

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**Université des Sciences et de la Technologie d'Oran
Mohamed BOUDIAF**



**Faculté d'Architecture et de Génie Civil
Département d'Architecture**

Polycopié

**Les Systèmes d'Information Géographique
Mise en applications sous le logiciel Open Source :
QGIS**

Dr. Salima REZAK

Préface

Apprendre les Systèmes d'information géographiques (SIG) par l'utilisation d'un outil logiciel est absolument indispensable pour les étudiants en engineering (géologie, hydrologie, urbanisme, etc.), quelque soit le projet entamé. Il peut s'agir de la gestion des ressources en eau, de la planification urbaine, de la gestion des forêts, de la protection contre l'érosion, contre les inondations ou contre la pollution. Les SIG visent donc à cartographier et à analyser ces phénomènes géographiques. Ceci, permet aux responsables d'agir rapidement et de manière opportune en prenant des décisions précises pour faire face au phénomène en question.

Les outils SIG sont de plus en plus abondants. Que ce soit pour la catégorie des logiciels commerciaux ou bien pour la catégorie des logiciels gratuits. Aujourd'hui, il existe une large gamme de logiciels SIG libres (Open Source). Cet avantage offre aux étudiants l'opportunité d'apprendre davantage sur le fonctionnement des SIG, d'y étendre et d'y approfondir leurs connaissances. Grace à cette catégorie de logiciels, il est possible d'entamer un projet sans aucune hésitation et sans avoir le souci de disposer d'une licence de logiciel payante. Les avantages découlant de leurs utilisations sont notamment l'exploitation exhaustive de la donnée géographique et l'analyse spatiale rigoureuse des résultats.

Le but de ce cours est d'initier les étudiants aux SIG en utilisant un logiciel libre.

Ce polycopié couvre un ensemble de connaissances théoriques sur les SIG jugées nécessaires pour aborder des applications concrètes. Ces applications sont mises en œuvre par le logiciel QGIS disponible en Open Source permettant ainsi à l'étudiant de comprendre le fonctionnement d'un SIG.

QGIS est de plus en plus développé. Il est devenu un logiciel sophistiqué et puissant. Sa caractéristique Open Source a permis sa dotation continue en modules d'extensions : plugin (nouvelles fonctionnalités). Ainsi, le libre développement par les utilisateurs a grandement contribué à intensifier ses applications dans diverses disciplines scientifiques.

A travers ce cours, nous avons donc choisi d'utiliser QGIS vu qu'il dispose d'une multitude de fonctions destinées à une analyse spatiale d'un objet géographique (surfacique : régions, bassin versant, commune ; ponctuel : puits, objet patrimonial).

Ce cours est essentiellement une initiation à l'utilisation de QGIS en s'appuyant sur des exemples concrets concernant l'Algérie : Wilayas de l'Algérie, commune d'Ait Yahia, plaine de Mascara et puits de la nappe superficielle de Ghriss.

Ce polycopié vise à traiter un nombre important de données spatiales en **format vecteur** (communes, Wilaya, puits) et en format **raster** (Modèle Numérique de Terrain issu de SRTM). Le système de projection utilisé est Lambert Nord Algérie.

Ce document couvre les chapitres suivants :

- ✓ Introduction générale sur les systèmes d'information géographique ;
- ✓ Notions de forme de la terre ;
- ✓ Présentation d'un logiciel SIG Open Source : QGIS ;
- ✓ Analyse spatiale ;
- ✓ Le Modèle Numérique de Terrain (MNT).

Sommaire

Liste des Figures	1
Liste des tableaux	3
Chapitre I Introduction générale sur les systèmes d'information géographique	1
I.1 Généralités sur les systèmes d'information géographique (SIG)	1
I.1.1 Définition d'un SIG	1
Plusieurs définitions d'un système d'information géographique peuvent être proposées par les auteurs et qui se distinguent les unes des autres par leur domaine d'application.	1
I.1.2 Les principales fonctions d'un SIG (ESRI France)	3
I.1.2.1 Saisie	3
I.1.2.2 Manipulations	4
I.1.2.3 Gestion	4
I.1.2.4 Interrogation et analyses	4
I.1.2.5 Analyse spatiale	5
I.1.2.6. Visualisation	5
I.1.3 Relation d'un SIG avec le système de gestion de base de données	5
I.1.4 Comparaison des SIG avec d'autres systèmes	6
I.1.5 Avantages d'un SIG	7
I.1.6 Exemple de questions auxquelles peut répondre un SIG	9
I.1.7 Contributions des disciplines au SIG	9
I.1.7.1 Géographie	9
I.1.7.2 Cartographie	9
I.1.7.3 Télédétection	10
I.1.7.4 Photogrammétrie	10
I.1.7.5 Arpentage	10
I.1.7.6 Statistiques	10
I.1.7.7 Informatique	10
I.1.7.8 Mathématiques	11
I.1.8 Logiciels SIG	11
I.1.8.1	11
I.1.8.2 Logiciels propriétaires	12
<i>Gratuits</i>	12
ArcGIS Explorer	12
NaIVgateur SIG permettant de restituer une cartographie sous la forme d'un globe planétaire.	12
Commerciaux	13
I.2 Les formats utilisés dans un SIG	13
I.2.1 Format vectoriel	14
I.2.2 Format raster	15
Chapitre II Notions de forme de la terre	17
II.1. Forme de la terre	17
II.1.1 Coordonnées sphériques	17
II.1.1.1 Ellipsoïde, modèle géométrique de la terre	17
II.1.1.2 Les méridiens	17
II.1.1.3 Les parallèles	18
II.1.1.4 Les coordonnées géographiques	18

La latitude (phi)	18
II.1.2 Géoïde	22
II.1.2 Modélisation de la terre	23
II.1.2.1 La surface topographique	24
II.1.2.2 Le géoïde	24
II.1.2.3 L'ellipsoïde	25
Systeme géodesique	26
II.1.3 Type de projection	26
II.1.3.1 Projection cylindrique	27
II.1. 4 Les projections utilisées en Algérie	29
Chapitre III Présentation d'un logiciel SIG Open Source : QGIS	32
III.1 Exemple de logiciel SIG Open source : QGIS	32
<i>QGIS peut fonctionner sous plusieurs systèmes d'exploitation tels que MacOS, Linux, d'Unix, les logiciels d'exploitation androïdes. QGIS utilise la bibliothèque logicielle Qt (bibliothèque de création d'interfaces graphiques) et le langage C++, ce qui se traduit par une interface graphique simple et réactive.</i>	32
III.2 Présentation de l'interface de QGIS	33
III.3 Quelques extensions de QGIS	34
III.4 Les formats supportés par QGIS	35
III.4.1 Formats vectoriels	35
III.4.2 Formats raster	35
III.5 Visualisation de données vectorielles sous QGIS	36
III.5.1 Exemple de Visualisation de données vectorielles	36
III.5.1.1 Système de coordonnées de référence (SCR)	38
III.5.1.2 Etiquettes	39
III.5.1.3 Visualisation des attributs d'une couche	40
III.5.1.4 Sélectionner un objet graphique ou une donnée attributaire à l'écran	40
III.5.1.5 Chargement des données vectorielles à partir de Shapefile	41
III.5.1.6 Mesurer des longueurs, des aires et des angles	42
III.6. Géoréférencer avec QGIS	43
III.7. Création d'une nouvelle couche vectorielle et digitalisation	48
III.8. Exemple de calcul de la surface des polygones numérisés	50
III.9 Activer le mode Accrochage	51
III.10 Importer un fichier csv dans QGIS 2.18.2	52
III.11 Interpolation à partir des points dans QGIS 2.18.2	53
Chapitre IV Analyse Spatiale	54
IV.1 Définition de l'interpolation spatiale	54
IV.2.1 Les méthodes d'interpolation	54
IV.2.1.1 Méthodes déterministes	54
IV.2.1.2 Les méthodes géostatistiques	57
IV.2.1.3 Exemple d'élaboration d'une carte par interpolation IDW sous QGIS2	58

IV.2.Requêtes	59
IV.2.1. Requête attributaire	59
IV.2.1. 1. Constructeur de requête	59
IV.2.1. 2 Requête par expression	62
IV.3 Jointure attributaire et spatiale	65
IV.3.1 Jointure attributaire à l'aide d'un champ commun	65
IV.3.1 Jointure spatiale	69
Chapitre V	Le Modèle Numérique de Terrain (MNT)
	72
V.1 Définition de MNT (Rezak, 2014)	72
V.2 Importer un MNT sous QGIS	73
V.2 Analyse du MNT avec l'extension "Analyse de terrain"	75
V.2.1. Création de courbes de niveau	75
V.3. Générer la carte des pentes	76
La pente	76
V.4. Génération de la carte de l'exposition	77
V.5. Ombrage	78
V.6. Habillage de la carte	79
V.6.1 Ajouter une grille à la carte	79
V.6.2 Ajouter une barre d'échelle	80
V.6.3 Ajouter la Flèche du Nord	81
V.6.4 Outils d'annotation	82
V.6.5 Annotations HTML	83
V.6.6 Signets spatiaux	84
V.6.6.1 Créer un signet	84
V.6.6.2 Zoomer sur un signet	84

Liste des Figures

Figure 1 : Les fonctions d'un SIG (Cité par Gandon, 1991, Source : DIDON, 1990) ; cette Figure est refaite par le logiciel QALITEL logigramme.....	3
Figure 2 : relations des SIG avec d'autres systèmes.	6
Figure 3 les différentes couches thématiques superposées nécessaires pour une planification urbaine.	8
Figure 4 Format vectorielle ; de la gauche à droite : Points, lignes et polygone (Source : Wolfgang et al., 2012).14	14
Figure 5 Formats vectoriel dans un SIG (exemple réalisé sur QGIS)	14
Figure 6 Informations alphanumériques du Format vectoriel dans un SIG (exemple réalisé sur QGIS).....	15
Figure 7 Couches thématiques superposables	15
Figure 8 Exemple d'un format raster pour une carte d'occupation des sols a) données attributaire, b) en trait rouge : délimitation des pixels concernant chaque types d'occupation de sols ; c) produit final : carte d'occupation des sols.	16
Figure 9 Méridien d'origine et l'�quateur	17
Figure 10 les parallèles et les méridiens.....	18
Figure 11 La latitude et la longitude	19
Figure 12 Les localités traversées par le méridien de référence: Greenwich en Algérie.....	20
Figure 13 exemple d'un extrait de carte topographique dont coordonnées sont exprimées en degré et en km. 21	21
Figure 14 Forme de la terre	22
Figure 15 Les paramètres de la terre et d'Ellipsoïde	22
Figure 16 Les paramètres de la terre	23
Figure 17 Niveau Moyen de la Mer, Géoïde et Ellipsoïde.....	24
Figure 18 Topographie, Géoïde et Ellipsoïde.....	25
Figure 19 Types de Projection cylindrique.....	27
Figure 20 Projection Universel Transverse Mercator (60zones).....	27
Figure 21 Le monde dans le système de projection UTM.....	28
Figure 22 Projection UTM adopté aux cartes 1/200 000 (Source : INCT).....	28
Figure 23 Projection conique sécante (Source: Van Sickle, 2004)	29
Figure 24 Ancien découpage du Nord de l'Algérie en cartes 1/50 000 dans le système de projection conique conforme de Lambert (Source : INCT).	30
Figure 25 les principaux composants de l'interface de QGIS.....	33
Figure 26 l'interface de QGIS	34
Figure 27 Ajouter une couche vecteur.....	36
Figure 28 Affichage des communes d'Algérie.....	37
Figure 29 Propriété de la couche.....	37
Figure 30 Définir un système de coordonnées de référence personnalisé.	39
Figure 31 Options d'affichage et de style des Etiquettes d'une couche.	39
Figure 32 Affichage des noms des communes ; Les polygones de cette couche représentent les limites des Communes de l'Algérie.....	40
Figure 33 Extraits de la table des attributs des communes de l'Algérie.....	40
Figure 34 La commune Ait-Yahia est sélectionnée en jaune.....	41
Figure 35 Identification des objets.....	41
Figure 36 Les types de fichiers associés au fichier de forme.	42
Figure 37 Outils de mesure des longueurs, des aires et des angles sous QGIS.	43
Figure 38 G�or�f�renc�ur GDAL.....	44
Figure 39 Commande paramètres de transformation, accéder aux paramètres, a) ; fixer le type de transformation et identifier le système de projection, b).....	44
Figure 40 Saisir les coordonnées de calage.....	45
Figure 41 Table des points de contrôle.....	46
Figure 42 Carte géoréférencée (Vbbn = carte de référence ; 02_carte_pentes_georef = la carte scannée géo référencée).	46
Figure 43 Rapport en PDF issue du g�or�f�renc�ment de la carte des pentes de la commune Ait Yahia.....	47
Figure 44 Système de projection utilisé « Lambert Nord Algérie ».	48
Figure 45 Fenêtre de création d'une Nouvelle couche Shapefile pour numériser la carte des pente de la commune Ait Yahia	48
Figure 46 Affichage de la nouvelle couche et Activation de l'outil de numérisation.....	49

