante par défaut. Vous pouvez cependant l'inclure dans l'interface principale de QGIS via le menu de cette fenêtre : « **Paramètres > Configurer Géoréférencement... > cochez 'Afficher la fenêtre de géoréférencement dans la fenêtre principale'** ». Et ensuite positionnez-la et redimensionnez-la à votre meilleure convenance dans l'interface principale de QGIS.

7.11.2.2.2. Ouvrir le fichier à géoréférencer

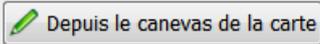
- Ajoutez dans la fenêtre « Géoréférencer » le raster à géo-référencer via le bouton « Ouvrir Raster » 
 - Si votre fichier à géoréférencer ne contient pas de système de coordonnées en format numérique, un message tel que celui repris ci-dessous apparaîtra furtivement dans l'interface principale de QGIS.

 **Le SCR n'est pas défini:** défaut pour projeter le SCR EPSG:4326 - WGS 84

- Eventuellement, **si ce SCR n'est pas le SCR adéquat** (celui dans lequel la carte est exprimée, ou la meilleure supposition, ou le SCR cible si le fichier n'est exprimé dans aucun système de coordonnées) (confer la section 7.11.2.1.1, ci-dessus, concernant le choix du système de coordonnées du projet QGIS), **redéfinissez le SCR via le menu dans la fenêtre du Géoréférencement : Paramètres > Propriétés du raster... > Source > Choisir le SCR.** Ce système doit être le même que celui du projet QGIS.
 - Ce fichier s'affiche dans la fenêtre de géoréférencement qui a changé de nom et qui se nomme maintenant « Géoréférencement – 'nom du fichier à géoréférencer' » (Figure 71).

7.11.2.2.3. Créer des points de contrôle ou points de calage

Cette étape permet d'associer à une série de points sur le fichier à géoréférencer des coordonnées géographiques correctes. Ce seront les « points de contrôle » (Figure 70).

- Zoomez avec précision, à l'aide des boutons de zoom et de navigation , sur le fichier à géoréférencer (dans le géoréférencement), sur un endroit auquel positionner votre premier point de calage. Au plus votre zoom sera important au plus la précision de votre géoréférencement sera grande, celle-ci étant toutefois limitée à la précision des données de référence et à géoréférencer (échelle, simplification des contours, épaisseur des traits sur une carte,...)
- Localisez ce point avec l'outil disponible via le bouton « Ajouter un point »  en cliquant avec cet outil à cette position.
- La fenêtre « **Saisir les coordonnées de la carte** » (Figure 70) apparaît automatiquement. Cette fenêtre permet d'indiquer les coordonnées des points de contrôle **dans le système de coordonnées du projet QGIS**. Il y a 2 possibilités pour indiquer ces coordonnées :
 1. Soit, **si les coordonnées sont présentes sur l'image à géoréférencer**, saisissez les coordonnées X Y du point identifié dans les endroits réservés à cet effet, **dans le système de coordonnées du projet QGIS**.
 2. Soit, **si le géoréférencement se fait par rapport à une donnée de référence déjà géoréférencée** et disponible dans l'interface principale de QGIS, utilisez le bouton . Si cette option est choisie :

- Zoomez précisément dans l'interface principale de QGIS sur l'endroit correspondant pour l'identifier avec précision
- Cliquez sur le bouton  Depuis le canevas de la carte
- Cliquez sur la position correspondante précise dans l'interface principale de QGIS contenant la donnée de référence.
- Cliquez sur « OK », ce qui ajoute ce premier point de contrôle dans la « **Table des points de contrôle** » disponible en bas de la fenêtre du « Géoréférenceur ». Les coordonnées associées à ce premier point sont exprimées dans le système de coordonnées du projet QGIS.

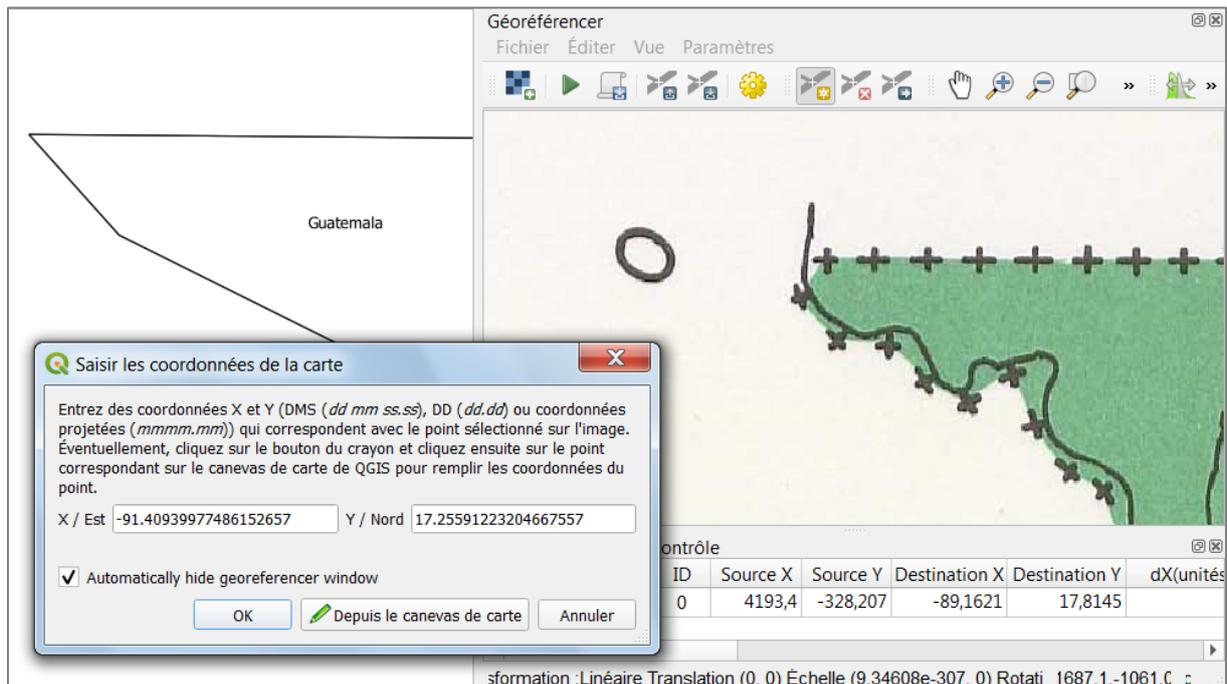


Figure 70 : Création d'un point de contrôle lors du géoréférencement avec le « Géoréférenceur » QGIS pour un point au Nord-Ouest du Guatemala identifié dans l'interface principale de QGIS (à gauche) et dans le « Géoréférenceur » (à droite), et fenêtre de saisie des coordonnées des points de contrôle (coordonnées en Degrés Décimaux)

- **Répétez** l'opération autant de fois que de points de contrôle nécessaires à un géoréférencement suffisamment précis (Figure 71).
- **En cas d'erreur** sur un point de contrôle, vous pouvez :
 - Le **supprimer** en cliquant sur le bouton  puis en cliquant sur le point à supprimer dans l'interface géographique du « Géoréférenceur »
 - Le **déplacer** en cliquant sur le bouton  puis en cliquant sur le point à déplacer dans l'interface géographique du « Géoréférenceur » ou dans l'interface principale de QGIS et en le faisant glisser jusqu'à la position correcte.
- Les points de contrôle peuvent être **chargés ou sauvegardés** via les 2 boutons  respectivement, afin de reprendre et/ou corriger le géoréférencement ultérieurement.

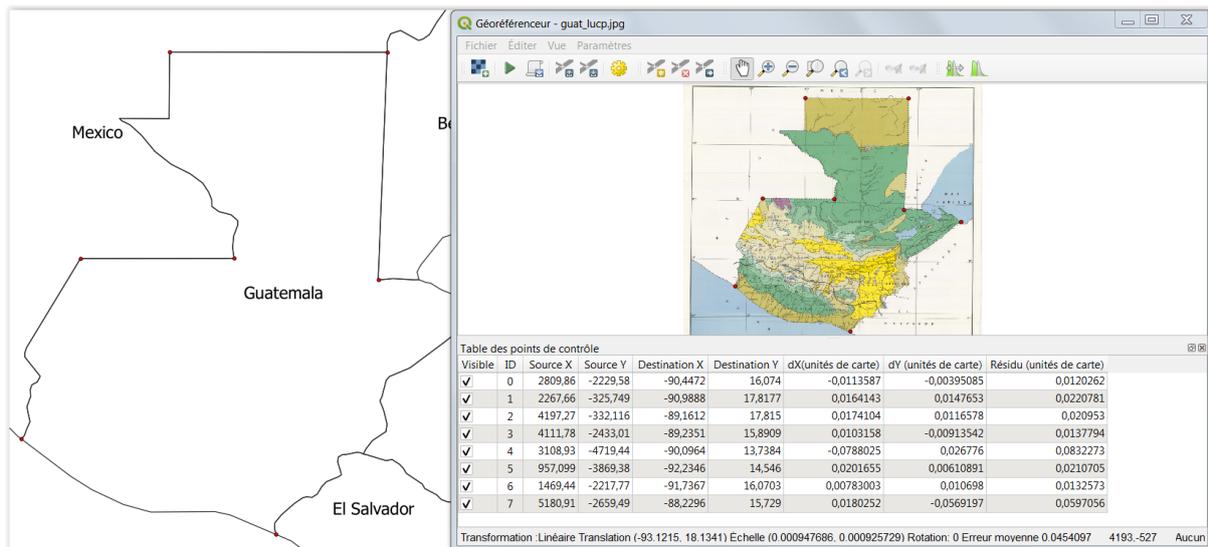


Figure 71 : Géoréférencement : donnée de référence (à gauche), géoréférencé avec la donnée à géoréférencer, les points de contrôle et les résidus calculés après avoir paramétré la transformation (à droite)

7.11.2.2.4. Configurer la transformation

Une fois l'ensemble des points de contrôle créés, vous devez **paramétrer** la « **transformation** » qui déterminera la méthode par laquelle le fichier sera géoréférencé.

- Cliquez sur le bouton « **Paramètres de transformation** » .
- La fenêtre « Paramètre de transformation » (Figure 72) s'ouvre.
- Choisissez notamment :
 - Le type de transformation
 - La méthode de rééchantillonnage
 - **Le SCR cible** : le système de coordonnées dans lequel vous voulez exprimer le fichier à géoréférencer. Ce système doit être le même que celui du projet QGIS et celui utilisé lors de l'importation du fichier à géoréférencer dans le géoréférencéur.
 - Le répertoire et le nom du raster en sortie
 - Rem : inutile de modifier les autres paramètres. Pour plus d'information sur ces paramètres, voyez la section 7.11.3 page 132.
- Cochez la case « Charger dans QGIS lorsque terminé ». Le fichier géoréférencé s'ajoutera automatiquement dans l'interface de QGIS après le géoréférencement.
- Cliquez sur « OK »

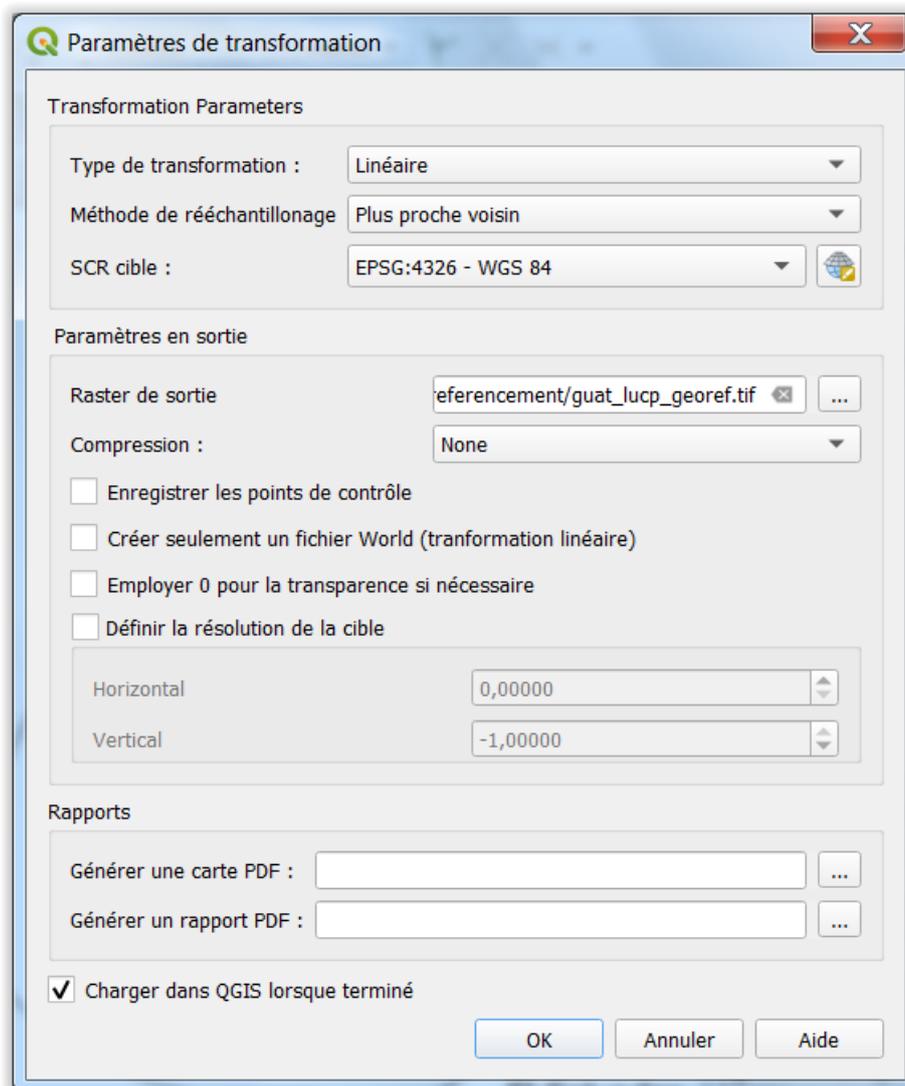


Figure 72 : Fenêtre des paramètres de transformation à utiliser en fin de procédure de géoréférencement

7.11.2.2.5. Evaluer la cohérence des points de calage

Une fois la configuration de la transformation paramétrée, des « **résidus** » sont calculés dans la « Table des points de contrôle », dans la dernière colonne (« Résidu ») (Figure 71). La valeur de ces résidus dépend de la méthode de transformation. Ils sont une mesure de la cohérence/précision spatiale de votre géoréférencement. Au plus les résidus seront élevés, au plus la cohérence de vos points de contrôle sera faible. Les unités de ces résidus peuvent être modifiées (pixel vs unité de la carte) via le menu « **Géoréférencement > Paramètres > Configurer le Géoréférencement... > Unités résiduelles** ».

Ces résidus vous permettront d'**identifier l'une ou l'autre erreur** lors de la création des points de calages : si un point a un résidu significativement plus grand que les autres, cela signifie peut-être qu'il a été mal positionné. Vous pouvez dans ce cas le modifier comme indiqué plus haut, et vérifier par la suite la nouvelle valeur du résidu qui devrait être réduite.

Une erreur moyenne est également calculée sur l'ensemble des points de contrôle et est présentée en bas de la fenêtre du géoréférenceur.

7.11.2.2.6. Appliquer le géoréférencement

Une fois tous les points de contrôle créés et les paramètres de transformation définis, pour appliquer le géoréférencement :

- Cliquez sur le bouton « **Débuter le géoréférencement** » 

Le géoréférencement s'effectue et une fois celui-ci terminé, si vous l'avez demandé, le fichier géoréférencé s'ajoute automatiquement dans le panneau « Couches » et dans l'interface géographique de QGIS.

7.11.2.2.7. Vérifier le résultat du géoréférencement

Pour vérifier le résultat du géoréférencement :

- Comparez, dans l'interface de QGIS, la position du fichier géoréférencé avec celle de données de référence sur la même zone. Si vous avez utilisé une couche vectorielle de polygones comme référence, vous pouvez, pour faciliter l'analyse de la qualité du géoréférencement, superposer cette couche de polygones à la couche géoréférencée et choisir une symbologie de type remplissage transparent et contour visible (Figure 73).
- La modification du système de coordonnées du projet QGIS ne devrait pas altérer la précision de localisation du fichier géoréférencé.

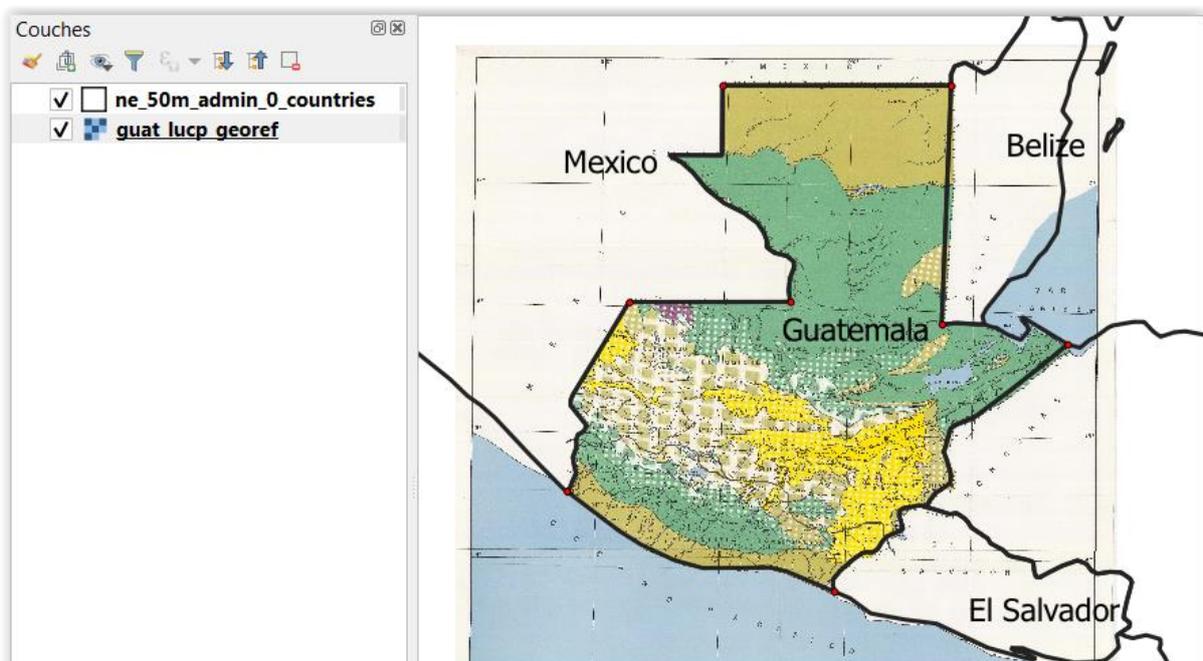


Figure 73 : Superposition, dans la fenêtre de visualisation spatiale de QGIS, de la carte du Guatemala géoréférencée et des frontières des pays (traits noirs) ayant servi comme référence au géoréférencement.

7.11.3. Plus d'information sur le géoréférencement

Pour accéder à plus d'information sur les concepts du géoréférencement (résidus, erreur moyenne, types de ré-échantillonnages, etc), consultez les liens ci-dessous ou réalisez une recherche dans Google.

- [Documentation officielle de QGIS sur l'extension de géoréférencement](#)
- [La section géoréférencement du tutoriel QGIS développé par « ADES »](#)



Contextualisation 6

Evaluation du nombre de personnes potentiellement impactées par une catastrophe nucléaire en Inde

Le ministère de la santé indien aimerait évaluer le nombre de personnes approximatif potentiellement impactées suite à une catastrophe nucléaire majeure dans chacun de leurs 7 sites nucléaires potentiellement dangereux. Le scénario retenu est celui d'une catastrophe similaire à celle de Fukushima où le rayon de contamination radioactive était de l'ordre de **120 km**.



Pour ce faire vous disposez, dans le dossier «...\DONNEES\6 Geotraitements\ », des **données** suivantes :

- « **Reacteurs_nucleaires_2011_SCR_projection_EPSG54027.shp** », reprenant l'ensemble des centrales nucléaires du monde. La colonne « Centrale » reprend le nom des centrales.
- « **Population_indienne_par_district_SCR_projection_EPSG54027.shp** », reprenant la démographie indienne par district dans la colonne « Pop » (avec des « 0 » pour les districts pour lesquels l'information est manquante).
- « **CENTRALE_NUCLEAIRE_LOGO.svg** » est le symbole nucléaire en format « .svg » qui est utilisé dans le projet QGIS pour représenter les centrales nucléaires

Vous utiliserez le projet QGIS « **Geotraitements en Inde.qgz** » disponible dans ce même dossier.

La **démarche** à suivre pour réaliser cette étude à l'aide de QGIS est présentée dans le « **Schéma des opérations** » à la **Figure 74** et est décrite ci-dessous:

1. Créer un fichier de « **zones tampons** » (En : « buffer ») (→ **indications à la page 147**) de 120 km de rayon à partir du shapefile « **Reacteurs_nucleaires_2011_SCR_projection_EPSG54027.shp** », avec l'outil « **Vecteur > Outils de géotraitement > Tampon...** » avec les valeurs de paramètres suivantes :

- Segments pour l'approximation : 25
- Distance tampon : **120 000 m (120 km)**
- Regrouper le résultat : non coché
- Fichier de sortie (shapefile) : « **Reacteurs_nucleaires_2011_SCR_projection_EPSG54027_Tampon_120km.shp** »

Aperçu du résultat à la Figure 81 page 149.

2. Réaliser une « **intersection** » (En : « intersect ») (→ **indications à la page 151**) entre le fichier des zones tampons autour des centrales et celui de la population indienne par district que vous appellerez « Reacteurs_nucleaires_2011_SCR_projection_EPSG54027_Tampon_120km_inter_pop.shp ». Vous utiliserez l'outil « **Vecteur > Outils de géotraitement > Intersection...** » Pour les centrale « Kakrapar » et « Tarapur », dont les zones tampons se recouvrent, observez attentivement le fichier résultant à l'aide d'une symbologie « remplissage transparent » et via la sélection de certaines entités spatiales dans la table d'attributs afin de bien vous rendre compte qu'il n'y a qu'une seule entité spatiale par combinaison « Centrale-District » (**Figure 84, 2 cartes du coin inférieur droit, page 153**).

3. **Calculer la somme** des personnes impactées par centrale nucléaire à partir de la table d'attributs du fichier «Reacteurs_nucleaires_2011_SCR_projection_EPSG54027_Tampon_120km_inter_pop.shp », à l'aide d'un des 2 outils déjà présentés plus haut, AU CHOIX :

- « Traitement > Boite à outils > Analyse vectorielle > **Statistiques par catégories** » (confer section 7.9.1.3 page 87) en le paramétrant comme suit :
 - « Champ pour calculer les statistiques » : champ « Pop »
 - « Champ(s) avec catégories » : champ « Centrale »
- « **Group Stats** »  (confer section 7.9.1.4 page 89) en le paramétrant comme suit :
 - Fenêtre « Lignes » : champ « Centrale »
 - Fenêtre « Valeurs » : champ « Pop » et la fonction « sum » (somme)

Les **indications** ci-dessous (section 7.12, et en particulier **la section 7.12.6 page 147 et suivantes**) vous aideront à réaliser cette étude. Vous travaillerez dans le dossier «...\DONNEES\6 Geotraitements ». Les sections 7.12.2, 7.12.3, 7.12.4 et 7.12.5 ne sont pas utiles pour réaliser cet exercice.

Remarque : l'approche décrite ci-dessus est extrêmement simpliste puisque, notamment, dès qu'un district intersecte une zone tampon, l'ensemble de la population de ce district est comptabilisée comme impactée, indépendamment du pourcentage de la superficie du district qui est réellement incluse dans la zone tampon et de la distribution spatiale de la population au sein du district.

Un **aperçu des résultats de l'analyse** est présenté à la Figure 84 page 153.

DONNEES & PROJET QGIS !	<p>Les données : les données à utiliser sont dans le dossier « ... \Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE \DONNEES \6 Geotraitements \ ».</p> <p>Projet QGIS : « Geotraitements en Inde.qgz » situé dans ce même dossier.</p>
--	--

Objectifs pédagogiques	Utiliser des outils de traitement et avoir une vision claire des différents types et sources d'outils de traitement existant et de comment y accéder dans QGIS. En particulier, un aperçu des différents « fournisseurs de traitements » indépendant de mais intégré dans QGIS est présenté et quelques indications sont données pour leur configuration dans QGIS. L'automatisation des traitements est aussi brièvement abordée.
Temps approximatif	Découverte en autonomie : ~1h00 Manipulations techniques uniquement, par un expert : ~0h15

Contextualisation 6 : Evaluation du nombre de personnes potentiellement impactées par une catastrophe nucléaire en Inde

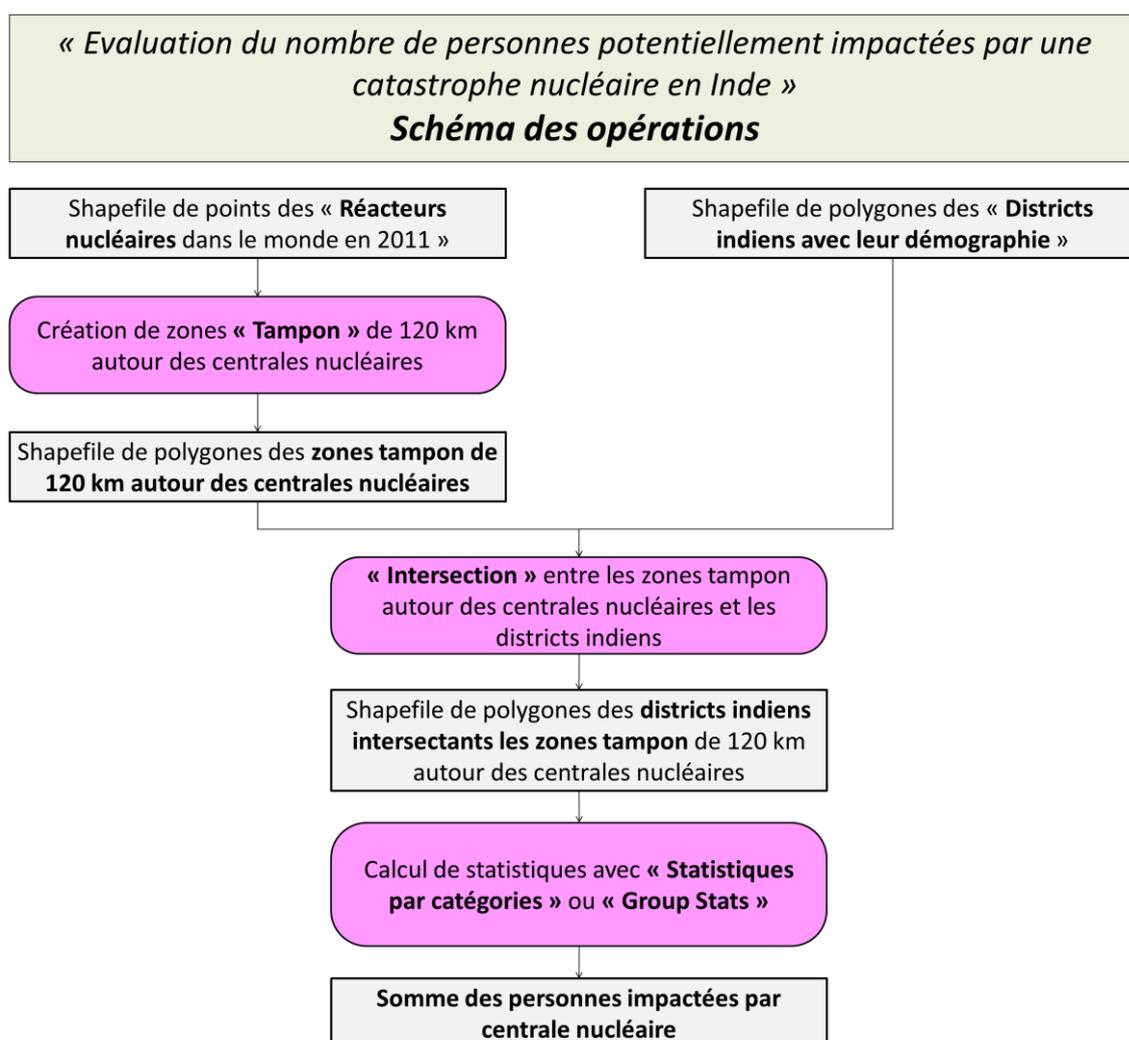


Figure 74 : Schéma des opérations à suivre dans le cadre de la contextualisation « Inde »

7.12. Utiliser des outils de traitement

QGIS permet d'utiliser un très grand nombre d'outils de traitement. L'accès à ces outils dans QGIS est présenté ci-dessous.

Quelques exemples d'outils de traitements souvent utilisés sont : le découpage spatial, la création d'une zone tampon, l'intersection de différentes couches, le calcul de pentes, etc, etc.

7.12.1. Documentation sur les outils de traitement

La documentation sur les outils de traitement, et en particulier sur le paramétrage de ces outils et pour les outils faisant partie intégrante de QGIS, est « régulièrement » peu aboutie, peu précise, parfois difficile à trouver, voire inexistante. A l'utilisateur alors de faire des tests pour comprendre l'effet des différents paramètres de l'outil d'intérêt.

La porte d'entrée principale pour accéder à la **documentation QGIS** est :

- <https://www.qgis.org/fr/docs/index.html#>

Notez que cette documentation est organisée en fonction des **versions de QGIS** :

- **Versions de QGIS plus récentes que QGIS 3.4** : documentation en cours de mise à jour, en anglais, sans traduction pour l'instant (à la date de décembre 2019)
- **QGIS 3.4**
- Versions antérieures

La documentation des anciennes versions de QGIS reste parfois valable pour les nouvelles versions...

7.12.2. Accéder aux outils de traitement

7.12.2.1. Outils de traitement faisant partie intégrante de QGIS

Certains outils de traitement font partie intégrante de QGIS et sont accessibles via :

- la barre de menu principale de QGIS (Figure 75):
 - « Vecteur > ... »
 - « Raster > ... »
- la « **Boîte à outils de traitements** » (Menu Traitement > Boîte à outils) et sont identifiés via le logo  précédant les différentes catégories d'outils (Figure 76).

Attention ! Il arrive que le **menu « Traitement » ne soit pas directement disponible** dans l'interface de QGIS. Vous devrez alors activer ce menu via le menu :

- « Extensions > Installer / Gérer les extensions » et cochez l'extension « Processing » (= Traitement)

Plus d'information à ce propos à la section 7.1.9 page 27.

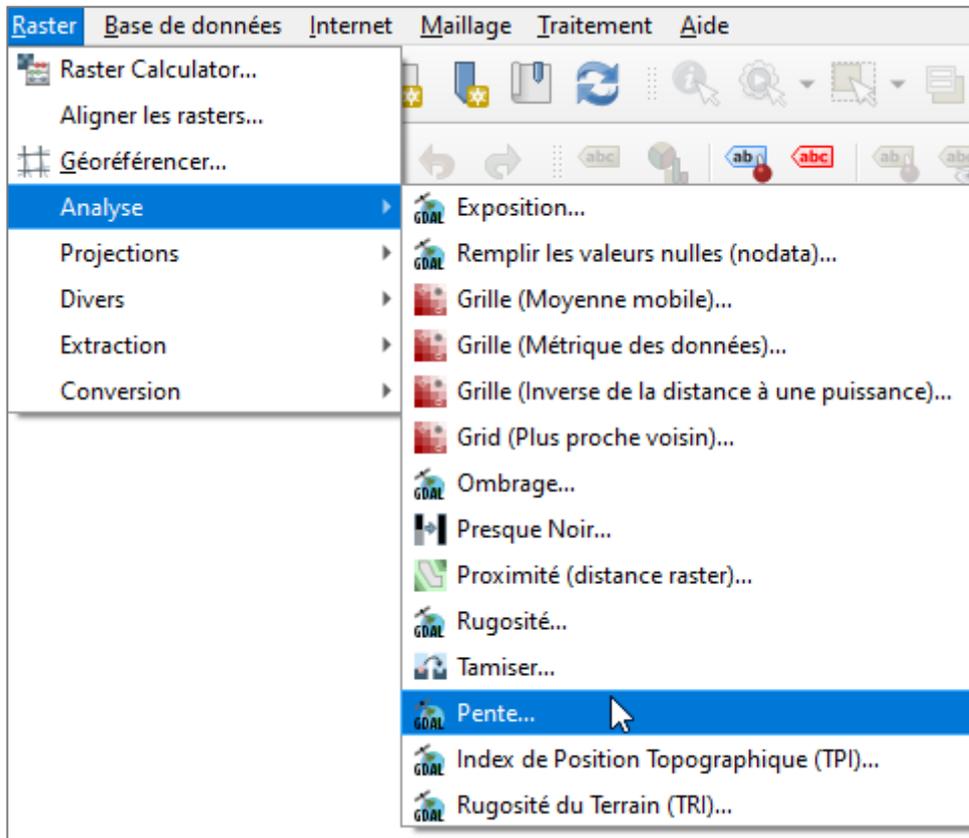
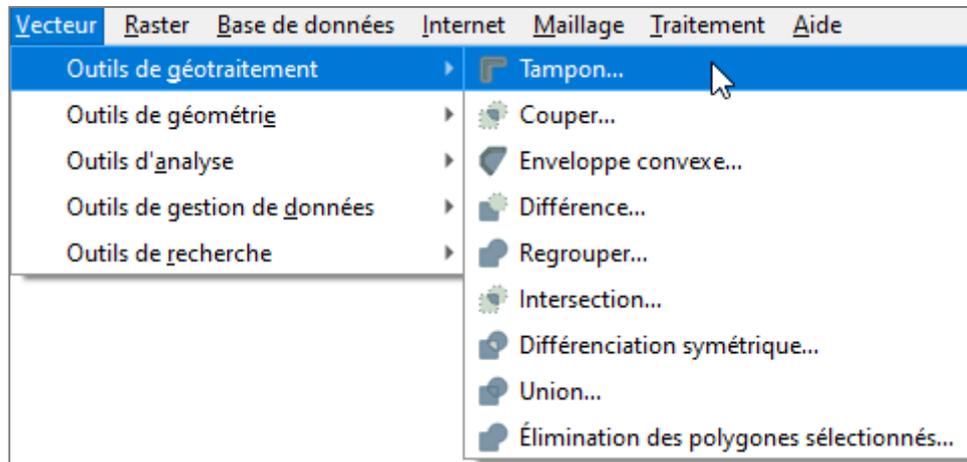


Figure 75 : Accès à certains outils de traitements via les menus « Vecteur » et « Raster » de QGIS

7.12.2.2. Outils de traitement provenant de fournisseurs de traitements

De très nombreux outils de traitement sont dépendants de fournisseurs de traitements développés en dehors de QGIS mais intégrées dans / accessibles depuis QGIS via « **La boîte à outils de traitements** » (Figure 76).

Cette « Boîte à outils de traitements » donne également accès à des outils faisant partie intégrante de QGIS comme mentionné ci-dessus. Certaines extensions, après installation, viennent également s'ajouter dans ce panneau.

Pour accéder à la « **La boîte à outils de traitements** » :

- Cliquez, dans l'interface principale de QGIS, sur le menu « Traitement > Boîte à outils » qui ouvre le panneau « Boîte à outils de traitement » (par défaut, à droite de l'interface de QGIS).