Figure 47 Outil de numérisation d'un polygone.....	49
Figure 48 Ajout d'un champ.....	50
Figure 49 La fonction utilisée pour estimer la surface de chaque polygone.....	50
Figure 50 Estimation de la surface (area).....	51
Figure 51 Numériser le polygone 2 par activation du mode Accrochage.....	51
Figure 52 Fenêtre des paramètres d'accrochage.....	51
Figure 53 Fenêtre de création d'une couche à partir d'un fichier csv.....	52
Figure 54 La table des attributs et la carte de localisation des points d'eau la nappe alluvionnaire de la plaine de Ghriss de Mascara.....	53
Figure 55 La figure à gauche représente un extrait de carte de la localisation des points échantillonnés (puits avec leur niveau piézométrique : les valeurs sont surlignées en vert) ; la figure à droite représente un extrait de carte de niveau piézométrique spatialisé par interpolation (point rouge représente la valeur prédite du niveau piézométrique).....	55
Figure 56 Les valeurs encerclées en verts représentent les mesures des points échantillonnés tandis que le point d'interrogation, encerclé en jaune, représente la valeur inconnue à estimer par l'interpolation. Les distances entre les points d'échantillonnage et le point inconnu sont affichées dans un rectangle en noir.....	56
Figure 57 La triangulation de Delaunay de quatre points, et les cercles circonscrit des cinq triangles.....	57
Figure 58 Carte piézométrique pendant l'année 1999 de la nappe superficielle de la plaine de Ghriss.....	59
Figure 59 Fenêtre de saisie de la requête dont le nombre d'habitant est strictement inférieur à 200000.....	60
Figure 60 Résultat de la requête réalisé à l'aide du Constructeur de requête pour un nombre d'habitant strictement inférieur à 200000.....	60
Figure 61 Fenêtre de saisie de la requête dont le nombre d'habitant est strictement supérieur à 200000.....	61
Figure 62 Résultat de la requête réalisé à l'aide du Constructeur de requête pour un nombre d'habitant strictement supérieur à 200000.....	61
Figure 63 Requête pour "pop1987" < 1646.....	62
Figure 64 Etablir une requête par expression.....	63
Figure 65 Boîte de dialogue Sélection par expression.....	63
Figure 66 Requête par expression pour une population inférieure à 1646.....	64
Figure 67 Les commune sélectionnés ayant une population inférieure à 1646.....	64
Figure 68 la Tables des commune sélectionnées ayant une population inférieure à 1646.....	65
Figure 69 Tables de données : a) Table de la couche vecteur, b) Table de données : avec les champs commun possibles (champ texte (bleu) et champ numérique (rouge)).....	67
Figure 70 Boîte de dialogue d'ajout d'une jointure vectorielle.....	68
Figure 71 Extrait de la table finale après la jointure (Table jointe) ; rouge : table cible ; vert table à joindre.....	69
Figure 72 Couche jointe issue de la jointure par localisation.....	70
Figure 73 Table montrant le nombre de points de chaque commune.....	71
Figure 74 Carte montrant le nombre de points d'eau de Biskra.....	71
Figure 75 Modèle numérique de terrain à la maille de 100 m dans le quadrillage métrique Lambert Nord Algérie.(Source : Rezak, 2014).....	73
Figure 76 Affichage d'un Modèle numérique de terrain (MNT de la commune Ait Yahia).....	73
Figure 77 Amélioration du contraste.....	74
Figure 78 Fenêtre de définition de classes de MNT.....	74
Figure 79 Génération de courbes de niveau.....	75
Figure 80 Modification de Style et affichage d'Etiquettes.....	76
Figure 81 Habillage de la carte de courbes de niveau générée à partir d'un MNT.....	76
Figure 82 Génération de la pente de la commune Ait Yahia.....	77
Figure 83 Génération de la carte d'exposition.....	78
Figure 84 Affichage de MNT Ait Yahia avec ombrage.....	79
Figure 85 Fenêtre pour accéder à la commande Décoration.....	80
Figure 86 propriétés de la grille, a) ; carte pente avec une grille métrique (projection Lambert Nord Algérie, b).....	80
Figure 87 Fenêtre Décoration pour insertion de la Flèche Nord.....	81
Figure 88 Fenêtre Décoration pour insertion de la Flèche Nord.....	82
Figure 89 L'allure de la mise en forme de la carte finale.....	82
Figure 90 Annotation de la carte.....	83
Figure 91 Fenêtre Annotation HTML.....	84
Figure 92 Signets Spatiaux.....	84

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 Types de logiciels selon les besoin d'application (Source: Cité par GANDON 1991, selon PORNON).</i>	<i>7</i>
<i>Tableau 2 Classification des cartes</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 3 Les paramètres des ellipsoïdes couramment utilisés.....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 4 Types de projection utilisés en Algérie.....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 5 Paramètres de projections Lambert Nord-Algérie et Sud-Algérie.</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 6 Paramètres de projections Lambert Nord-Algérie et Sud-Algérie selon le Système Voirol 1960.</i>	<i>31</i>

Chapitre I Introduction générale sur les systèmes d'information géographique

I.1 Généralités sur les systèmes d'information géographique (SIG)

I.1.1 Définition d'un SIG

Plusieurs définitions d'un système d'information géographique peuvent être proposées par les auteurs et qui se distinguent les unes des autres par leur domaine d'application.

"Un Système d'Information Géographique (SIG) est un "ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision", Michel Didier (1990).

"Un SIG est un ensemble de procédures utilisées pour conserver et traiter l'information à référence géographique", Aronoff (1989). "Un système pour collecter, stocker, vérifier, manipuler, analyser et restituer des données spatialement référencées à la surface de la Terre", (DOE, 1987).

"Il s'agit d'une structure institutionnelle qui utilise la technologie des SIG pour gérer une banque de données et exercer son mandat spécifique avec financement stable" (Carter, 1989).

David Cowen (1988) décrit le SIG comme un « système d'aide à la décision qui place des données géoréférencées dans un contexte de résolution de problèmes ».

Roger Tomlinson (1987) définit le SIG comme un « système digital pour l'analyse et le traitement de tout type de données géographiques afin d'apporter de l'information utile à l'aménagement du territoire ».

« un système qui utilise une base de données localisées pour générer des réponses à des questions d'ordre géographique. Un SIG peut être décrit comme un ensemble de routines spatiales spécialisées qui s'appuient sur une base de données relationnelle standardisée » (Goodchild, 1988).

« Système assisté par ordinateur pour l'acquisition, l'archivage, la réorganisation, l'analyse et l'affichage de données spatiales », Clarke (1990).

Le NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis, 1990) définit le SIG comme un « système composé de hardware, de software et de procédures pour acquérir, manipuler, traiter, analyser, modéliser et représenter des données géoréférencées

dans le but de résoudre des problèmes de gestion et d'aménagement »

Selon Denègre et Salgé (1996) définissent en 1988 un SIG comme un SIG est un « système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion ».

Michel Didier (1990) définit le SIG comme « un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision ».

Hewlett Packard (1993), un SIG est : « un système informatique composé de hardware, software, données et applications qui est utilisé pour enregistrer numériquement, éditer, modéliser et analyser des données géoréférencées et de les représenter de façon graphique et alphanumérique ».

Selon Blomac (1994) définit un SIG comme « un ensemble organisé de matériels informatiques, de logiciels, de données géographiques et de personnel capable de saisir, stocker, mettre à jour, manipuler, analyser et présenter toutes formes d'informations géographiquement référencées ».

RNCREQ (2003) décrit un SIG comme « un ensemble organisé de matériel, de logiciels et de données géographiques visant à saisir, stocker, mettre à jour, manipuler, analyser et afficher toutes les formes d'information à référence géographique ».

Selon la Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection (in : Microplan, 2004), un SIG est « un système informatique qui permet à partir de diverses sources, de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace ».

ESRI France (sigfrance, 2003), définit un SIG comme : « un outil informatique permettant de représenter et d'analyser toutes les choses qui existent sur terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent »

Martin Paegelow,(2004) définit le SIG comme « un ensemble de matériel (hardware) et de logiciel (software), de plus en plus imbriqué dans des réseaux (netware), de données et de personnel qualifié capable d'acquérir, de stocker, de traiter, d'analyser, de modéliser, de représenter des données géoréférencées numériques, et utile dans de nombreux domaines d'application manipulant l'information spatialisée où cet outil apporte une aide à la prise de décision ».

I.1.2 Les principales fonctions d'un SIG (ESRI France)

Le SIG peut effectuer un ensemble de fonctions (**Figure 1**):

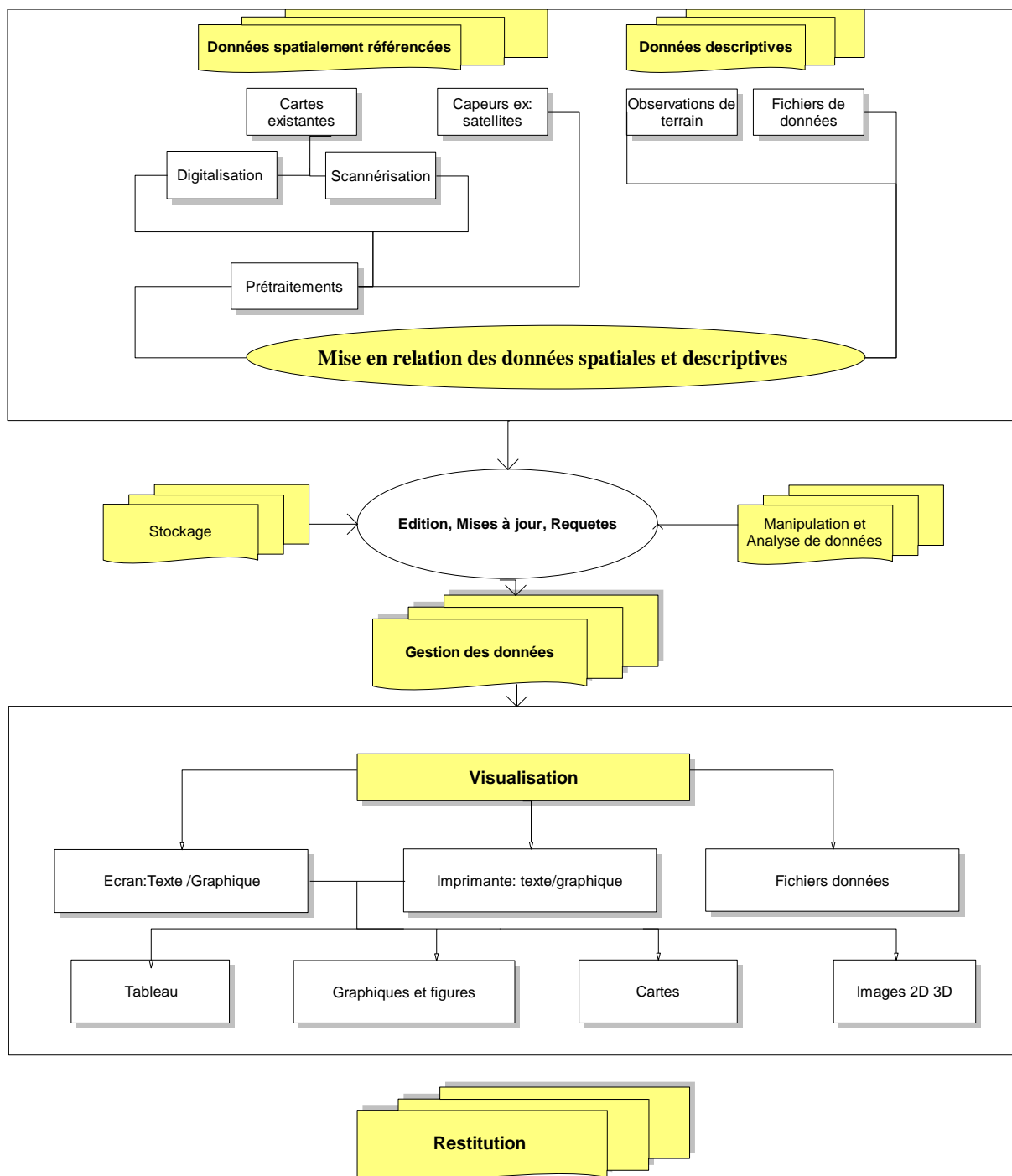


Figure 1 : Les fonctions d'un SIG (Cité par Gandon, 1991, Source : DIDON, 1990) ; cette Figure est refaite par le logiciel QALITEL logigramme.

I.1.2.1 Saisie

Les SIG modernes sont capables d'automatiser complètement ces tâches pour des

projets importants en utilisant la technologie des scanners. D'autres projets moins importants peuvent se contenter d'une phase de digitalisation manuelle (table à digitaliser). Aujourd'hui de nombreuses données géographiques sont disponibles dans des formats standards lisibles par les SIG. Ces données sont disponibles auprès de producteurs de données et peuvent être directement intégrées à un SIG.

I.1.2.2 Manipulations

Les sources d'informations peuvent être d'origines très diverses. Il est donc nécessaire de les harmoniser afin de pouvoir les exploiter conjointement (c'est le cas des échelles, du niveau de détail, des conventions de représentation, etc.) Les SIG intègrent de nombreux outils permettant de manipuler toutes les données pour les rendre cohérentes et ne garder que celles qui sont essentielles au projet.

Ces manipulations peuvent, suivant les cas n'être que temporaires afin de se coordonner au moment de l'affichage ou bien être permanentes pour assurer alors une cohérence définitive des différentes sources de données.

I.1.2.3 Gestion

Si pour les petits projets il est envisageable de stocker les informations géographiques comme de simples fichiers, il en est tout autrement quand le volume de données grandit et que le nombre d'utilisateurs de ces mêmes informations devient important.

Dans ce cas, il est essentiel d'utiliser un SGBD (Système de Gestion de Bases de Données) pour faciliter le stockage, l'organisation et la gestion des données. Un SGBD n'est autre qu'un outil de gestion de la base de données. Il existe de nombreux types de SGBD, mais en Système d'Information Géographique, le plus utilisé est le SGBDR (Système de Gestion de Bases de Données Relationnel). Les données y sont représentées sous la forme de tables utilisant certains champs comme lien. Cette approche qui peut paraître simpliste offre une souplesse et une flexibilité sans équivalent permettant aux SIG de s'adapter à tous les cas de figure.

I.1.2.4 Interrogation et analyses

Disposant d'un SIG et de données, vous allez pouvoir commencer par poser des questions simples telles que :

- A qui appartient cette parcelle ?
- Lequel de ces deux points est le plus loin ?

- Où sont les terrains utilisables pour une industrie ?

Et des questions intégrant une analyse, comme par exemple :

- Quels sont les terrains disponibles pour construire de nouvelles maisons ?
- Quels sont les sols adaptés à la plantation de chênes ?
- Si je construis une autoroute ici, quel en sera le trafic ?

Les SIG procurent à la fois des outils simples d'interrogation et de puissantes solutions d'analyses accessibles à tous les publics. Ils disposent de nombreux et puissants outils d'analyse, dont deux d'entre eux apparaissent comme particulièrement essentiels :

L'analyse de proximité

- Combien existe-t-il de maisons dans une zone de 100 mètres de part et d'autre de cette autoroute ?
- Quel est le nombre total de client dans un rayon de 10 km autour de ce magasin ?
- Pour répondre à ces questions, les SIG disposent d'algorithmes de calcul appelés " buffering " afin de déterminer les relations de proximité entre les objets.

I.1.2.5 Analyse spatiale

L'intégration de données au travers des différentes couches d'information permet d'effectuer une analyse spatiale rigoureuse. Cette analyse par croisement d'informations, si elle peut s'effectuer visuellement (à l'identique de calques superposés les uns aux autres) nécessite souvent le croisement avec des informations alphanumériques. Croiser la nature d'un sol, sa déclivité, la végétation présente avec les propriétaires et les taxes payées est un exemple d'analyse sophistiquée que permet l'usage d'un SIG.

I.1.2.6. Visualisation

Pour de nombreuses opérations géographiques, la finalité consiste à bien visualiser des cartes et des graphes. Une carte vaut mieux qu'un long discours. La carte est en effet un formidable outil de synthèse et de présentation de l'information. Les SIG offrent à la cartographie moderne de nouveaux modes d'expression permettant d'accroître de façon significative son rôle pédagogique. Les cartes créées avec un SIG peuvent désormais facilement intégrer des rapports, des vues 3D ; des images photographiques et toutes sortes d'éléments multimédia.

I.1.3 Relation d'un SIG avec le système de gestion de base de données

Un SIG comprend deux outils informatiques puissants : le premier outil concerne la

cartographie assistée par ordinateur qui s'attache à la représentation des données géographiques et le second groupe les systèmes de gestion des bases de données (SGBD) (**Figure 2**).

Dans un SIG, une relation entre les données cartographiques et la base de données attributaires est maintenue afin que les modifications apportées à la carte soient basculées dans la base de données. Le SIG permet la détermination automatique des relations entre cartes et peut créer de nouvelles cartes thématiques de ces relations.

Les Systèmes de Gestion de Base de Données SGBD représentent les méthodes et les techniques informatiques qui permettent de définir, de gérer et d'organiser les données de façon cohérente. Ils fournissent une interface nécessaire à l'accès rapide aux bases de données. Ils assurent les fonctionnalités de protection de sécurité de bases de données.

Les Base de données (BD) représentent un ensemble de données reliées et gérées par un SGBD.

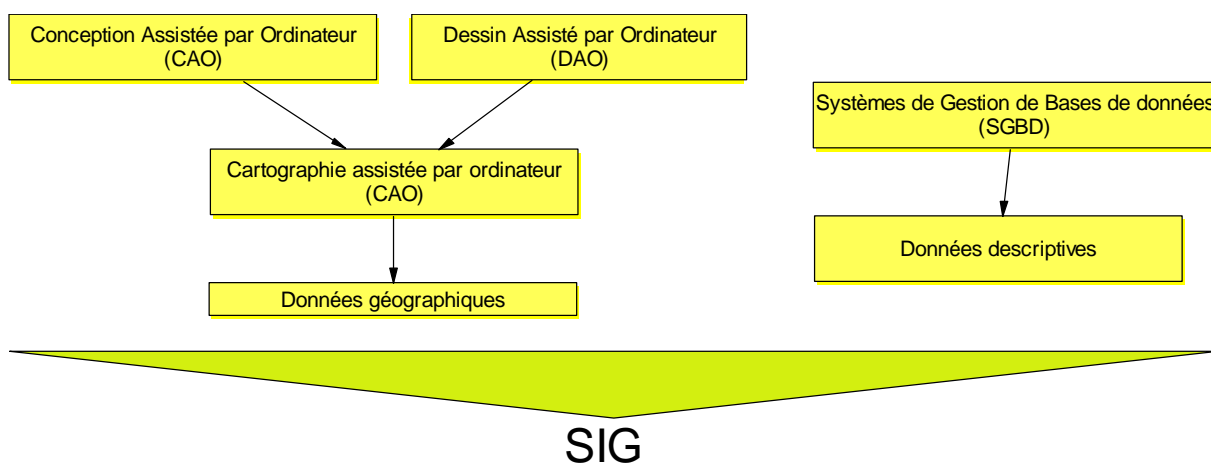


Figure 2 : relations des SIG avec d'autres systèmes.

I.1.4 Comparaison des SIG avec d'autres systèmes

CAO\ DAO sont adoptés à la cartographie. Ils s'occupent essentiellement de la représentation graphique des objets. Ils permettent donc de réaliser un dessin technique en 2D ou 3D, de "l'infiniment petit" à "l'infiniment grand". Ils disposent d'une série impressionnante d'outils de traçage, de visualisation, etc. L'avantage de DAO n'est pas seulement la production de plans mais aussi il offre une grande capacité de stockage de l'information et par suite son archivage pour une réutilisation ultérieure. Le DAO offre une précision remarquable sur le dessin. Cette précision peut être attribuée à l'ensemble des fonctions intégrées dans le

logiciel (introduction de coordonnées pour spécifier un point, outils d'accrochage, définition de directions préférentielles, ...), il force l'utilisateur à travailler avec rigueur. Les angles sont précis, les parallèles parfaitement disjointes, les traits uniques et d'épaisseur constante. Les systèmes de DAO sont aussi capables de gérer des informations non graphiques liées aux entités représentées. Celles-ci peuvent ensuite être réutilisées par d'autres logiciels en vue d'un traitement adéquat (par exemple, un tableur pour le calcul d'un métré et une estimation d'un coût de réalisation, une base de données de matériaux), Tourpe, (2004). En plus de simplifier la phase complexe de représentation du dessin, les systèmes de DAO offrent la possibilité de faciliter la mise en page et la production de plans (choix des échelles, des coupes, des vues et de leur disposition, des détails, etc.).

La synthèse d'Henri PORNON a fait ressortir les principales différences entre les SIG et les autres systèmes tels que: CAO/DAO et SGBD (**Tableau 1**).

Tableau 1 Types de logiciels selon les besoins d'application (Source: Cité par GANDON 1991, selon PORNON).

Logiciel	Rôle	Compétence
DAO	Acquisition de données	Dessins, plan, Cartes
CAO	Conception de projets	Calculs, aspect technique des projets
SGBDL	Gestion de bases de données localisées	Stockage, mise à jour, interrogation
SIG	Analyse spatiale	Exploitation de base' de données

I.1.5 Avantages d'un SIG

Les SIG fournissent des outils puissants pour traiter les problèmes géographiques et environnementaux. Les SIG offrent la possibilité de croiser des informations décrivant l'espace à travers des unités spatiales différentes. Les SIG permettent d'organiser des informations sur une région ou une ville donnée à travers une superposition de plusieurs de cartes, chaque carte comporte des informations d'une thématique bien définie sur la région. La **Figure 3** montre les cartes nécessaires à recueillir pour une planification urbaine. Chaque carte thématique représente une couche. La superposition précise de ces couches thématiques est assurée par l'utilisation d'une projection pareille pour la totalité des couches.

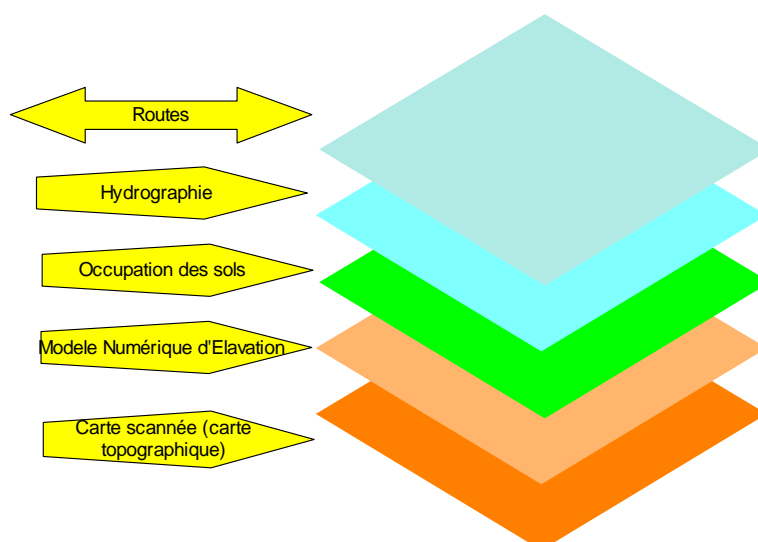


Figure 3 les différentes couches thématiques superposées nécessaires pour une planification urbaine.

La carte de base (par exemple scannée) est la plus importante, car elle comporte le système de géo référencement qui sera assigné aux cartes thématiques superposées en dessus.

Les SIG intègrent des informations spatiales et d'autres types d'informations dans un système unique. Ils offrent un cadre cohérent pour l'analyse des données géographiques. En mettant des cartes et d'autres types d'informations spatiales sous forme numérique, les SIG nous permettent de manipuler et d'afficher des informations géographiques de manière évidente et passionnante. Les SIG permettent d'établir des liens entre les activités en fonction de la proximité géographique.

- l'analyse géographique des données peut souvent suggérer de nouvelles idées, des explications ;
- ces connexions sont souvent non reconnues sans SIG, mais peuvent être essentielles à la compréhension et à la gestion des activités et des ressources;
- par exemple. Nous pouvons relier les dossiers de déchets toxiques avec les emplacements scolaires grâce à la proximité géographique;
- Les SIG permettent l'accès aux dossiers administratifs - propriété, fichiers fiscaux, câbles et conduites de services publics - via leur position géographique ;
- Les cartes sont fascinantes, de même que les cartes dans les ordinateurs et on s'intéresse de plus en plus à la géographie et à l'éducation géographique ces derniers temps ;
- Les SIG donnent une impression de «haute technologie» à l'information géographique.

I.1.6 Exemple de questions auxquelles peut répondre un SIG

1. Quel est l'état du réseau d'assainissement de la commune « El Kerma » d'Oran?
2. Quelles sont les rivières les plus touchées par la pollution domestique du bassin versant de la Macta ?
3. Quel est le site le plus adéquat à la réalisation d'une décharge public de la commune Bir El Djir ?
4. Quelles sont les zones urbanisées exposées à des crues importantes de la Ville de *Sidi Bel Abbes* ?

Pour répondre à ces exemples de questions aux dimensions géographiques, l'outil SIG combine un ensemble de disciplines de la science, de l'ingénierie et de la technologie.

I.1.7 Contributions des disciplines au SIG

I.1.7.1 Géographie

La discipline de la géographie fournit des techniques pour mener des analyses spatiales et une perspective spatiale de la recherche.

I.1.7.2 Cartographie

La cartographie concerne l'affichage de l'information spatiale. Actuellement, c'est la principale source de données d'entrée pour le SIG, c'est les cartes. La cartographie informatique (également appelée «cartographie numérique», «cartographie automatisée») fournit des méthodes pour la digitalisation.

Le Tableau 2 ci-dessous présente une classification des cartes en fonction de leur échelle et de leur finalité :

Tableau 2 Classification des cartes

Échelles	Finalité
1/1 000 000 à 1/500 000	Cartes géographiques
1/250 000 à 1/100 000	Cartes topographiques à petite échelle
1/50 000, 1/25 000 (base), 1/20 000	Cartes topographiques à moyenne échelle (IGN)
1/10 000	Cartes topographiques à grande échelle
1/5 000	Plans topographiques d'étude, plans d'urbanisme
1/2 000	Plans d'occupation des sols (POS), descriptifs parcellaires
1/1 000, 1/500	Plans parcellaires, cadastraux urbains
1/200	Plans de voirie, d'implantation, de lotissement
1/100	Plans de propriété, plans de masse
1/50	Plans d'architecture, de coffrage, etc.

I.1.7.3 Télédétection

Cette technique émergente qui enregistre des images depuis l'espace et l'air est une source majeure de données géographiques. La télédétection comprend des techniques d'acquisition et de traitement de données partout dans le monde, à faible coût et avec un potentiel de mise à jour constant. Son principal avantage est que les données interprétées provenant d'un système de télédétection peuvent être fusionnées avec d'autres couches de données dans un SIG.

I.1.7.4 Photogrammétrie

À l'aide de photographies aériennes et de techniques permettant d'en faire des mesures précises, la photogrammétrie est la source de la plupart des données sur la topographie (élevations de la surface du sol) utilisées pour l'entrée dans le SIG.

I.1.7.5 Arpentage

L'arpentage porte sur la mesure des emplacements d'objets à la surface de la Terre, en particulier les limites des propriétés. L'arpentage fournit des données de haute qualité sur les positions des limites des terres, des bâtiments, etc.

I.1.7.6 Statistiques

De nombreux modèles construits à l'aide de SIG sont de nature statistique, de nombreuses techniques statistiques utilisées pour l'analyse dans le SIG. Les statistiques sont importantes pour comprendre les problèmes d'erreur et d'incertitude dans les données SIG.

I.1.7.7 Informatique

L'informatique est l'un des principaux moteurs du développement du SIG. L'intelligence artificielle (AI) utilise l'ordinateur pour faire des choix basés sur les données disponibles de manière à imiter l'intelligence humaine et la prise de décision - l'ordinateur peut servir d'expert dans des fonctions telles que la conception de cartes, la généralisation des fonctions cartographiques. La conception assistée par ordinateur (CAO) fournit des logiciels, des techniques d'entrée de données, d'affichage et de visualisation, de représentation, notamment en 3 dimensions. Les progrès de l'infographie fournissent du matériel, des logiciels pour manipuler et afficher des objets graphiques, des techniques de visualisation. De même, les systèmes de gestion de bases de données (SGBD) fournissent des méthodes pour représenter les données sous forme numérique, des procédures pour la conception du système et la gestion de gros volumes de données, en particulier l'accès et la mise à jour.

I.1.7.8 Mathématiques

Plusieurs branches des mathématiques, en particulier la géométrie et la théorie des graphes, sont utilisées dans la conception de systèmes SIG et l'analyse de données spatiales.

I.1.8 Logiciels SIG

Aujourd'hui, Il existe plusieurs logiciels SIG :

I.1.8.1 Logiciels libres

GeoTools

Un toolkit développé en Java qui implémente les spécifications d'Open Geospatial Consortium.

GRASS GIS

Aussi connu pour avoir été le plus gros projet géomatique OpenSource. Il regroupe des fonctionnalités raster (en particulier des modules classiques de traitement et d'analyse d'images de télédétection) ainsi que des fonctionnalités vectorielles (rappelons que GRASS est un SIG à base topologique). Disponible pour Linux, Mac_OS_X, Unix et Windows.

gvSIG

Une application SIG libre développée en Java permettant d'accéder à des données en fichiers SIG (GML, SHP) ou CAD (DWG, DXF, DGN), à des bases de données spatiales (PostGIS, MySQL, Oracle) ou serveur (WMS, WCS, WFS, Catalogue ou Gazetteer), pour Linux, Windows et Mac_OS_X, et dont l'interface utilisateur est en français et treize autres langues.

MapServer

Logiciel de publication de carte sur Internet. Il peut être utilisé pour réaliser des applications Web, mais également pour publier des services Web conformes aux recommandations de l'Open_Geospatial Consortium (WMS, WFS, WCS).

MapGuide OpenSource

Serveur cartographique, récemment offert à la communauté OpenSource par Autodesk ;

Openmap

Permet de développer des applets à intégrer dans des sites web basés sur les Javabeans.

PostGIS

Extension pour la base_de_données PostgreSQL qui permet de faire des requêtes spatiales

Quantum_GIS

Logiciel de cartographie basé sur la bibliothèque Qt. Il est disponible sous Linux (KDE), MacOS_X, ou Windows. Entre autres choses, il permet la visualisation "à la volée" des couches de données commedes shapefiles ainsi que leur modification. Il permet notamment l'élaboration de fichiers destinés à être publiés surMapServer. Il présente une ergonomie aboutie qui le rend très simple à utiliser.

SAGA GIS

Logiciel SIG sous GPL pour Windows et Linux.

I.1.8.2 Logiciels propriétaires

Gratuits

ArcGIS Explorer

NaIVgateur SIG permettant de restituer une cartographie sous la forme d'un globe planétaire.

3DEM

Éditeur de modèles numériques de terrains (MNT) bitmap pour Windows 32 bits très simple d'emploi ;

AutoDEM

SIG permettant d'extraire des informations sur des cartes topographiques numérisées. En particulier, il offre des outils pour créer des modèles numériques de terrains (MNT) à partir de courbes de niveaux. Il supporte de nombreux formats pour chaque type de couche (images, MNT, courbes de niveaux, toponymes);

dlgv32 Pro

Version gratuite et limitée de Global Mapper pour MS Windows 32 ou 64 bits, Mac OS (en utilisant virtual PC) et Linux (en utilisant Wine) conçu comme un visualiseur de MNT : la majeure partie des fonctionnalitésde Global Mapper sont présentes, mais il est limité entre autres à l'ouverture de quatre fichiers à la fois et par l'impossibilité de sauvegarder la carte ;

DIVAGIS

Logiciel capable d'éditer les fichiers shapefiles qui offre aussi des outils d'analyses statistiques et géospatiales pour la caractérisation des attributs numériques de la base de données associée aux objets contenus dans les shapefiles ;

GEOSIG

Un SIG totalement externalisé sur Internet ;

ILOG J Views MapViewer

Visualiseur Java permet de lire de nombreux formats, de faire de l'analyse de terrain (lignes de vue, ...) et de voir les cartes en 3D à partir des MNT ;

SavGIS

SIG très complet et disponible en trois langues (Fr, Eng, Esp) pour Windows (XP, IVs ta), développé depuis 1984 par l'Institut de Recherche pour le Développement ;

SpacEyes3D Viewer

Logiciel permettant d'afficher rapidement en 3D des données cartographiques sans traitement préalable ;

TopoCad

SIG pour Windows qui a le gros avantage de gérer le format EDIgéó.