Pour **trouver un outil** dans la « La boîte à outils de traitements » :

- Les outils sont classés d'abord selon le fournisseur de traitements (QGIS ou autres), ensuite par thème de fonctionnalités.
- Il est également possible de **rechercher un outil par mot-clef** dans la fenêtre « Rechercher »

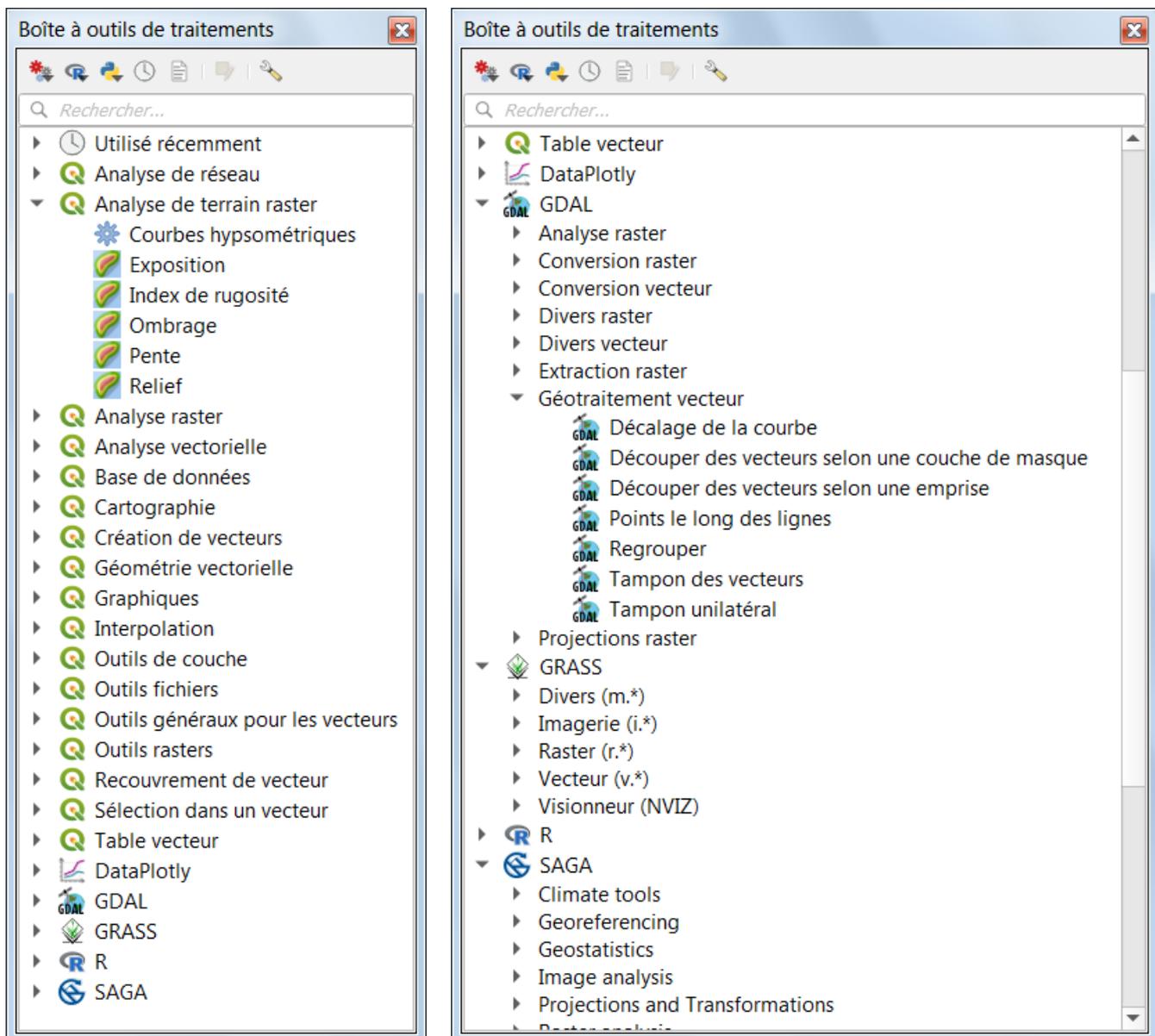


Figure 76 : Aperçu de la « Boîte à outils de traitements » de QGIS

7.12.3. Présentation brève de certains fournisseurs de traitements

Certains fournisseurs de traitements sont présents par défaut dans la « Boîte à outils de traitements » de QGIS (GDAL, GRASS, SAGA), d'autres doivent être installés (R, OTB,...) (confer section « 7.12.4 Installer et configurer des outils de traitements non-installés par défaut » page 143).

Notez qu'il y a une certaine **redondance de fonctionnalités** entre les différents fournisseurs de traitements. Par exemple les fonctions :

- « GRASS > Raster (r.*) > r.slope.aspect »
- « GDAL > Analyse raster > Pente »

peuvent toutes deux produire un raster de pentes à partir d'un raster d'altitude. Ce sera à l'utilisateur d'évaluer l'outil le plus adapté à ses besoins en fonction des particularités de chaque outil.

Seule une **brève description** des applications les plus importantes est donnée dans les sections ci-dessous. Pour plus d'information sur ces applications et leur utilisation dans QGIS, référez-vous à la **documentation officielle de QGIS** et à celles de ces applications disponibles sur leurs **sites web respectifs** (confer ci-dessous).

7.12.3.1. « GDAL »

- Signifie « **Geospatial Data Abstraction Library** » 
- Est une librairie d'algorithmes de **lecture et de traitement de rasters (images) et de vecteurs** (la sous bibliothèque « OGR » pour les vecteurs spécifiquement), libre et open-source
- A la particularité de **gérer un très grand nombre de formats** d'images géographiques et de fichiers vectoriels
- Ne nécessite **pas d'installation indépendante** de QGIS
- **Site web officiel** : <http://www.gdal.org/>

7.12.3.2. « GRASS »

- Signifie « **Geographic Resources Analysis Support System** » 
- Est une librairie d'algorithmes de **traitement de rasters (images) et vecteurs**, libre et open-source
- Permet la gestion et l'analyse de données géospatiales, le traitement d'images, la production de graphiques et de cartes, la modélisation spatiale et la visualisation.
- Ne nécessite **pas d'installation indépendante** de QGIS. Est installée par défaut sur Windows via l'installateur autonome OSGeo4W (32 et 64 bit), et il existe des compilations pour toutes les distributions importantes de Linux.
- **Site web officiel** : <https://grass.osgeo.org/>

7.12.3.3. « SAGA »

- Signifie « **System for Automated Geoscientific Analyses** » 
- Est un logiciel libre et open-source
- Permet un grand nombre de traitements sur des **rasters (images) et des vecteurs**
- Ne nécessite **pas d'installation indépendante** de QGIS
- **Site web officiel** : <http://www.saga-gis.org/>

7.12.3.4. « R scripts »

- L'appellation « R » est liée à l'initiale des prénoms des 2 premiers créateurs de R (Ross Ihaka and Robert Gentleman) et fait également référence au langage de programmation « S » à partir duquel « R » a été implémenté (Source : [https://en.wikipedia.org/wiki/R_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/R_(programming_language))) 
- « R » est un environnement logiciel libre et open-source de référence pour le calcul de statistiques, la réalisation de graphiques mais aussi la réalisation de **géotraitements** via certains « packages » (groupes d'outils) spécialisés.
- **Nécessite une installation indépendante de QGIS** (confer la section 7.12.4 ci-dessous). Certains « packages » doivent être installés à partir de R après l'installation de l'application principale de R.
- **Site web officiel** : <https://www.r-project.org/>
- Pour en savoir plus sur l'utilisation de R dans QGIS :
 - https://docs.qgis.org/testing/en/docs/training_manual/processing/r_intro.html
 - http://docs.qgis.org/testing/en/docs/user_manual/processing/3rdParty.html#-creating-r-scripts
 - <https://www.aspexit.com/faire-le-lien-entre-r-et-qgis-integrer-ses-propres-algorithmes-ecrits-sous-r-dans-qgis/>

7.12.3.5. « Orfeo ToolBox »

- Est une librairie d'algorithmes de **traitement d'images**, libre et open-source 
- Présente la particularité de pouvoir faire de la **segmentation d'image** (découpe d'une image en objets correspondant à des « groupes de pixels voisins spectralement homogènes », et de permettre la « classification par objet » (vs « classification par pixel »)
- **Nécessite une installation indépendante** de QGIS (confer la section 7.12.4 ci-dessous)
- **Site web officiel** : <https://www.orfeo-toolbox.org/>

7.12.3.6. « Scripts » (Python) (non utilisé dans ce manuel)

- Le langage de programmation « **Python** » doit son nom à la série télévisée « **Monty Python's Flying Circus** » dont le créateur de Python est un grand fan (Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Python_\(langage\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Python_(langage))) 
- Est accessible notamment via le bouton « Python » en haut de la « Boite à outils de traitements »
- Permet de créer/utiliser des scripts « Python »
 - Pour en savoir plus sur Python : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Python_\(langage\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Python_(langage))
- Pour en savoir plus sur l'utilisation de Python dans QGIS :
 - https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/index.html
 - https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/plugins/python_console.html
 - https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/preamble/features.html#python-console
 - https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/processing/scripts.html
- Ne nécessite **pas d'installation indépendante** de QGIS
- **Site web officiel** : <https://www.python.org/>

7.12.4. Installer et configurer des outils de traitements non-installés par défaut

La documentation officielle de QGIS est assez pauvre et pas toujours très claire concernant l'installation et la configuration des fournisseurs de traitements comme « R » ou « OTB ». Quelques explications très partielles sont données ci-dessous pour les applications « R » et « OTB ».

La source d'information principale est celle-ci :

http://docs.qgis.org/2.8/fr/docs/user_manual/processing/3rdParty.html

7.12.4.1. Installation et configuration de « R » dans QGIS

R doit être installé indépendamment de QGIS. L'installateur de R peut être téléchargé à partir de son site web :

- <https://www.r-project.org/>.

Une fois R installé, il faut :

- Installer l'**extension « Processing R Provider »** dans QGIS
 - Confer section 7.1.9 page 27 pour un rappel de comment installer une extension dans QGIS.
 - Après installation, le menu  R devrait apparaître en haut du panneau « Boîte à outils de traitements » et être repris dans la liste des traitements de ce panneau. !! Il faudra peut-être redémarrer QGIS pour que le menu « R » soit visible et/ou actif !!
- Selon la configuration que vous souhaitez adopter, il est possible de **configurer l'utilisation de « R » dans QGIS** (Figure 77):
 - « Boîte à outils de traitements » bouton « Options »  en haut de la boîte à outils > Traitement > Fournisseurs de traitements >  R .
 - Le nom des répertoires sont donnés dans l'illustration ci-dessous à titre d'exemple et doivent être adaptés selon la configuration de votre ordinateur.

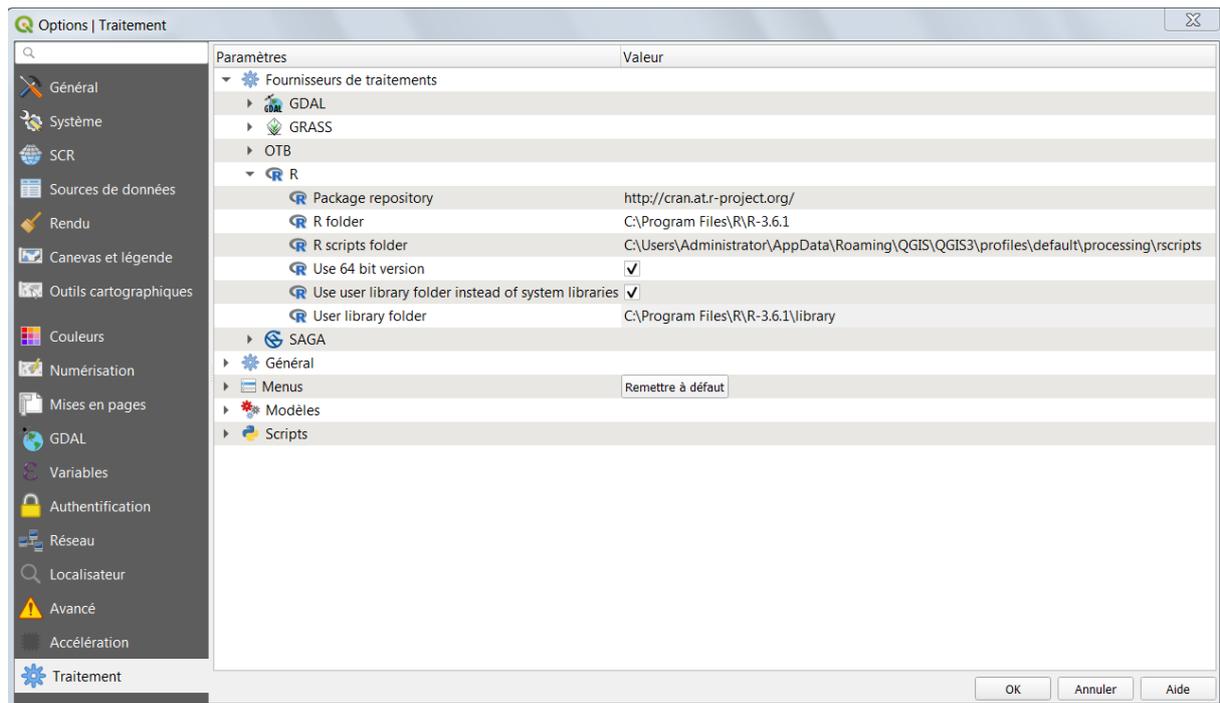


Figure 77 : Configuration du fournisseur de traitements « R » dans QGIS

- Le « Répertoire R » est le répertoire dans lequel R est installé sur votre ordinateur
- Le « Répertoire de scripts R » est le répertoire contenant des scripts R (créés ou importés). C'est dans ce répertoire que vont être stockés les scripts R que vous allez enregistrer via QGIS. Vous pouvez garder le répertoire par défaut. (Plusieurs répertoires peuvent être ajoutés via un double-clic sur la ligne présentant le répertoire.)
- « Use 64 bit version » : à cocher si vous avez installé la version 64 bit de R (selon [cette source](#))
- Le « Dossier de la librairie de l'utilisateur » est le dossier où sont installées les librairies R quand vous en installez de nouvelles (selon [cette source](#)).

Remarquez que certains scripts R pour QGIS sont trouvables sur le net, mais ils ne semblent pas rassemblés dans un endroit de référence. Le lecteur intéressé pourra faire sa propre recherche.

Pour d'avantage d'information, notamment concernant la création de scripts pour R, référez-vous à la documentation officielle de QGIS (confer la section 7.12.3.4 ci-dessus).

Exemple

Un exemple d'utilisation d'un script R préexistant, utile pour la réalisation d'un graphique, est disponible dans ce manuel à la section 7.9.2.3 page 97.

7.12.4.2. Installation et configuration de « OTB » dans QGIS (non utilisé dans ce manuel)

Le lecteur intéressé pourra consulter le blog suivant pour une procédure d'installation d'Orfeo Toolbox dans QGIS 3.X :

- <https://www.sigterritoires.fr/index.php/ajouter-orfeo-toolbox-dans-qgis-3-x/>

Site web officiel d'Orfeo Toolbox

- <https://www.orfeo-toolbox.org/>

7.12.5. Activer des outils de traitements déjà installés

Les outils de fournisseurs de traitements ne sont pas nécessairement « activés » par défaut lorsqu'ils sont installés (en particulier pour les outils « OTB »).

Pour activer/désactiver une boîte à outils :

- Cliquez sur « Boîte à outils de traitements > bouton « Options » en haut de la boîte à outils > Traitement > Fournisseurs de traitements >... »
- Ouvrez les menus correspondant aux boîtes à outils que vous voulez activer
- Cochez la case « Activez » correspondante (Figure 78)
- Cliquez « OK »

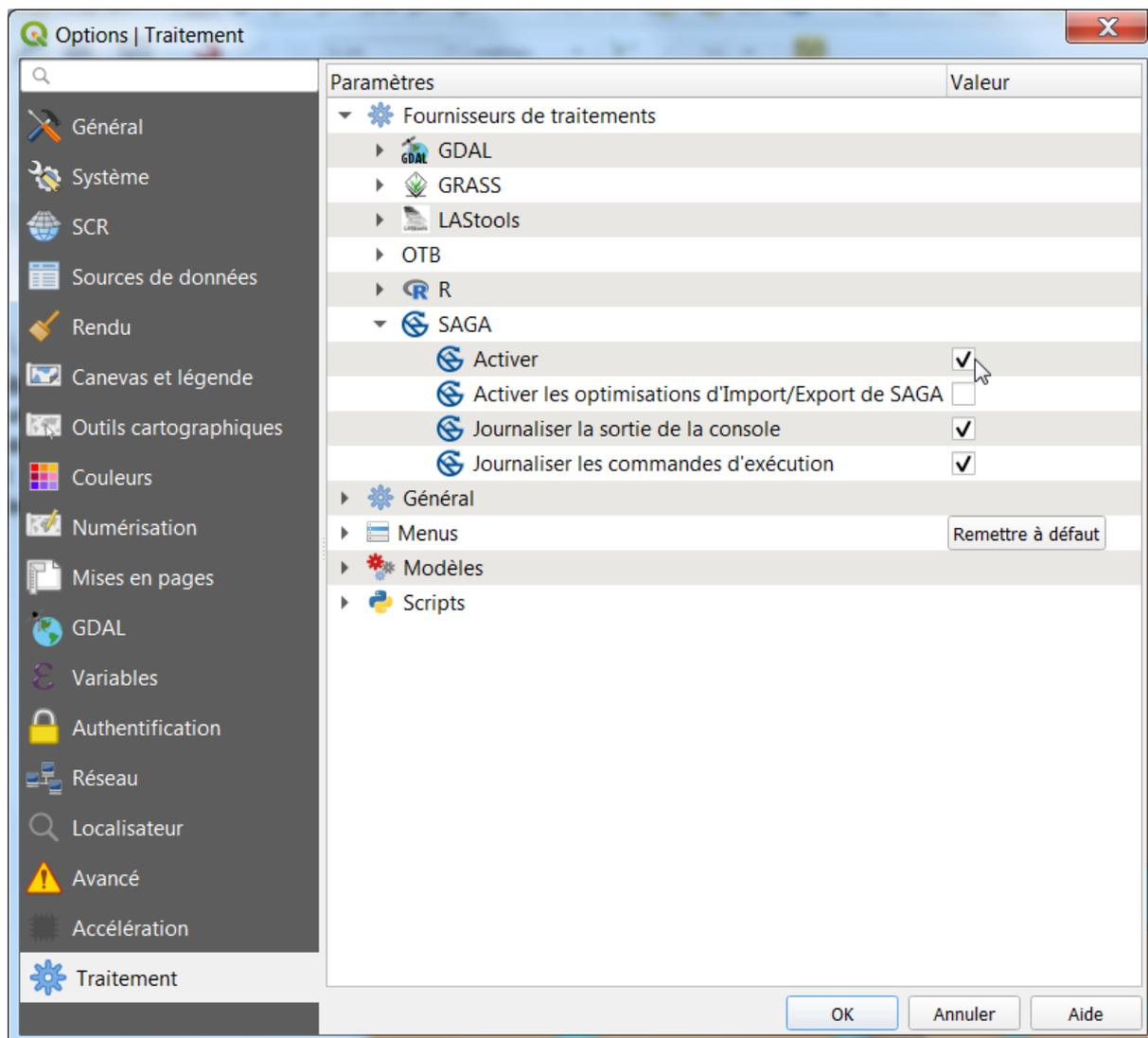


Figure 78 : Fournisseurs de traitements : fenêtre de paramétrage et activation des applications

7.12.6. Exemples d'utilisation d'outils de traitement classiques

Dans la cadre de la contextualisation « Inde », 2 outils seront utilisés :

- « **Tampon(s)** » (En : *buffer*) : crée une zone tampon à partir d'un fichier vectoriel
- « **Intersection** » : intersecte 2 couches de données géographiques

En Annexe 2, un tableau reprend, illustre et explique brièvement quelques outils de traitement vectoriels fréquemment utilisés.

7.12.6.1. Créer une « Zone Tampon » (En : « Buffer »)

Pour créer une zone tampon à partir d'un fichier vectoriel, plusieurs outils sont disponibles dans QGIS :

- Menu principal de QGIS :
 - « **Vecteur > Outils de géotraitement > Tampon...** »
- « **Boîte à outils de traitements** ». Une recherche avec le mot-clef « tampon » donne accès à 11 outils de créations de zones tampon, chacun avec ses particularités (Figure 79).

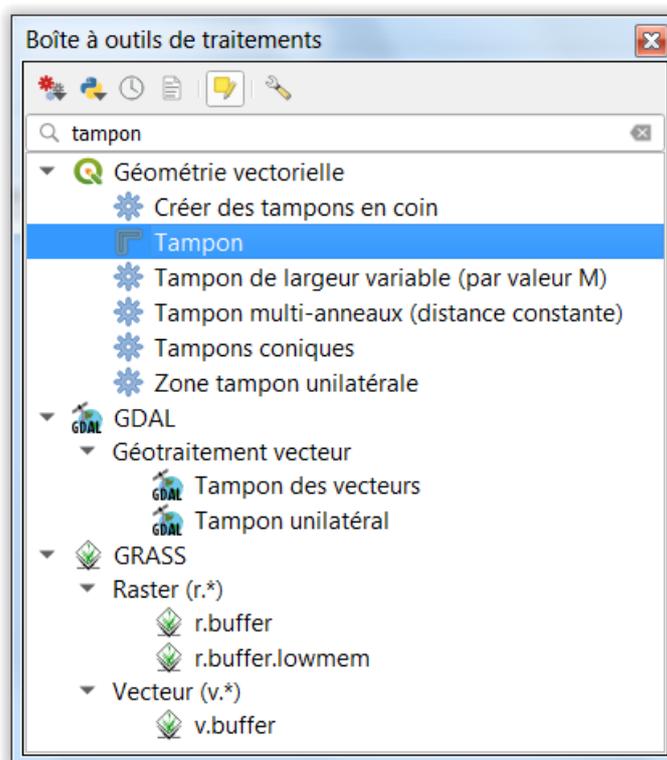


Figure 79 : Boîte à outils de traitements : exemple de recherche d'un outil : le cas d'un outil de création de zones tampon

Attention ! Les unités disponibles pour la paramétrisation du paramètre « Distance » (taille du rayon de la zone tampon) de l'outil « Tampon(s)... » sont dépendantes du système de coordonnées du fichier à partir duquel la zone tampon est créée: des degrés s'il s'agit d'un SCR géographique et des unités linéaires (m, km, miles, etc) s'il s'agit d'un SCR projeté. Pour modifier les unités disponibles pour ce paramètre « Distance », il est possible de **reprojeter** le fichier dans un autre SCR (géographique ou projeté, selon les cas) via l'outil « Reprojecter une couche » (disponible dans la « Boîte à outils de traitements »), ceci AVANT l'utilisation de l'outil « Tampon(s)... » bien entendu.

L'utilisation de l'outil « Vecteur > Outils de géotraitement > Tampon... » est décrite ici :

- Cliquez sur « Vecteur > Outils de géotraitement > Tampon... »
- **Paramétrez** la fenêtre « Tampon » (Figure 80) qui apparaît comme souhaité :
 - « **Couche vectorielle de saisie** » : la couche à partir de laquelle la zone tampon est créée
 - « **Utiliser uniquement les valeurs sélectionnées** » : pour ne créer de zones tampons que sur les entités spatiales sélectionnées dans la « Couche vectorielle de saisie »
 - « **Segments pour l'approximation** » : nombre de segments utilisés pour approximer un cercle dans un quartier (1/4 de cercle). Par exemple, pour une zone tampon créée autour d'un point, une valeur de 25 produira une zone tampon polygonale de 100 (4*25) côtés égaux (approximation d'un cercle).
 - « **Distance** » : la distance de la zone tampon exprimée dans les unités sélectionnées dans le menu déroulant.
 - « **Champ de distance-tampon** » : un champ de la table d'attributs du fichier à partir duquel la zone tampon est créée qui contient une (des) valeur(s) qui peut être utilisée comme distance de la zone tampon
 - « **Union des résultats du tampon** » : pour fusionner les zones tampons qui s'intersectent (spatialement).
 - « **Fichier de sortie (shapefile)** » : pour naviguer vers le répertoire dans lequel enregistrer le fichier et le nommer.
 - « **Ajouter le résultat au canevas** » : pour ajouter le fichier résultant dans l'interface principale de QGIS. A DESACTIVER !
- Cliquez sur « OK »
- **Ajoutez** la couche créée dans QGIS, manuellement (via le menu « Couche > Ajouter une couche > Ajouter une couche vecteur... ») à partir du répertoire dans laquelle elle a été enregistrée
- Le fichier de la zone tampon créé s'affiche dans QGIS (Figure 81).

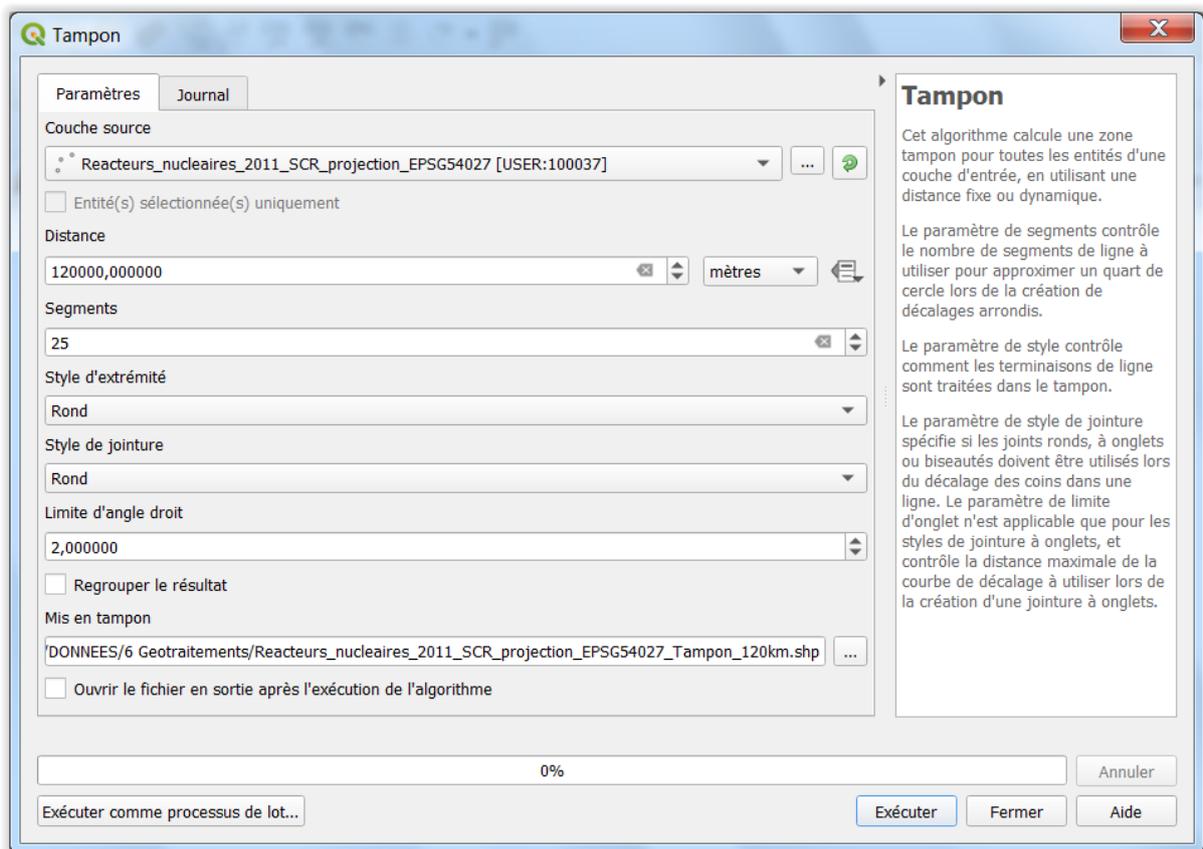


Figure 80 : Fenêtre de création de zones tampon de l'outil « Tampon... » de QGIS

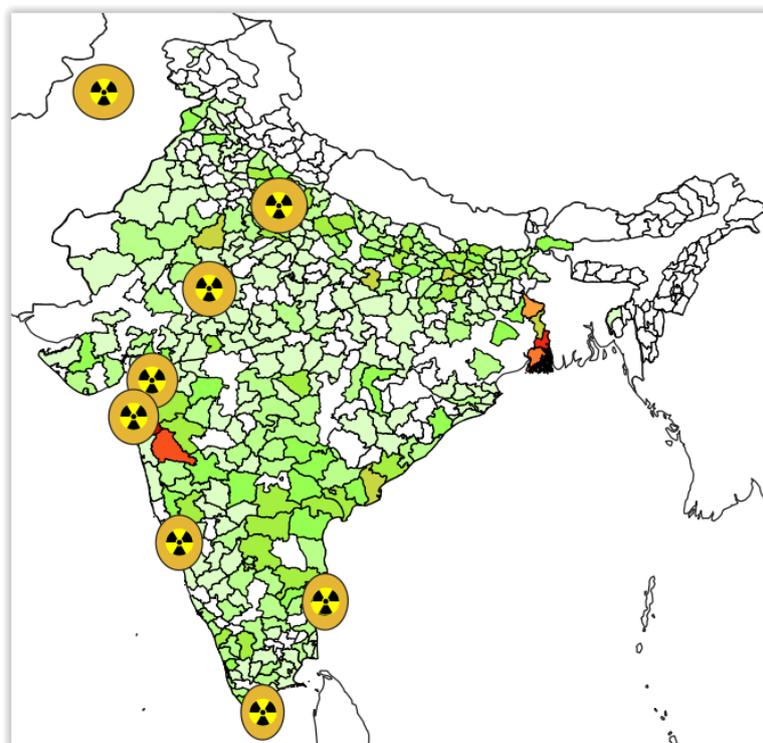


Figure 81 : Zones tampon de 120 km de rayon autour des 7 centrales nucléaires indiennes et districts indiens. Notez la « déformation ovale » des zones tampon vers les latitudes Sud due à la projection géographique du projet QGIS (EPSG 4326 - WGS84).

Notez, *dans ce cas-ci*, la « **déformation ovale** » des zones tampons aux plus hautes latitudes (Nord ou Sud) (Figure 82) :

- Au Sud (Sud de l'Inde de l'Afrique par exemple) : réduction de la largeur
- Au Nord : augmentation de la largeur

Ces déformations sont liées au SCR du projet QGIS, *qui dans ce cas-ci est le SCR EPSG : 4326*.

Ces importantes déformations sont mesurables avec l'outil « Mesurer une longueur » tel qu'illustré à la Figure 82, et dans une moindre mesure, à la Figure 81.

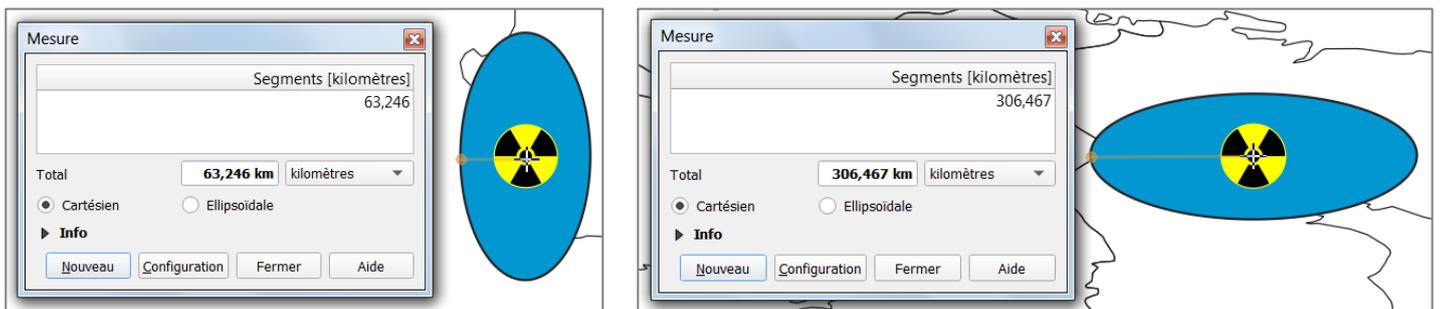


Figure 82 : Déformation extrêmes des zones tampons aux plus hautes latitudes Sud (à gauche) et Nord (à droite)

Un changement de SCR du projet QGIS, par exemple vers le SCR World_Equidistant_Conic code EPSG : 54027, permettra d'afficher l'ensemble des zones tampons de manière non déformées, *dans ce cas-ci sous la forme de cercles de 120 km de rayon*. *Dans ce cas-ci, conservez en définitive le SCR EPSG 4326 après avoir éventuellement testé le SCR 54027.*

7.12.6.2. Intersecter 2 couches de données géographiques : outil « Intersection » (En : « Intersect »)

Attention, il faut que les 2 couches à intersecter soient dans le **même système de coordonnées**. Le système de coordonnées peut-être géographique ou projeté pour autant qu'il soit le même dans les 2 fichiers. Utilisez donc préalablement, si nécessaire, l'outil « Reprojecter une couche » pour changer le système de coordonnées d'un des 2 fichiers vers le système de coordonnées de l'autre fichier.

Pour réaliser une intersection entre 2 couches,

- Cliquez sur « **Vecteur > Outils de géotraitement > Intersection...** » :
- Paramétrez la fenêtre « Intersection » (Figure 83) qui apparait comme souhaité :
 - « **Couche vectorielle de saisie** » : une des 2 couches à intersecter
 - « **Utiliser uniquement les valeurs sélectionnées** » : pour n'utiliser que les entités spatiales sélectionnées dans la couche concernée
 - « **Couche d'intersection** » : la 2^{ème} couche à intersecter
 - « **Fichier de sortie (shapefile)** » : pour naviguer vers le répertoire dans lequel enregistrer le fichier et le nommer.
 - « **Ajouter le résultat au canevas** » : pour ajouter le fichier résultant dans l'interface principale de QGIS.
- Cliquez sur « OK »

Le fichier résultant de l'intersection créé s'affiche dans QGIS (Figure 84, avec modification de la symbologie par défaut pour les zones intersectées).

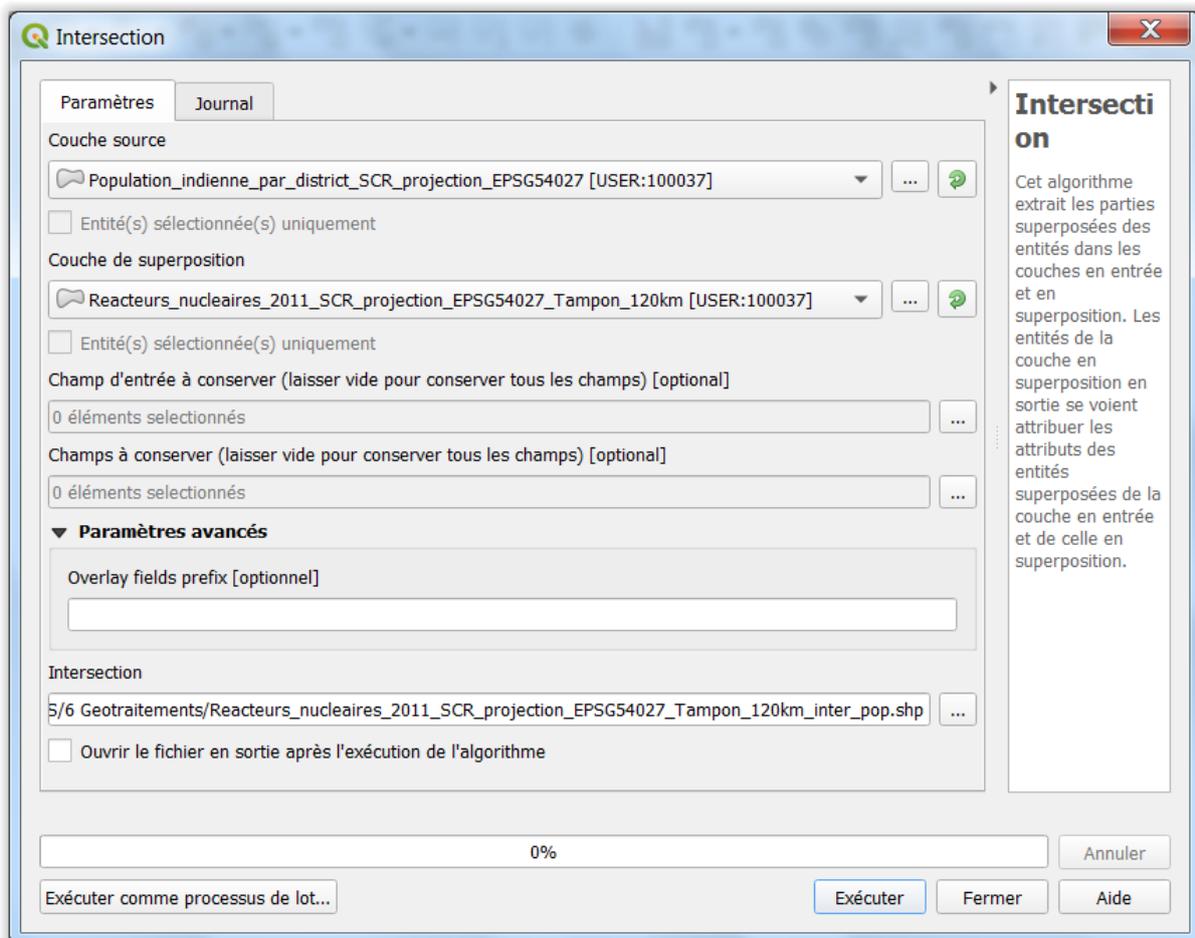


Figure 83 : Fenêtre de l'outil « Intersection » de QGIS

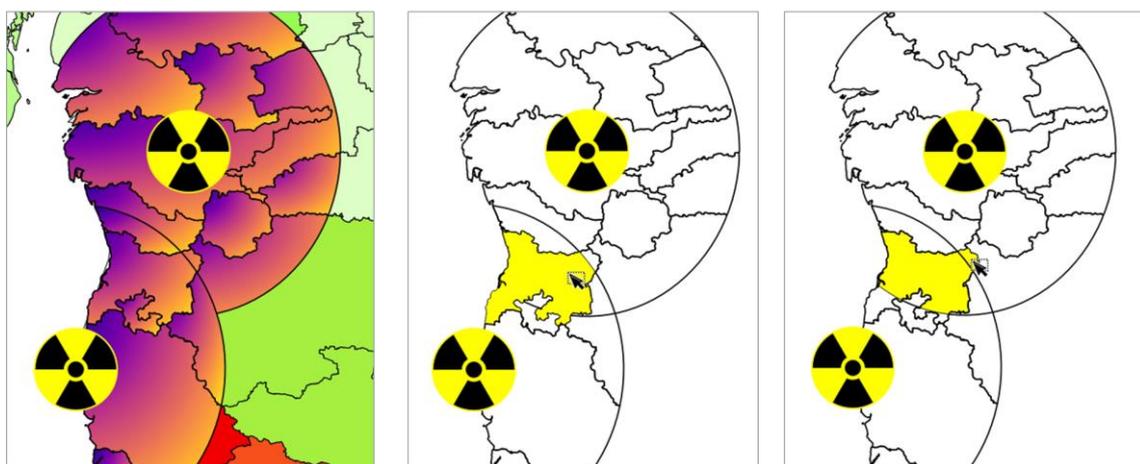
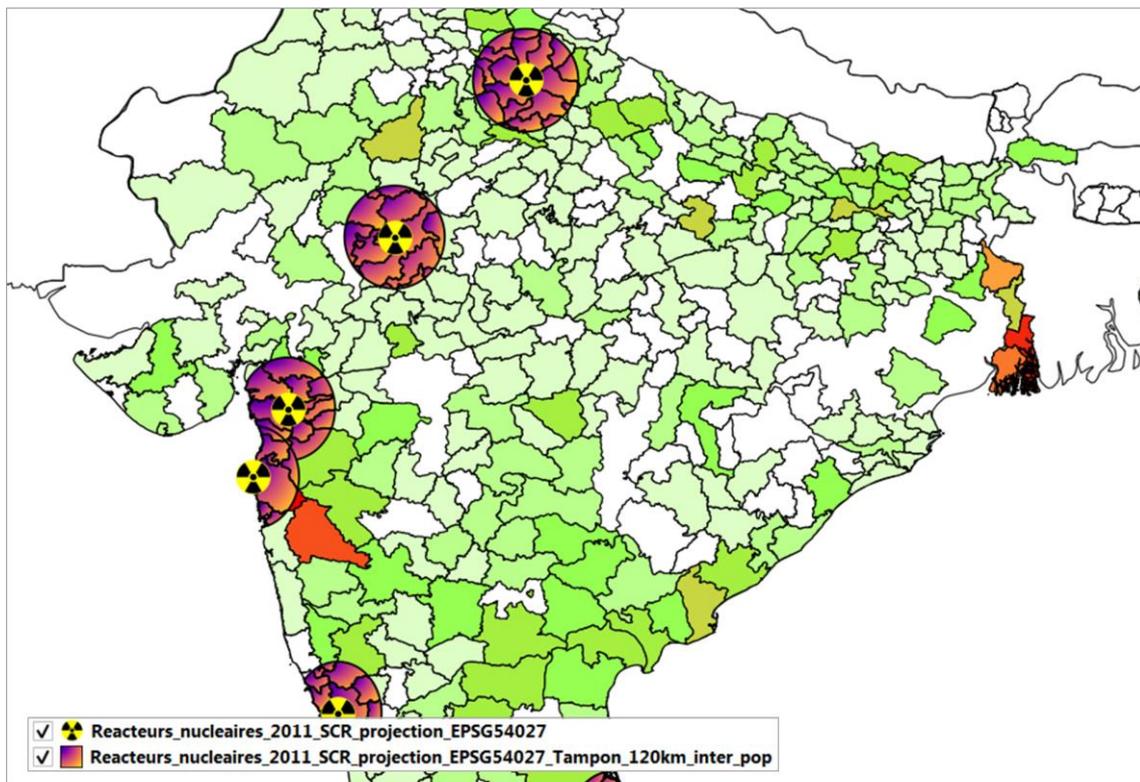


Figure 84 : Aperçu des résultats de la contextualisation « Inde » mettant en évidence les districts affectés se situant dans les zones tampon de 120 km autour des centrales nucléaires. 2 cartes du coin inférieur droit : mise en évidence, par sélection, de l'unicité des entités spatiales par combinaison « centrale nucléaire-district » lorsque 2 zones tampon se superposent

7.12.7. Modeleur graphique de traitements (non utilisé dans ce manuel)

Le « Modeleur graphique de traitements » de QGIS n'est pas utilisé dans le cadre de ce manuel. Cette rubrique est donnée à titre d'information.