Commerciaux

ArcGIS (ArcInfo, ArcIVew, ...) d'ESRI - leader historique du marché du SIG ;

AutoCAD Map 3D d'Autodesk ;

Global Mapper : Logiciel puissant et simple d'utilisation ;

MacMap SIG multilingue pour MacOS X édité par Carte Blanche Conseil ;

Manifold GIS System de manifold .net - produit tout en un particulièrement bon marché ;

MapInfo distribué en France par Pitney Bowes Software - MAPINFO ;

Migratio distribué par migratio.fr ;

Oracle Spatial, stockage d'informations géographiques et requêtes spatiales ;

Spatial Information System (SIS) de Cadcorp, distribué en France par Geomod.

I.2 Les formats utilisés dans un SIG

Dans un SIG, deux types de formats de stockage de données sont possibles **format vectoriel** et le **format raster** :

I.2.1 Format vectoriel

Les données vectorielles représentent des entités sous forme de points, lignes et polygones dans un espace géographique (**Figure 4 et 5**). Les entités vectorielles *sont* accompagnées de leurs *données attributaires descriptif* de type alphanumériques standard (Raper et Maguire, 1992). Ces données attributaires peuvent être des informations texte ou numérique (**Figure 6**).

La représentation vectorielle permet d'élaborer dans un SIG de multitudes **couches thématiques** d'une même entité géographique. Ces cartes thématiques ne peuvent se superposer que si elles sont géoréférencées dans *le même système de coordonnées*.

La **Figures 7** montrent différentes couches thématiques strictement superposables (exemple: Limite de la commune Sebaine, rivières et barrages).

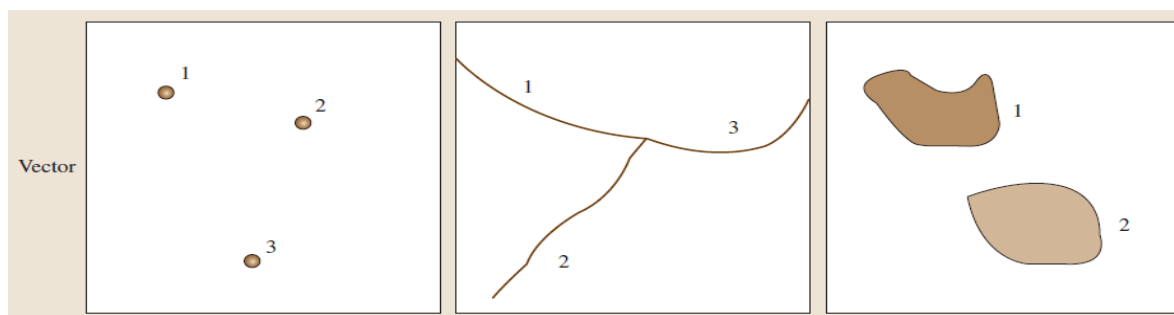


Figure 4 Format vectorielle ; de la gauche à droite : Points, lignes et polygone (Source : Wolfgang et al., 2012).

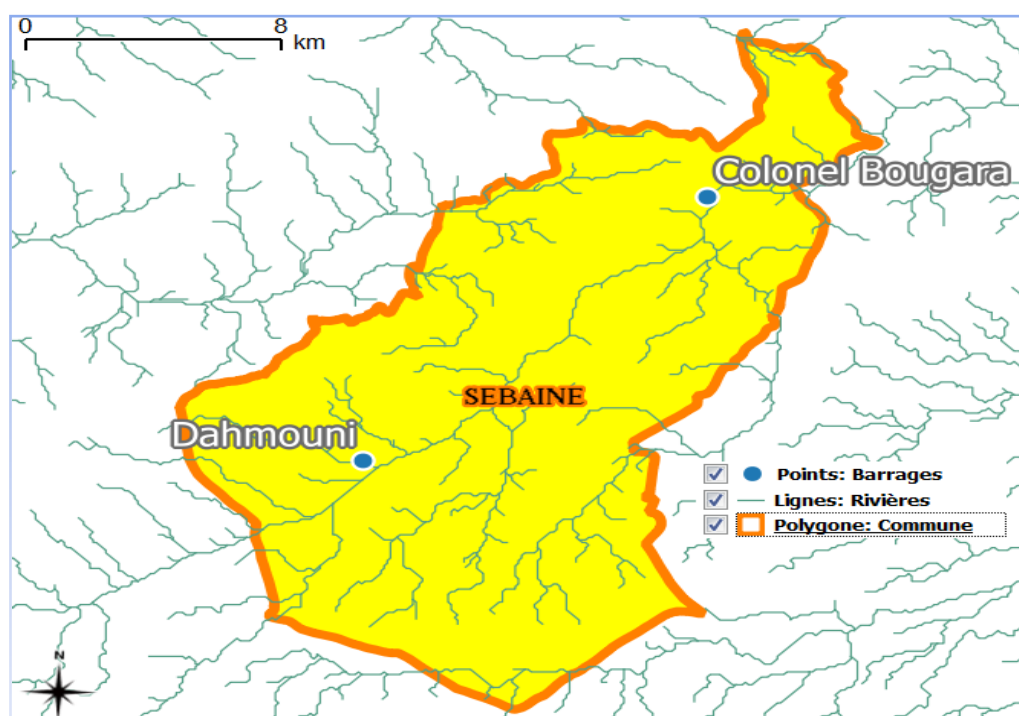


Figure 5 Formats vectoriel dans un SIG (exemple réalisé sur QGIS)

	code_commune	COMMUNE	ID	WILAYA	NATURE	CODE
1	3813	AMMARI	1293	TISSEMSILT	COMMUNE	38
2	3801	TISSEMSILT	1295	TISSEMSILT	CHEF-LIEU-WI...	38
3	1421	MEGHILA	453	TIARET	COMMUNE	14
4	1423	SIDI HOSNI	456	TIARET	COMMUNE	14
5	1425	SEBAINE	458	TIARET	COMMUNE	14
6	1435	HAMADIA	459	TIARET	COMMUNE	14
7	1413	DAHMOUNI	461	TIARET	COMMUNE	14
8	1415	MAHDIA	462	TIARET	COMMUNE	14
9	1405	AIN ZARIT	467	TIARET	COMMUNE	14
10	1403	AIN BOUCHEKIF	469	TIARET	COMMUNE	14
11	1431	NADORAH	470	TIARET	COMMUNE	14

Figure 6 Informations alphanumériques du Format vectoriel dans un SIG (exemple réalisé sur QGIS)

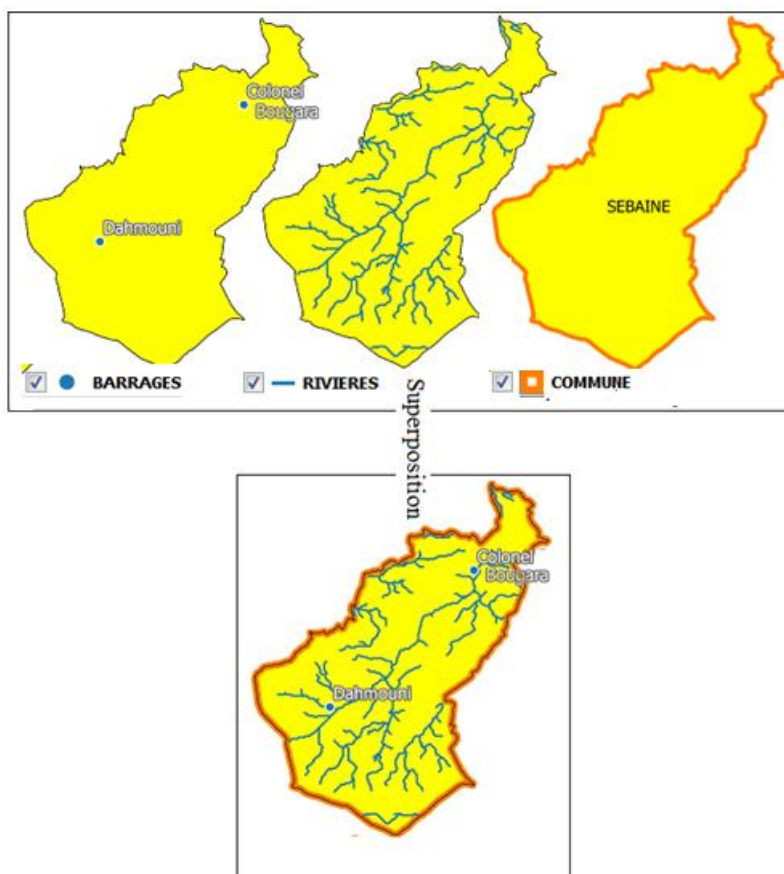


Figure 7 Couches thématiques superposables

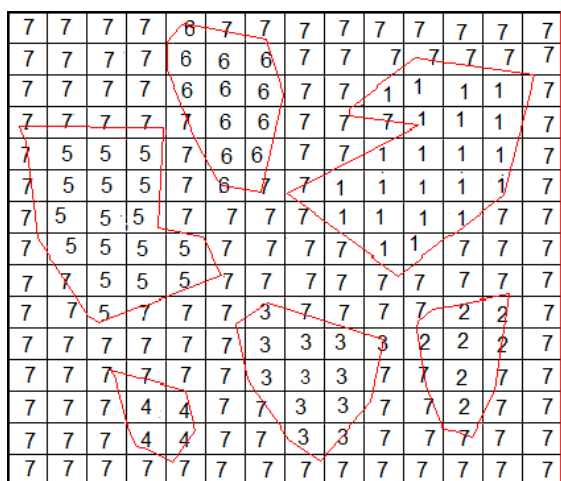
1.2.2 Format raster

Les données raster sont stockées sous formes de cellules formant des mailles. Ces

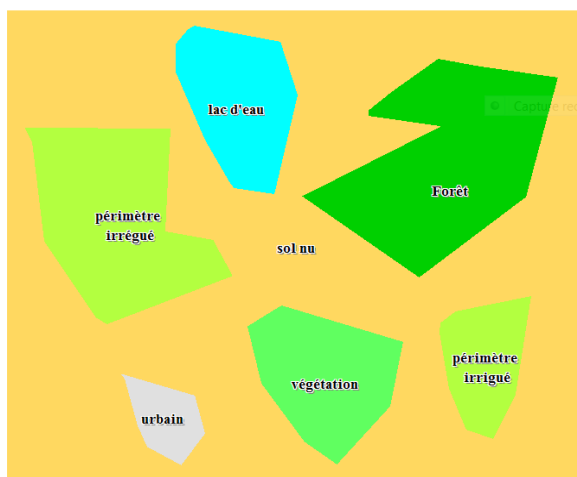
données sont aussi complétées par des données alphanumériques telles que la moyenne, le maximum, le minimum, la somme de grandeurs géographiques (**Figure 8**).

	cos	type
<input type="checkbox"/>	1	Forêt
<input type="checkbox"/>	5	périmètre irrégulé
<input type="checkbox"/>	6	lac d'eau
<input type="checkbox"/>	3	végétation
<input type="checkbox"/>	4	urbain
<input type="checkbox"/>	2	périmètre irrigué
<input type="checkbox"/>	7	sol nu

a)



b)



c)

Figure 8 Exemple d'un format raster pour une carte d'occupation des sols a) données attributaire, b) en trait rouge : délimitation des pixels concernant chaque types d'occupation de sols ; c) produit final : carte d'occupation des sols.

Chapitre II Notions de forme de la terre

II.1. Forme de la terre

La forme et la position des objets géographiques s'expriment par des coordonnées (en deux dimensions ou trois) soit sphériques soit planes dans un référentiel géographiques. Tandis que leur position relative s'exprime par leur voisinage (inclusion ou chevauchement par rapport à d'autres objets).

II.1.1 Coordonnées sphériques

II.1.1.1 Ellipsoïde, modèle géométrique de la terre

L'assimilation de la terre à une sphère est un modèle (géométrique) simple qui néglige les différences de relief. Ce modèle permet de définir des parallèles, des méridiens et les coordonnées en latitude et longitude de tout point de la surface terrestre (Les coordonnées sphériques exprimées en degrés ou en grade).

II.1.1.2 Les méridiens

Tous plans passant par les pôles Nord et Sud et par le centre de la terre coupent la terre en deux demi-sphères égales. Toutes les circonférences des grands plans convergent vers un seul point que ce soit sur le pôle Nord ou sur le pôle Sud, et se coupent en un seul point. Ce point constitue « le pôle géographique » par définition (**Figure 9**).

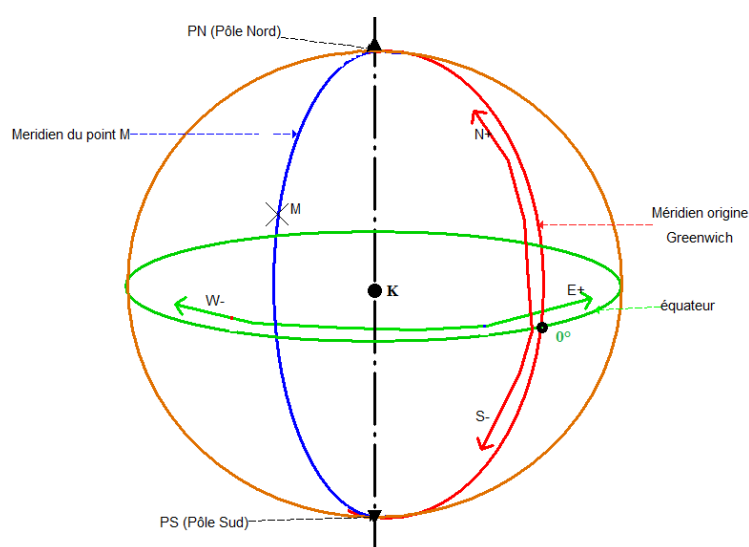


Figure 9 Méridien d'origine et l'équateur

Soit un point M quelconque sur n'importe quelle circonférence. La demi circonférence qui passe par le point M en allant du pôle Nord au pôle Sud est appelée « Méridien » du point M. La circonférence équatoriale est estimée à de 40 076 Km.

II.1.1.3 Les parallèles

Le plan perpendiculaire à l'axe des pôles et passant par le centre de la terre coupe la terre selon un grand cercle et définit à la surface une circonférence appelée « l'équateur ». Tout plan parallèle au plan de l'équateur et coupant la terre, la sépare en deux parties selon un petit cercle qui définit à sa surface une circonférence parallèle à l'équateur. Cette circonférence est appelée « parallèle ». Le plus grand diamètre des circonférences parallèles est celui de l'équateur. Donc, plus qu'on s'éloigne de l'équateur plus que le diamètre des parallèles devient davantage petit jusqu'à ce que sa valeur devient 0° sur les pôles (**Figure 10**).

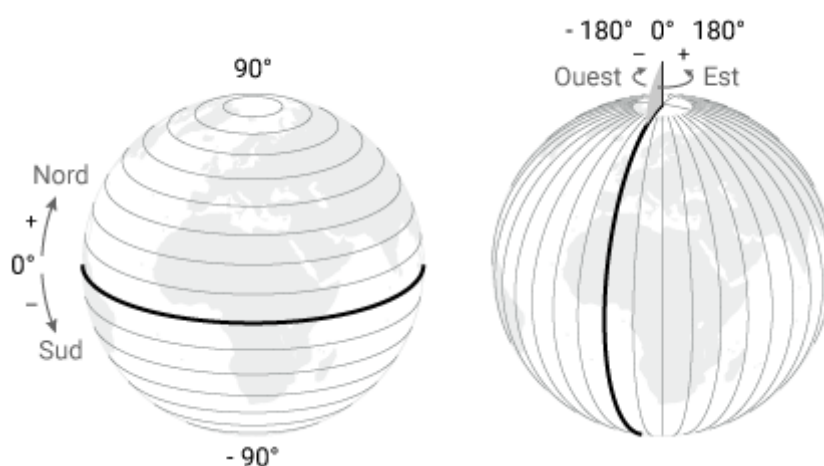


Figure 10 les parallèles et les méridiens

(Source : <http://www.sciencespo.fr/cartographie/khartis/docs/definitions/>)

II.1.1.4 Les coordonnées géographiques

La latitude (ϕ)

Soit un point M sur la surface de la terre. Par ce point (M) passe le Méridien (G') et qui fait l'intersection avec l'équateur dans le point (P). On appelle la latitude du point (M) la valeur exprimée en Degrés. Minutes. Secondes de l'angle au centre de la terre MKP ou la valeur de l'arc MP mesurer sur le méridien (G') (**Figure 11**)

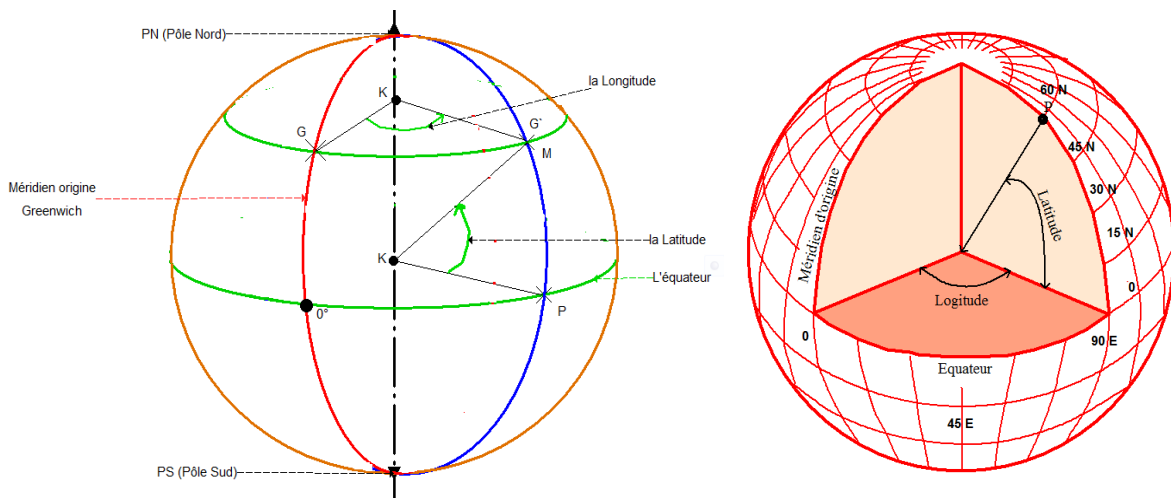


Figure 11 La latitude et la longitude

La latitude est repérée à partir de l'équateur où elle est nulle ($\phi=0$) jusqu'au pôle Nord ou elle est égale à 90° pour l'hémisphère Nord et de 0° à 90° jusqu'au pôle Sud pour l'hémisphère Sud. Si le point M est situé dans l'hémisphère Nord alors on dit qu'il a une latitude Nord. Par contre s'il est situé dans l'hémisphère Sud, on dit qu'il a une latitude Sud.

La Longitude (λ)

Soit le même point (M) qui est situé sur le méridien (G') et G le méridien de Greenwich (G) (méridien de référence). La longitude est égale à l'angle GKG' mesuré en degrés, minutes et secondes sur n'importe quel parallèle. La longitude est mesurée sur le parallèle du point « M » (Figure 11).

La valeur numérique de la longitude mesurée sur le parallèle du point M ou sur l'équateur est identique.

La terre est divisée en 360 méridiens. 180 méridiens sont situés à l'Est de Greenwich tandis que les autres 180 méridiens sont à l'ouest de Greenwich. Si la longitude est mesurée à droite de Greenwich c'est-à-dire en allant vers l'ouest, on dit que la longitude est ouest. Si la longitude est mesurée à gauche de Greenwich, on dit que la longitude est Est.

Le mot de Greenwich est le nom d'une localité proche de Londres sur laquelle passe le premier méridien.

L'Équateur fixe naturellement le point zéro des latitudes. Mais il n'existe pas de référence naturelle qui fixerait l'origine des longitudes. C'est le méridien de Greenwich qui a été choisi (plus ou moins) arbitrairement pour servir de référence sur les cartes (Source : <https://www.futura-sciences.com>) **Le méridien de Greenwich** est donc un **méridien** où la longitude est définie comme égale à 0° . Il passe à travers l'Observatoire royal de **Greenwich**, à **Greenwich** (banlieue de Londres), au Royaume-Uni (Wikipédia).

En Algérie (sur 1 555 km) : le premier méridien passe sur la localité Stidia commune côtière de la wilaya de Mostaganem (le méridien est marqué sur la RN11) à Hacine (commune de la wilaya de Mascara) à l'ouest de Mascara, à Aïn Fekan (commune située sur la RN7 entre Mascara et Sidi-bel-Abbès entre Youb et Saïda à l'est de Adrar par l'oasis de Guentour à l'ouest de Reggane, enfin le méridien passe en Algérie sur le désert à l'ouest de Bordj Badji Mokhtar (**Figure 12**).

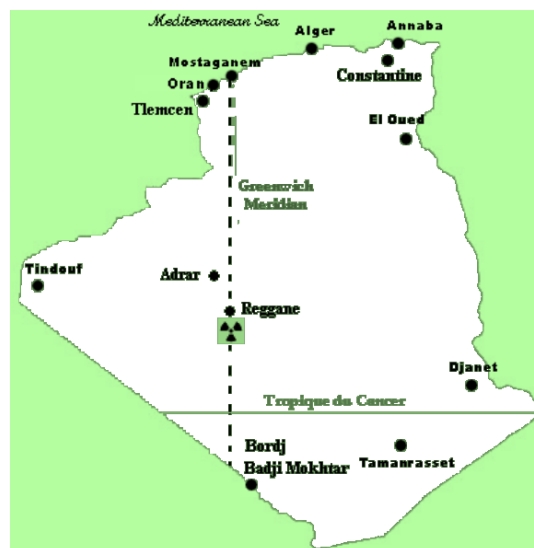


Figure 12 Les localités traversées par le méridien de référence: Greenwich en Algérie.

La longitude et la latitude sont des coordonnées géographiques représentées par des valeurs angulaires et qui peuvent être exprimées en :

Le degré

Le degré est l'unité angulaire qui divise une circonférence en 360 degrés. La notation du degré est « $^\circ$ ». Il s'agit comme pour l'heure d'un système sexagésimal. Les sous-multiples du degré sont :

- la minute sexagésimale, notée « ' » telle que $60' = 1^\circ$.
- la seconde, notée « '' » telle que $60'' = 1'$. Donc $1^\circ = 60' = 3\ 600''$.

1° est aussi égal à 60' ou 3 600".

Le grade

Le grade ou le gon est l'unité angulaire qui divise une circonférence en 400 grades. Le grade est noté « gr ».

C'est une unité décimale dont les sous-multiples sont :

• le dixième de grade ou le décigrade (dgr) : 1 dgr = 0.1 gr

• le centième de grade ou le centigrade (cgr) : 1 cg = 0.01 gr

• le milligrade (mgr) : 1 mgr = 0.001 gr

• le décimilligrade (dmgr) ou le centième de centigrade (cc) : 1 dmgr = 1 cc = gr.

Exemple de carte topographique de l'Algérie dont les coordonnées géographiques sont exprimées en degré (**Figure 13**) et en grade.

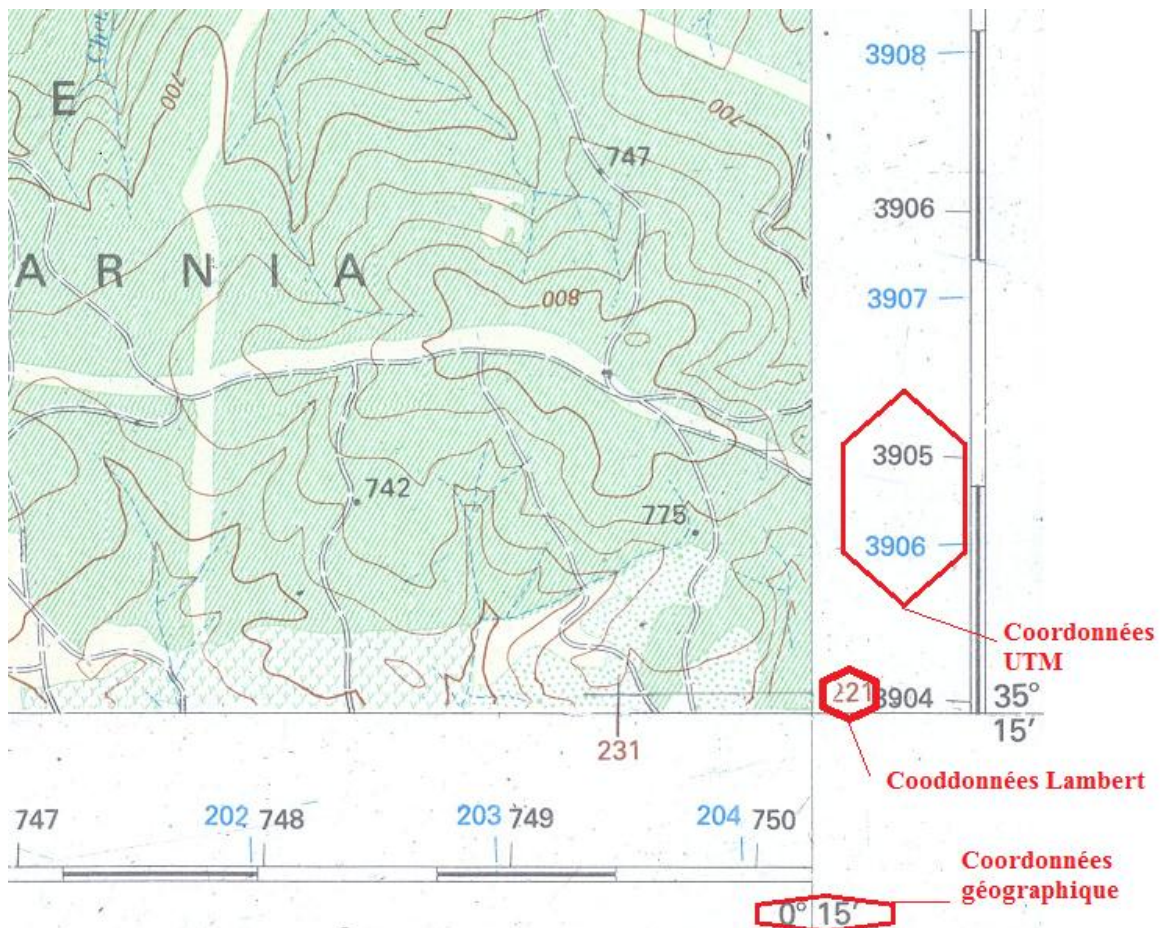


Figure 13 exemple d'un extrait de carte topographique dont coordonnées sont exprimées en degré et en km.

II.1.2 Géoïde

Au 17^{ième} siècle, Newton démontre que la terre n'est pas exactement une sphère parfaite car elle est légèrement aplatie aux pôles à cause de la rotation de la terre. La forme de la terre peut donc être représentée par un ellipsoïde modèle mathématique tridimensionnel qui l'ajuste mieux (**Figure 14**).

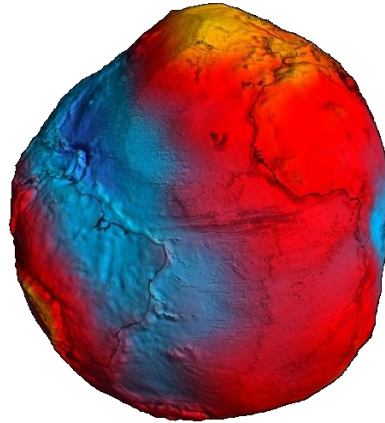


Figure 14 Forme de la terre

Les dimensions du sphéroïde (ellipsoïde de révolution) sont déterminées par les longueurs de son grand et petit hémis axes a et b et par son aplatissement. Il existe de nombreux ellipsoïdes représentant la terre dans les dimensions varient de l'ordre de quelques centaines de mètres (**Figure 15**).

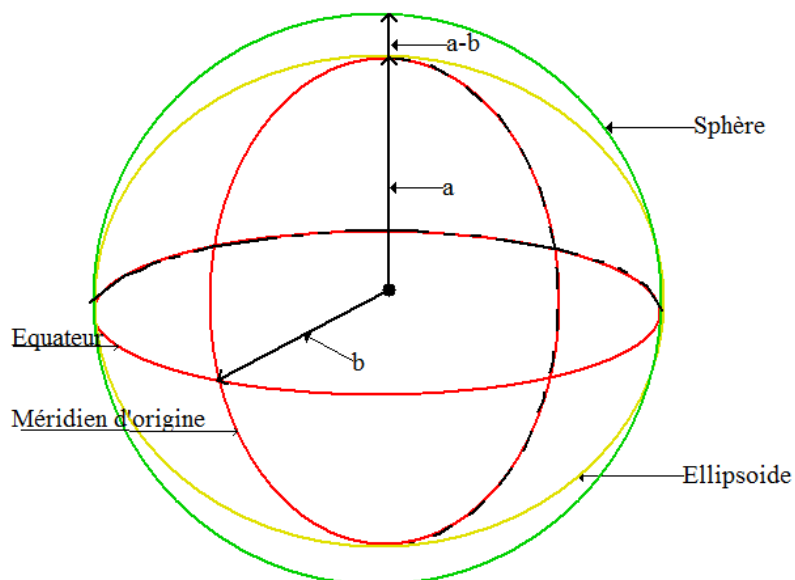


Figure 15 Les paramètres de la terre et d'Ellipsoïde

$$\text{Aplatissement} = 1/f = a/(a - b)$$

$$e = \sqrt{a^2 - b^2}/a$$

b : demi-petit axe ; a : demi-grand axe ; f : aplatissement ; e : excentricité

Pour calculer son réseau géodésique, chaque pays a naturellement choisi un ellipsoïde aussi voisin que possible du géoïde pour l'étendue du territoire national. Ainsi maintes fois les savants de différents pays ont déterminé les dimensions du sphéroïde terrestre et son aplatissement (**Figure 16**).