Le « Modeleur graphique de traitements » dans QGIS (l'équivalent du « Model builder » d'ArcGIS) (Figure 85) permet d'enregistrer une séquence d'opérations, une chaîne de traitements, afin d'en automatiser le fonctionnement. Cet outil est utile dans le cas où, par exemple :

- une série d'opérations doit être réalisée un grand nombre de fois (l'insertion de variables est possible)
- pour réaliser une illustration d'une chaîne de traitements.

Pour l'utiliser :

- Cliquez sur le bouton « Traitement > Modeleur graphique... »  Modeleur Graphique... dans l'interface principale de QGIS.

Pour plus d'information sur les possibilités du « Modeleur graphique », voyez la documentation officielle de QGIS :

- https://docs.qgis.org/3.4/fr/docs/user_manual/processing/modeler.html
- https://docs.qgis.org/3.4/fr/docs/training_manual/processing/modeler_twi.html

La Figure 85 illustre l'utilisation du « Modeleur graphique » (dans QGIS2.) pour la création d'une couche vectorielle contenant des bassins versants basés sur un MNE et une valeur de seuil.

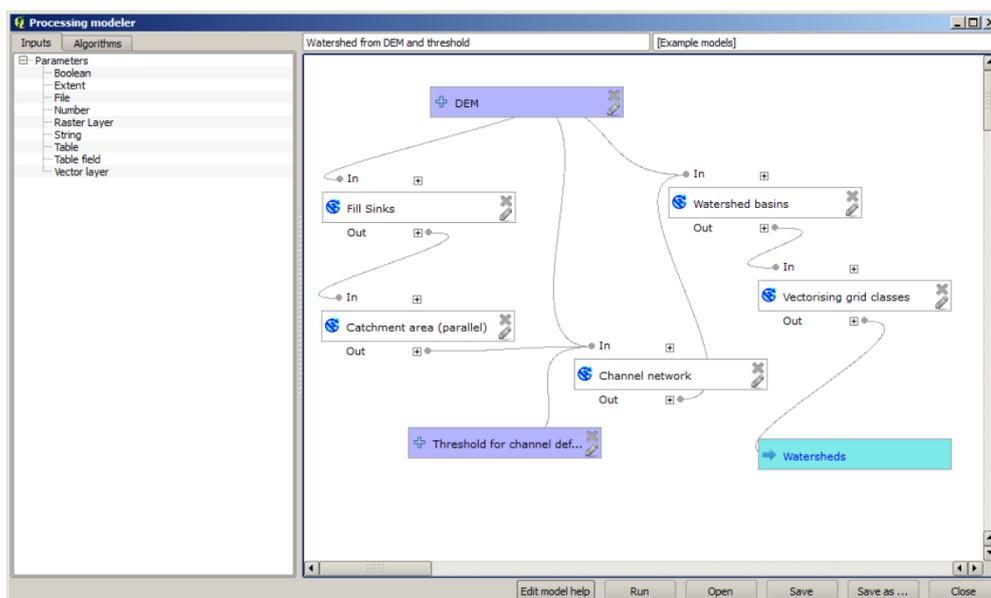


Figure 85 : « Modeleur graphique de traitements » dans QGIS2. : exemple pour un modèle qui crée une couche vectorielle contenant des bassins versants basés sur un MNE et une valeur de seuil (Source = documentation QGIS)

7.12.8. Utiliser des lignes de commandes (En : « command line ») et des « Scripts » (non utilisé dans ce manuel)

Ces outils ne sont pas utilisés dans le cadre de ce manuel. Cette rubrique est donnée à titre d'information.

7.12.8.1. QGIS et Python

Le lecteur intéressé par l'utilisation de ligne de commande et l'automatisation de tâches se référera à la documentation officielle de QGIS via notamment le « **PYQGIS COOKBOOK** » disponible ici : http://docs.qgis.org/2.8/fr/docs/pyqgis_developer_cookbook/index.html. Le site <http://www.qgistutorials.com/fr/index.html> propose également quelques bons exemples d'utilisation de Python dans QGIS.

Plusieurs possibilités existent sur l'utilisation de commandes Python dans QGIS :

- Des lignes de commandes peuvent être utilisées (sans ouvrir QGIS) pour exécuter ou automatiser des tâches utilisant les outils de traitement QGIS via le langage Python.
- Le menu « **Extension > Console Python** » donne accès à la Console Python de QGIS qui est une fenêtre interactive pour exécuter des commandes en langage Python. Elle dispose également d'un éditeur de fichiers Python vous permettant d'éditer et d'enregistrer vos scripts Python.
- Le menu « **Traitement > Boîte à outils > Scripts** » vous permettra de créer, d'importer depuis un fichier ou depuis une collection de scripts en ligne et d'exécuter des scripts en langage Python.
- Il est également possible de **créer et d'utiliser des extensions** (En : plugins) en Python et de **créer des applications personnalisées basées sur l'API QGIS** (<http://qgis.org/api/>).

7.12.8.2. Autres possibilités

Le menu « **Traitement > Boîte à outils > R** » permet de créer et d'utiliser à partir de QGIS des scripts « R ». Confer les sections :

- 7.12.3.4 « R scripts », page 141
- 7.12.4.1 Installation et configuration de « R » dans QGIS, page 143

7.12.9. Traitement par lot : traitement itératif (En : « Batch processing »)

Pour certains outils (par exemple pour l'outil « Tampon »), QGIS permet de les « Exécuter comme processus de lot... » via le bouton **Exécuter comme processus de lot...** disponible en bas à gauche de l'interface de ces outils. Ceci permet d'appliquer automatiquement la même fonction à une série de couches d'information. Une documentation (pas à jour) est disponible ici https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/training_manual/processing/batch_conversion.html?highlight=batch%20processing. Pour info.

Contextualisation 7

Evaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain en cas de déforestation d'un territoire de forêt brésilienne



« Green Planet », une ONG luttant pour la préservation de la forêt brésilienne, a été alertée d'un projet de déforestation massive dans la zone de « Paraisoverde ». En plus de leur communication habituelle face à ce genre de situation, et étant donné que la zone est relativement accidentée, elle aimerait, afin de sensibiliser d'avantage l'opinion publique à la catastrophe écologique qui s'annonce, réaliser une **carte de susceptibilité au glissement de terrain en cas de déforestation de « Paraisoverde »**.



Pour ce faire vous disposez, dans le dossier «...**DONNEES\7 Modelisation raster**\», de quelques **données**, peu détaillées, les seules disponibles sur la zone :

- « **Raster_altitude_Bresil.tif** » un Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la zone avec une résolution spatiale horizontale de 30 m * 30 m
- « **Rivieres.shp** », un shapefile approximatif du réseau hydrographique de « Paraisoverde ».
- « **Rivieres.tif** », un raster établissant la proximité du réseau hydrographique. Les cellules de ce raster ont une valeur de :
 - « 2 » lorsqu'elles sont à une distance inférieure à 400 mètres du réseau hydrographique
 - « 1 » dans le cas contraire
- « **Susceptibilite_liee_au_type_de_sol.shp** », un shapefile de points, projeté dans le SCR UTM21S, correspondant à un échantillonnage de sols, localisés par GPS, et établissant la susceptibilité des types de sols aux glissements de terrain. 3 types de sols ont été identifiés (voir la table d'attributs du shapefile) :
 1. « Susceptibilite haute », code « 1 »
 2. « Susceptibilite moyenne », code « 2 »
 3. « Susceptibilite nulle », code « 3 »
- Les **3 fichiers textes** « RECLASSIFICATION_RIVIERES.txt », « RECLASSIFICATION_SOLS.txt » et « RECLASSIFICATION_PENTE.txt », 3 fichiers contenant les règles de reclassification nécessaires pour la fonction « r.reclass » (confer ci-dessous).
- « **Susceptibilite_liee_au_type_de_sol.kml** », le fichier « **Susceptibilite_liee_au_type_de_sol.shp** » transformé en format KML compatible avec Google Earth.

Remarque : pour une meilleure compatibilité des données lors de leur intégration dans le modèle raster, toutes les données sources ont déjà été re-projetées dans le **SCR EPSG 3857 - WGS 84 / Pseudo-Mercator** (avec les fonctions « Reprojeter une couche » pour les vecteurs et « Projection (warp) » pour les rasters).

Vous travaillerez dans le dossier «...\DONNEES\7 Modelisation raster » avec le projet QGIS « **Modelisation raster au Bresil.qgz** ».



- **Ouvrez le projet QGIS avec le programme « QGIS Desktop with GRASS »** car une fonction « GRASS » (« r.reclass ») sera nécessaire pour l'étape de reclassification!!!
- Le **répertoire** dans lequel vous avez placé le dossier « 7 Modelisation raster » relatif à cet exercice ne peut **pas être trop long** et ne peut **pas contenir de caractères avec accent (é, è, à,...) ou caractères spéciaux (-, ', (), ...)** : confer les instructions de la section 1.4 page 3.

A l'aide de ces données vous allez réaliser un modèle SIG exprimant la susceptibilité de la zone aux glissements de terrain. L'idée est de réaliser une **somme pondérée des différents paramètres intervenant dans le processus de glissement de terrain** :

- La **pente** (plus la pente est forte, plus la susceptibilité sera grande),
- Le **type de sol** (susceptibilité plus ou moins grande selon le type de sol),
- La **proximité des rivières** (les rivières, en cas de crues, peuvent contribuer à la déstabilisation des pentes voisines),

La **démarche** à suivre est la suivante (confer « Schéma des opérations » à la Figure 86) :

- **EXPLOREZ vos données :**
 1. Spatialement et via les tables d'attributs à l'aide du projet QGIS «...\DONNEES\7 Modelisation raster\Modelisation raster au Bresil.qgz ».
 2. A l'aide d'images satellites très haute résolution disponibles dans QGIS via l'extension « QuickMapServices ». Après installation (confer section « 7.3.3 page 52), cette extension se situe dans le menu « Internet > QuickMapServices » où vous trouverez facilement les images « Google Satellite ».
 3. A l'aide de Google Earth (Figure 87):
 - Télécharger et installer « Google Earth » sur votre machine (si ce n'est déjà fait), disponible ici : http://www.google.fr/intl/fr_ALL/earth/versions/#earth-pro
 - Cliquer sur le fichier « Susceptibilite_liee_au_type_de_sol.kml », ce qui vous amènera directement sur la zone d'étude dans Google Earth
 - Utiliser une vue dans le plan horizontal dans Google Earth et définir une exagération du relief de 3 afin de faciliter sa visualisation (le relief n'est pas très marqué dans la zone) en allant dans « Outils > Option > Vue 3D > Relief > Facteur d'élévation = 3 ». L'option « Relief » dans le panneau « Calques » doit être activée.

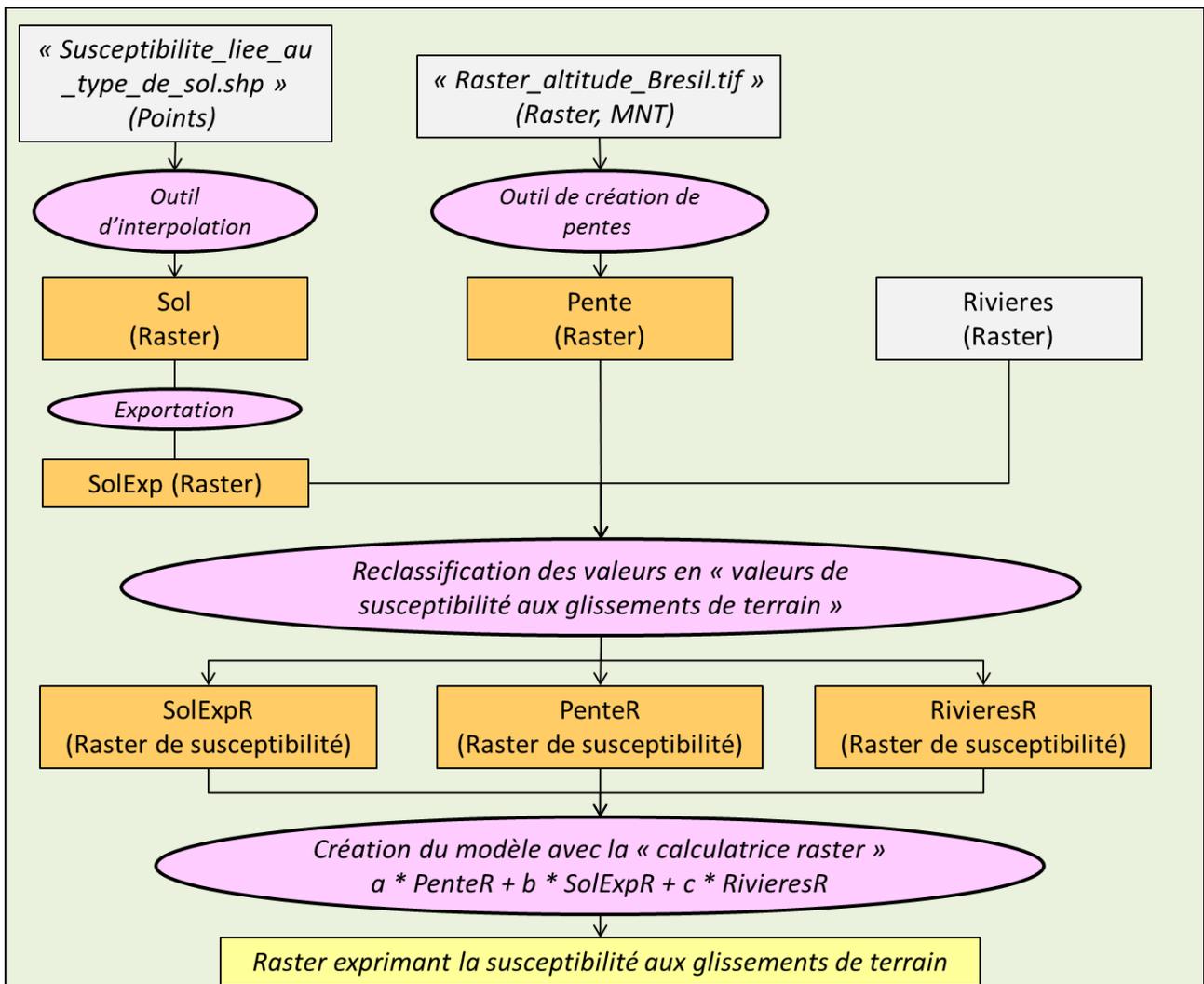


Figure 86 : Schéma des opérations à réaliser pour la création d'un raster exprimant la susceptibilité aux glissements de terrain



Figure 87 : Aperçu d'une partie de la zone d'étude dans Google Earth en 3D avec un focus sur une zone où le relief est plus marqué. La large bande grise-brune de l'avant-plan correspond à une zone fraîchement déforestée.

- **INTERPOLATION SPATIALE** des données relatives au type de sol. Le but de cette opération est d'obtenir une couche « raster » avec une information relative au type de sol en tous points de la zone à modéliser. Réalisez cette opération à l'aide de l'outil « **Traitement > Boîte à outils > GDAL > Analyse raster > Grille (Linéaire)** », décrit ci-dessous (confer la section 7.13.2 et Figure 91), avec le paramétrage suivant :
 - « Couche de point » : « Susceptibilite_liee_au_type_de_sol.shp »
 - « Paramètres avancés > Valeur Z du champ [optional] » : choisir « Code » dans le menu déroulant, ce qui fait référence à la colonne « Code » de la table d'attribut du fichier à interpoler, colonne qui contient la valeur à interpoler
 - « Interpolé (Linéaire) » : c'est le fichier résultant de l'interpolation, nommez-le « **Sol** », dans le répertoire « ... \DONNEES\7 Modelisation raster\ »
 - « Ouvrir le fichier en sortie... » : à décocher
 - Autres paramètres : valeurs par défaut

Ajoutez manuellement le raster interpolé dans votre projet QGIS.

ATTENTION ! Il est nécessaire d'**exporter le « raster de sol interpolé »** via un « Clic droit sur la couche raster > Exporter > Enregistrer sous... » en format GeoTIFF dans le SCR « EPSG 3857 - WGS 84 / Pseudo-Mercator », « Mode de sortie » = « Donnée brute », dans le répertoire de travail et avec le nom « **SolExp.tif** », autres paramètres par défaut. Ce raster exporté doit être **ajouté** dans le projet QGIS. Si cette exportation n'est pas réalisée, le résultat de la reclassification (via la fonction « r.reclass », confer plus bas) du raster de sol interpolé se positionnera mal dans l'espace (déplacement vertical du raster reclassifié au Sud de la zone d'étude). Cette erreur est probablement liée à un petit bug de QGIS.

Une fois l'exportation du raster de sol interpolé réalisée, **modifiez la symbologie du raster interpolé** (confer section 7.13.1, page 163) afin de faire ressortir les 3 classes de sols. Utilisez la symbologie suivante :

- « Type de rendu » : « Pseudo-couleur à bande unique »
 - « Interpolation des couleurs » : « Linéaire »
 - En « Mode » « Intervalles égaux » avec 3 « Classes »
 - « Charger les valeurs min max » : « Min / max » pour utiliser la gamme des valeurs entre le minimum et le maximum du raster
 - « Couleur » : pour les classes 1,2 et 3, les couleurs rouge, orange et vert respectivement.
 - « Valeur » des classes : 3 classes dont les valeurs seuils supérieures sont : 1, 2 et 3.
- **CRÉATION D'UN RASTER DE PENTES** à partir du MNT « Raster_altitude_Bresil.tif ». Réalisez cette opération à l'aide de l'outil « **Raster > Analyse > Pente** », présenté ci-dessous (confer section 7.13.3) avec le paramétrage suivant :
 - « **Couche source** » : le MNT « Raster_altitude_Bresil.tif »
 - « **Ratio entre les unités verticale et horizontale** » : « 1 ». Remarquez que le MNT utilisé est projeté dans un système de coordonnées utilisant des mètres comme unité linéaire en XY (« WGS_1984_UTM_Zone_21S ») et que l'altitude est également exprimée en mètres, ce qui permet d'utiliser un « ratio » (parfois appelé « Z factor ») égale à 1 (confer ci-dessous).
 - **Unité des pentes** : optez pour des degrés (unité par défaut) (donc pas en pourcent)

- « **Pente** » : c'est le fichier résultant du calcul de pentes, nommez-le « **Pente** », dans le répertoire «... \DONNEES\7 Modelisation raster\ » via le menu « Enregistrer vers un fichier... »
- Format du fichier de pentes : choisissez le format par défaut « **.tif** »
- Décochez la case « Ouvrir le fichier en sortie... »
- Après exécution de la fonction, ajouter manuellement le raster de pente créée dans votre interface QGIS via le bouton d'ajout de données.

Modifiez la symbologie du raster de pentes (confer section 7.13.1) afin de faire ressortir les 4 classes de pentes identifiées dans le tableau ci-dessous et leur répartition. Utilisez la symbologie suivante :

- « Type de rendu » : « Pseudo-couleur à bande unique »
- « Interpolation des couleurs » : « Linéaire »
- « Générer une nouvelle palette de couleur > Nouvelle palette de couleur > Dégradé » : vert à 0%, jaune à 10%, orange à 20% et rouge à 100%, de « Type » « Continues »
- En « Mode » « Continu »
- « Charger les valeurs min max » : « Min / max » pour utiliser la gamme des valeurs entre le minimum et le maximum du raster
- « Valeur » des classes : 4 classes dont les valeurs seuils supérieures sont : 10, 20, 30 et 90 (en degrés).

Posez-vous la question de la correspondance entre les couleurs et les classes de pentes du fichier résultat et identifiez les zones de fortes et de faibles pentes.

A ce stade vous disposez des **3 « rasters bruts »** à intégrer dans le modèle (Pente, Sol, Rivières).

- **RECLASSIFICATION DES VALEURS** des paramètres en classes de valeurs exprimant leur **susceptibilité au glissement de terrain sur une échelle [0-10]**. Il existe de nombreuses méthodes de conversion des « valeurs-paramètres » vers les « valeurs-susceptibilité au glissement de terrain » et le choix d'une méthode en particulier devrait être déterminé sur base d'une étude poussée, ce qui ne pourra se faire dans le cadre de cet exercice. Vous appliquerez donc « arbitrairement » les règles de reclassification suivantes pour l'exercice :

Pentes		Types de sol		Proximité aux rivières	
Pentes en degrés	Susceptibilité [0-10]	Code sol	Susceptibilité [0-10]	Code proximité	Susceptibilité [0-10]
0-10	0	1	10	1	0
11-20	3	2	5	2	10
21-30	7	3	2		
31-90	10				

Cette opération se fait avec l'outil « **r.reclass** » des commandes **GRASS**, présenté ci-dessous (confer section 7.13.4) (c'est pourquoi vous avez ouvert le projet QGIS actuel avec le programme « **QGIS Desktop with GRASS** » !!!, confer indications plus haut). Réalisez 3 « reclassifications » pour chacun des 3 rasters et nommez les rasters résultants : « **PenteR** », « **SolExpR** », « **RivieresR** ». Lors de l'utilisation de la fonction « **r.reclass** », dans le menu « **File containing reclass rules** » naviguez vers le répertoire de l'exercice et choisissez chacun des 3 fichiers texte contenant les règles de reclassification (déjà préparés pour vous) pour les pentes, sol et rivières respectivement. N'oubliez pas

d'ajouter dans votre projet QGIS les rasters reclassifiés depuis le répertoire dans lequel ils ont été enregistrés. Il sera ensuite nécessaire d'adapter la symbologie de ces 3 rasters (confer section 7.13.1) si vous désirez visualiser l'étendue des différentes classes de susceptibilité (par défaut certaines classes ne s'affiche pas).

- **CALCUL DU MODELE RASTER** via l'intégration des 3 rasters reclassifiés pour produire un raster exprimant la susceptibilité aux glissements de terrain. Cette opération se fait via l'outil « **Raster > Calculatrice Raster...** », dont le fonctionnement est décrit ci-dessous (confer section 7.13.5). La formule mathématique permettant la combinaison des 3 rasters devrait être justifiée sur base d'une calibration, une revue de littérature ou autre, ce qui n'est pas fait dans le cadre de cet exercice. Vous utiliserez la simple formule suivante qui donne une importance légèrement plus grande au paramètre « Pentas » :

$$0.4 * [PenteR] + 0.3 * [SolExpR] + 0.3 * [RivieresR]$$

Nommez votre fichier « **SUSCEPTIBILITE_GLISSEMENT_TERRAIN** » en format GeoTIFF.

ATTENTION, via le bouton « Emprise de la couche sélectionnée » attribuez au raster en sortie l'emprise (étendue spatiale) et le SCR de la couche raster « SolExp » dont l'emprise est commune aux 2 autres rasters considérés dans le calcul (comme indiqué dans la Figure 95 page 177).

Le fichier exprimant la susceptibilité aux glissements de terrain est créé. Ajoutez-le dans le projet QGIS et modifiez éventuellement la symbologie de ce raster (confer section 7.13.1) afin que la représentation soit jolie et parlante (symbologie « Pseudo-couleur à bande unique » avec « Interpolation des couleurs » linéaire, avec une rampe de couleurs adéquate, etc).

Un **aperçu des données de base, des données intermédiaires et du résultat final** est présenté à la Figure 88 page 162 ci-après.

Les **indications** ci-dessous vous aideront à réaliser cette étude.

DONNEES & PROJET QGIS !	<p>Les données : les données à utiliser sont dans le dossier « ...\\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\\DONNEES\\7 Modelisation raster\\».</p> <p>Projet QGIS : « Modelisation raster au Bresil.qgz » situé dans ce même dossier. !!! ATTENTION !!! A ouvrir avec le programme « QGIS Desktop with GRASS » car une fonction « GRASS » sera nécessaire !!!</p>
------------------------------------	---

Objectifs pédagogiques	Travailler avec des données de type raster (image) en réalisant une série d'opérations classiques (gestion de la symbologie, interpolation spatiale, dérivation de paramètres à partir d'une donnée de relief (pente, exposition, ombrage, etc), reclassification) et réaliser une modélisation simple de type modèle multi-couches avec la « Calculatrice raster ».
-------------------------------	--

Temps approximatif	Découverte en autonomie : ~2h00 Manipulations techniques uniquement, par un expert : ~0h30
---------------------------	---

Contextualisation 7 : Evaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain en cas de déforestation d'un territoire de forêt brésilienne

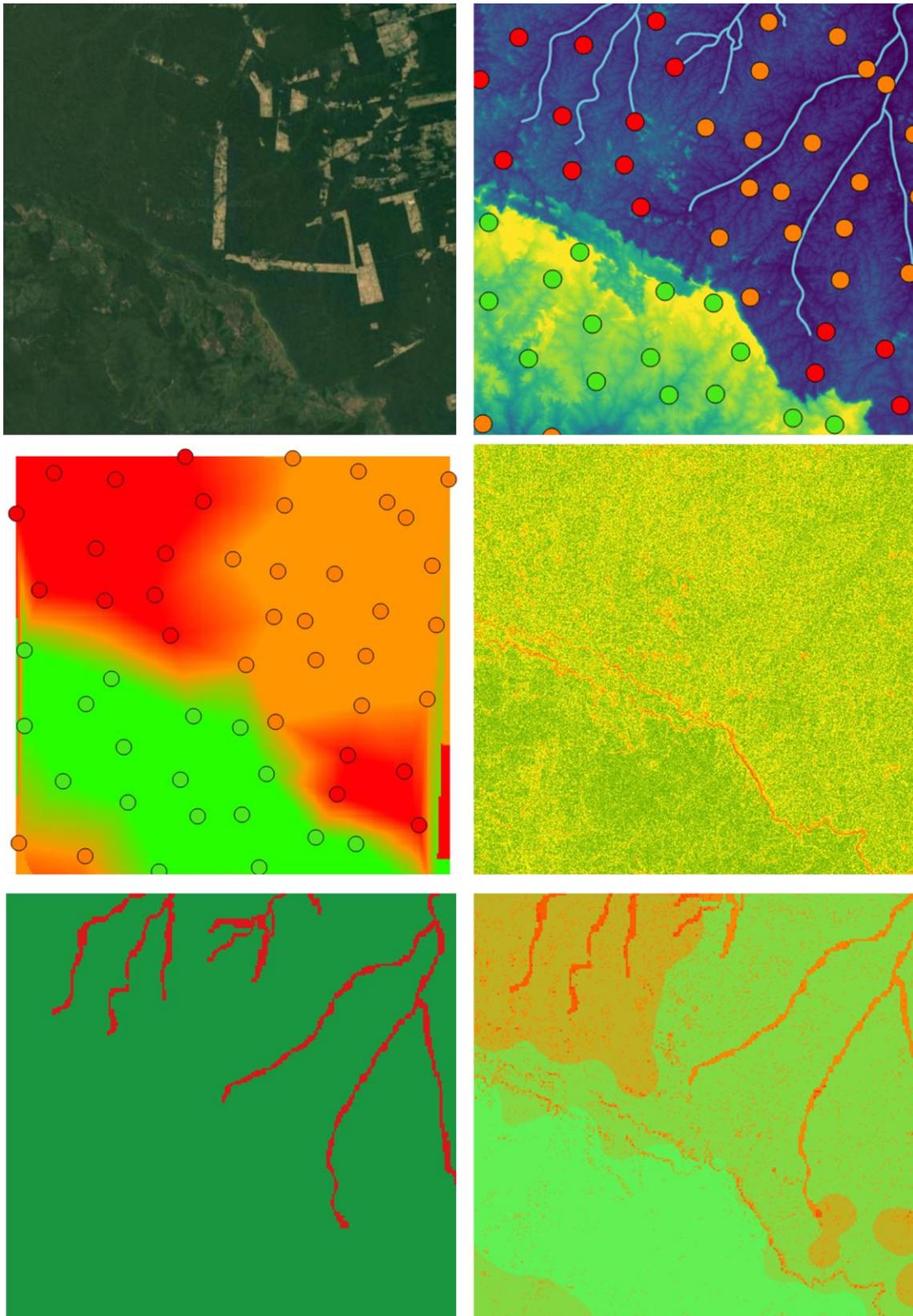


Figure 88 : Aperçu de la zone d'étude de la contextualisation « Brésil » (de gauche à droite et de haut en bas): image « Google satellite » ; données de base : altitude, réseau hydrographique, échantillonnage de sol ; raster « Sol » issu de l'interpolation; raster « Pente » ; raster « Rivières » ; raster « SUSCEPTIBILITE_GLISSMENT_TERRAIN » (= résultat final)

7.13. Travailler avec des « raster »

QGIS permet de travailler (analyser, créer, réaliser des requêtes) sur des données de type « raster » (ou « matricielle », constituées d'une grille de cellules).

Certaines analyses permettent également l'intégration des 2 types de données « matricielle » et « vectorielle » comme par exemple le calcul de statistiques sur base des valeurs des cellules d'un raster dans des zones délimitées par un fichier vectoriel.

7.13.1. Symbologie d'un raster

Note : le lecteur se référera également à la section « 7.16.4 Symbologie des données », page 201, pour quelques considérations générales sur la symbologie. Il est important d'utiliser une **symbologie qui soit interprétable intuitivement**, par exemple du rouge pour les zones à risque élevé ou à température élevée, du blanc pour les altitudes élevée, du bleu plus foncé pour des précipitations plus importantes, etc.

La symbologie d'un fichier raster est modifiable via :

- « Clic-droit sur la couche raster dans le panneau « Couches » > Propriétés > Symbologie » (Figure 89).

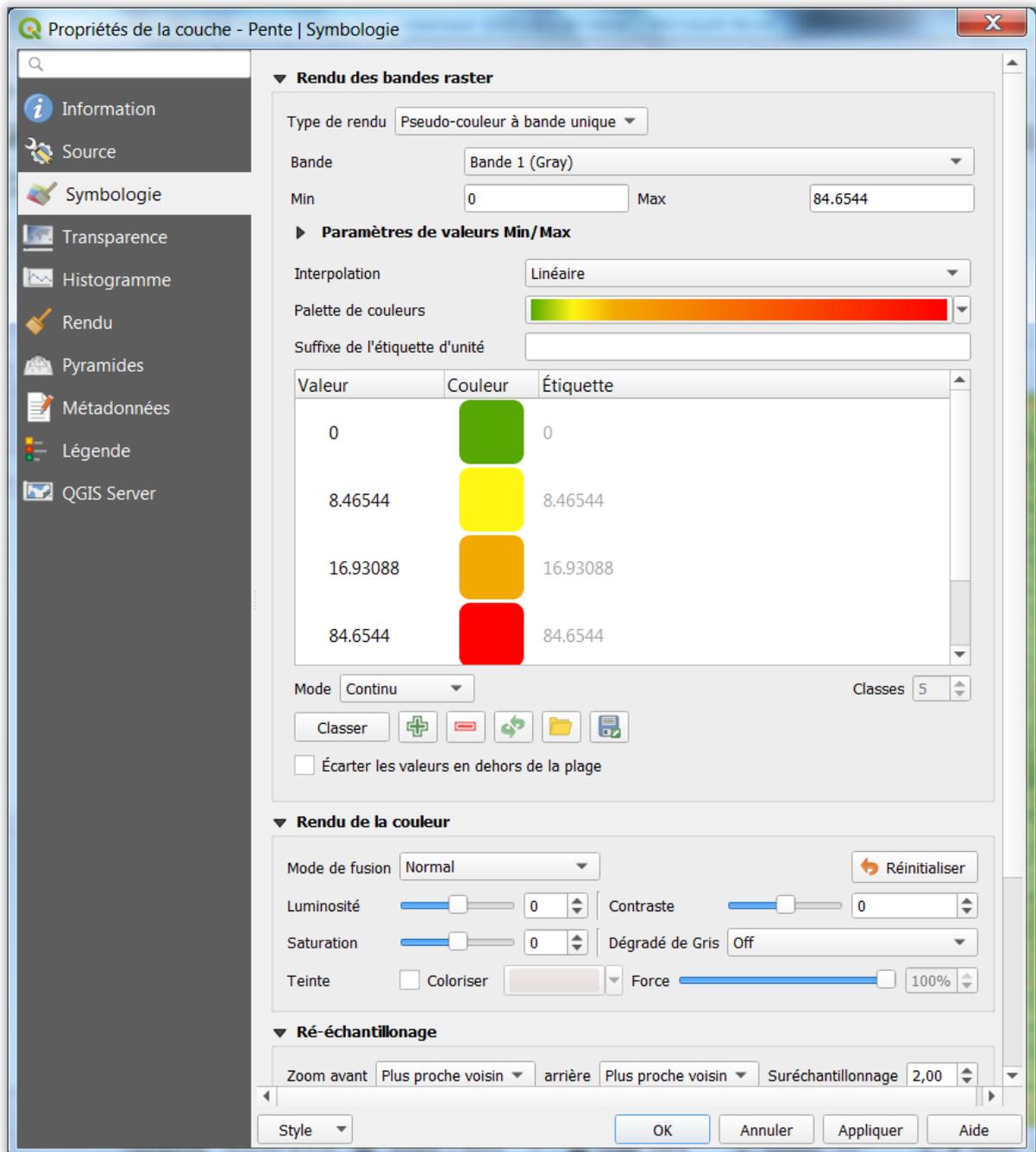


Figure 89 : Menu de symbologie d'un raster via le menu « Clic-droit sur le raster > Propriétés > Symbologie »

5 options de symbologie principales sont disponibles dans le menu « **Rendu des bandes raster > Type de rendu** » :

1. « Couleur à bandes multiples »

- Pour visualiser une image multi-bandes (une image composée de plusieurs bandes d'information)
- Exemple :
 - Une image aérienne ou satellite multipsectrale
 - Une image scannée (carte scannée,...), une photo, etc
- En particulier, il peut être intéressant de choisir une méthode d'amélioration du contraste pour améliorer le rendu visuel

2. « Palette / Valeurs uniques »

- Pour visualiser un raster ne contenant qu'une seule bande
 - qui inclue déjà une table de couleurs, où à chaque valeur de pixel a été assignée une couleur. Dans ce cas, la palette est utilisée automatiquement, par exemple pour une carte avec des classes d'occupation du sol
 - pour lequel vous désirez associer une couleur unique pour chaque valeur rencontrée dans le raster

3. « Bande grise unique »

- Pour visualiser une bande unique en nuance de gris
- QGIS choisit ce rendu si ce fichier n'est ni multi-bandes, ni une palette indexée, ni une palette continue
- **Exemple** : une carte d'altitude en dégradé de gris
- En particulier, il peut être intéressant de choisir une méthode d'amélioration du contraste pour améliorer le rendu visuel.