Un système géodésique est un système de référence permettant d'exprimer les positions sur terre.

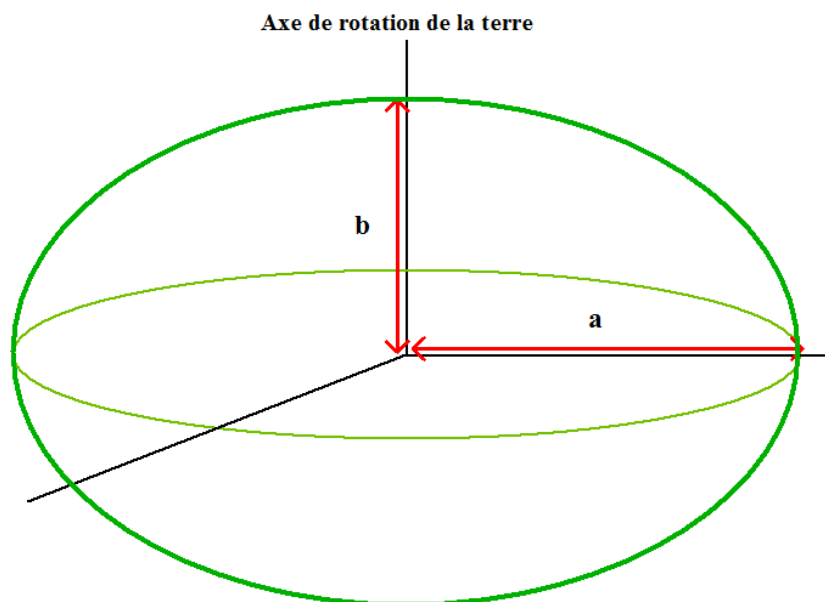


Figure 16 Les paramètres de la terre

a est le rayon équatorial. $a = 6378 \text{ km}$

b est le rayon polaire ; $b = 6356 \text{ km}$; $a - b = 22 \text{ km}$

En Algérie et en France, on utilise le sphéroïde de Clarck (1880) avec les dimensions :

$a = 6\,378\,249 \text{ m}$; $b = 6\,356\,515 \text{ m}$; $(1/f) = 1/293.5$

II.1.2 Modélisation de la terre

La surface de la terre n'est pas régulière (surface topographique) et sa forme n'est pas tout à fait sphérique. Les deux pôles (Nord et sud) présentent un aplatissement de 21 km. Ceci

permet de générer des erreurs importantes lors de la transformation de coordonnées géographiques en coordonnées planes sur une carte. **La surface de la terre est compliquée à définir mathématiquement.** Les mathématiciens ont la modélisée en la rapprochant à un ellipsoïde (volume généré par une ellipse quand elle tourne sur elle-même).

Plusieurs études menées sur la forme de la Terre ont aboutit à une surface appelée **géoïde** qui représente la surface équipotentielle du champ de pesanteur correspondant au niveau moyen des mers. Ce pendant, **le Géoïde ne permet toujours pas** une projection planimétrique d'un système de coordonnée. Pour modéliser la surface de la terre. Il est nécessaire de considérer les trois types de surfaces suivants:

II.1.2.1 La surface topographique

Elle représente la surface réelle de la terre.

II.1.2.2 Le géoïde

Les objets à la surface de la terre ne peuvent être géo-référencés que si l'on considère le Niveau Moyen de la Mer (Mean Sea Level : MSL). Elle représente la moyenne des valeurs maximales et minimales enregistrées (**Figure 17**).

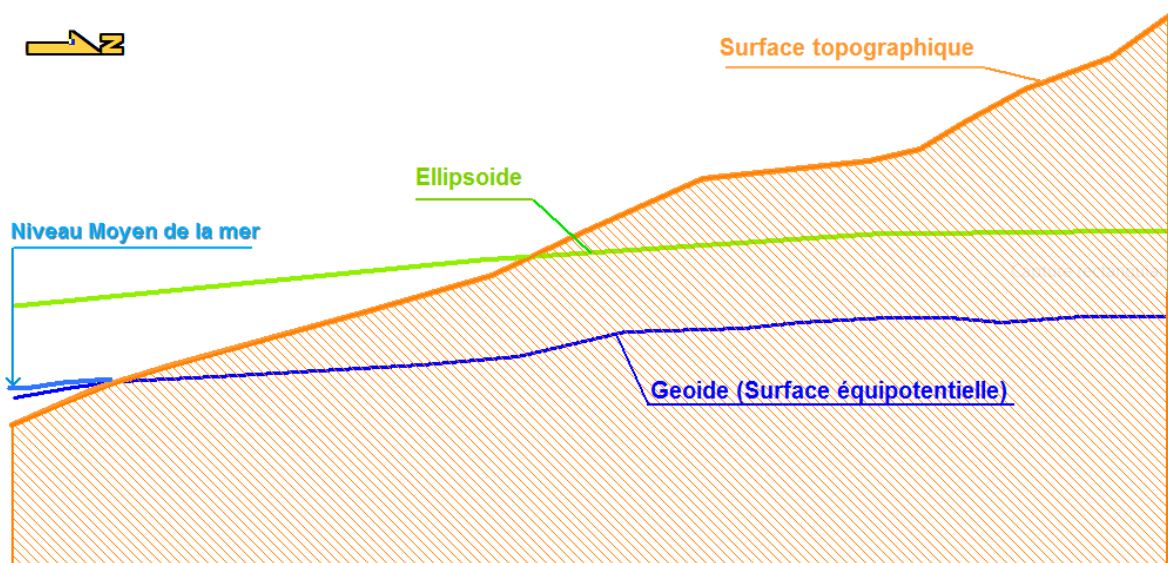


Figure 17 Niveau Moyen de la Mer, Géoïde et Ellipsoïde

Le géoïde est une surface équipotentielle unique qui correspond le mieux au MSL. Cependant le MSL n'est pas une surface sur laquelle le géopotential est toujours le même. Ce n'est donc pas une surface équipotentielle. Des forces autres que la gravité l'affectent telles que la température, la salinité, les courants et le vent. D'un autre côté, le géoïde est par définition une surface équipotentielle. Il est défini par la gravité seule. En outre, c'est la

surface équipotentielle particulière qui convient le mieux au MSL, au sens des moindres carrés. À travers le géoïde, le potentiel de la gravité est toujours le même. Les 70% de la Terre couverte par les océans sont affectés par des forces physiques inévitables. Ces forces peuvent entraîner des écarts allant de 1m à 2 mètres entre le MSL et le géoïde (Van Sickle, 2004).

Le géoïde est donc complètement défini par la gravité. Il n'est pas lisse et continu. Il est grumeleux parce que la gravité n'est pas constante à la surface de la Terre. À chaque point, la gravité a une amplitude et une direction. Partout sur la Terre, un vecteur peut décrire la gravité. Mais ces vecteurs n'ont pas tous la même direction ou la même magnitude (Van Sickle, 2004).

Le géoïde représente la surface équipotentielle du champ de pesanteur (tous les points sont soumis à la même force de pesanteur). Étant donné que la répartition des masses est inégale sur le globe terrestre (chaîne de montagne, chaîne volcanique) ceci rend la surface du géoïde irrégulière. Il permet donc la modélisation physique de la forme de la terre par rapport à son champ de pesanteur.

II.1.2.3 L'ellipsoïde

Il représente la surface d'ellipsoïde épousant un certain nombre de points de référence du géoïde.

Une fois l'ellipsoïde de projection est défini, il est possible de projeter perpendiculairement le point (M) situant sur la surface topographique sur l'ellipsoïde afin de déterminer ses coordonnées sur l'ellipsoïde (**Figure 18**).

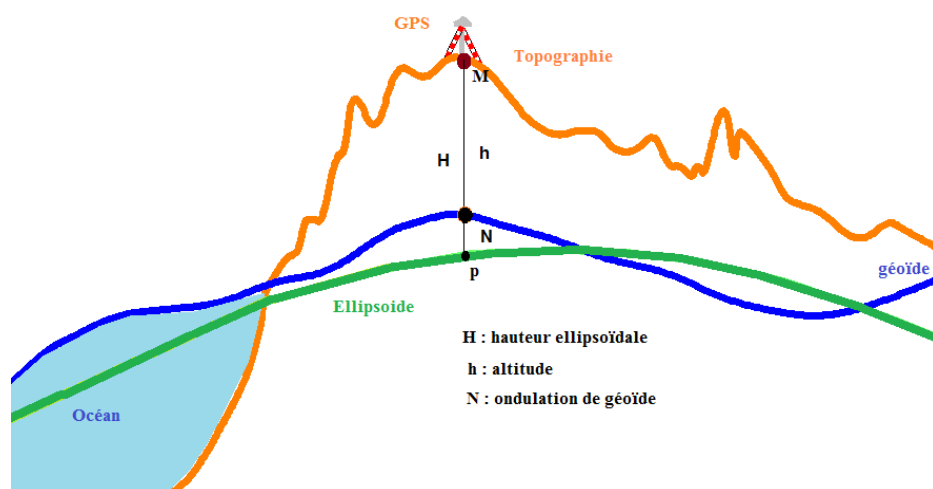


Figure 18 Topographie, Géoïde et Ellipsoïde.

Avec h :

$$h = H - N$$

Le **Tableau 3** ci-dessous récapitule les paramètres de quelques ellipsoïdes usuels :

Tableau 3 Les paramètres des ellipsoïdes couramment utilisés.

Systeme géodésique	Ellipsoïde	a	b	1/f	e	Origine unité
NTF	Clarke 1880 IGN	6 378 249.2	6 356 515.0	293.466 021	0.082 483 256	Paris Grade
ED50	Hayford 1909	6 378 388.0	6 356 911.946 1	297.000 000	0.081 991 889	Potsdam degré
RGF93	IAG GRS 1980	6 378 137.0	6 356 752.314	298.257 222 101	0.081 819 191	Greenwich degré
WGS84	W84GS	6 378 137.0	6 356 752.314 140	298.257 223 563	0.081 819 191	Greenwich degré

Une fois l'ellipsoïde de projection est défini. Il est possible de projeter perpendiculairement le point (M) situant sur la surface topographique sur l'ellipsoïde afin de déterminer ses coordonnées sur l'ellipsoïde. N s'appelle ondulation du géoïde (hauteur du géoïde). Cette hauteur n'atteint pas 100m pour tout le globe. Les altitudes peuvent être mesurées à partir du géoïde.

La hauteur de géoïde est généralement symbolisée par N. Elle représente la distance mesurée le long d'une ligne perpendiculaire à l'ellipsoïde de référence au géoïde. Elle peut être *positive* ou *négative* selon la position de l'ellipsoïde par rapport au géoïde. N est positif si le géoïde est en dessous de l'ellipsoïde, et négatif si le géoïde est en dessus de l'ellipsoïde.

La hauteur d'ellipsoïde est symbolisée par H. Cette hauteur est également mesurée le long d'une ligne perpendiculaire à l'ellipsoïde de référence, mais à un point de la surface de la Terre. Cependant, une hauteur orthométrique, symbolisée par h, est mesurée le long d'un fil à plomb depuis le géoïde jusqu'à un point de la surface de la Terre.

Dans les deux cas en utilisant la formule :

$$h = H - N$$

II.1.3 Type de projection

La projection consiste à représenter une surface terrestre (3D) sur un plan 2D (carte). Les types de projections cartographiques couramment utilisées sont:

II.1.3.1 Projection cylindrique

La surface de projection est un cylindre tangent ou sécant (**Figure 19**). Les méridiens sont représentés par des lignes droites et parallèles équidistantes. Les parallèles sont représentés par des droites orthogonales aux méridiens. Parmi les projections cylindrique, on trouve **la projection de Mercator, conforme** qui conserve localement les angles mais déforme les surfaces surtout dans les hautes et dans les basses latitudes (surestimation des hautes -latitudes et sous-estimation des basses-latitudes) et **la projection cylindrique équivalente de Lambert** qui conserve les surfaces.

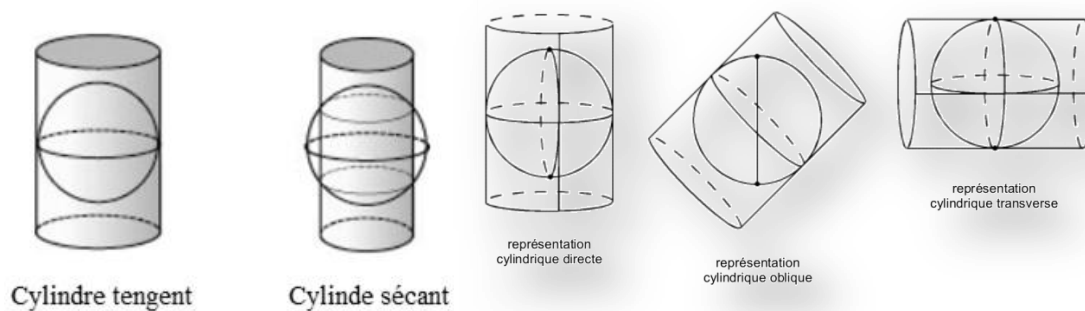


Figure 19 Types de Projection cylindrique.

Un système UTM (Universal Transverse Mercator) correspond à une représentation cylindrique transverse. C'est un système mondial défini en mètres. Le monde est divisé en 60 zones (**Figure 20**) de 6 degrés de longitude, allant de 84 ° N à 80 ° de latitude sud (**Figure 21**).

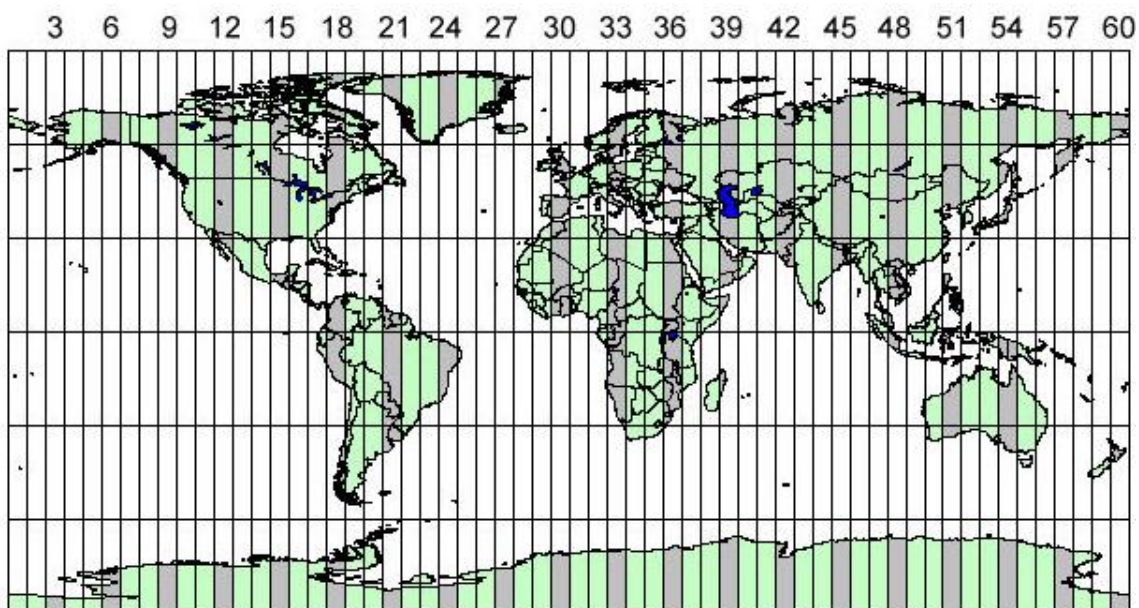


Figure 20 Projection Universel Transverse Mercator (60 zones)

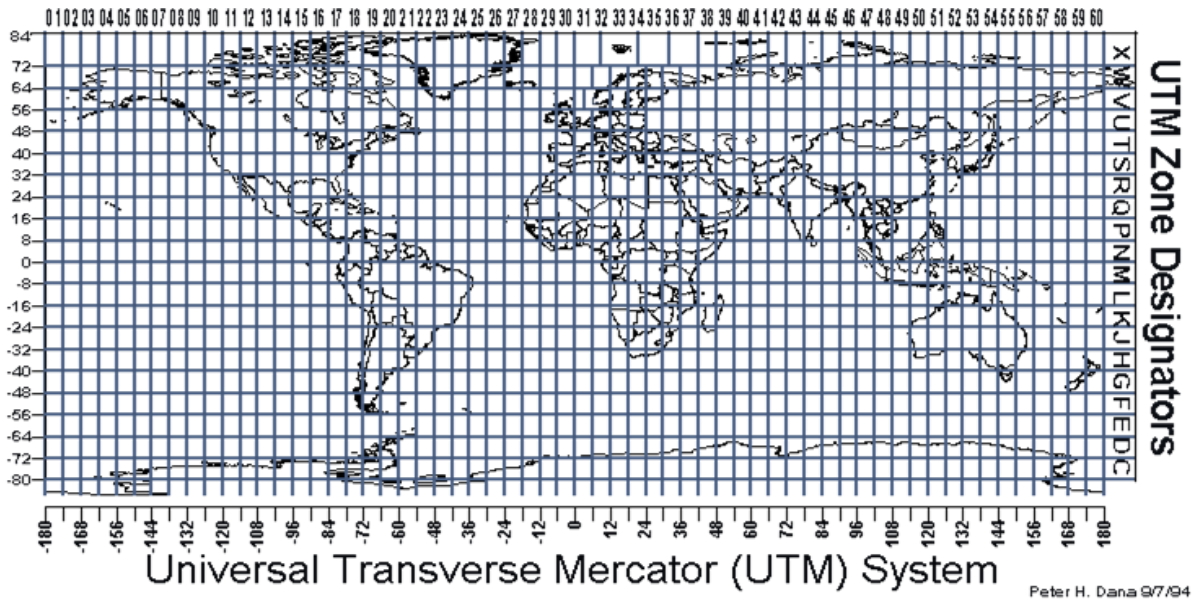


Figure 21 Le monde dans le système de projection UTM.

L'Algérie utilise le système de projection UTM depuis 2003. Elle couvre 4 fuseaux (Figure 22) :

1. UTM Nord fuseau 29 : entre 8.67 degrés et 3 degré ouest de Greenwich ;
2. UTM Nord fuseau 30 : entre 3 degré ouest et 4 degrés est de Greenwich ;
3. UTM Nord fuseau 31 : entre 4 degrés est et 9 degrés est de Greenwich ;
4. UTM Nord fuseau 32 : entre 9 degrés est et 12 degrés est de Greenwich.

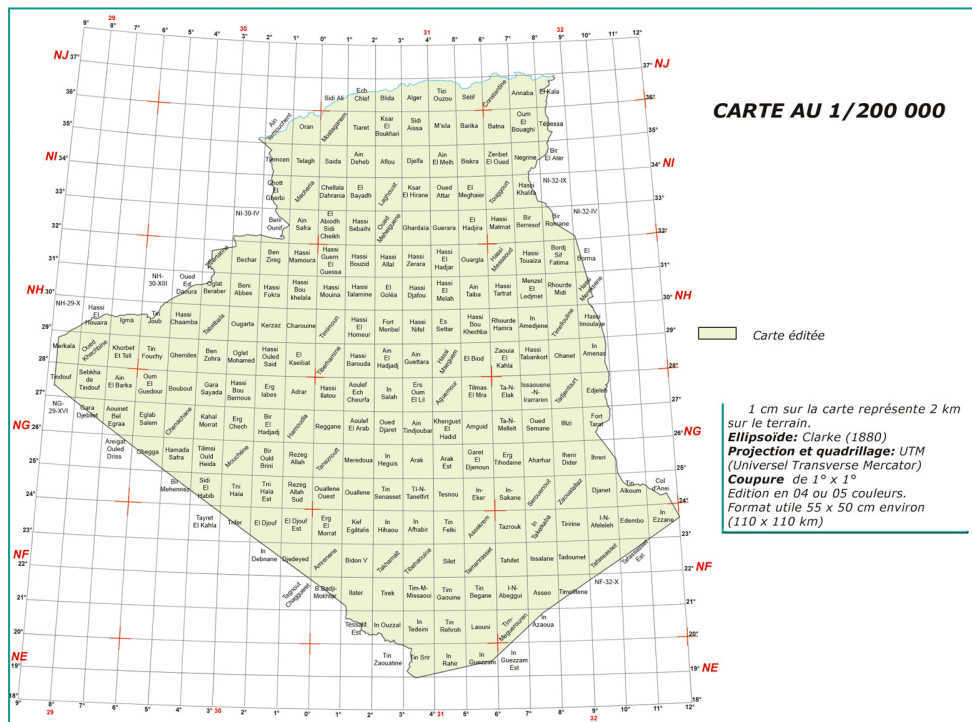


Figure 22 Projection UTM adopté aux cartes 1/200 000 (Source : INCT).

II.1.3.2 Projection conique

La projection conique conforme de Lambert a été mise pour la première fois par Johann Lambert vers 1772. Dans ce système de **projection**, les méridiens sont des droites concourantes, et les parallèles des arcs de cercle centrés sur le point de convergence des méridiens. La projection conique conforme de Lambert est l'une des meilleures projections pour les latitudes moyennes orientées est-ouest. Elle préserve la forme. La Figure 23 montre un exemple de projection conique conforme.

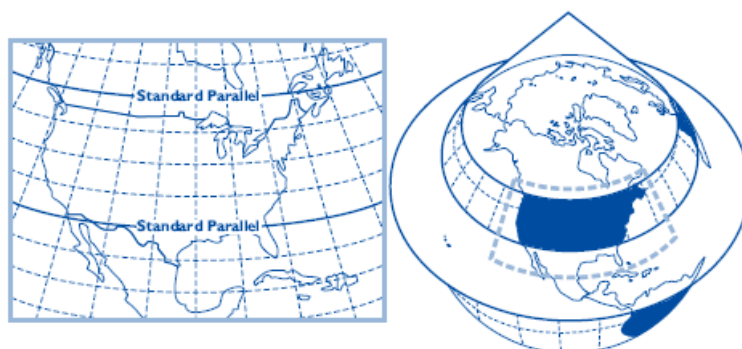


Figure 23 Projection conique sécante (Source: Van Sickle, 2004)

II.1. 4 Les projections utilisées en Algérie

Il existe plusieurs séries de cartes de l'IGN sur l'Algérie, à différentes échelles :

- **1 : 25 000** : Ces cartes sont en projection **Mercator Transverse Universel (MTU)** sur l'ellipsoïde de **Clarke 1880**.
- **1 : 50 000** : Ces cartes sont dressées sur l'ellipsoïde de **Clarke 1880**, en projection de **Bonne** jusqu'en 1942, puis en projection conique conforme de Lambert (**Figure 24**) : 2 zones, **Lambert Nord Algérie** ou **Lambert Sud Algérie**.

L'INCT (2009) a lancé, au début des années 1980 un nouveau programme de cartographie topographique régulière de base à l'échelle du **1/50 000**, remplaçant ainsi l'ancienne cartographie qui est devenue obsolète, de même que pour les cartes au **1/200 000**. Le système de projection Lambert conique a été abandonné pour le système UTM et un nouveau découpage (géographique) a été mis en place.

- **1 : 100 000** : Ces cartes sont basées sur le système de référence géodésique **Voirol 1875**, l'ellipsoïde associé étant **Clarke 1880 IGN**. Les cartes sont de **type 1956** sauf les 5 coupures de la région de Colomb-Béchar, qui sont de **type 1922**. Les projections utilisées sont **Lambert Nord Algérie** ou **Lambert Sud Algérie**.

- **1 : 200 000** : Lorsqu'elles sont accompagnées de l'indication **type 1960**, ces cartes sont basées sur le système de référence géodésique **Nord Sahara 1959**, auquel est associé l'ellipsoïde **Clarke 1880 Anglais**.

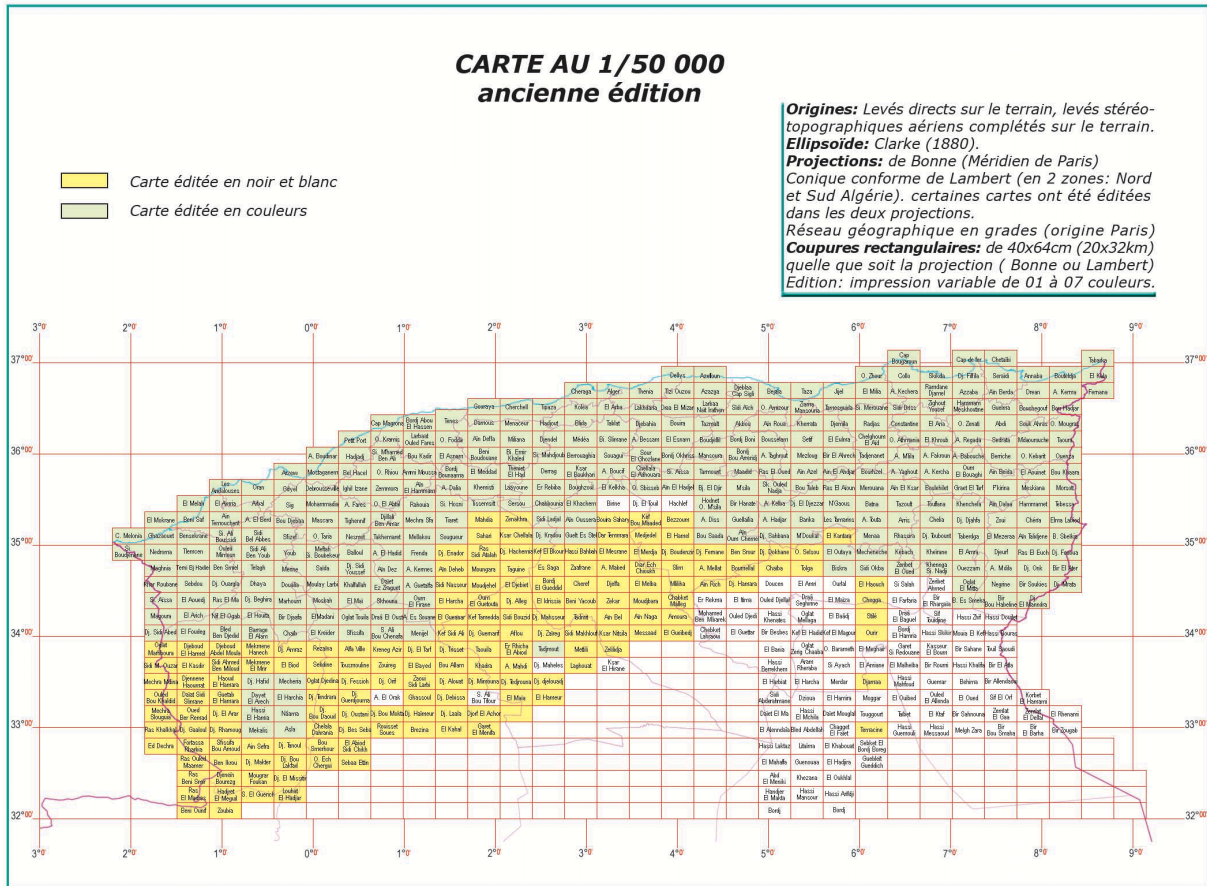


Figure 24 Ancien découpage du Nord de l’Algérie en cartes 1/50 000 dans le système de projection conique conforme de Lambert (Source : INCT).

- **1 : 500 000** : Ces cartes utilisent l'ellipsoïde et la projection de la Carte Internationale du Monde sur l'ellipsoïde International Hayford 1909. A cette échelle et avec un GPS (Global Positioning System) de navigation, leurs coordonnées peuvent être **assimilées à du WGS84**.

- **1 : 500 000 Afrique** : Ces cartes d'Afrique utilisent la projection **Lambert à petit champ**. Les principaux types de projection UTM utilisés en Algérie et les paramètres du système de projection Lambert Nord Algérie et Sud Algérie sont récapitulés dans les Tableaux : 4, 5 et 6

Tableau 4 Types de projection utilisés en Algérie.

Nord Sahara 1959	Voirol	1875	Voirol 1960	Unifie	WGS72	WGS84
<i>UTM Zone 29N</i>	Nord	Algérie	Nord Algérie		UTM Zone 29N	UTM Zone 29N
<i>UTM Zone 30N</i>	(Ancienne)				UTM Zone 30N	UTM Zone 30N
<i>UTM Zone 31N</i>	Sud	Algérie	Sud Algérie		UTM Zone 31N	UTM Zone 31N
<i>UTM Zone 32N</i>	(Ancienne)				UTM Zone 32N	UTM Zone 32N

Tableau 5 Paramètres de projections Lambert Nord-Algérie et Sud-Algérie.

Système Voirol 1875		Lambert Sud-Algérie ancien	
Mode de définition	sécante		
Ellipsoïde	Clarke 1880 IGN	X0	500000
Demi-grand axe (a)	6378249.2000 mètres	Y0	300000
Demi-petit axe (b)	6356515.0000 mètres	Unité linéaire	Mètre (système international)
aplatissement (f)	293.466021	Longitude origine	0 grades
Carré de l'excentricité (e2)	0.006803487646	Latitude origine	18 grades Nord
Excentricité (e)	0.082483256763	Facteur d'échelle	0.999625544
Méridien origine	Lambert Algérie	Latitude du premier parallèle automécoïque	41,75 grades Nord
Longitude du méridien origine	3 grades Est de Greenwich	Latitude du deuxième parallèle automécoïque	38,25 grades Nord
		Unité angulaire	grades

Lambert Nord-Algérie ancien	
X0	500000
Y0	300000
Unité linéaire	Mètre (système international)
Longitude origine	0 grades
Latitude origine	18 grades Nord
Facteur d'échelle	0.999625544
Latitude du premier parallèle automécoïque	41,75 grades Nord
Latitude du deuxième parallèle automécoïque	38,25 grades Nord
Unité angulaire	grades

Tableau 6 Paramètres de projections Lambert Nord-Algérie et Sud-Algérie selon le Système Voirol 1960.