4. « Pseudo couleur à bande unique »

- Pour visualiser une bande unique à l'aide de palettes de couleurs personnalisables
- Exemples :
 - Une carte des altitudes
 - Une carte de risques (un gradient de couleurs allant du vert au rouge pour respectivement les classes de risques allant de « Sûr » à « Risque élevé »)
- En particulier, choisissez une palette de couleurs, un mode, le nombre de classes (pour le mode « Intervalle égale ») et appuyez sur le bouton « Classer » afin de générer la palette de couleurs qui sera utilisée.

5. Ombrage

- Permet de simuler un ombrage sur base des valeurs du raster.
- Particulièrement adapté à la visualisation d'un raster contenant des informations de hauteur (altitude, relief de surface, etc)

Notez les possibilités de :

- **Amélioration de contraste** : dans les cas 1 et 3 : utiliser une technique d'amélioration de contraste. Une amélioration de contraste consiste en une application de la gamme de couleurs disponible sur un intervalle restreint des valeurs potentielles du raster, intervalle défini à l'aide des **valeurs minimale et maximale** effectivement rencontrées dans le raster. La gamme de valeurs potentielles du raster dépend de sa résolution radiométrique, c'est-à-dire le nombre de bit utilisés pour coder un pixel, par exemple pour un raster codé sur 8 bit, $2^8 = 256$ valeurs sont possibles. Par exemple, si les valeurs effectivement rencontrées dans un raster 8 bit ne varient qu'entre 10 et 85, alors la gamme de couleurs disponible est redistribuée par l'amélioration de contraste entre les valeurs allant de 10 à 85.
- Dans les cas 1, 3, 4 : via le menu « Paramètres de valeurs Min/Max > Statistiques de l'emprise » la disponibilité de différentes méthodes pour **définir les valeurs minimale et maximale du raster** à considérer pour la symbologie, en considérant soit
 - « Raster entier » : l'ensemble du raster
 - « Emprise actuelle » : l'étendue du raster actuellement affichée dans la fenêtre de visualisation spatiale de QGIS
 - « Emprise actualisée » : l'étendue du raster affichée dans la fenêtre de visualisation, modifiée de manière dynamique en fonction de l'étendue affichée pendant la navigation spatiale (dépendante donc de la localisation et du zoom)
- **« Classer »**
 - Permet de définir les classes de couleur sur base de valeurs seuils et du paramétrage choisi et les couleurs associées. Il est donc important de cliquer sur ce bouton après chaque changement de paramétrage afin de réellement implémenter ce changement de paramétrage.
- **Réaliser une palette de couleurs personnalisée** (Figure 90)
 - Cliquer sur une palette de couleurs ouvre la fenêtre « Sélectionner un dégradé de couleur » qui permet de réaliser une palette de couleurs personnalisée. Attention, il peut être intéressant de tenir compte de la distribution des valeurs du raster pour positionner au mieux les différents points d'arrêt de la palette. Par exemple, si 90% des cellules du raster ont des valeurs comprises entre 0 et 20 et que les 10% restant ont des valeurs comprises entre 20 et 100, il sera peut-être intéressant d'utiliser plus de nuances de couleurs dans l'intervalle de valeurs [0-20] que dans l'intervalle [20-100], afin d'apporter plus de nuances de couleurs pour la majorité des cellules du raster.

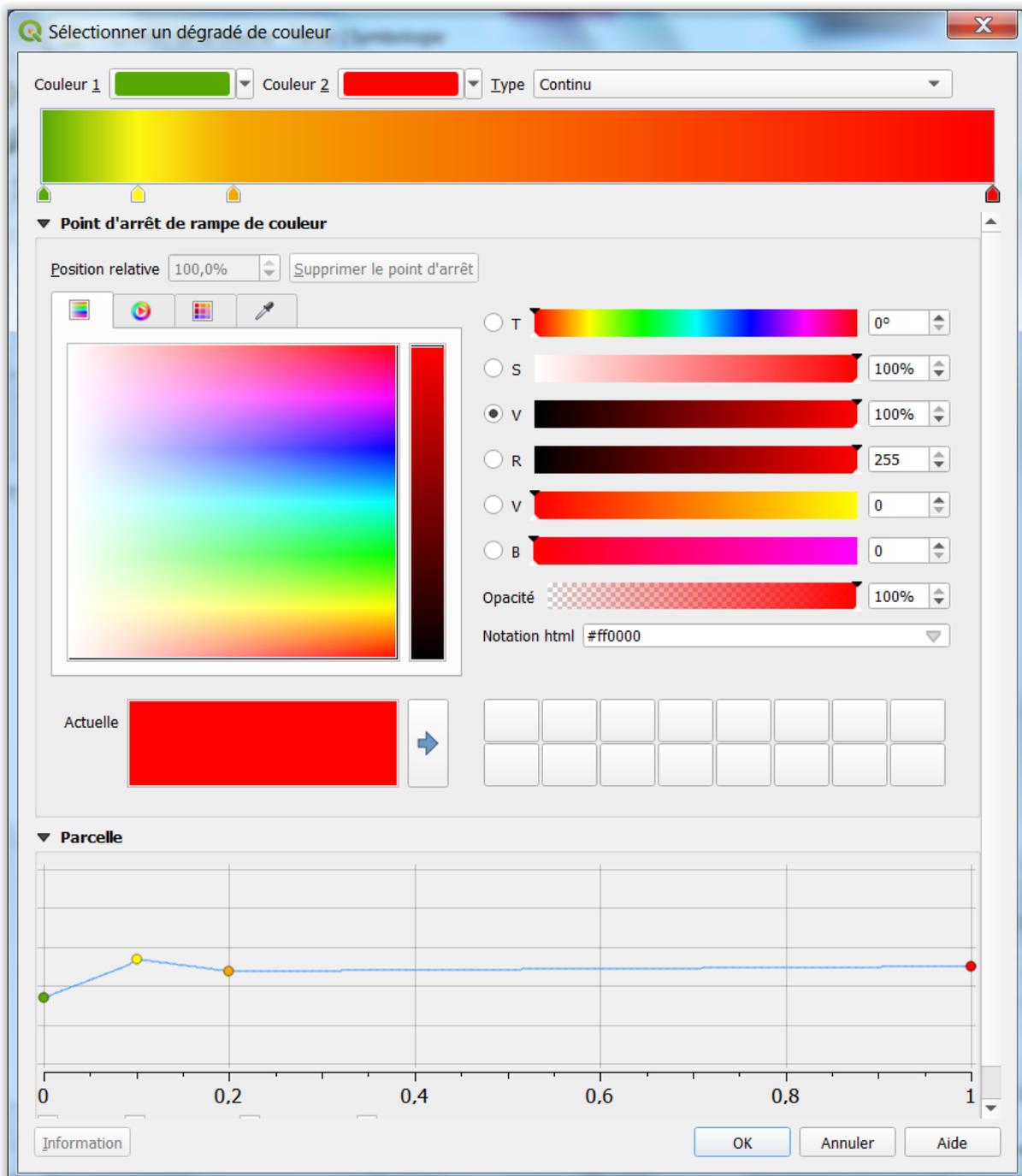


Figure 90 : Fenêtre de création d'un dégradé de couleurs pour raster avec 2 points d'arrêt intermédiaire

- « Valeur »

- Cette colonne contient les « **valeurs seuils supérieures** » de chaque classe. La gamme de valeurs d'une classe va de la « valeur seuil supérieure » de la classe précédente (non incluse) (à défaut de classe précédente, jusqu'à la valeur minimale rencontrée) jusqu'à la « valeur seuil supérieure » (incluse) de cette classe. Schématiquement : gamme de valeurs d'une classe A =] valeur seuil supérieure de la classe précédente → valeur seuil supérieure de la classe A]. Ces « valeurs » sont modifiables via un double-clic-gauche.

- « **Etiquette** »
 - Les valeurs reprises dans cette colonne correspondent aux valeurs affichées pour chaque classe dans le panneau « Couche » et lors de la création d'une légende lors de la mise en page d'une carte. Ces étiquettes sont modifiables via un double-clic gauche et peuvent contenir du texte ou des chiffres.
- « **Interpolation des couleurs** »
 - « Discret » : une classe de valeurs est caractérisée par une couleur unique
 - « Linéaire » : une classe de valeurs est caractérisée par un gradient de couleurs résultant d'une interpolation linéaire entre la couleur attribuée à cette classe et les couleurs attribuées aux classes voisines inférieure et supérieure.
 - « Exact » : seuls les pixels ayant exactement les valeurs identifiées dans la palette de couleurs sont représentés à l'aide de ces couleurs
- Sauvegarde et chargement d'une palette de couleur : ceci peut être fait via les 2 boutons :
 - Exporter une palette de couleurs vers un fichier 
 - Charger une palette de couleurs depuis un fichier 
- Ajouter une **teinte de couleur** bien spécifique au raster via le menu « Rendu de la couleur > **Teinte** > Coloriser > Choix de la couleur > ...
- **Histogramme raster** : un histogramme de la fréquence de distribution des valeurs de pixels dans un raster peut se révéler utile afin de définir correctement les seuils des classes de la symbologie. Un tel histogramme est disponible via un « **clic-droit sur le raster > Propriétés > Histogramme** »

7.13.2. Interpolation spatiale

Plusieurs possibilités existent dans QGIS pour réaliser une interpolation spatiale à partir d'un fichier vectoriel. Par exemple :

- Dans le menu principal de QGIS : « **Raster > Analyse > Grille ou Grid** » avec 4 méthodes :
 - « Moyenne mobile »
 - « Métrique des données »
 - « Inverse de la distance à une puissance »
 - « Plus proche voisin »
- Dans la « **Boîte à outils de traitements** » : une série de méthodes sont proposées, méthodes que vous découvrirez en tapant « **interpolation** » ou « **grille** » dans la fenêtre de recherche de cette boîte à outils.

Par exemple, pour réaliser une interpolation spatiale avec l'algorithme « Grille (Linéaire) » disponible via la « Boîte à outils de traitements » :

- Cliquez sur « **Traitement > Boîte à outils > GDAL > Analyse raster > Grille (Linéaire)** »

Cet outil d'interpolation linéaire est **documenté** ici :

- https://docs.qgis.org/testing/en/docs/user_manual/processing_algs/gdal/rasteranalysis.html#grid-linear
- https://gdal.org/programs/gdal_grid.html

La fenêtre « Grille (Linéaire) » (Figure 91) s'ouvre. **Paramétrez-la** comme désiré :

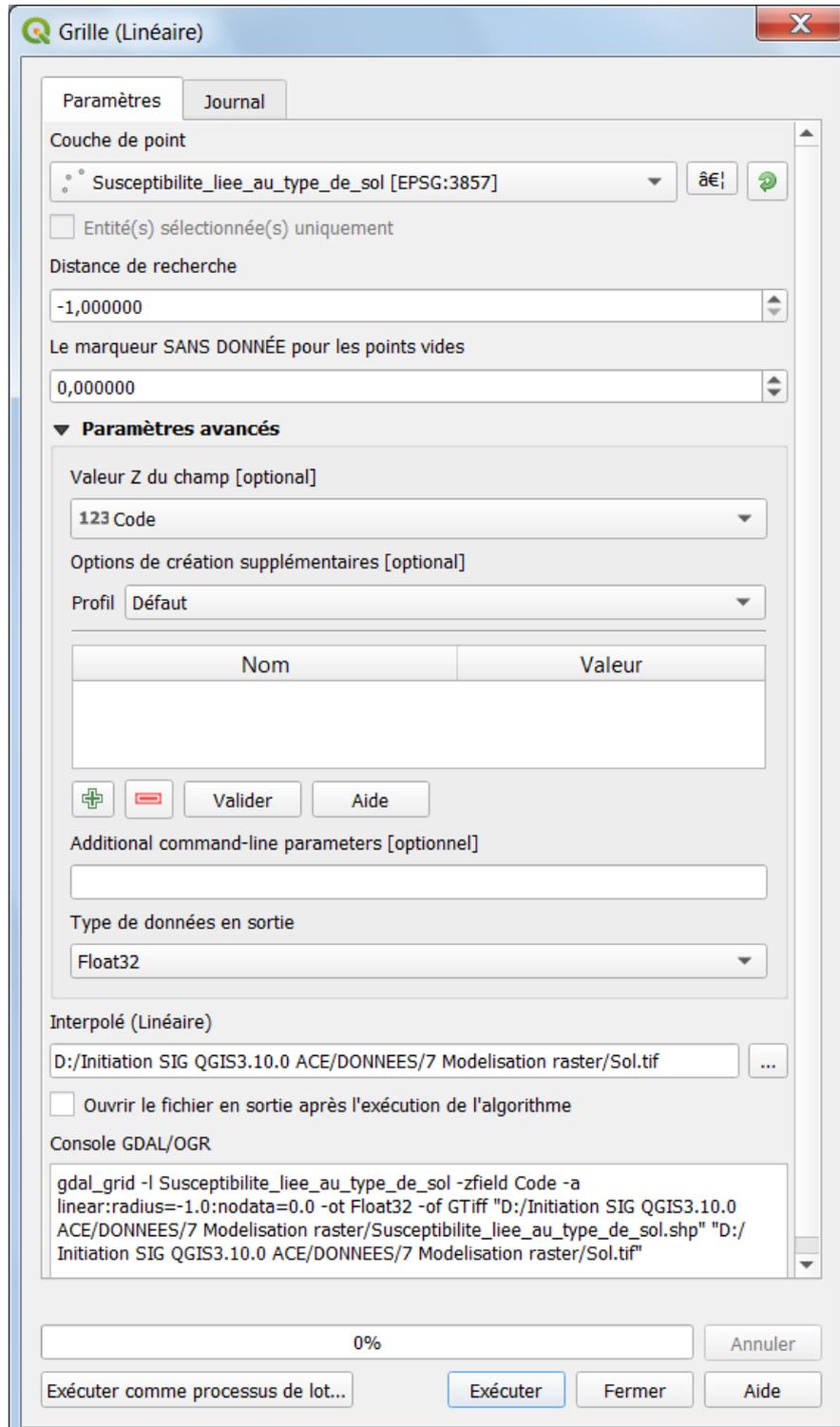


Figure 91 : Fenêtre de l'outil d'interpolation spatiale « Grille (Linéaire) » de QGIS

- « **Couche de point** » : choisissez la couche à partir de laquelle réaliser l'interpolation spatiale.
- « **Paramètres avancés > Valeur Z du champ [optional]** » : le champ (colonne) de la table d'attributs du fichier vecteur à partir duquel réaliser l'interpolation spatiale, champ qui contient l'information à interpoler (par exemple : l'altitude, une concentration (d'un gaz, d'un polluant), un paramètre météorologique, etc)
- « **Interpolé (Linéaire)** » : naviguez vers le répertoire de sortie, nommez votre fichier et choisissez une extension, par défaut « .tif ».
- « **Ouvrir le fichier en sortie...** » : à décocher pour ne pas ajouter automatiquement le raster interpolé dans l'interface de QGIS après sa création. Si coché, le raster automatiquement ajouté dans le panneau « Couches » prendra le nom « Interpolé (Linéaire) », ce qui peut ne pas convenir. Il est parfois préférable d'ajouter manuellement le raster créé dans le panneau « Couches » (« Couche > Ajouter une couche > Ajouter une couche raster... ») pour que celui-ci s'affiche avec le nom que vous lui avez attribué.
- Autres paramètres : conserver les valeurs par défaut ou consulter la documentation
- Cliquez « **Exécuter** »

Votre raster d'élévation interpolée est créé et s'affiche dans QGIS si vous l'avez demandé. Sinon, ajoutez-le manuellement. Il est parfois utile de modifier la symbologie par défaut du raster (confer section 7.13.1 page 163). Remarquez que cet algorithme d'interpolation linéaire peut produire de mauvaises valeurs en périphérie du nuage de points interpolés.

Remarques :

1. Il n'existe pas de « recette » pour le **choix de la meilleure méthode d'interpolation** et du meilleur paramétrage de ces méthodes étant donné la diversité de choix possible. Avant de réaliser une interpolation, vous devrez donc bien comprendre comment chaque méthode fonctionne, quels en sont les avantages et inconvénients, afin de choisir la méthode la plus adaptée à vos données de base et aux résultats attendus. Vous trouverez d'avantage d'information sur les méthodes d'interpolation sur le net et notamment dans la documentation officielle de QGIS la plus récente disponible sur cette page https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/processing_algs/ggis/interpolation.html?highlight=interpolation ou en utilisant le mot-clef « interpolation » dans le menu de recherche de la documentation QGIS.
2. Un cas particulier de l'interpolation spatiale est celui de la création d'un **Modèle Numérique de Terrain (MNT)** à partir d'un fichier de points contenant un champ avec l'information « altitude » à interpoler. Un MNT est une modélisation de l'altitude d'une surface (terrestre, par exemple). Les autres appellations du MNT sont : MNE (E pour Elévation), ou MNA (A pour Altitude) ; DTM (En : Digital Terrain Model), ou DEM (En : Digital Elevation Model).

7.13.3. Créer un raster de pentes (mais aussi d'exposition, d'ombrage, de relief et d'index de rugosité) à partir d'un MNT

Cette section s'intéresse à la création d'un raster de pentes à partir d'un raster d'altitude. A vous de faire le parallèle si vous êtes intéressé par la dérivation d'autres informations à partir d'un raster d'altitude (exposition, ombrage, relief, rugosité).

Dans un raster de pentes, chaque cellule du raster a une valeur en degré ou en pourcent, renseignant sur l'importance de la pente en cet endroit. Cette page web, relative à ArcGIS, explique bien comment une pente est calculée : <http://resources.arcgis.com/fr/help/main/10.1/index.html#//00q90000001r000000>.

Plusieurs possibilités existent dans QGIS pour calculer un raster de pentes à partir d'un MNT.

- Dans le menu principal de QGIS : « **Raster > Analyse > Pente** ». (Remarque : ce même menu « Raster > Analyse >... » permet le calcul de raster d'exposition, d'ombrage, de rugosité, etc)
- Dans la « **Boîte à outils de traitements** » via « GRASS », « GDAL » et « SAGA ». Découvrez-les en tapant « pente » ou « slope » dans la fenêtre de recherche de cette boîte à outil

Par exemple, pour réaliser un calcul de pentes via le menu principal de QGIS :

- Cliquez sur « **Raster > Analyse > Pente** »

La fenêtre « Pente » (Figure 92) s'ouvre. Paramétrez-la comme désiré :

- « **Couche source** » : le raster qui contient les données d'altitude à partir desquelles dériver les pentes
- « **Ratio entre les unités verticale et horizontale** » : un facteur de conversion entre les unités utilisées en XY (longitude, latitude) (degré, m, feet, etc) et les unités utilisées pour l'altitude (m, feet, etc). Ce facteur correspond au nombre d'unités XY au sol compris dans une unité de la 3^{ème} dimension Z. Le plus simple est par exemple de s'arranger pour avoir le raster d'élévation projeté dans un système de coordonnées utilisant des mètres comme unité linéaire en XY et que l'altitude soit également exprimée en mètres, ce qui permet d'utiliser un « Ratio » égale à 1. Sinon, si le MNT doit rester dans un système de coordonnées géographique (latitude longitude) ce blog relatif à ArcGIS vous donnera quelques indications : <http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2007/06/12/setting-the-z-factor-parameter-correctly/>. Les valeurs de conversion d'unités de mètres et pieds sont données ici : <http://desktop.arcgis.com/fr/desktop/latest/manage-data/raster-and-images/slope-function.htm>.
- « **Pente** » : naviguez vers le répertoire de sortie, nommez votre fichier et choisissez une extension, par défaut « .tif ».
- « **Ouvrir le fichier en sortie...** » : à décocher pour ne pas ajouter automatiquement le raster interpolé dans l'interface de QGIS après sa création. Si coché, le raster automatiquement ajouté dans le panneau « Couches » prendra le nom « Pente », ce qui peut ne pas convenir. Il est parfois préférable d'ajouter manuellement le raster

créé dans le panneau « Couches » (« Couche > Ajouter une couche > Ajouter une couche raster... ») pour que celui-ci s'affiche avec le nom que vous lui avez attribué.

- Cliquez « **Exécuter** »

Votre raster de pentes est créé et s'affiche dans QGIS si vous l'avez demandé. Sinon, ajoutez-le manuellement. Il est parfois utile de modifier la **symbologie** par défaut du raster (confer section 6.13.1 page 164).

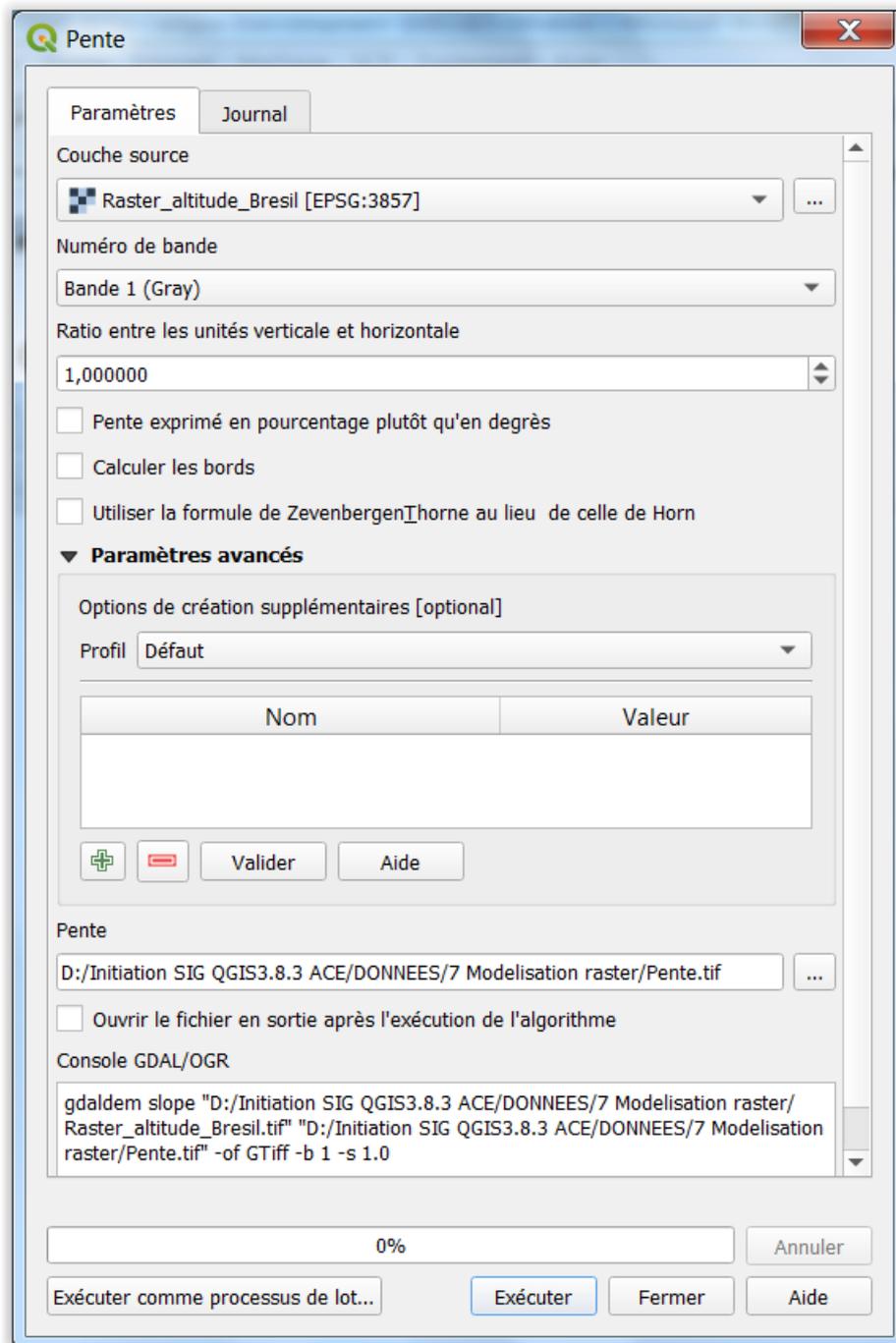


Figure 92 : Fenêtre de création d'un raster de pentes à partir d'un raster d'altitude

7.13.4. Reclassifier les valeurs d'un raster

QGIS permet de convertir les valeurs des cellules d'un raster selon des règles de **reclassification**. Cela peut-être utile, par exemple, pour transformer des « classes de valeurs de pentes » en « valeurs de susceptibilité au glissement de terrain » *comme c'est le cas dans le cas de la contextualisation « Brésil »*.

Plusieurs méthodes pour reclassifier un raster sont disponibles dans QGIS via la « **Boite à outils de traitements** » (à rechercher via le mot-clef « reclass », notamment :

- L'outil « **r.reclass** » dépendant de « GRASS ». *C'est l'outil utilisé dans le cas de la contextualisation « Brésil »*

Pour reclassifier un raster avec l'outil « r.reclass » de « GRASS » :

→ Une description détaillée de cet outil est disponible ici <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/r.reclass.html>

1. Créez un fichier contenant les règles de reclassification :

- Créez un nouveau fichier de type « texte » : en dehors de QGIS, dans le répertoire de votre choix, cliquez-droit et sélectionnez « Nouveau > Document texte » et nommez-le, par exemple « RECLASS1.txt »
- Ouvrez ce nouveau fichier (avec le « bloc notes » (En : « notepad »))
- Rédigez les règles de reclassification en respectant les consignes suivantes (Figure 93) :
 - Une ligne par règle de reclassification
 - Pas d'espace entre les lignes
 - Le format d'une ligne de reclassification doit respecter la structure : `input_categories=output_category [label]`
 - Utiliser le signe « = » entre, à gauche, la ou les valeur(s) du raster à reclassifier, et, à droite, la nouvelle valeur à attribuer
 - Les valeurs utilisées doivent être entières (pas de décimale) en entré et en sortie car « r.reclass » ne travaille qu'avec des valeurs de raster entières (les valeurs décimales de raster sont arrondies à l'entier le plus proche)
 - Utiliser un espace entre les valeurs pour définir une liste de valeurs dans la partie gauche de l'expression
 - Utiliser le mot-clef « thru » pour définir une gamme de valeurs dans la partie gauche de l'expression
 - Utiliser le symbole « * » pour faire référence à « toutes les autres valeurs non encore listées dans le fichier » dans la partie gauche de l'expression
 - Utiliser le mot-clef « NULL » pour attribuer la valeur « NULL »
 - Une « étiquette de catégorie » (En : category label) peut être indiquée en fin de ligne, par exemple : « Bonne qualité »
- Sauvez et fermez le fichier

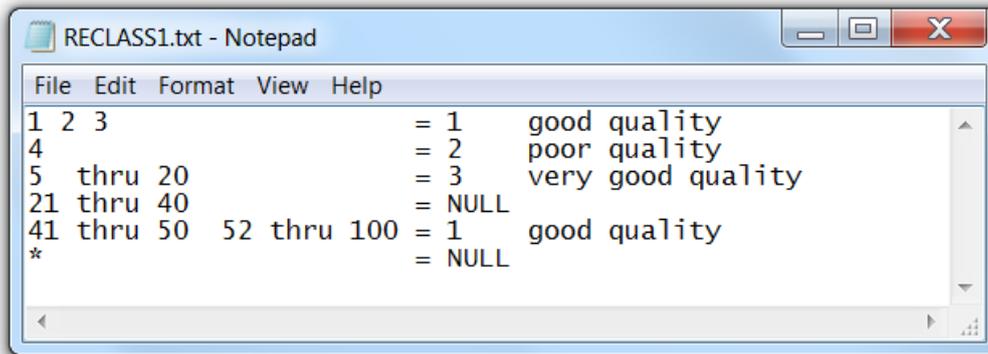


Figure 93 : Exemple de fichier texte de reclassification pour l'outil « r.reclass » des commandes GRASS

2. Utilisez l'outil « r.reclass » de « GRASS » (Figure 94) :

- Cherchez l'outil en tapant « reclass » dans la fenêtre de recherche de la « Boite à outils de traitements »
- Sélectionnez et ouvrez l'outil « r.reclass »
- **Paramétrez** cet outil via l'onglet « Paramètres », avec notamment :
 - « **Input raster layer** » : le fichier raster à reclassifier. « r.reclass » ne travaille qu'avec des valeurs de raster entières (les valeurs décimales de raster sont arrondies à l'entier le plus proche). Si nécessaire, multiplier le raster à reclassifier par 10, 100 ou plus via la « Calculatrice de raster » (confer ci-dessous la section « 7.13.5 « Calculatrice Raster » (En : « Raster Calculator ») » page 176)
 - « **File containing reclass rules [optionnel]** » : le fichier de type texte contenant les règles de reclassification.
 - « **Reclassified** » : naviguez vers le répertoire de sortie, nommez votre fichier et choisissez une extension, par défaut « .tif ».
 - « **Ouvrir le fichier en sortie...** » : à décocher pour ne pas ajouter automatiquement le raster interpolé dans l'interface de QGIS après sa création. Si coché, le raster automatiquement ajouté dans le panneau « Couches » prendra le nom « Reclassified », ce qui peut ne pas convenir. Il est parfois préférable d'ajouter manuellement le raster créé dans le panneau « Couches » (« Couche > Ajouter une couche > Ajouter une couche raster... ») pour que celui-ci s'affiche avec le nom que vous lui avez attribué.
 - Cliquez « **Exécuter** »

Votre raster reclassifié est créé et s'affiche dans QGIS si vous l'avez demandé. Sinon, ajoutez-le manuellement. Il est parfois utile de modifier la **symbologie** du raster qui sera affiché en symbologie noir et blanc par défaut (confer section 6.13.1 page 164). Faites apparaitre chacune des classes et en leur donnant une couleur adéquate.

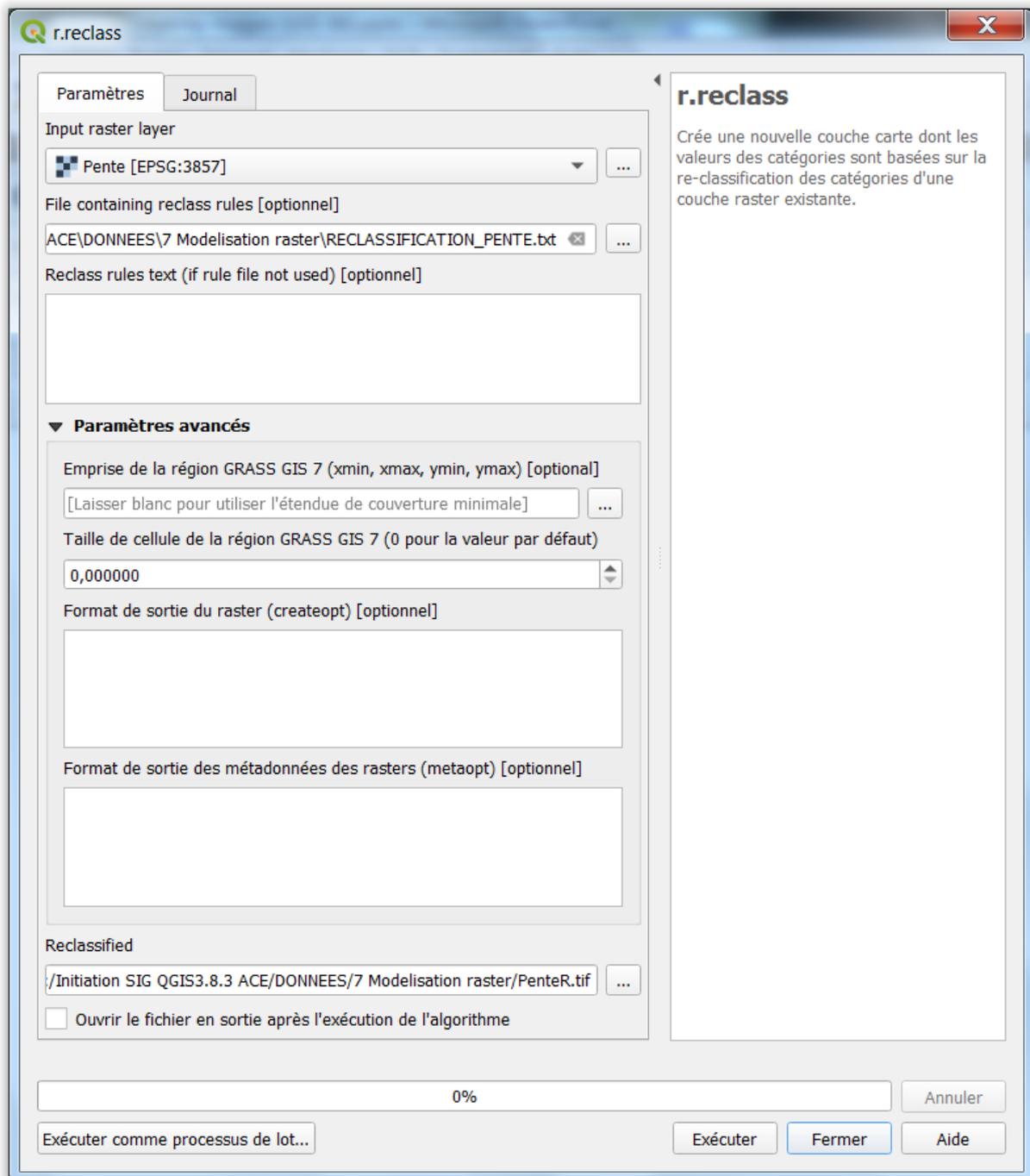


Figure 94 : Outil « r.reclass » du fournisseur de traitements « GRASS »

7.13.5. « Calculatrice Raster » (En : « Raster Calculator »)

QGIS permet de combiner les valeurs de plusieurs rasters via une formule mathématique à l'aide de l'outil « Calculatrice Raster » (Figure 95).

Pour **combiner les valeurs de plusieurs rasters** :

- Cliquez sur « **Raster > Raster calculator...** »
 - A l'aide de l'interface de la calculatrice qui apparaît, tapez la formule combinant les rasters concernés. Une indication en bas à gauche de la fenêtre indique si l'expression est valide ou invalide.
 - « **Couche en sortie** » : naviguez vers le répertoire de sortie et nommez votre fichier
 - « **Format en sortie** » : le format du raster en sortie. Une petite quarantaine de formats sont disponibles. Un des formats les plus courants est le format « GeoTIFF ».
 - « **Emprise de la couche sélectionnée** ». **ATTENTION !** Ce paramètre est important ! Il permet d'attribuer au raster en sortie l'emprise (étendue spatiale) et le SCR d'une couche raster disponible dans le panneau de gauche « Bandes raster ». Si ce paramètre est mal configuré, cela peut résulter en un bug. Sélectionnez **D'ABORD**, dans le panneau de gauche « Bandes raster », la couche raster qui contient les propriétés (emprise + SCR) que vous désirez appliquer au raster en sortie, **PUIS** cliquez sur le bouton « Emprise de la couche sélectionnée ». Si les rasters n'ont pas tous la même emprise, choisissez celui qui a la plus petite emprise. **L'emprise devrait être dans tous les cas commune aux différents rasters utilisés dans le calcul** (possibilité de réduire/définir l'emprise manuellement si nécessaire).
 - « **Ajouter le résultat au projet** » : à cocher pour ajouter automatiquement le raster de pentes dans l'interface de QGIS après sa création (avec le nom que vous lui avez donné).
 - Cliquez « OK »

Le raster résultant du calcul s'affiche dans QGIS après un temps de calcul plus ou moins long.

La symbologie du fichier peut être modifiée pour une meilleure visualisation.

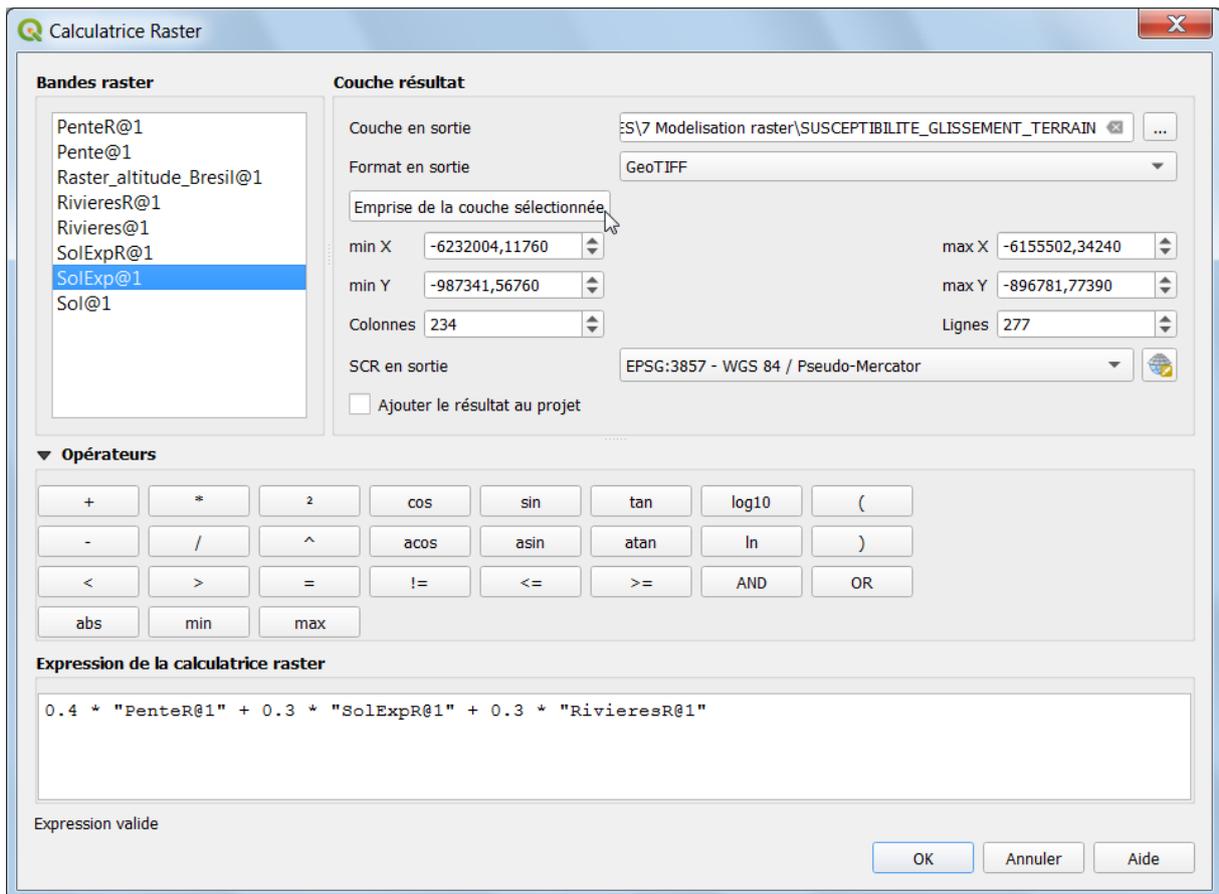
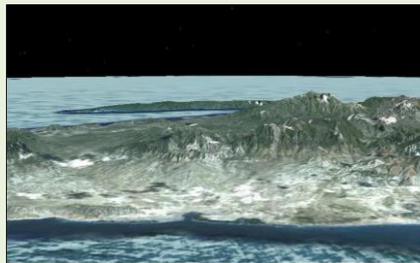


Figure 95 : « Calculatrice Raster » : exemple de calcul multi-raster

Contextualisation 8
Contrat de rivière en Haïti et
Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)



L'ONG haïtienne « L'eau pour tous » commence un projet de développement en Haïti sur le modèle des « contrats de rivières ». Le projet se focalise sur le bassin versant pilote de « Bombardopolis/Gonaïves » et l'une des premières étapes de ce projet est de réaliser une base de données géographique de référence sur ce bassin. **Vous devez identifier les limites géographiques de ce bassin versant.**



Un « **bassin versant** » est le territoire pour lequel chaque goutte de pluie s'écoulera en définitive vers un point unique de sortie appelé « **exutoire** » (Figure 96).

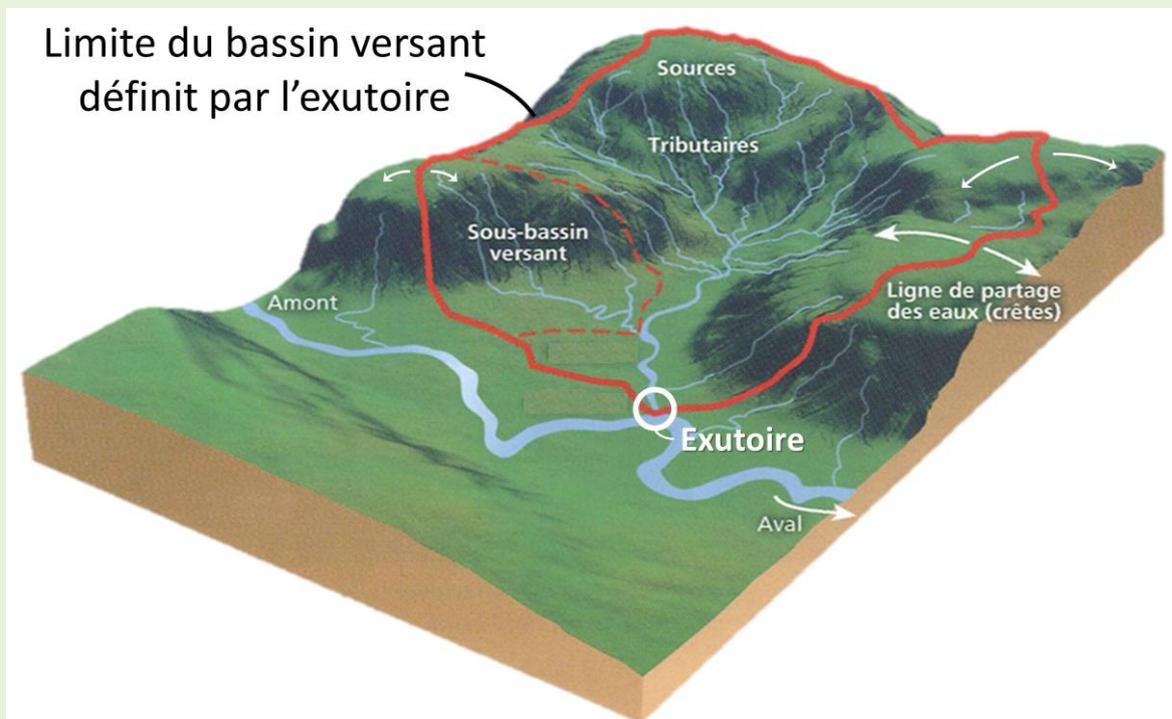


Figure 96 : Concept de « bassin versant ». Source de l'illustration: <http://www.syndicatdelaseiche.fr/oucoule-l-eau-sur-le-bassin/>, avec légères modifications.

Pour ce faire vous disposez, dans le dossier «... \DONNEES\8 Analyse hydrologique\ », des **données** suivantes :

- « **Raster_altitude_Haiti_SCR_WGS84_UTM18N.tif** », un modèle numérique de terrain de la zone avec une résolution spatiale horizontale de 30 m * 30 m, dans le système de coordonnées « WGS 84 UTM zone 18 N, EPSG : 32618 »
- « **EXUTOIRE DU BASSIN VERSANT SCR WGS84 UTM18N.shp** », un shapefile de type « point » représentant l'exutoire du bassin versant que vous voulez identifier.

Le système de coordonnées utilisé dans ce projet est un système de coordonnées projetées adapté à Haïti, le système « WGS 84 UTM Zone 18N, EPSG : 32618 ».

Les **indications** ci-dessous (section 7.14) vous aideront à réaliser cette étude. Vous travaillerez avec le projet QGIS «... \DONNEES\8 Analyse hydrologique\Analyse hydrologique a Haiti.qgz ». ATTENTION, les premières étapes (1 à 3) du « schéma des opérations » présenté à la **Figure 98 page 182** ont déjà été réalisées pour vous dans le projet QGIS « Analyse hydrologique a Haiti.qgz ». Vous pourrez donc **commencer à l'étape 4** de ce schéma.

Un aperçu des données de base, des données intermédiaires et du résultat final est présenté à la **Figure 97 page 180** ci-après.

Contextualisation alternative : une pollution est identifiée à un endroit du réseau hydrographique, dans ce cas-ci au point « exutoire » décrit plus haut. En vue de localiser la source de la pollution, vous devez dans un premier temps identifier l'ensemble des zones potentiellement contributrices de cette pollution, c'est-à-dire délimiter le bassin versant contributeur de cet exutoire.

DONNEES & PROJET QGIS !	<p>Les données : les données à utiliser sont dans le dossier « ... \Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE \DONNEES\8 Analyse hydrologique\ ».</p> <p>Projet QGIS : « Analyse hydrologique a Haiti.qgz » situé dans ce même dossier. !!! ATTENTION !!! A ouvrir avec le programme « QGIS Desktop with GRASS » car plusieurs fonctions « GRASS » seront nécessaires !!!</p>
------------------------------------	--

Objectifs pédagogiques	<p>Vous familiariser avec les concepts et outils spatiaux de l'« analyse hydrologique » à travers une étude de cas simple, la délimitation d'un bassin versant. En particulier, seront présentés une méthode d'acquisition d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT), certains prétraitements applicables à un MNT, l'utilisation d'outils spécifiques à l'analyse hydrologique et la réalisation d'une représentation 3D.</p>
-------------------------------	---

Temps approximatif	<p>Découverte en autonomie : ~1h30 Manipulations techniques uniquement, par un expert : ~0h30</p>
---------------------------	--

Contextualisation 8 : Contrat de rivière en Haïti et Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

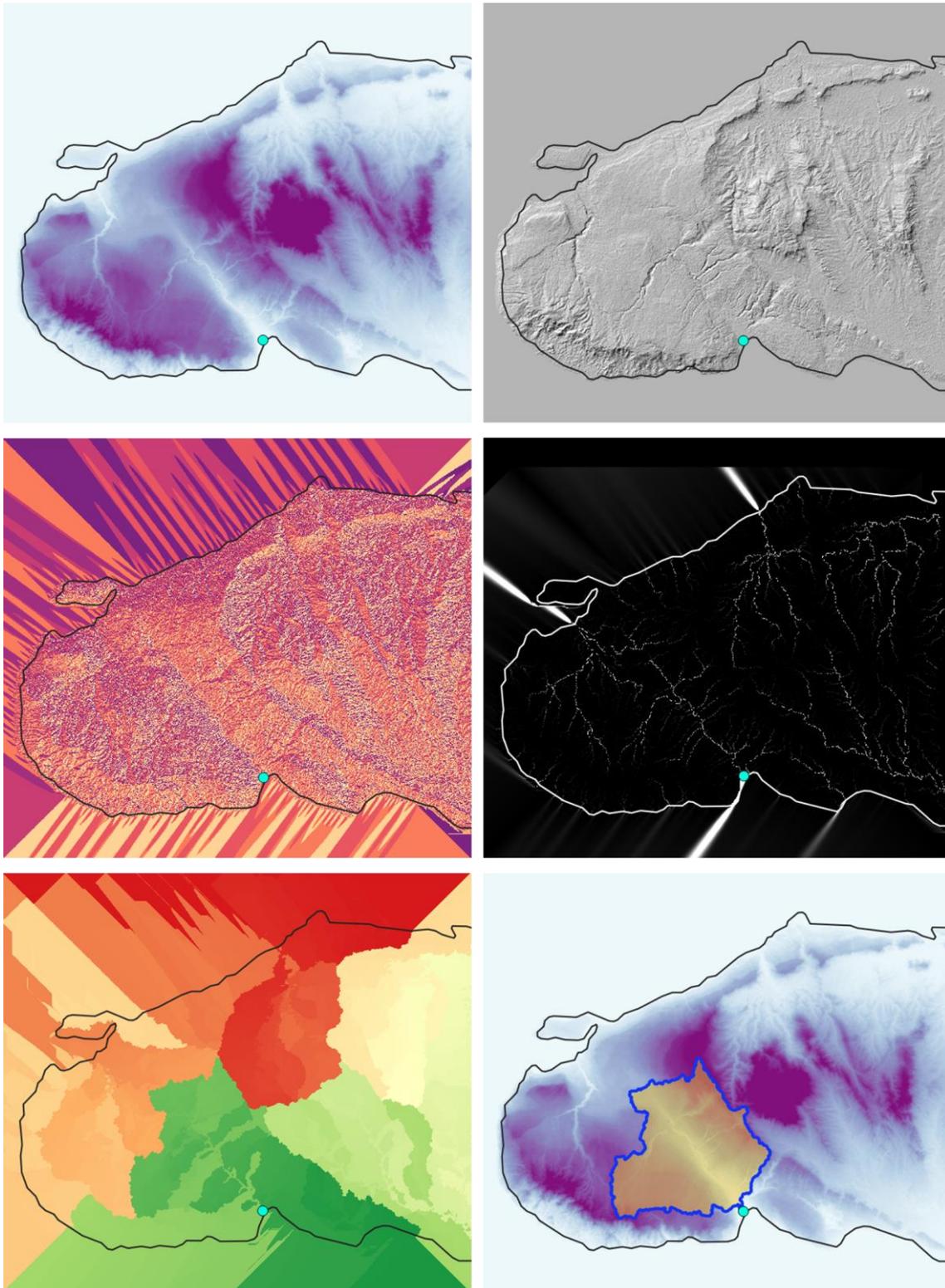


Figure 97 : Aperçu de la zone d'étude de la contextualisation « Haïti » (de gauche à droite et de haut en bas) : données de base : altitude (MNT) et exutoire du bassin versant (point bleu) ; raster « ombrage » réalisé à partir du MNT ; raster « Direction des écoulements » ; raster « Accumulation » ; raster « Unique label for each watershed basin » ; raster « Basin » identifiant le bassin versant d'intérêt (jaune transparent) et vecteur de type polygone délimitant ce bassin versant (contour bleu), avec en fond le MNT.

7.14. Analyse hydrologique

De **très nombreux outils** spécifiques à l'analyse hydrologique sont disponibles dans QGIS, en particulier via :

- « **GRASS** > Raster > ... »
- « **SAGA** > Terrain analysis - Channels & Hydrology »
- « **TauDEM** (analyse hydrologique) » (n'est pas directement disponible dans QGIS 3.10.0)

7.14.1. Délimiter un bassin versant et actions connexes

La délimitation d'un bassin versant peut se faire à partir d'un **Modèle Numérique de Terrain (MNT)** et de la dérivation de différentes caractéristiques liées au relief.

Une méthode, mais il en existe d'autres, est décrite ici. Les étapes de cette méthode sont illustrées dans la **Figure 98** ci-dessous.

1. Acquisition d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT)

Avant de commencer l'analyse proprement dite, vous devrez vous procurer une information sur l'altitude dans la zone étudiée sous la forme d'un MNT (un raster dont les valeurs de cellules correspondent à l'altitude).

- Une des sources d'information de référence pour l'acquisition (gratuite) d'information sur l'altitude est le site web : <https://earthexplorer.usgs.gov/> (onglet « Dataset > Digital Elevation > SRTM > SRTM 1 Arc-Second Global ») qui met à disposition un MNT mondial téléchargeable sur des zones (des « tiles ») de 1*1 degré de côté et de 30 m de résolution spatiale (il faut s'enregistrer sur ce site, se connecter, rechercher et sélectionner les « tiles » d'intérêt puis les télécharger).
- Attention : de la **qualité du MNT** (résolution spatiale, présence de mauvais pixels, etc) dépendra la qualité de l'analyse hydrologique en général et la précision de la délimitation d'un bassin versant en particulier.
- Plusieurs fichiers MNT (plusieurs « tiles » ou plusieurs « images ») peuvent être nécessaires pour couvrir la zone d'intérêt. Dans ce cas, il faudra faire un **mosaïquage (« fusion »)** des différents fichiers pour en obtenir un seul, conférer ci-dessous.

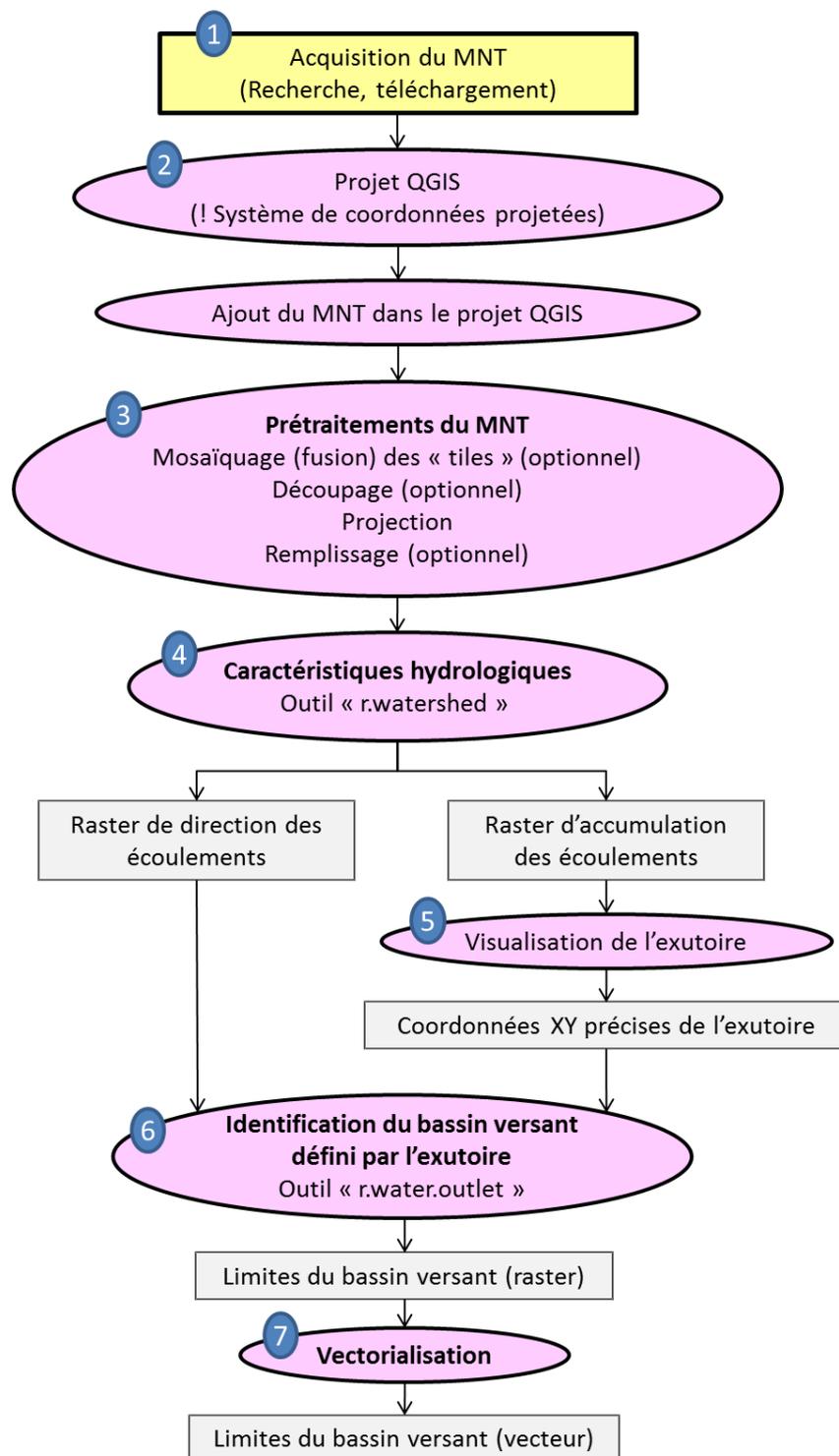


Figure 98 : Schéma des opérations pour la délimitation d'un bassin versant à partir d'un MNT

2. Préparation du projet QGIS

Vous devrez en particulier veiller à utiliser le bon système de coordonnées pour votre projet QGIS (*dans la cadre de cet exercice sur Haïti, le système : « WGS 84 UTM Zone 18N, EPSG : 32618 »*)

- Créez et sauvegardez un nouveau projet QGIS ou ouvrez un projet QGIS existant
- **Gestion des systèmes de coordonnées** utilisés, en particulier pour une compatibilité avec l'outil « Boite à outils de traitements > r.water.outlet » qui sera utilisé dans la suite de la procédure (confer ci-dessous) :
 - **Attention !** Pour travailler avec l'outil « r.water.outlet » il est préférable que le projet QGIS et tous les fichiers utilisés par cet outil soient exprimés dans un même système de coordonnées projetées utilisant une unité linéaire précise (par exemple des mètres, des feet,...).
 - **Explication :** l'outil « r.water.outlet » requiert la définition des coordonnées de l'exutoire du bassin versant à calculer dans ses 2 menus « Easting » et « Northing coordinate of outlet point ». Ces coordonnées doivent être des nombres entiers, et seront arrondies à l'entier le plus proche si elles sont exprimées avec un nombre décimal. Ceci peut donc mener à une erreur de positionnement très importante de l'exutoire si ces coordonnées sont exprimées en degrés (1 degré peut correspondre à plus de 100 km). L'erreur sera beaucoup plus petite, et très certainement négligeable, si les coordonnées sont exprimées en mètres. Il est donc important d'utiliser un système de coordonnées projetées utilisant, par exemple, le mètre comme unité linéaire.
 - Il faudra donc que :
 - Le **projet QGIS** soit exprimé dans ce système de coordonnées projetées afin que la position de l'exutoire soit facilement lisible dans l'interface QGIS dans ce système. (Ceci n'est pas obligatoire si vous connaissez déjà les coordonnées de l'exutoire dans le système de coordonnées projetées)
 - **Changez donc (si nécessaire) le système de coordonnées de votre projet QGIS** via le menu « Projet > Propriétés... > SCR > Sélectionnez le SCR projeté désiré »
 - Le **fichier exprimant les directions d'écoulements** utilisé comme entrée dans l'outil « r.water.outlet » (confer ci-dessous) soit exprimé dans un système de coordonnées projetées. Ceci est obligatoire. Il est donc préférable que le fichier MNT, à partir duquel le fichier d'écoulement est calculé, soit projeté dans ce système de coordonnées projetées dès le départ (confer ci-dessous).

3. Prétraitements des données raster d'altitude

Avant de commencer l'analyse hydrologique à proprement parlé, en fonction du type de données d'altitude en format raster dont vous disposez, quelques opérations (ou « prétraitements ») peuvent être nécessaires.

- **Ajoutez** le (les) fichier(s) MNT dans le projet QGIS
- Réalisez un « **mosaïquage** » (une fusion) (optionnel) des MNT, le cas échéant, si la zone à étudier est couverte par plusieurs fichiers MNT (plusieurs « tiles »). L'outil à utiliser est :
 - « Raster > Divers > Fusionner... »
- Un **découpage spatial** (En : clip) (optionnel) du MNT afin de réduire son étendue spatiale peut se révéler utile pour diminuer la taille du fichier et donc accélérer l'exécution des outils suivants. L'outil à utiliser est :
 - « Raster > Extraction > Découper un raster selon une emprise... »
- **Projetez** le MNT dans le système de coordonnées projetées adéquat, par exemple, un système utilisant le mètre comme unité linéaire (confer ci-dessus). L'outil à utiliser est :
 - « Boîte à outils de traitements > GDAL > Projections raster > Projection (warp) »
- Un « **remplissage** » (En : « fill ») (optionnel) des « pixels sans donnée » (no-data pixels) dans le MNT peut se faire par une technique d'interpolation de type « spline » à partir des pixels avoisinants. L'outil à utiliser est :
 - « **Boîte à outils de traitements > r.fillnulls (via la fenêtre de recherche)**». Le paramétrage par défaut peut-être conservé. Veillez toutefois à sélectionner le bon « Input raster layer to fill » (le fichier à « remplir ») et à identifier le répertoire de sortie désiré via le menu « Filled ».

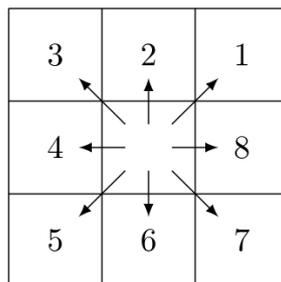
4. Calcul des caractéristiques hydrologiques à partir du MNT

L'outil « **r.water.outlet** » qui permettra de délimiter un bassin versant particulier à partir de son exutoire nécessite 2 choses :

- Un raster de « **directions des écoulements** » (ou « direction des flux ») (En : « drainage/flow direction ») comme donnée d'entrée
- Que **l'exutoire soit positionné dans une zone d'accumulation d'eau** (une dépression du relief). Ces zones sont identifiées par un raster d'« **accumulation des écoulements** » (En : accumulation flow).

Ces 2 rasters (« direction » et « accumulation ») sont calculables par l'outil « **Boîte à outils de traitements > r.watershed** ».

- Utilisez l'outil « **GRASS > r.watershed** » pour calculer ces 2 rasters (« Direction » et « Accumulation »).
 - Une **description précise de cet outil** (en anglais) est disponible ici <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/r.watershed.html>.
 - Cet outil produit toute une série de rasters. Pour conserver les rasters produits, il faut définir pour chacun des rasters à conserver un répertoire et les nommer. Sinon ils seront temporaires, affichés dans QGIS mais seront effacés après un certain temps.
 - *Le paramétrage nécessaire dans le cadre de cet exercice est :*
 - « **Elevation** » : sélectionnez le fichier MNT à utiliser
 - « **Minimum size of exterior basin** » : cette valeur doit être supérieure à 0. *Une valeur de 10 fonctionnera dans le cadre de cet exercice.* Pour en savoir plus sur ce paramètre, référez-vous à l'aide de l'outil « r.watershed » via le lien renseigné ci-dessus.
 - « **Number of cells that drain through each cell** » : ceci correspond au raster d'accumulation des écoulements. Indiquez le répertoire et le nom de ce raster (« **Accumulation** »).
 - « **Drainage direction** » : indiquez le répertoire et le nom du raster de direction des écoulements résultant (« **Direction** »)
 - Les autres paramètres peuvent garder leur valeur par défaut.
 - **Visualisez** les fichiers résultants, en particulier :
 - Le raster de « **directions des écoulements** » : la couleur des cellules correspond à une direction d'écoulement comme indiqué dans la figure ci-dessous (source de l'illustration : <https://grass.osgeo.org/grass76/manuals/r.watershed.html>).



- Le raster des zones d'« **accumulation des écoulements** ». L'affichage par défaut de ce raster ne permet en général de ne visualiser clairement que les zones d'accumulations les plus importantes. Afin d'**améliorer la visualisation** de ce raster, vous pouvez modifier sa symbologie de différentes manières :
 - Par exemple, via « Clic-droit sur la couche > Propriétés... > Symbologie > Rendu des bandes raster > Paramètres de valeurs Min/Max >

Moyenne +/- déviation standard > et indiquez une valeur très faible comme 0.2 par exemple, et cliquez sur le bouton « Appliquer ». Ceci devrait vous donner un meilleur aperçu des zones d'accumulations et donc du réseau hydrographique potentiel.

- Notez également que l'option de visualisation dans le panneau de symbologie raster « Rendu des bandes raster > Paramètres de valeurs Min/Max > Statistique de l'emprise > **Emprise actualisée** » fait en sorte que la symbologie est automatiquement/interactivement recalculée, lors d'un (dé-)zoom sur une zone, sur base de la partie du raster qui est visible dans la fenêtre de visualisation QGIS. Ceci est particulièrement utile pour explorer certaines parties d'un raster à un zoom élevé avec une symbologie adaptée.

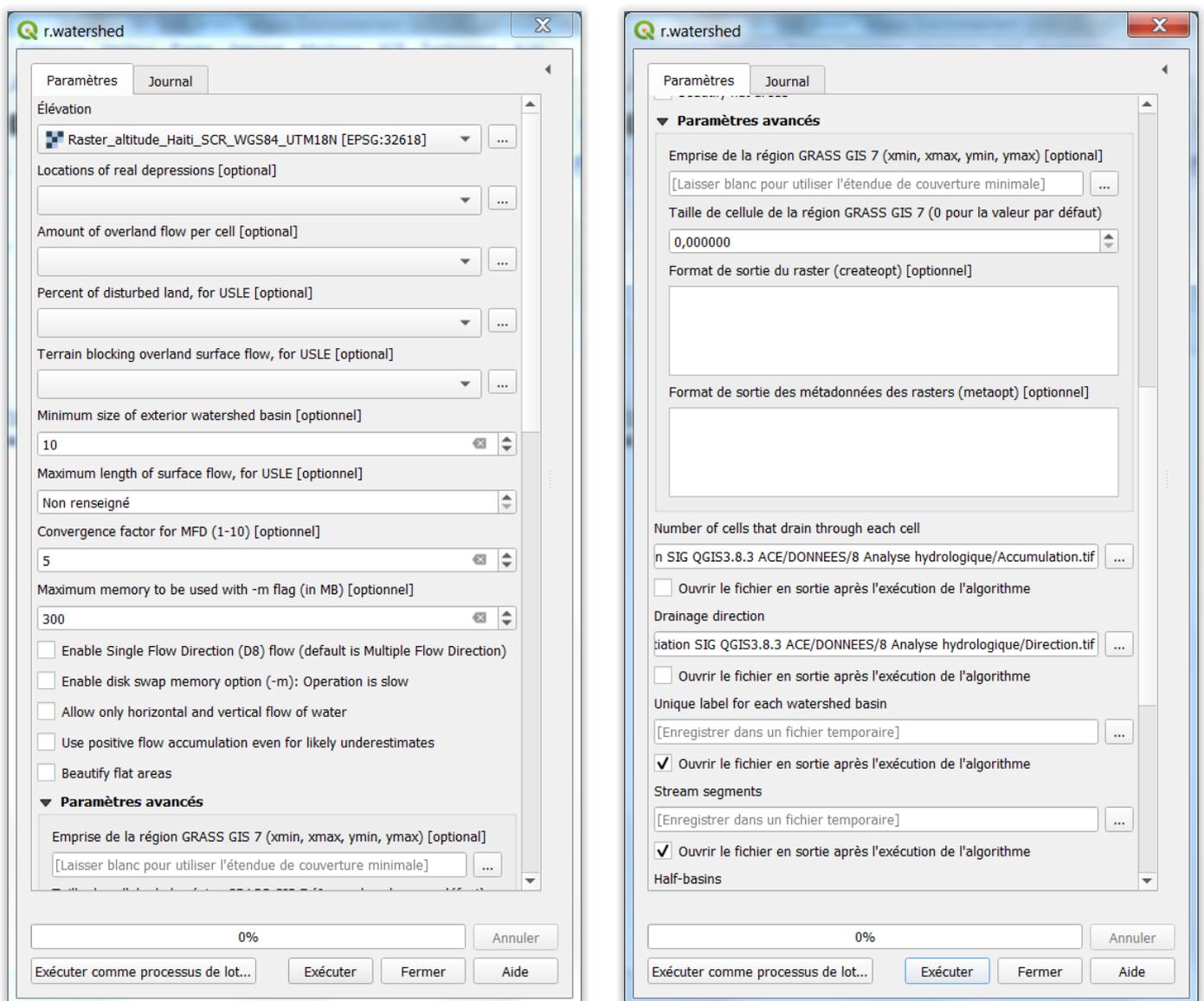


Figure 99 : Paramétrisation de l'outil « r.watershed » dans le cas de la contextualisation « Haïti » (vue partielle de l'outil)

5. Identification de la position de l'exutoire cible

L'outil « **r.water.outlet** » qui permettra de délimiter un bassin versant particulier à partir de son exutoire nécessite les **coordonnées précises de cet exutoire** qui doit être **positionné sur le réseau hydrographique potentiel** c'est-à-dire dans les zones d'accumulations identifiées ci-dessus. Pour ce faire :

- Affichez dans QGIS le raster des **zones d'accumulation** (« Number of cells that drain through each cell ») avec une symbologie adéquate (confer section précédente)
- Localisez de manière précise l'**exutoire** désiré. Il est nécessaire de zoomer sur l'endroit désiré comme exutoire jusqu'à obtenir une précision de localisation inférieure à la taille d'un pixel du MNT.
- Prenez note des coordonnées de l'exutoire telles qu'elles s'affichent dans l'interface de QGIS. **ATTENTION !!**, il faut que ces coordonnées s'affichent dans le système de coordonnées projetées utilisé et avec les unités désirées, *dans ce cas-ci, des mètres dans le système « WGS 84 UTM Zone 18N, EPSG : 32618 »*. Pour ce faire paramétrez le menu suivant comme suit : « **Projet > Propriétés... > Général > Affichage des coordonnées > Afficher les coordonnées avec > Unités de carte (mètres)** » (confer ci-dessus). *(Dans le cas de cet exercice sur Haïti : X = 687084 et Y = 2 174 917, en mètres).*

6. Identification d'un bassin versant particulier défini par l'exutoire cible

Il est maintenant possible de délimiter un bassin versant particulier défini par un exutoire donné sur base :

- du raster de directions d'écoulements (obtenu avec « r.watershed » ci-dessus)
- de la localisation de l'exutoire qui définit le bassin versant (identifiée ci-dessus)

Pour ce faire :

- Utilisez l'outil « **r.water.outlet** » avec le paramétrage suivant :
 - « **Nom de la couche raster source** » : le raster de directions d'écoulements dans le système de coordonnées projetées désiré (confer ci-dessus)
 - « **Coordinates of outlet point** » :
 - Ecrivez les coordonnées de l'exutoire telles qu'identifiées plus haut, dans le bon système de coordonnées projeté désiré et en respectant la syntaxe imposée par le menu *(Dans le cas de cet exercice sur Haïti : X = 687084 et Y = 2174917, en mètres).*
 - « **Basin** » : le répertoire et le nom du raster résultant qui identifiera le bassin versant d'intérêt.

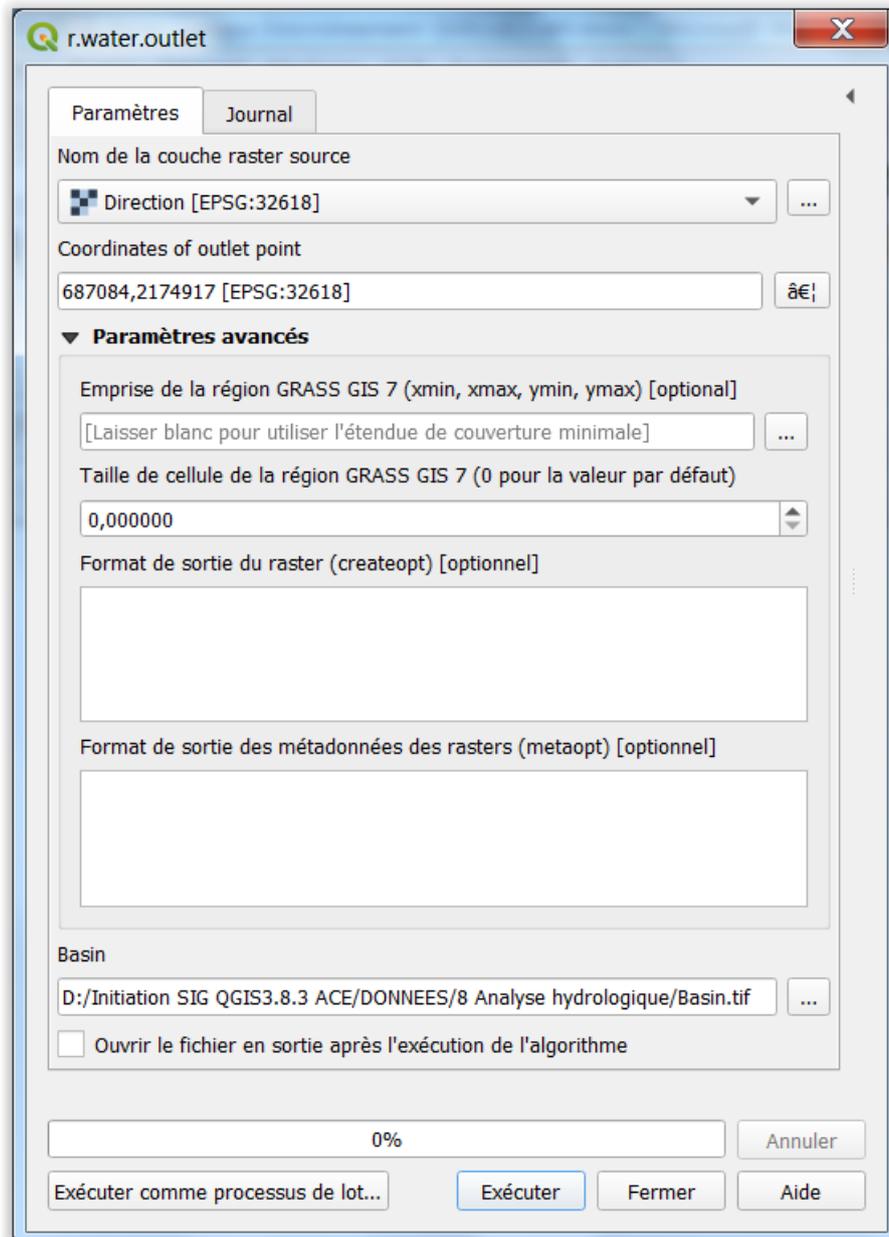


Figure 100 : Paramétrisation de l'outil « r.water.outlet » dans le cas de la contextualisation « Haïti »

7. Vectorialisation des limites du bassin versant

Il peut être intéressant, selon ce que vous désirez faire avec les limites du bassin versant d'intérêt, de transformer le raster identifiant ces limites en fichier vectoriel (shapefile) de polygones. Pour ce faire :

- Utilisez l'outil « **Raster > Conversion > Polygoniser (Raster vers Vecteur)...** » du menu principal de QGIS

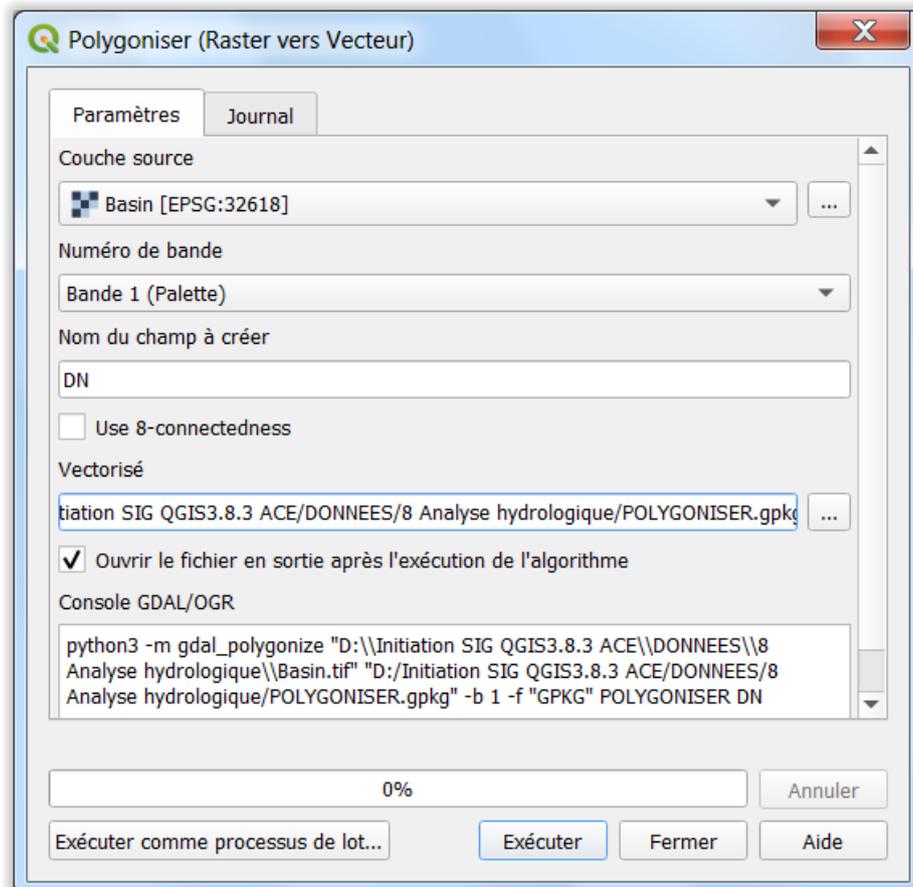


Figure 101 : Paramétrisation de l'outil « Polygoniser (Raster vers Vecteur) » dans le cas de la contextualisation « Haïti »

Ressources complémentaire sur l'analyse hydrologique :

Voici quelques liens vers des exemples d'utilisation d'outils hydrologiques dans QGIS :

- Analyse de bassins versants avec GRASS :
 - http://www.ing.unitn.it/~grass/docs/tutorial_62_en/hdocs/esercitazione/dtm/dtm4.html
 - <https://www.youtube.com/watch?v=64adCOs-Sl0>
- Analyse hydrologique dans le « training manual » de QGIS :
 - https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/training_manual/processing/hydro.html?highlight=hydrological%20analysis

7.14.2. Représentation 3D du relief naturel

Il est parfois intéressant de visualiser/représenter une zone en 3D sur base du relief naturel. Cela peut se faire facilement dans QGIS via l'utilisation d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT).

Pour acquérir des données d'altitude (MNT), voyez le début de la section 7.14.1 page 181 ci-dessus.

QGIS propose **2 outils pour la visualisation 3D**, comme présentés dans les 2 sections suivantes :

- Menu : **Vue > Nouvelle Vue Cartographique 3D**
- L'extension (à installer) **QGIS2threejs**

7.14.2.1. Utilisation de l'outil « Nouvelle Vue Cartographique 3D »

Exemples de représentations 3D avec cet outil dans les Figure 102 et Figure 103.

- **Zoomer** au préalable sur la zone à représenter en 3D
- Les **couches** utilisées pour la représentation 3D sont celles qui sont cochées dans le panneau « Couches »
- Menu : **Vue > Nouvelle Vue Cartographique 3D**
 - Choisir l'outil « **Configurer...** »  (Figure 102)
 - Terrain >
 - Type : choisir « DEM (Raster layer) » (MNT)
 - Elevation : choisir un MNT de la zone
 - Echelle verticale : facteur multiplicateur de l'altitude pour faire ressortir le relief si nécessaire (particulièrement utile lorsque le relief de la zone n'est pas très prononcé)
 - **Interface de la vue 3D** : utiliser la flèche bleue courbée vers le bas pour incliner la vue dans le plan horizontal et visualiser la 3ème dimension (Figure 102)

7.14.2.2. Utilisation de l'extension « QGIS2threejs »

L'extension **QGIS2threejs** doit être installée (comme toutes les extensions), via le menu **Extension > Installer/Gérer les Extensions**.

Après installation, **QGIS2threejs** est disponible dans le menu « **Internet > QGIS2threejs > QGIS2threejs Exporter** ».

QGIS2threejs, en plus de permettre une **représentation 3D**, permet également d'exporter cette représentation sous la forme de **webmap** (carte au format web, interactive (zoomable et orientable en 3D)).

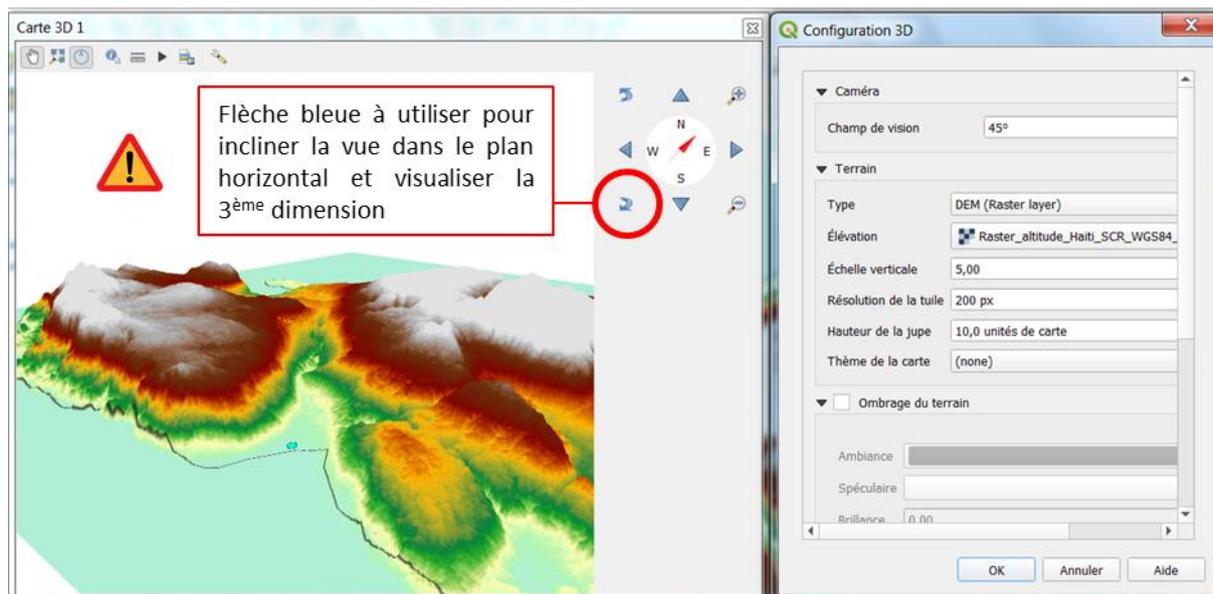


Figure 102 : Interface de construction d'une vue 3D avec la « Vue Cartographique 3D » de QGIS. Point bleu : exutoire du bassin versant. Ligne noire : délimitation d'Haïti. La symbologie appliquée sur le raster MNT est celle disponible via : clic droit sur la couche MNT dans le panneau Couches > Propriétés...> Symbologie > Rendu des bandes raster > Palette de couleurs > [dropdown] > Créer une nouvelle palette de couleurs > Catalogue : cpt-city > OK > Topography > wiki-schwarzwald-cont (151 Couleurs - continues).



Figure 103 : Représentation 3D de la zone d'étude produites avec la Vue Cartographique 3D de QGIS en utilisant la couche « Google Satellite » (disponible via l'extension « QuickMapServices > Google > Google Satellite » (confer section 7.3.3.1 page 53)) comme couche de drapage. Point bleu : exutoire du bassin versant. Ligne blanche : délimitation du bassin versant identifié dans la section 7.14.1 page 181.

7.15. Enregistrement d'un projet QGIS : « chemin relatif » ou « chemin absolu » ?

L'enregistrement d'un projet QGIS peut se faire de 2 manières différentes, selon la façon d'enregistrer le « **chemin** » ou « **répertoire** » indiquant au projet QGIS où sont stockées vos données sources (shapefile, raster, etc). Deux types de chemins existent :

1. « Chemin relatif » (ou « relative path »)
2. « Chemin absolu » (ou « full path » ou « absolute path »)

DONNEES & PROJET QGIS !	Les données : les données à utiliser sont dans le dossier « ...\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\9 Chemins relatif et absolu\». Projet QGIS : « Chemins relatif et absolu.qgz » situé dans ce même dossier.
------------------------------------	--

Objectifs pédagogiques	Comprendre ce que sont les modes d'enregistrement « chemin relatif » et « chemin absolu » d'un projet QGIS et pouvoir les utiliser à bon escient.
-------------------------------	---

Temps approximatif	Découverte en autonomie : ~0h30 Manipulations techniques uniquement, par un expert : ~0h15
---------------------------	---

7.15.1. Exemple

Considérons le cas de la Figure 104 ci-dessous, où le projet QGIS intitulé « Chemins relatif et absolu.qgz » se trouve dans le dossier « PLACE ORIGINALE» et contient l'unique donnée « ZAM-level_1.shp », un shapefile des divisions administratives de niveau 1 de la Zambie.

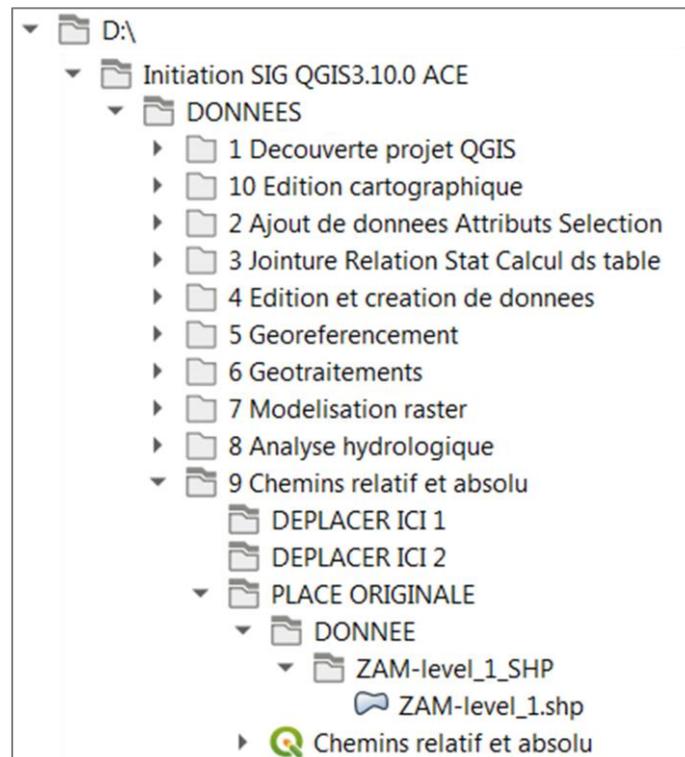


Figure 104 : Répertoire à utiliser pour l'exercice sur le mode d'enregistrement en chemin relatif et absolu des projets QGIS

Si le projet est enregistré en « **chemin absolu** », le projet QGIS enregistrera le chemin vers le shapefile « ZAM-level_1.shp » comme :

- D:\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\9 Chemins relatif et absolu\PLACE ORIGINALE\DONNEE\ZAM-level_1_SHP\ZAM-level_1.shp

Par contre, si le projet est enregistré en « **chemin relatif** », le projet QGIS enregistrera le chemin vers le shapefile « ZAM-level_1.shp » comme :

- « ..\DONNEE\ZAM-level_1_SHP\ZAM-level_1.shp ».

Les 2 points « .. » indiquent que, à partir du projet QGIS, qui se situe dans le dossier « PLACE ORIGINALE », pour trouver le(s) fichier(s) associés au projet, il faut d'abord remonter de 1 niveau, vers le dossier « PLACE ORIGINALE ». Ensuite, il faut redescendre vers le fichier de données « ZAM-level_1.shp » en suivant le chemin « \DONNEE\ZAM-level_1.shp ».

7.15.2. Définitions

1. Enregistrement en « chemin absolu »

Lors d'un enregistrement de type « chemin absolu », le projet QGIS enregistre le chemin (le répertoire) complet où sont stockées les données utilisées dans le projet « Projet_QGIS.qgz », depuis la lettre identifiant le disque dur (la « racine » du disque dur), jusqu'au dossier contenant ces données.

2. Enregistrement en « chemin relatif »

Lors d'un enregistrement de type « chemin relatif », le projet QGIS enregistre le chemin (le répertoire) reliant le projet QGIS aux données utilisées dans ce projet, et ce sans passer par la « racine » du disque dur, mais en remontant jusqu'au premier dossier commun contenant le projet QGIS et toutes ses données, puis en redescendant vers les données.

Ce type d'enregistrement est à privilégier si le projet QGIS est susceptible d'être déplacé après sa création (envoi à un collègue, changement d'ordinateur, etc). Dans ce cas, il faudra veiller à ce que le projet QGIS ET les données qu'il contient soient tous enregistrés dans un même dossier commun facilement déplaçable.

7.15.3. Choix du type d'enregistrement (« absolu » ou « relatif ») de votre projet QGIS

Dans la barre de menu principale de QGIS,

- Cliquez sur « Projet > Propriétés... > Général > Paramètres généraux > Save paths > »
- Choisissez « absolu » ou « relatif »
- Cliquez sur « OK »

Par défaut le type « relatif » est utilisé dans QGIS.

7.15.4. Exercice

- Ouvrez le projet « Chemins relatif et absolu.qgz »

Quels est le type d'enregistrement actuel ? (Réponse = « relatif »)

- Remarquez que le fichier « ZAM-level_1.shp » s'affiche correctement dans QGIS
- Fermez le projet
- Dans votre explorateur Windows, coupez le dossier « PLACE ORIGINALE » contenant le projet « Chemins relatif et absolu.qgz » et le shapefile (clic-droit sur le dossier > Couper »)
- Collez ce dossier dans le dossier « DEPLACER ICI 1 » (clic-droit dans le dossier « DEPLACER ICI 1 » > Coller)
- Ouvrez le projet QGIS « Chemins relatif et absolu.qgz » que vous venez de placer dans « \DEPLACER ICI 1\PLACE ORIGINALE\ »

Le projet s'ouvre-t-il correctement ? Pourquoi ? (Réponse : oui, car il est enregistré en « chemin relatif ». La donnée « ZAM-level_1.shp » n'a pas bougé par rapport (ou « relativement ») au projet QGIS. Autrement dit, le chemin relatif est resté le même, malgré le déplacement du dossier contenant le projet et ses données.)

- Modifiez le type d'enregistrement de ce projet en « chemin absolu »
- Enregistrez cette modification en enregistrant le projet QGIS, en cliquant sur la disquette dans l'interface principale de QGIS
- Fermez le projet QGIS
- Dans votre explorateur Windows, coupez le dossier « DEPLACER ICI 1 » contenant le projet « Chemins relatif et absolu.qgz » et le shapefile (« clic-droit sur le dossier > Couper »)
- Collez ce dossier dans le dossier « DEPLACER ICI 2 » (« clic-droit dans le dossier « DEPLACER ICI 2 » > Coller »)
- Ouvrez le projet QGIS « Chemins relatif et absolu.qgz » que vous venez de placer dans « \DEPLACER ICI 2\PLACE ORIGINALE\... »

Le projet QGIS s'ouvre mais ne trouve pas le chemin jusqu'à la donnée « ZAM-level_1.shp » car le chemin, de type absolu, pointe vers un dossier n'existant plus.

Une fenêtre « **Traiter les couches indisponibles** » s'affiche dans le projet QGIS avec la liste des couches pour lesquelles il y a un problème d'affichage.

Pour réparer le chemin,

- Dans la fenêtre « **Traiter les couches indisponibles** » qui s'affiche à l'ouverture d'un projet QGIS présentant au moins un problème pour une couche,
 - Sélectionnez une couche présentant un problème
 - Réparez le chemin en cliquant sur « Parcourir » et naviguez vers le répertoire dans lequel se trouve le fichier correspondant
 - Cliquez sur le fichier correspondant
 - Cliquez sur « Appliquer les modifications »

Le fichier « ZAM-level_1.shp » s'affiche à nouveau dans QGIS.



Contextualisation 9

Orpillage artisanal en République Démocratique du Congo et pollution des rivières

La population de la région du village Lumumba, dans la province Tanganyika, en RDC, doit faire face à un problème croissant de pollution des cours d'eau environnants, pollution liée aux activités d'orpillage artisanal en plein développement. L'eau est devenue impropre à la consommation humaine et animale et ne peut plus être utilisée en agriculture non plus. Face à cette situation, un sentiment de colère et d'impuissance grandit au sein de la population, d'autant plus que les autorités locales semblent totalement sourdes à leurs revendications.



Un groupe d'activistes, dont vous faites partie, membres de la société civile locale, a donc décidé, afin d'avoir des arguments concrets, d'objectiver la situation sanitaire de la région en faisant un **recensement des zones d'orpillage artisanal** et une **analyse de la qualité physico-chimique des cours d'eau** sur une dizaine de points d'échantillonnage. Une **carte** reprenant l'ensemble des informations collectées et des informations contextuelles a été réalisée également.

Arrive le jour de la présentation des résultats de cette étude à la population et aux autorités. 2 heures avant la présentation, vous vous rendez compte qu'il serait intéressant d'ajouter quelques informations supplémentaires sur la carte. Vous recherchez donc le projet QGIS qui a été utilisé pour faire cette carte, mais, malheureusement, il est introuvable ! Catastrophe ! Vous allez donc devoir refaire la carte en utilisant les données de base utilisées dans la carte qui, elles, ont été retrouvées, de même qu'une version PDF de la carte initiale qui vous servira de guide pour la reconstruction de la carte dans QGIS (Figure 105 page 199).

Une fois que vous aurez reconstitué à l'identique la carte présentée dans le document PDF, vous pourrez y ajouter les éléments supplémentaires que vous avez en tête.

Pour ce faire, vous disposez, dans le dossier «...\DONNEES\10 Edition cartographique», des **données** suivantes :

- « CARTE CONGO.pdf », la carte dont il est question, en format PDF (Figure 105)
- Dans le dossier « DONNEES », les fichiers à utiliser :
 - « AFRICA 4 COUNTRIES MAIN LAKES BORDER.shp », un shapefile de quelques grands lacs de la zone d'étude
 - « AFRICA 4 COUNTRIES.shp », un shapefile des 4 pays voisins de la zone d'étude
 - « AFRICA COUNTRIES.shp », un shapefile des pays africains
 - « ECHANTILLONAGE.shp », un shapefile identifiant les points d'échantillonnage

pour les analyses d'eau. La table d'attributs de ce shapefile contient les informations suivantes qui peuvent être utilisées pour afficher sur la carte des **diagrammes en bâtonnets**, et, via des « **étiquettes** », les valeurs des paramètres mesurés :

- « **TURBIDITE** » : la turbidité de l'eau en « Unités de Turbidité Néphalométriques » (UTN) ($UTN < 5 \rightarrow$ eau claire, $5 < UTN < 30 \rightarrow$ eau légèrement trouble, $UTN > 50 \rightarrow$ eau trouble). Varie entre [25 et 75] dans ce cas.
- « **METHILHg** » : le méthylmercure dissous dans l'eau en ng/l (0.01 à 0.05 = eau naturelle ; 0.05 à 0.5 = eau légèrement à moyennement polluée)
- « **HgTotal** » : le mercure total dans l'eau en ng/l (1 à 20 = eau naturelle ; 20 à 100 000 = pollution moyenne ; 100 000 à 1 000 000 = pollution importante.
- « **MethHgBAR** » : $1000 * \text{« METHILHg »}$. Calcul réalisé pour avoir un ordre de grandeur des valeurs comparable aux autres paramètres à représenter dans les diagrammes. Varie entre [30 et 150] dans ce cas.
- « **HgTotBAR** » : $10 * \log_{10}(\text{« HgTotal »})$. Calcul réalisé pour avoir un ordre de grandeur des valeurs comparable aux autres paramètres à représenter dans les diagrammes. Varie entre [13 et 56] dans ce cas.
- « *Google_Satellite_Image_Local.tif* », une image satellite de la zone issue du service Google Satellite, accessible également via internet et l'extension de QGIS « *OpenLayers plugin > Google Satellite* »
- « *LOGO ACE.PNG* », le logo de votre groupe d'activistes
- « *ORPAILLAGE PICTURE 1.jpg* » et « *ORPAILLAGE PICTURE 2.jpg* », 2 photos prises dans la zone d'étude
- « *RDC.shp* », un shapefile de la RDC
- « *RIVIERES.shp* », un shapefile des principales rivières de la zone. La table d'attributs de ce shapefile contient un champ « *ORDRE* » qui permet d'utiliser une symbologie de type « *Gradué* » proportionnelle à l'ordre des cours d'eau.
- « *RIVIERES_LEGENDE.shp* », le même shapefile mais qui peut être utilisé pour la création d'une légende simplifiée (un symbole unique)
- « *SITES DE CREUSEMENT.shp* », un shapefile identifiant les sites d'orpillage qui sont actifs et ceux qui ne le sont plus (champ de la table d'attributs « *ACTIVITE* »)
- « *VILLAGES.shp* », un shapefile identifiant les principaux villages de la région. Dans la table d'attributs, le champ « *VILLAGE* » correspond aux noms des villages, et le champ « *DEMOGRAPHI* » à la démographie des villages. Ce dernier champ peut être utilisé, à travers une symbologie de type « *Gradué* », pour représenter des symboles de villages de tailles proportionnelles à la démographie
- « *VILLAGES_LEGENDE.shp* », le même shapefile mais qui peut être utilisé pour la création d'une légende simplifiée (un symbole unique)

Le système de coordonnées à utiliser dans ce projet est le « *WGS 84, EPSG : 4326* » (tous les fichiers sont exprimés dans ce système).

Les **indications** ci-dessous (section 7.16) vous aideront à réaliser cette carte.

*PS : vous remarquerez que le dossier « ...**10 Edition cartographique\SOLUTION**\ » contient le projet QGIS « **Edition cartographique RDC.qgz** » qui contient lui-même le composeur d'impression nommé « CARTE CONGO » qui correspond à la mise en page finale de la carte. C'est le projet QGIS « introuvable » qui vous est donné à titre d'exemple et de solution si vous peinez à refaire la carte par vous-même en autonomie.*

Remarque : un autre exemple de carte est donné en Annexe 3.

DONNEES & PROJET QGIS !	<p>Les données : les données à utiliser sont dans le dossier « ...\Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE\DONNEES\10 Edition cartographique\ ».</p> <p>Projet QGIS solution : « SOLUTION\Edition cartographique RDC.qgz » situé dans ce même dossier.</p>
------------------------------------	--

Objectifs pédagogiques	Réaliser une mise en page cartographique complète et correcte dans QGIS à travers la découverte de l'interface de mise en page cartographique de QGIS et de ses nombreux outils et la présentation des paramètres de symbologie vectorielle.
-------------------------------	--

Temps approximatif	<p>Découverte en autonomie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ~3h00 pour une réplique exacte de la carte modèle • ~1h00 pour une prise en main rapide de l'interface de mise en page cartographique <p>Manipulations techniques uniquement, par un expert : ~1h00</p>
---------------------------	---

Contextualisation 9 : Orpillage artisanal en République Démocratique du Congo et pollution des rivières

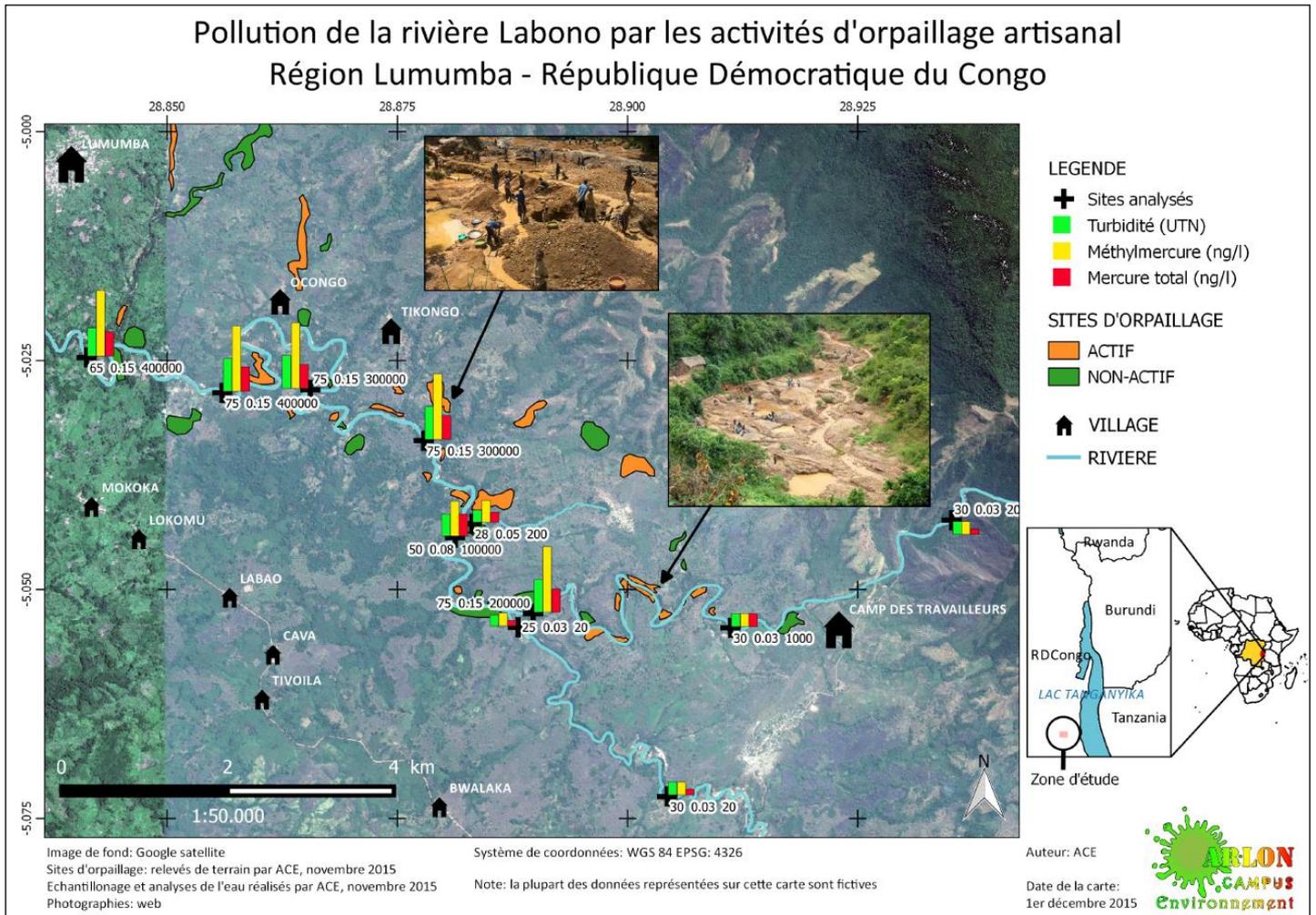


Figure 105 : Exemple de carte réalisée avec QGIS : cas de la contextualisation 9

7.16. Edition cartographique (réalisation de cartes)

La carte est un support particulièrement efficace pour communiquer les résultats de vos recherches. Elle permet en effet de synthétiser et de donner une vue d'ensemble sur une masse d'informations parfois considérable en un seul coup d'œil. Il est très important de veiller à ce qu'elle soit la plus lisible, attractive et « parlante » possible, afin que la personne qui lira votre carte puisse comprendre aisément ce que vous avez décidé d'y représenter.

7.16.1. Eléments pouvant apparaître sur une carte

Selon la finalité de votre carte, vous pourrez y ajouter différents éléments. Voici une **liste d'éléments qu'il est souvent indiqué de faire apparaître sur une carte** :

- Un titre
- Une échelle graphique (et accessoirement une échelle numérique)
- Une légende
- Une flèche indiquant le Nord
- Les informations relatives au système de coordonnées utilisé (Nom du système de coordonnées et datum,...)
- Une grille de géo-référencement ou graticule
- L'auteur (personne et / ou « Société »)
- La date de création de la carte
- Les sources et dates des données utilisées pour créer la carte
- Un rectangle d'emprise (« Empreinte »)
- (Les références des cartes voisines (si votre carte fait partie d'un ensemble de cartes jointives))
- ...

7.16.2. Interface de mise en page

L'édition cartographique dans QGIS se réalise dans une « **interface de mise en page** » qui est une fenêtre indépendante de l'interface principale de QGIS.

Une « interface de mise en page » permet de réaliser et d'enregistrer la mise en page d'une et une seule carte. Si plusieurs variantes d'une même carte doivent être réalisées et sauvegardées, alors il faut créer plusieurs « interfaces de mise en page ».

Créez une interface de mise en page en utilisant le menu :

- Projet > Nouvelle mise en page...
- Donnez un titre à votre mise en page dans la fenêtre qui apparaît (si vous ne donnez pas de titre, un titre par défaut, « Mise en page 1 », sera utilisé)

Une interface de mise en page vierge apparaît.

La carte est réalisée en ajoutant une série d'éléments dans interface de mise en page. Confer ci-dessous.

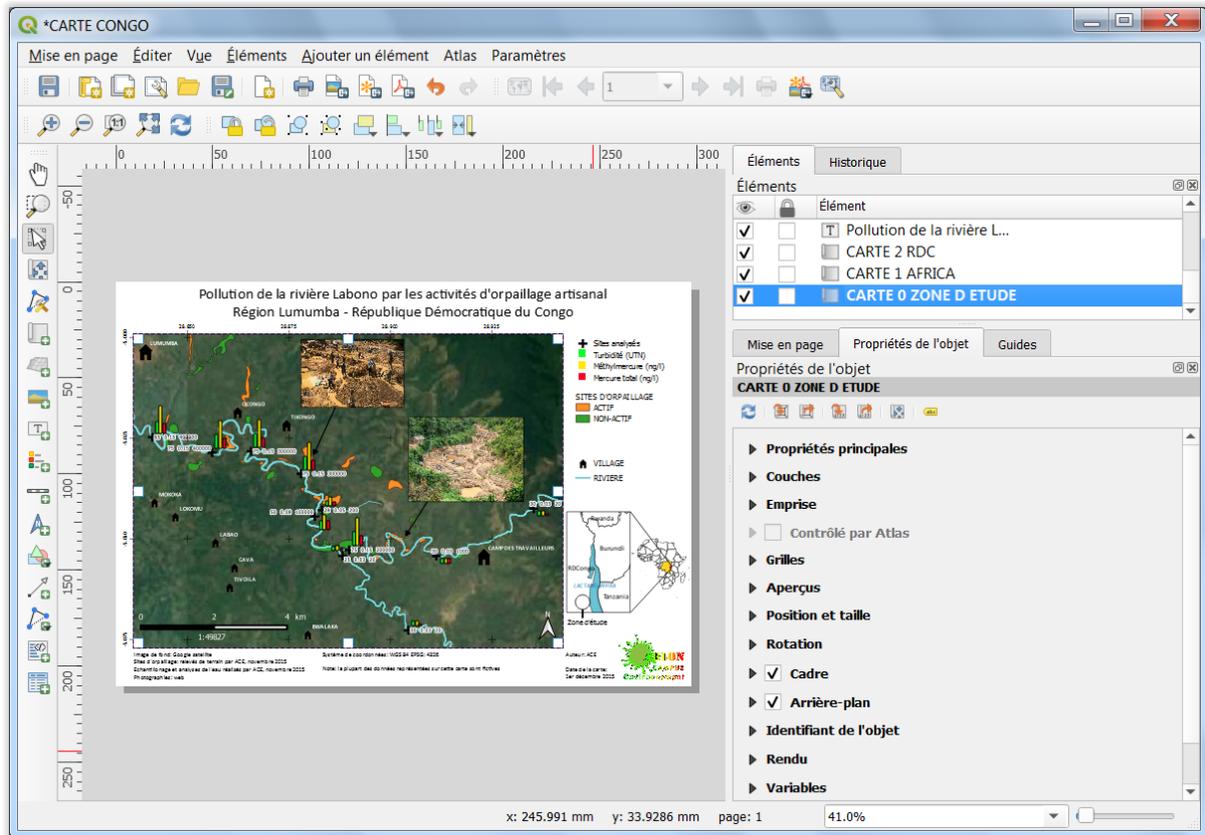


Figure 106 : Aperçu de l'interface de mise en page cartographique de QGIS (avec la carte de la contextualisation 9 « Congo » terminée)

7.16.3. Mode de mise en page « Portrait » ou « Paysage » et mises en page prédéfinies

La **taille** de la carte (A4, A3, etc) et le mode de mise en page « **Portrait** » ou « **Paysage** » (En : « Landscape ») peuvent être modifiés via l'interface de mise en page :

- Menu « Mise en page > Paramètres de la page > ... » (ce menu semble ne pas fonctionner dans QGIS 3.10.0)

Si le menu ci-dessus ne fonctionne pas ! :

- Faites un clic-droit sur la carte > Propriétés de la page... > Onglet Propriétés de l'objet > Choisir taille et orientation

7.16.4. Symbologie des données

La symbologie des données est un élément clef qui permet de représenter de manière plus intelligible les données dans une carte (pour une compréhension intuitive) à l'aide de **couleurs, de gradients ou palettes de couleurs, de symboles**, etc. L'utilisation d'**étiquettes**

(En : labels) apporte souvent une information utile supplémentaire (nom ou type d'entité, valeurs liées aux entités, etc) (confer section 7.16.6 page 205).

Pour avoir **accès à toutes les fonctionnalités de la symbologie** d'une couche,

- Cliquez-droit sur le nom de la couche
- Choisissez « Propriétés > Symbologie »
- Choisissez le type de symbologie le mieux adapté à vos données

Quelques exemples sont donnés dans les sections ci-dessous.

7.16.4.1. Symbologie d'un fichier vectoriel (point, ligne, polygone)

Divers types de symbologie sont disponibles pour les vecteurs en fonction du type de vecteurs, **point, ligne ou polygone**, comme illustré à la Figure 107 :

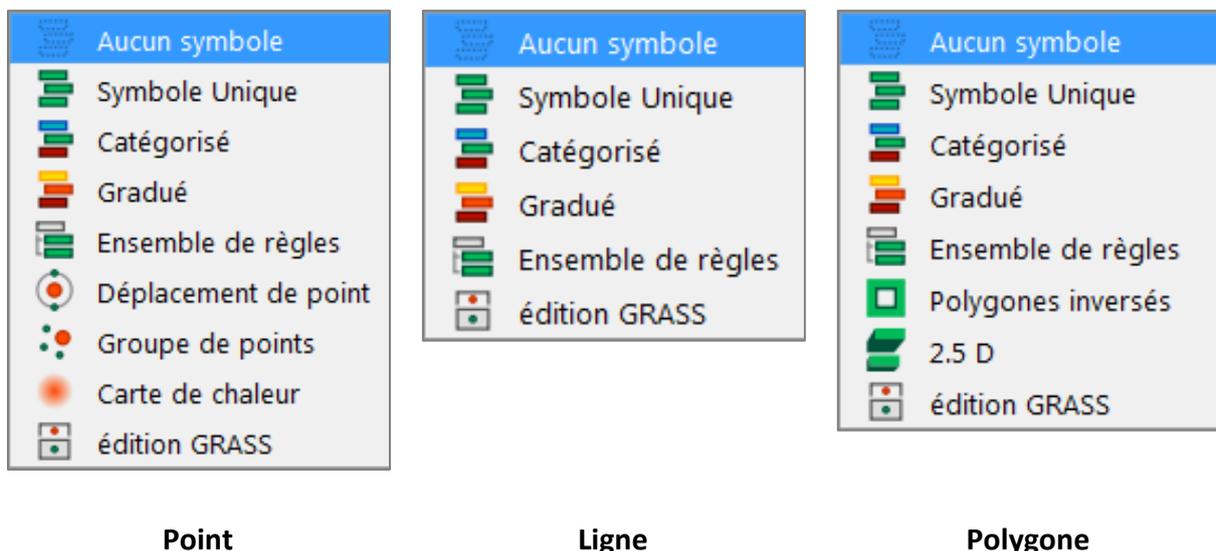


Figure 107 : Différent types de symbologie vectorielle (point, ligne, polygone) disponible dans QGIS 3.10.0

Entre autres :

- « **Symbole unique** »
 - Applique la même symbologie à toutes les entités spatiales d'un fichier
- « **Catégorisé** »
 - Différencie des données de type catégoriel (du texte ou des chiffres correspondant à des codes ou des catégories)
- « **Gradué** »
 - Différencie des données de type quantitatif (des chiffres exprimant une grandeur) avec la possibilité de faire varier la « **taille** » (En : « size ») ou la « **couleur** » (En « color ») des entités en fonction de leurs valeurs.

ATTENTION ! Pour les types de symbologie « Catégorisé » et « Gradué », la **symbologie se base sur les informations contenues dans la table d'attributs**. Vous devez donc :

- **Définir la colonne** (dans le menu « Valeur ») de la table d'attributs sur laquelle est basée la symbologie. Il sera parfois nécessaire de créer dans la table d'attributs les attributs sur lesquels se basera la symbologie (confer la section « 7.10.1.6 Editer la table d'attributs » page 118).
- Ne pas oublier de cliquer sur le bouton « **Classer** » qui permettra la création de la symbologie désirée.

Exemples de symbologie vectorielle :

- Un gradient de couleurs appliqué aux pays du monde en fonction des valeurs de leur Indice de Développement Humain (IDH) ou de leur démographie (**symbologie de type « Gradué »** faisant varier la **couleur**)
- Une épaisseur de trait variable exprimant l'importance relative de différents cours d'eau en fonction de leur « ordre » dans un réseau hydrographique (**symbologie de type « Gradué »** faisant varier la **taille**)
- Une palette de couleurs différenciant des classes d'occupation du sol (symbologie de type « **Catégorisée** » faisant varier la **couleur**)
- Des **symboles** correspondants aux lieux représentés : arbre remarquable, point d'eau, pont, aéroport,... (symbologie de type « **Catégorisée** » faisant varier un **symbole** et/ou sa **taille**, et/ou sa **couleur**)

Sauvegarde et réutilisation de la symbologie d'un fichier vectoriel

Il est possible de **sauvegarder** la symbologie d'un fichier vectoriel dans un fichier spécifique dont l'extension est « **.qml** ». Pour ce faire, après avoir établi la symbologie désiré pour un fichier vectoriel donné,

- « Cliquez-droit sur la couche > Propriétés... > Symbologie > bouton « Style » (tout en bas de la fenêtre) > Enregistrer le style... > Choisir le format, le répertoire, le nom > OK »

Une fois sauvegardée, une symbologie peut être **rappelée et réutilisée** pour d'autres fichiers possédant les informations suffisantes que pour appliquer cette symbologie (la (les) colonne de la table d'attributs sur laquelle se base la symbologie). Pour ce faire,

- « Cliquez-droit sur la couche > Propriétés... > Symbologie > bouton « Style » (tout en bas de la fenêtre) > Charger le style > Choisir les catégories et Naviguez vers le répertoire où se trouve le fichier de style à utiliser > Charger le style »

Copier/coller d'une symbologie et application sur une autre couche

Il est également possible de simplement copier/coller une symbologie d'un fichier à un autre, via :

- Clic-droit sur la couche dont il faut copier le style > Style > Copier le style et choisir les catégories à copier
- Clic-droit sur la couche à laquelle il faut appliquer le style copié > Style > Coller le style et choisir les catégories à coller

7.16.4.2. Symbologie d'un fichier matriciel

Les possibilités de symbologie d'un fichier matriciel sont présentées dans la section « 7.13.1 Symbologie d'un raster » page 163.

7.16.5. Diagrammes (camembert, histogramme, texte)

Des diagrammes de types « camembert », « textuel » ou « histogramme » peuvent être superposés à une couche vectorielle et créés sur base des informations de la table d'attributs (Figure 108).

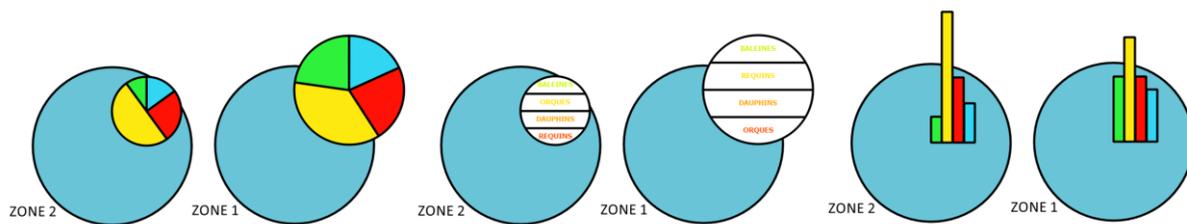


Figure 108 : Exemples des diagrammes réalisables dans QGIS : camembert, texte, histogramme (cas pour 2 zones d'étude circulaires dans l'océan (en bleu))

Pour créer un diagramme :

- Cliquez droit sur la couche vectorielle à partir de laquelle vous désirez créer un diagramme > Propriétés... > Diagrammes
- Choisissez le **type de diagramme** dans le menu déroulant (camembert, texte, histogramme)
- Dans le menu « **Attributs** », choisissez les colonnes de la table d'attributs que vous désirez utiliser pour la réalisation des diagrammes
 - Sélectionnez les noms de colonnes désirées et cliquez sur le bouton d'ajout
- Dans le menu « **Taille** » choisissez une des 2 options :
 - « **Taille fixe** » (non disponible pour les histogrammes) : tous les diagrammes auront la même taille
 - « **Taille variable** » : la taille des diagrammes varie en fonction des valeurs d'une colonne de la table d'attributs.
 - Choisissez la colonne d'intérêt
 - Définissez la « Valeur maximale » facilement en cliquant sur le bouton « Trouver ». Ce paramètre est très important. Il est utilisé pour définir la taille maximale des diagrammes et pour mettre à l'échelle linéairement tous les diagrammes sur base de cette valeur maximale.
- Modifiez au besoin les autres paramètres des diagrammes (apparence, taille, emplacement, etc).

Affichage sur le diagramme des valeurs utilisées pour créer les diagrammes :

- Il n'est pas possible d'afficher ces valeurs directement sur le diagramme via le menu de création des diagrammes
- Une solution alternative, mais pas toujours très élégante, est d'afficher ces valeurs via l'**ajout d'étiquettes multiples** (confer aussi section 7.16.6 ci-dessous), à l'aide, par exemple, dans le menu d'ajout des étiquettes, d'une formule comme « « champ1 » || ' ' || « champ2 » || ' ' || « champ3 » » qui affichera les valeurs des colonnes « champ1 », « champ2 », « champ3 » séparées (||) par des espaces (' '). Un exemple est donné dans la Figure 105, page 199 (affichage sous forme d'étiquettes sous les diagrammes des 3 valeurs de 3 paramètres de qualité de l'eau mesurés pour chaque point d'échantillonnage).

7.16.6. Etiqueter les données (Fr « étiquette », En : « labels »)

L'étiquetage des données vous permet d'afficher pour chaque entité spatiale (exemple : chaque département d'un pays), un attribut qui lui est associé dans la table d'attributs (exemple : le nom du département).

L'étiquetage d'une couche se fait :

- Dans l'interface principale de QGIS, dans le panneau « Couches »,
- Cliquez-droit sur le nom de la couche que vous voulez étiqueter > Propriétés... > Etiquettes
- Choisissez le **type d'étiquette**
- Choisissez dans le menu déroulant « Valeur » le **nom de la colonne de la table d'attributs** de la couche sélectionnée que vous désirez utiliser pour l'étiquetage.
- Rem : il est possible d'utiliser un **étiquetage complexe** faisant intervenir par exemple différentes colonnes à l'aide du bouton  à côté du menu déroulant. Confer l'exemple donné ci-dessus à la fin de la section 7.16.5.
- Le texte des étiquettes peut être **formaté** (police, couleur, taille, tampon, fond, ombre, emplacement, etc) à l'aide des options de ce menu « Etiquettes »

La taille de l'étiquette et des éléments qui lui sont attachés sont indépendants de l'échelle d'affichage.

7.16.7. Insérer la position des éléments géographiques sur la carte

Pour définir, dans l'interface de mise en page cartographique, l'endroit de la carte où seront positionnés les éléments géographiques de la carte (la représentation des informations spatiale en tant que telles),

- Cliquez sur « **Ajouter un élément > Ajouter Carte** »
- Cliquez gauche à l'endroit où vous désirez positionner un coin de la carte, et, sans relâcher le clic gauche, déplacez le curseur jusqu'au coin opposé de la carte souhaitée. Relâchez ensuite le clic gauche.

Les éléments géographiques apparaissent sur la zone définie tels qu'ils sont affichés dans l'interface principale de QGIS.

La taille et la forme de cette zone sont modifiables en cliquant sur un des coins de la zone et en modifiant la position de ce coin.

La position de cette zone est modifiable via le bouton « Sélectionner / Déplacer un objet »  par simple « cliquer-déplacer ».

Pour supprimer cette zone, cliquez dessus et ensuite sur la touche de suppression (« Delete »).

7.16.8. Se déplacer sur « l'objet carte papier »

Les boutons permettant de **se déplacer (zoom et glissement) sur « l'objet carte papier »** sont :



7.16.9. Ajuster la zone géographique à cartographier et choisir l'échelle

Pour **ajuster la zone géographique** à cartographier :

- Cliquez sur le bouton 
- Utilisez ensuite la souris pour **déplacer latéralement** la zone à cartographier
- Utilisez la roulette de la souris pour **zoome / dé-zoomer**

L'**échelle** de la carte est modifiable via le panneau

- « Propriétés de l'objet > Propriétés principales > Echelle »

7.16.10. Insérer des objets cartographiques

Les objets cartographiques (flèche du Nord, légende, échelle, texte, etc) s'ajoutent via le menu :

- **Ajouter un élément > choix de l'élément à ajouter**
- Positionnement de l'élément à l'endroit désiré avec la souris

Une fois que l'élément apparaît sur la carte, il apparaît aussi dans le

- **Panneau latéral « Eléments »**

Lorsque l'élément est sélectionné dans ce panneau ou sur la carte, **ses propriétés** (taille, position, style, type, couleur,...) sont modifiables via le

- **Panneau latéral « Propriétés de l'objet »**

L'élément peut être déplacé interactivement avec la souris.

7.16.10.1. Insérer la légende

L'insertion d'une légende automatique se fait via le menu :

- Ajouter un élément > Ajouter Légende
- Positionnement de l'élément à l'endroit désiré avec la souris
- Modification de ses propriétés (texte, taille, couleur, police, etc) via le panneau « Propriétés de l'objet »

Les éléments de la légende correspondent **par défaut** à toutes les couches du projet QGIS, et ce qu'elles soient activées (visibles) ou désactivées (invisibles).

En particulier,

- L'option « **Mise à jour auto** » met à jour automatiquement la légende lors de l'ajout ou la suppression d'une couche dans l'interface principale de QGIS
- Afin de ne pas afficher dans la légende une couche présente dans le projet mais désactivée (invisible), il faut :
 - **Désactiver la « Mise à jour auto »**
 - **Supprimer** les couches non désirées dans la légende avec le bouton de suppression 
- **L'ordre** dans lequel apparaissent les différentes couches peut être modifié à l'aide des boutons 
- Le **nom des couches** peut être modifié dans la légende à l'aide du bouton 
- Le menu « **Colonnes** » permet d'arranger la légende sur plusieurs colonnes
- **Plusieurs légendes** distinctes peuvent être insérées

7.16.10.2. Insérer une échelle

L'insertion d'une **échelle graphique** et/ou d'une **échelle numérique** se fait via :

- Le menu « Ajouter un élément > Ajouter Echelle graphique »
- Positionnement de l'échelle à l'endroit désiré sur la carte avec la souris
- Modification des propriétés de l'échelle via le panneau « Propriétés de l'objet »
 - Pour obtenir une **échelle numérique**, choisissez « Propriétés de l'objet > Propriétés principales > Style > Numérique ». Les autres styles correspondent à des **échelles graphiques**.

2 paramètres sont particulièrement importants à régler correctement :

- **Unités :**
 - « Unités de la barre d'échelle » : le type de système de mesure à utiliser via l'unité correspondante : Unités de carte (par exemple des degrés), Mètres, Pied, Miles nautiques
 - « Multiplicateur des unités de l'étiquette » : le nombre (exemple : 1000) d'« Unités de la barre d'échelle » (exemple : mètres) nécessaires pour obtenir une unité de l'« Etiquette pour les unités » (exemple : kilomètre) ($1000 \text{ m} = 1 \text{ km}$)
 - « Etiquette pour les unités » : l'étiquette (En : label) qui sera affichée
- **Segments :**
 - Le paramètre « Largeur fixe » définit le nombre (exemple 500 000) d'« Unités de la barre d'échelle » (exemple : mètres) correspondant à une graduation de l'échelle numérique (exemple : 1 graduation = 500 000 mètres = 500 km)

Attention, si votre carte contient **plusieurs sous cartes** (ou « encarts cartographiques », conf. section 7.16.13) utilisant des **échelles différentes**, veillez à paramétrer correctement la création de l'échelle, via la sélection de :

- Dans le panneau « Eléments », l'« Élément » <Barre d'échelle> à paramétrer
- Dans « Propriétés de l'objet > Propriétés principales > Carte », le nom de la carte ou « encart cartographique » à laquelle l'échelle se rapporte

Faites attention à ce que l'échelle présentée soit une « **échelle ronde** », pour en faciliter la lecture.

- Pour une **échelle graphique**, paramétrer « Propriétés de l'objet > Segments > Largeur fixe » avec une valeur ronde ou utiliser « ... > Largeur ajustée au segment ». Il faut obtenir des étiquettes par exemple comme « 2000 m » ou « 50 km », et non comme « 810 m » ou « 42,31 km ».
- Pour une **échelle numérique**, ajuster votre « zoom » / « échelle » pour obtenir une valeur ronde, par exemple, 1/25 000 ou 1/100 000 et non 1/25 462 ou 1/99 985.

7.16.10.3. Insérer la flèche indiquant le Nord

L'insertion d'une flèche indiquant le Nord se fait via le menu :

- Ajouter un élément > Ajouter Flèche du nord
- Positionnement de l'élément à l'endroit désiré avec la souris

Pour modifier éventuellement **l'image** utilisée par défaut pour la flèche du Nord :

- Sélectionnez cet élément sur la carte
- Allez dans le panneau « Propriétés de l'objet > Image > Propriétés principales > Source de l'image > ... » et naviguez vers le répertoire contenant l'image (la flèche du Nord) à utiliser. Des flèches du Nord sont disponibles dans un répertoire qui devrait ressembler à celui-ci : « C:\Program Files\QGIS 3.10\apps\qgis\svg\arrows ». Ensuite

sélectionnez une image correspondant à une flèche du Nord parmi les images disponibles.

Cette image de flèche du Nord est synchronisée par défaut avec l'**orientation** de votre carte. L'orientation par défaut d'une carte consiste à mettre le Nord en direction du dessus de la carte. La modification de l'orientation se fait :

- **Pour la carte** : Panneau élément > sélection de l'élément carte et Panneau Propriétés de l'objet > Propriétés principales > Rotation de la carte
- **Pour la flèche du Nord** : sélection de la flèche > Panneau Propriétés de l'objet > Rotation de l'image et possibilité de synchroniser ou pas avec une carte (carte au choix s'il y a plusieurs cartes)

7.16.10.4. Insérer un titre, l'auteur, la date de création de la carte, les sources des données et le système de coordonnées

Tous ces éléments sont insérables via l'insertion de texte qui se fait via le menu :

- Ajouter un élément > Ajouter Etiquette
- Positionnement de l'élément à l'endroit désiré avec la souris
- Modification de ses propriétés (texte, taille, couleur, police, etc) via le panneau « Propriétés de l'objet »

Rem : il est possible d'insérer du texte sous forme de « **phylactère** » sur la carte via l'interface principale de QGIS (en dehors de l'interface de mise en page cartographique) via la barre d'outils « Attributs » et le bouton « Annotation de texte » .

7.16.11. Insérer une grille (ou graticule) et un cadre de géo-référencement

La grille de géo-référencement permet de localiser votre carte dans l'espace.

Pour ajouter une grille de géo-référencement :

- Sélectionnez dans le panneau « Eléments » l'élément carte sur lequel vous désirez ajouter une grille
- Dans le panneau « Propriétés de l'objet », ouvrez le menu « Grilles » et cliquez sur le bouton d'ajout d'une grille  puis sélectionnez cette grille > Modifier la grille...

Modifiez les paramètres de la grille pour obtenir le résultat désiré. En particulier, choisissez :

- Le type de grille
- Le système de coordonnées
 - par défaut, le système de coordonnées et les unités utilisées sont celles du système de coordonnées de la carte sur laquelle la grille s'ajoute

- il est cependant possible d'utiliser un autre système de coordonnées pour la grille via le menu « SCR > sélection du système désiré » (recherche du système de coordonnées désiré par mots-clés)
- Unités et valeurs des intervalles
- Les propriétés du cadre du graticule
- Les propriétés de l'affichage des coordonnées (format, position, taille, couleur, précision, etc.)

7.16.12. Masquer automatiquement les zones de non intérêt

Il est parfois judicieux de ne représenter sur une carte qu'une zone bien déterminée, votre zone d'étude par exemple, zone qui peut avoir un contour irrégulier, et de masquer tout ce qui se trouve autour. Ceci peut se faire via la création d'un masque à l'aide de l'extension « Mask ».

Pour masquer automatiquement les zones de non intérêt, il suffit de :

- Avoir un **shapefile de polygones** contenant un ou plusieurs polygones correspondant à la **zone d'intérêt** (les limites de la zone d'étude par exemple) et l'ajouter dans le projet QGIS
- **Installer** l'extension « Mask » :
 - Menu « Extensions > Installer / Gérer les extensions > » (confer la section 7.1.9 page 27)
 - Sélectionner l'extension « Mask » et cliquez sur « Installer l'extension » (l'installation peut prendre quelques secondes).
 - Une fois installée, l'extension est disponible dans le menu « Extension > Mask » et comme un nouveau bouton  dans l'interface de QGIS.
- **Utiliser** l'extension « Mask » :
 - Sélectionnez avec les outils de sélection (confer section 7.5 page 64) le ou les polygones qui correspondent à la zone d'intérêt (zone à ne pas masquer)
 - Par exemple :
 - Sélectionner la couche contenant ces polygones dans le panneau « Couches »
 - Sélectionner ces polygones interactivement avec l'outil de sélection (confer section 7.5.1 page 64)
 - Cliquez sur « Extension > Mask > Créer un masque »
 - Modifier les paramètres de création du masque, en particulier :
 - Créer un masque > Style > Editer > méthode « Polygones inversés » : pour masquer tout sauf le ou les polygones sélectionnés
 - Créer un masque > Style > Editer > Opacité » : à mettre à 100% si le masque doit masquer complètement (sans transparence).
 - Créez le masque en cliquant sur « OK » 2 fois

- Le masque s'ajoute comme une nouvelle couche dans le panneau « Couches » et peut être désactivé ou supprimé.

7.16.13. Utiliser des cartes multiples / encarts cartographiques

Il est souvent utile de localiser la carte principale, correspondant par exemple à une « petite » zone d'étude « spatialement restreinte », au sein d'une carte secondaire correspondant à une plus grande zone, par exemple une région, un pays, un continent, voire le monde. Pour ce faire, plusieurs cartes particulières (carte principale et carte secondaire) à des échelles différentes peuvent être représentées au sein d'une même carte générale (la carte générale reprenant l'ensemble des cartes particulières) (Figure 109).

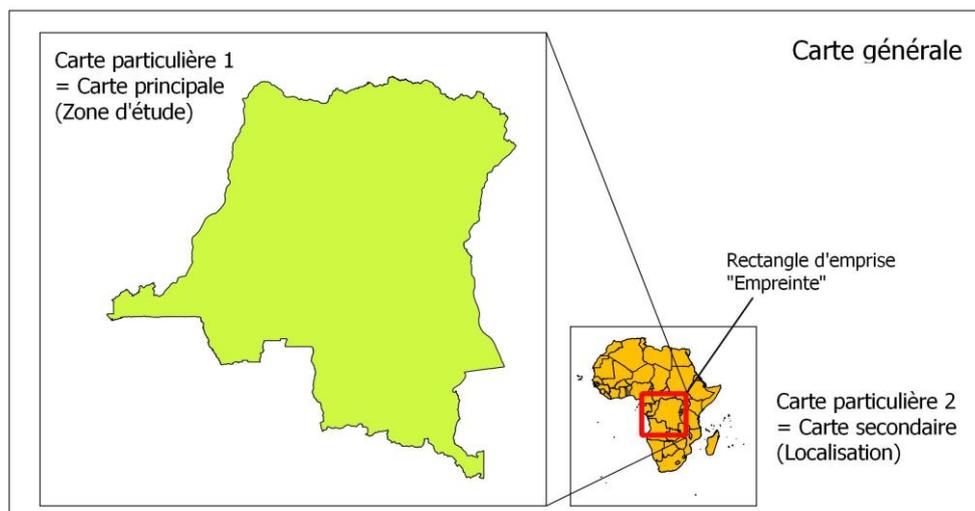


Figure 109 : Cartes multiples et rectangle d'emprise (« empreinte »)

Pour ajouter une 2^{ème} carte particulière à la carte générale :

- Cliquez sur le bouton  « **Ajouter un élément > Ajouter Carte** » et suivez la procédure décrite ci-dessus.
- Ajustez la zone géographique à cartographier et/ou choisissez l'échelle, comme indiquez précédemment.

Pour réaliser une « empreinte » (« rectangle d'emprise ») automatique de la carte principale (petite zone) dans la carte secondaire (grande zone),

- Sélectionnez « l'élément carte » de la carte secondaire (grande zone) dans laquelle vous voulez faire apparaître l'empreinte de la carte principale (petite zone).
- Cliquez sur le panneau « **Propriétés de l'objet** » et ouvrez le menu « **Aperçus** »
- Cliquez sur le bouton d'ajout d'un aperçu 
- Cochez et ouvrez le menu « Afficher l'aperçu « Aperçu 1 » »

- Choisissez le « cadre de carte » contenant la carte principale (petite zone) dont vous voulez faire apparaître l’empreinte dans la carte secondaire (grande zone) et modifiez éventuellement le style de cette empreinte.

L’empreinte de la carte principale (petite zone) apparaît dans la carte secondaire (grande zone).

Attention, **lorsque plusieurs cartes sont affichées dans une carte,**

- Veillez à choisir le bon élément carte dans le panneau « Eléments » avant de faire des modifications sur cette carte particulière.
- L’étendue spatiale représentée dans chaque carte est indépendante des autres

7.16.14. Modifier la symbologie dans des cartes multiples

Lors de la modification de la symbologie de cartes particulières au sein d’une carte générale,

- Pensez à utiliser les 2 options dans le panneau « Propriétés de l’objet > Couches » d’un « Eléments » carte :
 - « **Verrouiller les couches** »
 - « **Verrouiller le style des couches** »

Ce qui permettra de conserver la mise en page actuelle de la carte concernée même si, dans l’interface principale de QGIS (en dehors de l’interface de mise en page), certaines couches sont désactivées ou que leur style (couleur, etc) est changé.

- **Attention**, si vous désirez faire des **modifications** de symbologie de plusieurs cartes particulières au sein d’une même carte générale de manière **répétée**, par exemple, modifier une carte A, puis une carte B, puis à nouveau la carte A, etc, lorsque vous déverrouillerez la carte A pour sa 2^{ème} modification de symbologie, la carte A va prendre automatiquement la symbologie appliquée dans la carte B et vous devrez donc recommencer la symbologie de la carte A. Pour éviter ce problème, vous pouvez :
 - Créer, dans l’interface principale de QGIS, **2 groupes de couches** (via le bouton ) dans le panneau « Couches »

Un groupe de couches correspondra à une carte particulière.

- Dans chaque groupe de couches, ajouter les couches nécessaires à la carte particulière associée, et utiliser la symbologie adéquate.
- Lors de modifications successives de la symbologie, il suffira :
 - Dans l’interface principale de QGIS : d’activer le groupe de couches concerné et de désactiver le/les autre(s)
 - Dans l’interface de mise en page cartographique : de déverrouiller la modification de la carte et de mettre à jour la carte particulière ciblée

7.16.15. Exporter une carte

Pour exporter votre carte depuis QGIS vers un format plus simple (JPEG, PDF,...) et communicable à d'autres personnes non-utilisateurs de QGIS,

- Utilisez, dans l'interface de « Mise en page » cartographique, le menu :
 - Mise en page > Exporter au format Image... ou SVG ou PDF
- Choisissez le répertoire de sortie, le format, et nommez le fichier.

7.16.16. Réaliser une webmap (cartes interactives pour le web)

Cette rubrique est donnée à titre d'information.

Une « webmap » est une carte faite pour être placée sur un site web et dont la symbologie et parfois l'affichage de certains éléments peuvent varier avec le niveau de zoom utilisé. Certaines webmap sont très connues, par exemple :

- « Google maps » www.google.be/maps/
- « OpenStreetMap » : <https://www.openstreetmap.org/>

QGIS permet d'exporter assez facilement une carte réalisée dans QGIS vers un format webmap qui pourra être placée sur un site web.

3 extensions, qu'il faut donc installer à partir du menu « Extension > Installer/Gérer les extensions » de QGIS (confer section 7.1.9 page 27), permettant de faire une webmap sont présentées ci-dessous.

7.16.16.1. « Qgis2web »

- Un exemple d'utilisation illustré est présenté ici : <https://www.sigterritoires.fr/index.php/comment-exporter-votre-projet-qgis-en-page-html-en-deux-clics-le-plugin-qgis2web/>
- Notez que ce plugin permet l'**affichage interactif (fenêtre « pop-up ») de certains éléments (texte, photo)** lorsque leur emplacement est survolé par la souris sur le site web.

7.16.16.2. « QGIS Cloud Plugin »

- Site web officiel : www.qgiscloud.com/

7.16.16.3. « Qgis2threejs »

- « Qgis2threejs » a la particularité de pouvoir générer des **cartes 3D pour le web**.
- Exemples et tutoriel sont disponibles ici : <https://qgis2threejs.readthedocs.io/en/docs/#>.

Remerciements

Julien Radoux, de l'Université Catholique de Louvain-La-Neuve, père spirituel de ce TP.

Nicolas Dex, des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur.

Julien Minet, de l'Université de Liège, pour son listing de sites web spécialisés en web mapping.

Liste des figures

Figure 1 : Organisation du dossier « Initiation SIG QGIS3.10.0 ACE » contenant les données liées à ce manuel	3
Figure 2 : Les 3 éléments constituant le noyau d'un SIG complet (Source de l'illustration : The three views of GIS, ArcGIS 9 - What is ArcGIS ?, ESRI)	4
Figure 3 : Types de données géographiques : Vecteur versus Matrice (Raster)	5
Figure 4 : Donnée géographique et table associée	6
Figure 5 : Présentation et organisation globale des principaux constituants et fonctionnalités de QGIS3 (schéma non validé)	8
Figure 6 : Page d'accueil du site web de QGIS (décembre 2019)	9
Figure 7 : Présentation et description des applications s'installant sur l'ordinateur lors de l'installation de QGIS	11
Figure 8 : Fenêtre « Traiter les couches indisponibles » apparaissant à l'ouverture d'un projet QGIS préexistant lorsque le projet QGIS ne retrouve pas automatiquement la/les couches d'information qu'il est censé contenir.	16
Figure 9 : Structure de l'interface d'un projet QGIS	18
Figure 10 : Panneau « Explorateur » utilisé à partir du projet QGIS « 1 Découverte projet QGIS.qgz » et visualisation de différentes propriétés de 2 couches d'information : « RDC_image_satellite » (raster) et « Pays d'Afrique » (vecteur).	20
Figure 11 : Signification des extensions des différents fichiers complémentaires constituant un fichier de données géographiques	21
Figure 12 : Utilisation de l'outil « MapSwipe Tool » dans QGIS pour faciliter la comparaison visuelle de 2 couches d'information se superposant, par glissement (En : Swipe) horizontal (gauche) ou vertical (droite), ici 2 images des satellites Landsat-2 et Landsat-7 mettant en évidence la déforestation qu'a subit l'Etat de Rondonia au Brésil entre 1975 et 2001	23
Figure 13 : Fenêtre de l'outil « Zoom To Coordinate » dépendent de l'extension « Lat Lon Tools »	25
Figure 14 : Fenêtre de définition de l'échelle de visibilité pour les couches sélectionnées	26
Figure 15 : Liste des extensions QGIS utilisées dans ce manuel et sections du manuel correspondantes	29
Figure 16 : Schéma des opérations simplifié de la contextualisation 2 « Pakistan »	32
Figure 17 : Fenêtre de paramétrage des propriétés d'un projet QGIS, onglet « Général »	34
Figure 18 : Fenêtre de paramétrage des propriétés d'un projet QGIS, onglet « SCR » (Système de Coordonnées de Référence) qui permet de définir le SCR dans lequel seront représentées graphiquement les entités spatiales dans l'interface du projet QGIS.	34
Figure 19 : Représentation du monde selon différents Systèmes de Coordonnées de Référence (SCR) utilisés comme SCR d'un projet QGIS	37
Figure 20 : Fenêtre « Gestionnaire des sources Open Data » qui permet d'ajouter différents types de données dans QGIS mais aussi de se connecter à différents serveurs de données	43
Figure 21 : Sélection du fichier de type « SHP File » avec l'extension « .shp » lors de l'ajout d'une couche vectorielle en format shapefile.	45
Figure 22 : Aperçu de la fenêtre de visualisation spatiale du projet QGIS « Inondations Pakistan », sur une partie du Pakistan, après ajout des données vectorielles (pays du monde avec contour noir et remplissage transparent, les zones habitées du Pakistan sous la forme de points, les fleuves du monde en bleu, les zones inondées et districts impactés en jaune, orange et rouge), des données raster (images satellites MODIS) et de l'image de fond « Google Satellite » via un service web). Les données ont été réarrangées dans le panneau « Couches » (ordre vertical) et la symbologie de certaines couches a été modifiée.	46
Figure 23 : Comparaison, à l'aide des 2 images satellites MODIS et de l'outil « Map Swipe Tool », d'un segment du fleuve Indus au centre du Pakistan, pendant (partie Nord) et avant (partie Sud) l'inondation du 24 août 2010. Le bleu correspond à l'eau du fleuve.	47
Figure 24 : Fenêtre d'importation de données ponctuelles XY à partir d'un tableur Excel via l'outil « Créer une couche de points à partir d'une table »	49
Figure 25 : Fenêtre d'importation de données ponctuelles XY à partir d'un fichier de type « Texte Délimité » (CSV dans ce cas-ci)	51
Figure 26 : Ajout d'une série de services web dans QGIS via la console Python et le bouton « Gestionnaire des sources Open Data > Explorateur > XYZ Tiles ».	55
Figure 27 : Aperçu, pour le Pakistan, des données « Flood hazard 100 year » (à gauche) et « Accumulated Precipitations » (à droite), ajoutées dans QGIS à partir du service web de type WMS du « Global Flood Awareness System » (GloFAS)	56

Figure 28 : Fenêtre permettant l'ajout d'une connexion vers un serveur WMS/WMTS	59
Figure 29 : Fenêtre de création d'une nouvelle connexion WMS	60
Figure 30 : Fenêtre d'ajout des couches d'un serveur WM(T)S	61
Figure 31 : Aperçu d'une table d'attributs	62
Figure 32 : Outils de sélection manuelle d'entités spatiales	64
Figure 33 : Fenêtre de « sélection par expression » ou « sélection par attribut »	66
Figure 34 : Fenêtre de « Sélection par localisation »	68
Figure 35 : Carte sommaire présentant les résultats de la contextualisation 2 pour une partie du Pakistan	69
Figure 36 : Schéma des opérations de l'exercice « Aide à la gestion de l'eau en milieu rural dans le centre du Mali »	73
Figure 37 : Mécanisme général de jointure	75
Figure 38 : Mécanisme de jointure basée sur la localisation spatiale (ou position relative) des entités spatiales de 2 fichiers ou « jointure spatiale », ici pour le cas de la « Contextualisation 3 Mali ». Les cercles représentent les puits, les maisons représentent les villages. Remarque : dans le projet QGIS fourni, les villages ne sont pas identifiés par des maisons mais aussi par des cercles.	76
Figure 39 : Fenêtre de jointure spatiale via l'extension NNJoin	77
Figure 40 : Table d'attributs de la couche « 50_puits_12_villages.shp » contenant les informations de la jointure spatiale dans les colonnes dont le préfixe est « J1_ » et une colonne « distance » indiquant la distance entre chaque couple « puit-village le plus proche »	78
Figure 41 : logo et message (visible dans le panneau « Couches ») prévenant qu'une couche est temporaire	78
Figure 42 : Mécanisme de jointure basée sur un attribut commun à 2 tables	80
Figure 43 : Fenêtre d'ajout d'une jointure vectorielle (jointure par attribut). Le cas de la 1 ^{ère} jointure attributaire de la contextualisation « Mali »	82
Figure 44 : Menu « Propriétés de la couche > Jointures » d'une couche vectorielle après la réalisation d'une « jointure attributaire » ou « jointure basée sur un attribut commun à 2 tables ». La jointure est listée dans cette fenêtre.	82
Figure 45 : Table d'attributs de la couche « 50_puits_12_villages_exp.shp » contenant le résultat de la jointure spatiale (colonnes avec le préfixe J1_) et de la jointure attributaire (colonnes avec le préfixe J2_)	83
Figure 46 : Fenêtre d'ajout d'une relation	84
Figure 47 : Fenêtre résultant de l'utilisation de l'outil « Montrer le résumé statistique » appliqué sur la colonne reprenant les débits des puits de la couche « 50_puits_autour_de_Dinangourou.shp »	86
Figure 48 : Fenêtre de l'outil « Statistiques par catégories »	88
Figure 49 : Table résultant du calcul « Statistiques par catégories » dans le cas de l'exercice « Mali », avec notamment la somme (« sum ») des quantités d'eau disponibles par groupe de puits rattachés à chacun des villages	88
Figure 50 : Outil « Group Stats » : 2 méthodes d'utilisation et résultats associés	89
Figure 51 : Types de graphiques réalisables avec l'extension « Data Plotly »	92
Figure 52 : Aperçu de la configuration de l'outil « DataPlotly » et graphique résultant, pour le cas du graphique de type « histogramme » de l'exercice « Mali » (3 illustrations ci-dessus).	94
Figure 53 : Aperçu de la configuration de l'outil « DataPlotly » et graphique résultant, pour le cas du graphique de type « nuage de points » de l'exercice « Mali » (3 illustrations ci-dessus).	96
Figure 54 : RScript « R SCRIPT ggplot scatterplot modified.rsx » ouvert dans QGIS	98
Figure 55 : Utilisation du script « R » « R SCRIPT ggplot scatterplot modified.rsx » de la Figure 43 dans QGIS : paramétrage de la fenêtre	99
Figure 56 : Utilisation du script « R » « R SCRIPT ggplot scatterplot modified.rsx » de la Figure 54 dans QGIS : graphique résultant	99
Figure 57 : Calculatrice de champ : exemple de calcul inter-colonne dans un nouveau champ	102
Figure 58 : Aperçu de la « carte sommaire des 12 villages et 50 puits » obtenue à la fin de l'exercice « Mali » et présentant l'indice de satisfaction en eau pour chacun des 12 villages (12 grands cercles de couleur variable) et le débit des 50 puits (50 cercles bleus de taille variable).	104
Figure 59 : Paramétrage des unités pour les mesures de distance et de superficie dans les propriétés d'un projet QGIS.	106
Figure 60 : Calculatrice de champ : exemple de calcul de la superficie de polygones en m ²	108
Figure 61 : Définition des 2 paramètres de géométrie disponibles pour le calcul de surface dans la calculatrice de champs : « area » et « \$area »	108
Figure 62 : Points bruns = centroïdes de polygones et de lignes ; points bleus = points inclus dans le polygone/ligne source.	109
Figure 63 : Plan d'aménagement du territoire réalisé via un atelier de SIG participatif communautaire dans le village d'Akbar sur l'île de Basilan aux Philippines et aperçu du village	110
Figure 64 : Aperçu du résultat de l'édition et de la création de données géographiques vectorielles (points, lignes, polygones) dans le cas de la contextualisation « Philippines »	111
Figure 65 : Schéma des opérations de la contextualisation « Philippines »	112

Figure 66 : Fenêtre de réglage des options de numérisation (création, édition, accrochage,...)	117
Figure 67 : Fenêtre de réglage des options ou paramètres d'accrochage	118
Figure 68 : Menu de création d'une nouvelle couche / de copie d'une couche existante dans QGIS	119
Figure 69 : Fenêtre de création d'une nouvelle couche vecteur (shapefile).....	122
Figure 70 : Création d'un point de contrôle lors du géoréférencement avec le « Géoréférenceur » QGIS pour un point au Nord-Ouest du Guatemala identifié dans l'interface principale de QGIS (à gauche) et dans le « Géoréférenceur » (à droite), et fenêtre de saisie des coordonnées des points de contrôle (coordonnées en Degrés Décimaux).....	128
Figure 71 : Géoréférencement : donnée de référence (à gauche), géoréférenceur avec la donnée à géoréférencer, les points de contrôle et les résidus calculés après avoir paramétré la transformation (à droite)	129
Figure 72 : Fenêtre des paramètres de transformation à utiliser en fin de procédure de géoréférencement.....	130
Figure 73 : Superposition, dans la fenêtre de visualisation spatiale de QGIS, de la carte du Guatemala géoréférencée et des frontières des pays (traits noirs) ayant servi comme référence au géoréférencement.	131
Figure 74 : Schéma des opérations à suivre dans le cadre de la contextualisation « Inde »	135
Figure 75 : Accès à certains outils de traitements via les menus « Vecteur » et « Raster » de QGIS	137
Figure 76 : Aperçu de la « Boite à outils de traitements » de QGIS	139
Figure 77 : Configuration du fournisseur de traitements « R » dans QGIS	144
Figure 78 : Fournisseurs de traitements : fenêtre de paramétrage et activation des applications	146
Figure 79 : Boite à outils de traitements : exemple de recherche d'un outil : le cas d'un outil de création de zones tampon	147
Figure 80 : Fenêtre de création de zones tampon de l'outil « Tampon... » de QGIS.....	149
Figure 81 : Zones tampon de 120 km de rayon autour des 7 centrales nucléaires indiennes et districts indiens. Notez la « déformation ovale » des zones tampon vers les latitudes Sud due à la projection géographique du projet QGIS (EPSG 4326 - WGS84).	149
Figure 82 : Déformation extrêmes des zones tampons aux plus hautes latitudes Sud (à gauche) et Nord (à droite)	150
Figure 83 : Fenêtre de l'outil « Intersection » de QGIS	152
Figure 84 : Aperçu des résultats de la contextualisation « Inde » mettant en évidence les districts affectés se situant dans les zones tampon de 120 km autour des centrales nucléaires. 2 cartes du coin inférieur droit : mise en évidence, par sélection, de l'unicité des entités spatiales par combinaison « centrale nucléaire-district » lorsque 2 zones tampon se superposent.....	153
Figure 85 : « Modeleur graphique de traitements » dans QGIS2. : exemple pour un modèle qui crée une couche vectorielle contenant des bassins versants basés sur un MNE et une valeur de seuil (Source = documentation QGIS) ...	154
Figure 86 : Schéma des opérations à réaliser pour la création d'un raster exprimant la susceptibilité aux glissements de terrain	158
Figure 87 : Aperçu d'une partie de la zone d'étude dans Google Earth en 3D avec un focus sur une zone où le relief est plus marqué. La large bande grise-brune de l'avant-plan correspond à une zone fraîchement déforestée. ...	158
Figure 88 : Aperçu de la zone d'étude de la contextualisation « Brésil » (de gauche à droite et de haut en bas): image « Google satellite » ; données de base : altitude, réseau hydrographique, échantillonnage de sol ; raster « Sol » issu de l'interpolation; raster « Pente » ; raster « Rivières » ; raster « SUSCEPTIBILITE_GLISSEMENT_TERRAIN » (= résultat final)	162
Figure 89 : Menu de symbologie d'un raster via le menu « Clic-droit sur le raster > Propriétés > Symbologie »	164
Figure 90 : Fenêtre de création d'un dégradé de couleurs pour raster avec 2 points d'arrêt intermédiaire	167
Figure 91 : Fenêtre de l'outil d'interpolation spatiale « Grille (Linéaire) » de QGIS	169
Figure 92 : Fenêtre de création d'un raster de pentes à partir d'un raster d'altitude	172
Figure 93 : Exemple de fichier texte de reclassification pour l'outil « r.reclass » des commandes GRASS.....	174
Figure 94 : Outil « r.reclass » du fournisseur de traitements « GRASS »	175
Figure 95 : « Calculatrice Raster » : exemple de calcul multi-raster	177
Figure 96 : Concept de « bassin versant ». Source de l'illustration: http://www.syndicatdelaseiche.fr/ou-coule-l-eau-sur-le-bassin/ , avec légères modifications.....	178
Figure 97 : Aperçu de la zone d'étude de la contextualisation « Haïti » (de gauche à droite et de haut en bas) : données de base : altitude (MNT) et exutoire du bassin versant (point bleu) ; raster « ombrage » réalisé à partir du MNT ; raster « Direction des écoulements » ; raster « Accumulation » ; raster « Unique label for each watershed basin » ; raster « Basin » identifiant le bassin versant d'intérêt (jaune transparent) et vecteur de type polygone délimitant ce bassin versant (contour bleu), avec en fond le MNT.	180
Figure 98 : Schéma des opérations pour la délimitation d'un bassin versant à partir d'un MNT	182
Figure 99 : Paramétrisation de l'outil « r.watershed » dans le cas de la contextualisation « Haïti » (vue partielle de l'outil)	186
Figure 100 : Paramétrisation de l'outil « r.water.outlet » dans le cas de la contextualisation « Haïti »	188

Figure 101 : Paramétrisation de l'outil « Polygoniser (Raster vers Vecteur) » dans le cas de la contextualisation « Haïti »	189
Figure 102 : Interface de construction d'une vue 3D avec la « Vue Cartographique 3D » de QGIS. Point bleu : exutoire du bassin versant. Ligne noire : délimitation d'Haïti. La symbologie appliquée sur le raster MNT est celle disponible via : clic droit sur la couche MNT dans le panneau Couches > Propriétés...> Symbologie > Rendu des bandes raster > Palette de couleurs >  > Créer une nouvelle palette de couleurs > Catalogue : cpt-city > OK > Topography > wiki-schwarzwald-cont (151 Couleurs - continues).....	191
Figure 103 : Représentation 3D de la zone d'étude produites avec la Vue Cartographique 3D de QGIS en utilisant la couche « Google Satellite » (disponible via l'extension « QuickMapServices > Google > Google Satellite » (confer section 7.3.3.1 page 53)) comme couche de drapage. Point bleu : exutoire du bassin versant. Ligne blanche : délimitation du bassin versant identifié dans la section 7.14.1 page 181.	191
Figure 104 : Répertoire à utiliser pour l'exercice sur le mode d'enregistrement en chemin relatif et absolu des projets QGIS.....	193
Figure 105 : Exemple de carte réalisée avec QGIS : cas de la contextualisation 9.....	199
Figure 106 : Aperçu de l'interface de mise en page cartographique de QGIS (avec la carte de la contextualisation 9 « Congo » terminée).....	201
Figure 107 : Différent types de symbologie vectorielle (point, ligne, polygone) disponible dans QGIS 3.10.0.....	202
Figure 108 : Exemples des diagrammes réalisables dans QGIS : camembert, texte, histogramme (cas pour 2 zones d'étude circulaires dans l'océan (en bleu)).....	204
Figure 109 : Cartes multiples et rectangle d'emprise (« empreinte »).....	211
Figure 110 : Outils fréquemment utilisés dans QGIS.....	222
Figure 111 : Carte d'occupation du sol d'une partie d'une île aux Philippines.....	223

Liste des annexes

Annexe 1 - Les 11 commandements pour utiliser correctement QGIS.....	220
Annexe 2 - Outils fréquemment utilisés dans QGIS	222
Annexe 3 - Exemple de carte d'occupation du sol	223
Annexe 4 - Fiche technique pour l'importation de points XY (GPS par exemple) dans QGIS à partir d'un GPS ou d'un tableur.....	224
Annexe 5 - Descriptions et sources des données utilisées dans ce manuel	226
Annexe 6 - Sites internet SIG intéressants	228
Annexe 7 - Conseils pour mener à bien une campagne de terrain avec utilisation de GPS .	230

Annexe 1 - Les 11 commandements pour utiliser correctement QGIS

1. Concernant l'**organisation et l'enregistrement de vos données**, il est conseillé de :
 - Enregistrer toutes vos données (projet QGIS, données géographiques, etc) **dans un même dossier** (qui peut contenir des sous dossiers) afin d'avoir une vision claire de l'organisation vos données et d'en faciliter la manipulation éventuelle (envoi de projet QGIS à un collègue,...)
 - Enregistrer toujours votre projet en «**chemin relatif** » si vous comptez partager votre projet avec d'autres personnes ou simplement déplacer le projet vers un autre dossier ou ordinateur
 - Faites en sorte que les **noms de répertoires** contenant vos données géographiques et votre projet QGIS, et les **noms de fichiers**, ne contiennent **pas de caractères spéciaux**, caractères avec accents (à, é, è, ï, ù, etc), apostrophe ('), trait d'union (-), parenthèse () ou autres caractères ne faisant pas partie de la base alpha-numérique (a-z, 0-9) car cela pourrait empêcher la bonne exécution de certaines fonctions dans QGIS et faire planter QGIS (bug). Attention, si votre dossier de travail est sur le bureau de l'ordinateur, le « nom d'utilisateur » de la session que vous utilisez doit aussi respecter cette règle car le répertoire correspondant au « bureau » reprend ce « nom d'utilisateur » (exemple du nom de répertoire d'un dossier créé sur le bureau (sous Windows en anglais): « C:\Users\Administrator\Desktop\New folder » où « Administrator » est le « nom d'utilisateur »). Evitez également les noms de répertoires trop longs !
2. **Lors de la manipulation (déplacer, copier, coller)** des fichiers géographiques dans l'explorateur Windows, faites très attention à ne pas oublier un « sous fichier » : à « 1 » fichier de données géographiques correspondent plusieurs fichiers dans l'explorateur Windows (confer section 7.1.4 page 21). Pour **renommer** un fichier, il vaut mieux le faire via une exportation dans QGIS Desktop (clic-droit sur la couche > Enregistrer sous...)
3. Concernant les **systèmes de coordonnées** :
 - Toujours identifier le système de coordonnées le plus adéquat pour votre zone d'étude, en fonction de la zone géographique mais aussi en fonction des données existantes et du système de coordonnées dans lequel elles sont exprimées
 - Lors de la création d'un nouveau projet QGIS, toujours vérifier, et changer le cas échéant, le système de coordonnées du projet QGIS (confer section 7.2.2 page 35)
 - Lors de l'importation de nouveaux fichiers, toujours vérifier le système de coordonnées, et si celui-ci est manquant ou faux, le définir (à condition de savoir dans quel système est votre fichier) (confer section 7.2.4 page 39)
4. Concernant l'**affichage d'éléments** (confer section 7.1.8 page 27) :
 - Lorsqu'une **fenêtre** (un panneau) disparaît, vous pouvez la (le) faire réapparaître via le menu « Vue > Panneaux » dans la barre de menu principale de QGIS en sélectionnant la fenêtre à faire apparaître
 - Pour faire apparaître une **barre d'outils**, utilisez le menu « Vue > Barres d'outils » et sélectionnez-la

5. Certaines fonctionnalités/outils de QGIS sont soumises à **l'installation et l'activation d'une « extension »** (En : « plugin »). Cette **installation / activation** se fait via le menu « Extension > Installer/Gérer les extensions » (confer section 7.1.9 page 27)
6. Après avoir travaillé avec une sélection, il vaut mieux **tout désélectionner** à l'aide du bouton «  » afin de ne pas réaliser les opérations suivantes sur une sélection non désirée (confer section 7.5 page 64)
7. Pour **sauvegarder une jointure dans un nouveau fichier indépendant**, exportez la couche cible contenant le joint dans un nouveau fichier (clic-droit sur la couche à exporter > Enregistrer sous... >) (confer section 7.8.1 page 74)
8. Il est souvent préférable, et parfois obligatoire, en fonction des outils utilisés, et pour leur bon fonctionnement, que les différentes couches à faire interagir soient exprimées dans un **même système de coordonnées**, parfois projetées, parfois utilisant une unité linéaire précise (par exemple des mètres, des feet,...). De plus il est parfois nécessaire que le système de coordonnées du projet soit également le même. Tout dépend des nécessités de l'outil utilisé. (Confer par exemple les sections 7.12.6.2 et 7.14.1, pages 151 et 181)
9. Lors de la réalisation d'une **carte**, pensez à la liste des **éléments qu'il est souvent indiqué d'y faire apparaître** (titre, échelle, légende, source et date des données, flèche du Nord, auteur et date de création de la carte, système de coordonnées, grille de géoréférencement) et ajoutez-les le cas échéant (confer section 7.16 page 200)
10. Un bon vieux « **clic droit** » (sur le nom de la couche dans le panneau « Couches » ou ailleurs) vous donnera souvent accès à des fonctionnalités utiles
11. Lorsque vous réalisez une opération, **vérifiez toujours à posteriori si le résultat** fourni par le logiciel correspond bien à ce que vous pensiez faire

Annexe 2 - Outils fréquemment utilisés dans QGIS

(Lien vers la section « 7.12 Utiliser des outils de traitement », page 135)

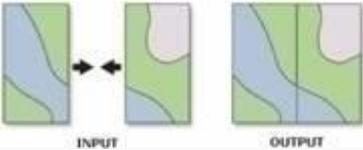
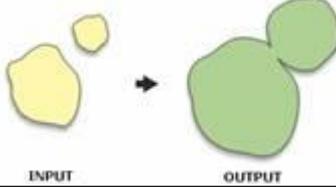
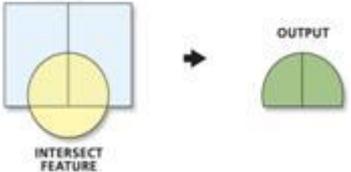
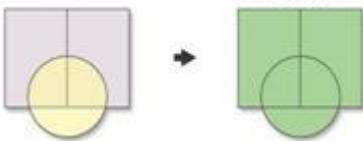
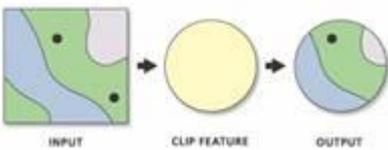
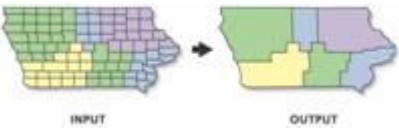
Nom de l'Outil	Utilité de l'outil	Schéma	Menu d'accès dans QGIS
Fusion (En: Merge)	Fusion des entités spatiales de plusieurs fichiers dans 1 fichier		Vecteur > Outils de géotraitement
Tampon (En: Buffer)	Création d'une zone tampon autour d'une entité spatiale		Vecteur > Outils de gestion de données
Intersection (En: Intersect)	Intersection de deux fichiers de formes		
Union (En: Union)	Union de deux fichiers de formes		
Découpage (En: Clip)	Extraction des entités « input » qui superposent l'entité de coupe (« Clip Feature »)		
Regrouper (En: Dissolve)	Agrégation d'entités spatiales sur base d'un attribut spécifié.		

Figure 110 : Outils fréquemment utilisés dans QGIS

(Source des illustrations : documentation ArcGIS)

Annexe 3 - Exemple de carte d'occupation du sol

(Lien vers la section « 7.16 Edition cartographique (réalisation de cartes) » page 200)

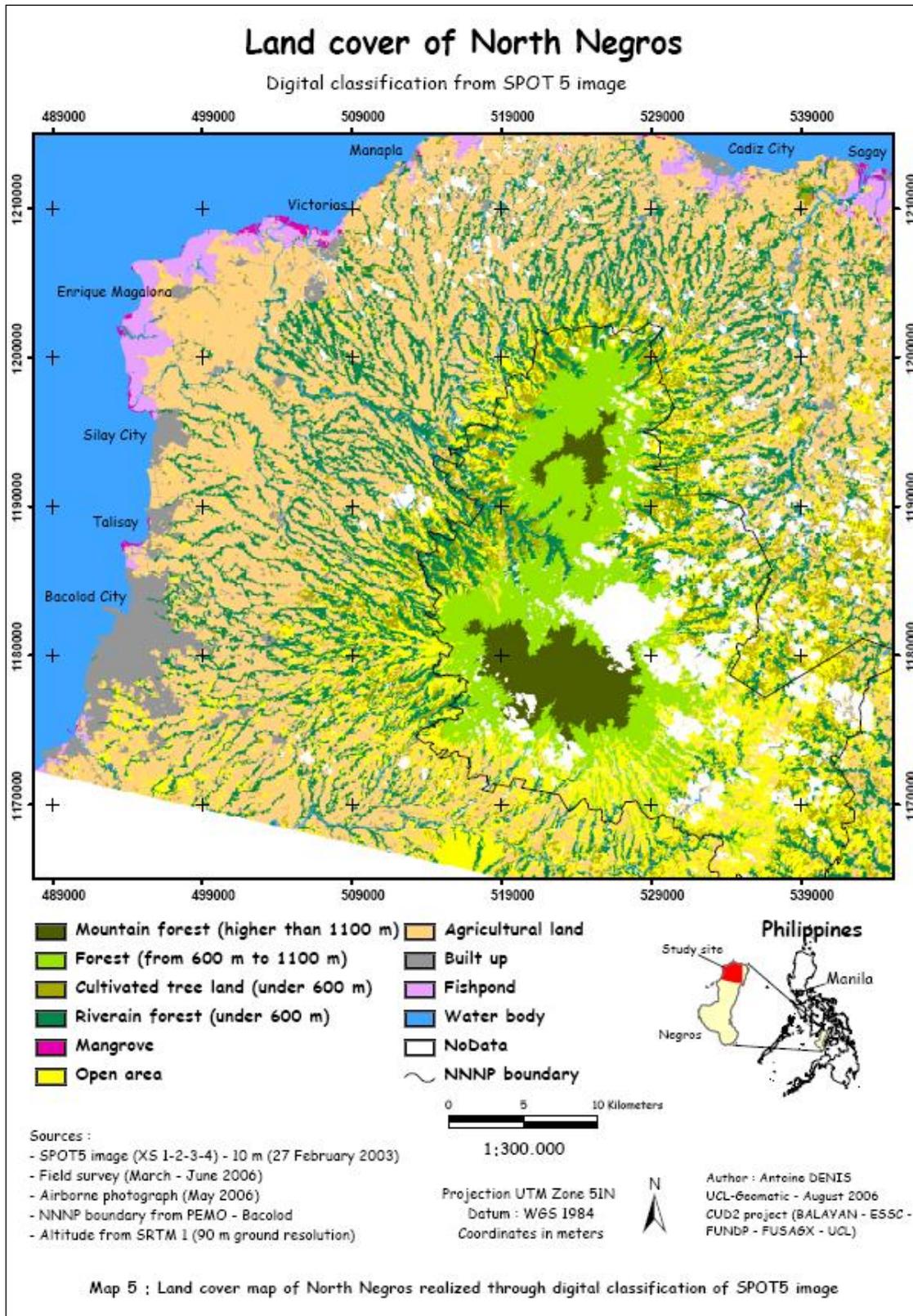


Figure 111 : Carte d'occupation du sol d'une partie d'une île aux Philippines

Annexe 4 - Fiche technique pour l'importation de points XY (GPS par exemple) dans QGIS à partir d'un GPS ou d'un tableur

(Lien vers la section « 7.3.2.1 Ajouter des données ponctuelles XY à partir d'un tableur (Excel ou Libre/OpenOffice par exemple) », page 48)

Importation de données GPS directement à partir du GPS, en format shapefile par exemple

- 2 menus de QGIS sont intéressants pour la gestion des données GPS :
 - « Vecteur > Outils GPS »
 - « Vue > Panneaux > Information GPS »
- Solution la plus simple et la plus propre

Importation de données GPS à partir d'un tableur type « Excel »

- Si les points GPS ont été retranscrits dans un cahier de terrain et que vous ne possédez plus que ces notes, vous devrez donc encoder ces informations dans un tableur (par exemple dans « Excel ») et suivre les 4 étapes ci-dessous pour l'importation de ces points dans QGIS.
- Solution plus fastidieuse et présentant un risque d'erreur au moment de la retranscription des coordonnées.

1. Analyse de vos données ponctuelles dans le tableur

Vous devez connaître ou identifier :

- Le **système de coordonnées** dans lequel vos points sont exprimés. L'opérateur qui a fait les relevés GPS doit posséder cette information en principe. En général, par défaut, le GPS enregistre les points dans le système de coordonnées géographiques « WGS84 ». Mais il faut s'en assurer, sinon leur position ne sera peut-être pas bonne. Il est généralement possible de vérifier la configuration du GPS après la collecte des données ou dans les fichiers GPS enregistrés.
- Les **unités utilisées**. Cela peut être par exemple, des mètres, kilomètres, degrés-minutes-secondes (DMS) ou degrés décimaux (DD), etc

Il faut que le système de coordonnées de vos points soit compatible avec QGIS. C'est le cas la plupart du temps. Sinon il faut convertir vos coordonnées. Il existe toute une série de petits logiciels gratuits sur le web pour réaliser des conversions de coordonnées d'un système vers un autre. A vous de chercher le logiciel qui pourrait vous aider.

Si vos coordonnées sont exprimées en « **Degrés-Minutes-Secondes** » (DMS), il sera probablement plus pratique de les **convertir en « Degrés Décimaux » (DD)** avant de les importer dans QGIS. Un exemple du calcul de conversion à réaliser est donné ci-dessous :

Degrés	Minutes	Secondes		Degrés décimaux (DD)
45	25	55	Conversion en DD ⇒	= 45 + (25/60) + (55/3600)
	Il y a 60 minutes dans 1 degré	Il y a 3600 secondes dans 1 degré		= 45.432 degrés décimaux

De plus, selon la localisation de votre zone d'étude, vous devrez identifier si vous travaillez dans **l'hémisphère nord ou sud**.

2. Organisation de vos données dans le tableur

Il est conseillé, pour éviter tout problème, d'organiser vos données d'une manière similaire à ce qui est décrit ci-dessous :

- 1^{ère} ligne = nom des colonnes, par exemple :
 - X ou longitude
 - Y ou latitude
 - Z ou altitude
 - Observation 1
 - Observation 2
 - Etc
- Le nom des colonnes doit être simple :
 - Pas d'espace
 - Pas de caractères spéciaux (% , / - etc)
 - Nom court
- Les **lignes suivantes** doivent contenir les valeurs de manière continue (pas de ligne vide)

L'**exemple** suivant vous donne les coordonnées en mètres (dans le système de coordonnées Lambert belge 72) de quelques stations météo belges. Exemple à partir duquel vous pouvez tenter l'exercice d'importation dans QGIS :

- La table 1 est exemple correcte
- La table 2 est un exemple de ce qu'il ne faut pas faire, avec en rouge les « erreurs »

Table 1

STATION	X	Y
Station 1	254950	42327
Station 2	256446	28543
Station 3	253784	29016

Table 2

STATION météo	X (m)	Y (m)
Ligne en trop		
Station 1	254950	42327
Station 2	256446	28543
Station 3	253784	29016

3. Importation de vos données GPS dans QGIS à partir d'Excel

Référez-vous à la section 7.3.2 page 48 et en particulier à la section 7.3.2.1 page 48.

4. Contrôle du résultat

Vous devrez toujours contrôler le résultat obtenu. Ceci peut se faire :

- Par comparaison du positionnement de vos points GPS par rapport à d'autres données de références, par exemple un shapefile de limites administratives, etc
- Par vérification de la logique du positionnement de vos points par rapport aux coordonnées : par exemple, dans l'hémisphère nord, si un point « a » a une valeur de latitude (Y) plus grande que celle du point « b », le point « a » devra se situer au-dessus (plus au Nord) du point « b »

Annexe 5 - Descriptions et sources des données utilisées dans ce manuel

Nom du fichier	Description	Source
affected_district_20092010.shp.kml	Fichier au format « KML » (vecteur) identifiant les districts pakistanais affectés par l'inondation de 2010.	http://floods2010.pakresponse.info/MapCenter/GISData.aspx
AFRICA 4 COUNTRIES MAIN LAKES BORDER.shp	Quelques grands lacs frontaliers avec la RDC	http://www.diva-gis.org/Data
BRESIL_RONDONIA_LANDSAT_2_19_JUIN_1975.tif BRESIL_RONDONIA_LANDSAT_7_07_FEVRIER_2001.tif	2 images des satellites Landsat-2 et Landsat-7 mettant en évidence la déforestation qu'a subit l'Etat de Rondonia au Brésil entre 1975 et 2001	https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a000000/a003100/a003113/
Carte_communautaire_village_AKBAR.png	Carte d'aménagement du territoire du village de Akbar sur l'île Basilan aux Philippines	Créé
Carte_communautaire_village_AKBAR_Geo_ref.tif	Carte « Carte_communautaire_village_AKBAR.png » géoréférencée	Créé
CENTRALE_NUCLEAIRE_LOGO.svg »	Fichier image du symbole nucléaire au format « .svg » utilisé pour la symbologie de la couche « Reacteurs_nucleaires_2011_SCR_projection_EPSG54027.shp »	Inconnue
Countries.shp	Pays du monde. (Non fourni dans le dossier de formation car trop lourd (30Mo). Voir à la place les pays du monde dans les fichiers « ne_10m_admin_0_countries.shp » etc.)	https://www.diva-gis.org/Data
ECHANTILLONAGE.shp	Zones d'échantillonnage pour analyse d'eau	Créé
ETENDUE_INONDATION_24_AOUT_2010_MODIS_AQUA.shp ETENDUE_INONDATION_24_AOUT_2010_MODIS_AQUA_ZONE_TAMPON_5KM.shp	Zones touchées par l'inondation au Pakistan à la date du 24 août 2010 (zones identifiées à partir d'une image du satellite « MODIS Aqua ») et sa zone tampon de 5 km. (Shapefile téléchargé en base de données de format ArcGIS puis converti en shapefile dans ArcGIS pour QGIS)	https://data.hdx.rwllabs.org/dataset/fl20100802pak-flood-vectors-modisaqua-24-august-2010 Zone tampon : créée
EXUTOIRE DU BASSIN VERSANT SCR WGS84 UTM18N.shp	Exutoire d'un bassin versant à Haïti	Créé
Feuille Excel.xls	Exemple de feuille Excel	Créé
Google_Satellite_Image_Local.tif	Image satellite sur une zone en RDC	Google satellite
guat_lucp.jpg	Carte écologique du Guatemala	http://eu soils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eudasm/latinamerica/maps/guat_lucp.htm
Haiti.shp	Frontières d'Haïti	Dérivés de la couche « countries.shp »
MALI.shp	Mali	Dérivé de « ne_50m_admin_0_countries.shp »
ne_10m_admin_0_countries.shp ne_50m_admin_0_countries.shp ne_110m_admin_0_countries.shp	Pays du monde à différents niveaux de généralisation des contours (« 10m » est le plus précis, « 110m » le moins précis)	https://www.naturalearthdata.com/downloads/
Pays d'Afrique.shp	Pays d'Afrique	Dérivés de la couche « countries.shp »
Pakistan_31_JULY_2009_TERRA_1km_CLIP.tif Pakistan_31_JULY_2010_TERRA_1km_CLIP.tif	2 images satellites issues du satellite MODIS TERRA à 1 km de résolution spatiale et datant du 31 juillet 2009 et 2010	http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?subset=Pakistan
Parcelles de coton bio de Yanle.shp	Parcelles de coton d'un village au Mali	Créé
Pays d'Afrique.shp	Pays d'Afrique	Dérivé de « countries_shp »
Philippines.shp	Philippines	Dérivé de « countries_shp »
Population_indienne_par_district_SCR_projection_EPSG54027.shp	Population indienne par district d'Inde	http://www.diva-gis.org/datadown complété à l'aide de : http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_districts_in_India_by_population

Projets eoliens de l ile de Basilan.shp	Localisation de projets éoliens aux Philippines	Créé
Raster_altitude_Haiti_SCR_WGS84_UTM18 N.tif	Modèle Numérique de Terrain (MNT) d'une région à Haïti re-projeté dans le SCR WGS84 UTM18N	https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp
Raster_altitude_Bresil.tif	Modèle Numérique de Terrain (MNT) d'une région au Brésil	Tiles : ASTGTM2_N19W073074 ASTGTM2_S09W056
RDC.shp	Frontières de la RDC	Inconnue
RDC_admin.shp	Régions administratives de la RDC	http://www.maplibrary.org (couches renommées)
RDC_image_satellite.tif	Image satellite de la RDC	http://www.maplibrary.org (couches renommées)
Reacteurs_nucleaires_2011_SCR_projection_EPSG54027.shp	Centrales nucléaires du monde en 2011	http://www.sharegeo.ac.uk/handle/10672/202 Fichier simplifié par rapport à l'original.
RECLASSIFICATION_RIVIERES.txt RECLASSIFICATION_SOLS.txt RECLASSIFICATION_PENTE.txt	3 fichiers contenant les règles de reclassification nécessaires pour la fonction « r.reclass »	Créé
Rivieres.tif	Raster établissant la proximité du réseau hydrographique de « Paraisoverde » dans la forêt brésilienne	Créé
Rivieres.shp	Approximation du réseau hydrographique de « Paraisoverde » dans la forêt brésilienne	Créé
RIVIERES.shp et RIVIERES_LEGENDE.shp	Réseau hydrologique sur une zone en RDC	Créé
SITES DE CREUSEMENT.shp	Sites d'orpaillage sur une zone en RDC	Créé
Susceptibilite_liee_au_type_de_sol.shp	Shapefile de points correspondant à un échantillonnage de sols, localisés par GPS, et établissant la susceptibilité des types de sols aux glissements de terrain.	Créé
Susceptibilite_liee_au_type_de_sol.kml	Idem que ci-dessus mais en format KML compatible avec Google Earth	Créé
undp_gdp_per_capita_and_human_development_index_world_2005.shp	Indice de développement humain par pays	http://geocommons.com/overlays/2069
UTM_ZONES.shp	Zones UTM du monde	http://www.enviropjects.org/geospatial-services/gis-resources/global-utm-zones/view
VILLAGES.shp et VILLAGES_LEGENDE.shp	Quelques villages dans une zone en RDC	Créé
ZAM-level_1.shp	Régions administratives de la Zambie	http://www.maplibrary.org
Zones exploree au gre des exercices de ce manuel.shp	Localisation sur la carte du monde des zones utilisées dans les différentes contextualisations de ce manuel de TP SIG	Créé
Zones habitees du Pakistan.xls	Principales zones peuplées du Pakistan	Dérivé de « 10m_populated_places.shp »
10m_populated_places.shp	Principales villes du monde	http://www.naturalearthdata.com/downloads/
10m_river_lake_centerlines	Principaux fleuves du monde	
110m_populated_places.shp	Principales villes du monde	
50m_ocean.shp	Océans	
12_villages_Type_de_populations_et_Besoins_en_eau.dbf	Table indépendante contenant des informations relatives au fichier « 12_villages_autour_de_Dinangourou.shp »	Créé
12_villages_autour_de_Dinangourou.shp	Position de 12 villages au Mali	Dérivé en partie de « 10m_populated_places.shp » mais avec données fictives
50_puits_autour_de_Dinangourou.shp	Position de 50 puits au Mali	Créé

Annexe 6 - Sites internet SIG intéressants

Catégorie	Nom	Adresse web	Descriptif	Gratuit ?
Formations QGIS	Confer la section « 6.2.3 Quelques bons tutoriaux sur le net » page 14			Oui
Web GIS	Google Earth	http://www.google.fr/earth/index.html	« Le globe terrestre le plus détaillé au monde »	Oui
	Google Maps	https://maps.google.com/	Street of the world	Oui
	OpenLayers	http://openlayers.org/	To put a dynamic map in any web page	Oui
	OpenStreetMap	http://www.openstreetmap.org/	Carte du monde librement modifiable, faite par des gens comme vous.	Oui
	BBBike	https://extract.bbbike.org/	Permet d'extraire des données d'OpenStreetMap en divers format	Oui
Services web spatiaux (WMS, WFS, WCS)	Spatineo	http://directory.spatineo.com/	Site web répertoriant les services web spatiaux.	Oui
	The National Map - Service Endpoints (US)	https://viewer.nationalmap.gov/services/	USGS (United States)	/
Sources de données	SRTM (MNT-altitude)	https://earthexplorer.usgs.gov/	MNT-altitude mondiale à 30 m de résolution spatial	Oui
	ASTER-GDEM (MNT-altitude)	https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp	MNT-altitude mondiale à 30 m de résolution spatial	Oui
	GeoNetwork	http://www.fao.org/geonetwork/	FAO GIS database	Oui
	Protectedplanet.net	http://www.protectedplanet.net/	World Database on Protected Areas (WDPA)	Oui
	Natural Earth	https://www.naturalearthdata.com/	Free vector and raster map data at 1:10m, 1:50m, and 1:110m scales	Oui
	DIVA-GIS	https://www.diva-gis.org/	Free Spatial Data	Oui
	VMAP1	http://www.mapability.com/index1.html?http&&www.mapability.com/info/vmap1_index.html	World Vector Map Level 1, resolution is based on 1:250,000	Oui
	Map Library	http://www.maplibrary.org/	Basic map data concerning administrative boundaries in developing countries	Oui
	Free GIS, Remote Sensing, Spatial & Hydrology Data	http://free-gis-data.blogspot.be/	Blog providing many links to free GIS, Remote Sensing, Spatial & Hydrology Data	Oui
	NASA EARTHDATA (USA)	https://search.earthdata.nasa.gov/search/	Grande variétés de données spatiales dont des images satellites	Oui
USGS EARTH EXPLORER (USA)	https://earthexplorer.usgs.gov/	Images satellites principalement	Oui	

Sources de données	Copernicus Open Access Hub (EU)	https://scihub.copernicus.eu/ https://www.copernicus.eu/fr/acces-aux-donnees	Accès aux données satellitaires ESA Point d'entrée pour l'accès aux données Copernicus	Oui
	AfricaMap	http://worldmap.harvard.edu/africamap/	Wide source of data focusing on Africa	Oui
	Climate Change, Agriculture and Food Security	http://www.ccafs-climate.org/data/	Data Provided by the CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS)	Oui
Logiciels	QGIS	http://www.qgis.org/	La référence SIG libre !!	Oui
	DIVA-GIS	http://www.diva-gis.org/	Free GIS software	Oui
	OSSIM	https://trac.osgeo.org/ossim/	Free Geospatial libraries and applications	Oui
	gvSIG	http://www.gvsig.com/	Free GIS software	Oui
	XTOOLS-PRO	http://www.xtoolspro.com/	Set of useful vector spatial analysis, shape conversion, and table management tools for QGIS	Non (14 jours d'essai gratuit)
	GME - Geospatial Modelling Environment	http://www.spatialecology.com/gme/gmedownload.htm	GIS analysis tools. Previously known as Hawth's Analysis Tools	Oui
	R + RStudio	http://www.r-project.org/ https://rstudio.com/	Free statistical software with a raster module	Oui
Forums	GIS StackExchange	http://gis.stackexchange.com/	Probablement le meilleur forum sur les SIG, dont QGIS, pour des questions techniques (En)	Oui
	GeoRezo	http://georezo.net/	Le portail francophone de la géomatique	Oui
Belgique - divers	Géoportail de la Wallonie	http://geoportail.wallonie.be/	La cartographie au service des wallons	Oui
	Sources de données géographiques, FUNDP, Namur	http://www.fundp.ac.be/sciences/geographie/etudiants/sources-de-donnees-geographiques	Ressources cartographiques, de télédétection, socio-économiques, des programmes SIG	Oui
Géoportails	EUROPE	http://inspire-geoportal.ec.europa.eu/	Géoportail	Oui
	BRUXELLES	http://geoloc.irisnet.be/	Géoportail	Oui
	FRANCE	http://www.geoportail.gouv.fr/accueil	Géoportail	Oui
	ALLEMAGNE	http://www.geoportal.de/	Géoportail	Oui
	SUISSE	http://map.geo.admin.ch/	Géoportail	Oui
	ITALIE	http://www.pcn.minambiente.it/viewer/	Géoportail	Oui

Annexe 7 - Conseils pour mener à bien une campagne de terrain avec utilisation de GPS

Exemple : relevé d'occupation du sol dans la zone d'étude d'un TFE

- Apprendre à utiliser le GPS avant de partir pour toutes les manipulations à faire sur place (prises de points, navigation, définition du système de coordonnées, chargement des données sur un pc (avoir installé éventuellement un logiciel adéquat sur le pc))
- Si vous travaillez avec une image aérienne ou satellite (de Google Earth ou autre), « étudiez » votre image avant de partir pour cibler les endroits difficilement photo-interprétables qui feront l'objet d'une attention toute particulière une fois sur le terrain. De même, identifiez et localisez précisément les endroits devant faire l'objet d'investigations particulières (pour peu que la zone d'étude soit étendue, il est généralement pratiquement impossible de se rendre en tous points de la zone). Planifiez votre travail avant de partir.
- **A prendre avec:**
 - **GPS et les câbles** associés pour se connecter à l'ordinateur
 - **Des piles/batterie** en suffisance (les journées de terrain peuvent être longues) et le **chargeur** adapté avec éventuellement un **adaptateur** selon le pays de destination. Si vous faites de longues journées en voiture avec un ordinateur et un GPS, prévoir un convertisseur AC-DC.
 - Éventuellement imprimer une **carte-image** (de Google Earth par exemple) de la zone d'étude en suffisamment bonne résolution que pour reconnaître les éléments du paysage une fois sur place (1/20 000 par exemple). Imprimer un jeu de cartes si nécessaire (grande zone). Ces cartes-images papier peuvent être utiles en cas de défaillance du GPS sur place (pour prendre note directement sur la carte) ou pour s'orienter par rapport à l'image. Pour la réalisation de ces cartes-images, il peut être utile d'utiliser une double grille de géoréférencement :
 - Une grille dans le même système de coordonnées et avec les mêmes unités que ce que vous utiliserez avec le GPS (en général en WGS1984), ce qui facilite le lien à faire pendant la campagne entre le GPS et la carte.
 - Une grille (et une échelle) en mètres, ce qui est plus parlant sur le terrain que des degrés, notamment pour estimer les distances et les grandeurs.Les cartes-images peuvent être glissées dans des chemises plastiques sur lesquelles il est possible d'écrire au marqueur indélébile. Cela peut-être utile en cas de pluie ou d'humidité importante du milieu (forêt) par exemple. Prendre des marqueurs, bics, crayons en suffisance de même qu'un cahier de terrain pour noter vos observations et remarques.
 - **Sac à dos** pour faciliter le transport de tout le matériel
 - **Appareil photo numérique**, pour documenter vos relevés (une photo vaut mieux qu'un long descriptif dans votre cahier de terrain), illustrer une carte. Remarque : possibilité dans QGIS de créer des hyperliens entre un shapefile de relevés (des points par exemple) et une base de données d'images. Voyez [ce lien](#) à propos du plugin « eVis ».