Lambert Nord-Algérie Voirol 1960		Système Voirol 1960	
		Mode de définition	sécante
X0	500135	Ellipsoïde	Clarke 1880 Anglais
Y0	300090	Demi-grand axe (a)	6378249.1453 mètres
Unité linéaire	Mètre (système international)	Aplatissement (f)	293.465000 mètres
Longitude origine	0 grades	Méridien origine	Lambert Algérie
Latitude origine	40 grades Nord	Longitude du méridien origine	3 grades Est de Greenwich
Facteur d'échelle	0.999625769		
Unité angulaire	grades		

Chapitre III Présentation d'un logiciel SIG Open Source : QGIS

Introduction

Les besoins actuels en SIG s'orientent de plus en plus vers l'utilisation de logiciels open source. Ceci permet aux utilisateurs de SIG de réaliser des économies importantes en évitant les coûts attribués à l'utilisation de licences de logiciels SIG commercialisés. Parmi la catégorie de logiciels libres, nous citons GRASS, SAGA et QGIS (d'autres cités dans le chapitre II). Dans ce chapitre, nous allons utiliser le logiciel QGIS pour un certain nombre d'applications.

III.1 Exemple de logiciel SIG Open source : QGIS

QGIS est un logiciel SIG libre (open source). Il a été conçu en mai 2002. En juin 2002, il s'est établi en tant que projet sur Source Forge. Depuis 2007, il a été développé par **Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)**. QGIS est distribué sous la licence **GNU GPL** (General Public License). Ceci permet aux utilisateurs de le partager et de le modifier librement (modifier le code source), tout en ayant la garantie d'avoir accès à un programme SIG non onéreux et librement modifiable.

QGIS peut fonctionner sous plusieurs systèmes d'exploitation tels que MacOS, Linux, d'Unix, les logiciels d'exploitation androïdes. QGIS utilise la bibliothèque logicielle Qt (bibliothèque de création d'interfaces graphiques) et le langage C++, ce qui se traduit par une interface graphique simple et réactive.

QGIS gère un grand nombre de formats raster et vecteur, avec le support de nouveaux formats facilité par l'architecture basée sur les extensions (source : Copyright (c) 2004 - 2014 QGIS Development Team).

L'amélioration permanente de ses fonctionnalités, qui englobe notamment la création de données, l'édition, la manipulation, l'analyse, le stockage et la représentation visuelle, QGIS devient ainsi populaire et connaît une large utilisation par des compagnies privés des organisations à l'échelle mondiale.

Aujourd'hui, QGIS est utilisé pour les projets SIG suivants (Andreas, 2011) :

1. Visualisation des données sur les eaux usées, intégration des bases de données supplémentaires, et accès direct aux protocoles d'inspection et de cameras vidéos ;
2. Visualisation et édition pour les systèmes de planification urbaine, de planification ;
3. environnementale, de gestion de l'hydrologie, et de gestion des eaux usées ;
4. Visualisation des données d'inventaire souterrain (assainissement, adduction d'eau potable, gaz, électricité, et récemment réseaux de télécommunication) ;
5. Visualisation des données topographiques et cadastrales ;
6. Visualisation et édition de l'inventaire communal des sites naturels protégés ;
7. Visualisation et édition des données de planification urbaine et régionale ;
8. Visualisation et édition des données de l'infrastructure routière ;
9. Visualisation de statistiques créées directement depuis la base de données des habitants passés et présents ;
10. Planification et Visualisation pour l'aménagement énergétique (fourniture de gaz, chauffage à partir d'eaux usées, énergie géothermique en sous-sol, centrales de chauffage, etc.). Actuellement d'autres projets similaires sont développés.

III.2 Présentation de l'interface de QGIS

L'interface utilisateur de QGIS comprend un ensemble d'outils nécessaires et interactifs permettant ainsi une analyse plus approfondie et complète de données graphiques. Les résultats sont visuellement affichés sous forme de couches thématique pour une analyse plus riche et utile aux décideurs. L'interface est ainsi composée des éléments suivants (Figure 25) :

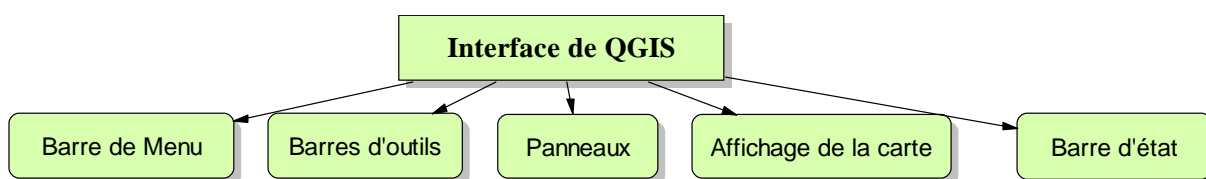


Figure 25 les principaux composants de l'interface de QGIS

Quand vous lancez QGIS, vous verrez l'interface, comme montré sur la **Figure 26** ci-dessous qui décrits l'ensemble de ses composants.

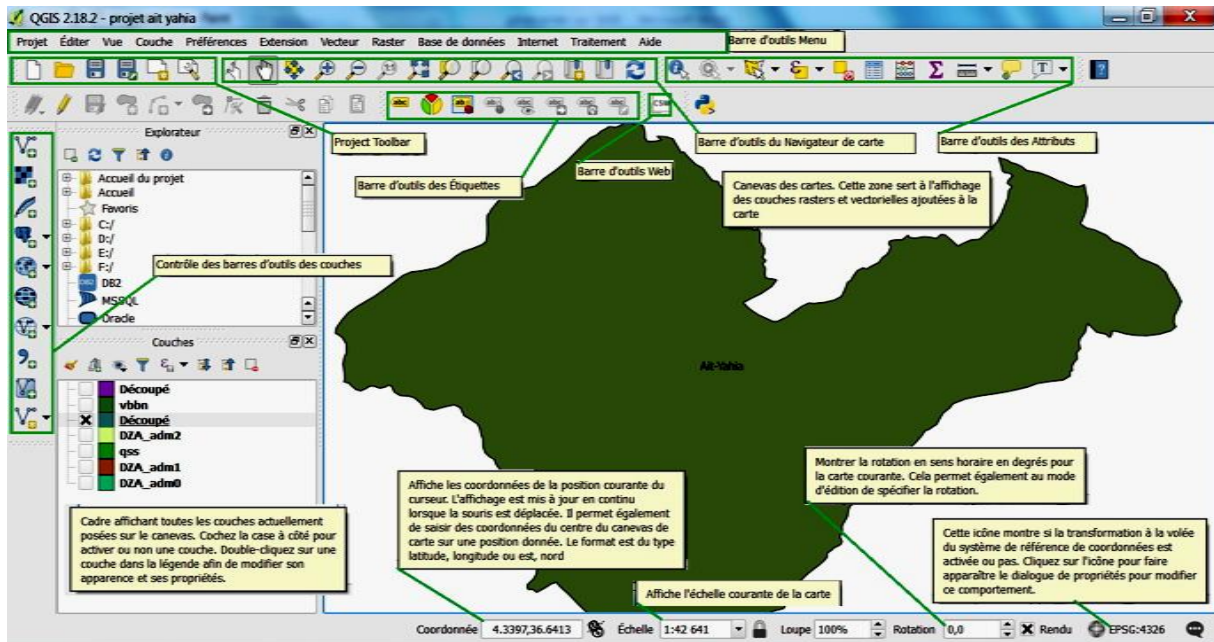
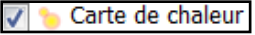
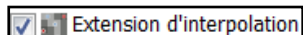
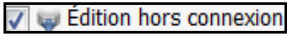
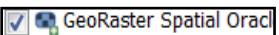
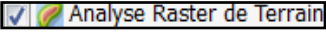
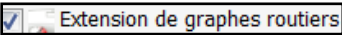
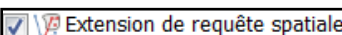
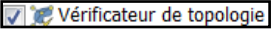
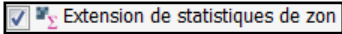


Figure 26 l'interface de QGIS

III.3 Quelques extensions de QGIS

QGIS permet de créer, d'éditer, de gérer et d'exporter des couches vectorielles et raster de nombreux formats. Les principales extensions de QGIS sont :

- **Géoréférenceur GDAL** pour géoréférencer des images (Saisie de coordonnées (Enregistrer les coordonnées du pointeur de la souris dans un SCR différent);
- **Outils GPS** pour importer et exporter des données GPX et convertir d'autres formats GPS vers le GPX ou l'envoi, la réception directement vers une unité GPS (pour Linux, le port USB a été ajouté à la liste des ports utilisables) ;
- **OpenLayers Plugin** visualisation et édition des données OpenStreetMap ;
- **Saisie de coordonnées** Enregistrer les coordonnées du pointeur de la souris dans un SCR différent) ;
- **DB Manager** Création de tables de base de données à partir de shapefiles, Edition et visualisation des couches et des tables, exécution de requêtes SQL) ;
- **Convertisseur Dxf2shp** Convertir des fichiers DXF en shapefiles) ;
- **eVis** (Visualiser des événements) ;
- **GdalTools** (intègre les outils GDAL dans QGIS) ;
- **Géoréférenceur GDAL** (Ajouter une projection à un raster via GDAL) ;
- **Outils GPS** (Importer et exporter des données GPS) ;

-  (Générer des cartes de chaleur raster à partir de données ponctuelles) ;
-  Extension d'interpolation (Interpoler une surface en utilisant une couche vectorielle de points) ;
-  Édition hors connexion (Éditer hors connexion et synchroniser avec une base de données) ;
-  GeoRaster d'Oracle Spatial ;
-  (Analyser des rasters de données d'élévation) ;
-  (Analyser le chemin le plus court sur un réseau) ;
-  Extension de requête spatiale ;
-  (Chercher des erreurs de topologie dans les couches vectorielles) ;
-  (Calculer le nombre, la somme et la moyenne d'un raster pour chaque entité d'une couche de polygones).

III.4 Les formats supportés par QGIS

Le logiciel QGIS vous permet d'afficher et de superposer des couches de données rasters et vecteurs dans différents formats et projections. Les formats supportés incluent :

III.4.1 Formats vectoriels

Les tables spatiales et les vues PostGIS, SpatiaLite, MS SQL Spatial et Oracle Spatial, les formats vecteurs supportés par la bibliothèque OGR installée incluant les formats ESRI shapefiles, MapInfo et MicroStation ; les bases de données AutoCAD DXF, PostGIS, SpatiaLite, Oracle Spatial et MS SQL Spatial et de nombreux autres formats. Les données vectorielles GRASS (Geographic Resource Analysis Support System) et PostgreSQL sont gérées par des extensions natives de QGIS (source : Copyright (c) 2004 - 2014 QGIS Development Team).

III.4.2 Formats raster

Les formats raster supportés par la bibliothèque GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) : QGIS utilise la bibliothèque GDAL pour lire et écrire des raster de multiples formats dont ArcInfo Binary Grid, ArcInfo ASCII Grid, GeoTIFF, JPEG, PNG, ERDAS IMAGINE, et bien d'autres. Des rasters peuvent également être lus par QGIS depuis des archives zip et gzip.

- les formats raster et vecteur provenant des bases de données GRASS.
- les données spatiales en ligne diffusées comme les services web de l'OGC (Open Geospatial

Consortium) qui incluent le WMS, WMTS, WCS, WFS, SFS, GML et WFS-T.


Les services OGC sont de plus en plus utilisés pour échanger des données géospatiales entre différentes implémentations SIG et des fournisseurs de données. QGIS peut maintenant traiter les spécifications citées ci-dessus dont le SFS (via PostgreSQL / PostGIS).

– Les données OpenStreetMap: une base de données géographiques libres sur le monde entier et qui est éditable par tous à partir de données GPS, de photographies aériennes ou tout simplement des connaissances locales du terrain. Pour soutenir ce projet, QGIS fournit une extension qui permet aux utilisateurs de travailler avec les données OSM.

III.5 Visualisation de données vectorielles sous QGIS

Remarque : la version utilisée dans les applications qui vont suivre est QGIS 2.18.2

III.5.1 Exemple de Visualisation de données vectorielles

Pour charger le fichier communes de l'Algérie.shp, lancez QGIS et cliquez sur le bouton  **Ajouter une couche vecteur** (Ctrl+Shift+V). Une nouvelle fenêtre apparaîtra (voir **Figure 27**).

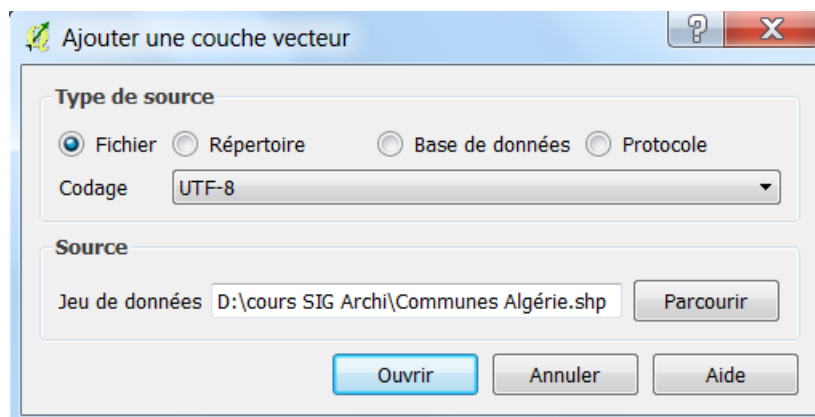


Figure 27 Ajouter une couche vecteur

Cliquer **Fichier** puis cliquer sur le bouton [Parcourir]. L'outil ouvre alors la fenêtre **Ouvrir une couche de vecteur gérée par OGR** vous permet de charger le Fichier au format Shape « Communes Algérie.shp » (**Figure 28**)

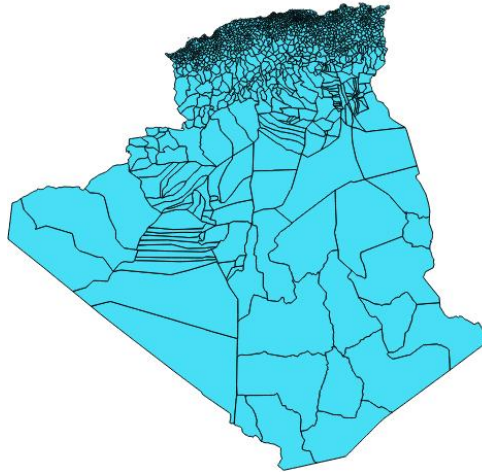


Figure 28 Affichage des communes d'Algérie.

Pour afficher les propriétés de la couche **Communes Algérie.shp**, ouvrir la fenêtre **Propriétés de la Couche** en double-cliquant sur le nom de la couche dans la légende ou en faisant un clic droit et en choisissant Propriétés dans le menu qui apparaît.

Cette boîte de dialogue **Propriété de la couche** (**Figure 29**) vous permet d'indiquer les propriétés et les paramètres de la couche vecteur affichée.

A partir de **Général** vous pouvez connaître plusieurs informations importantes sur la couche affichée notamment le système de coordonnées de référence (SCR) c.à.d. le système de projection de la carte.

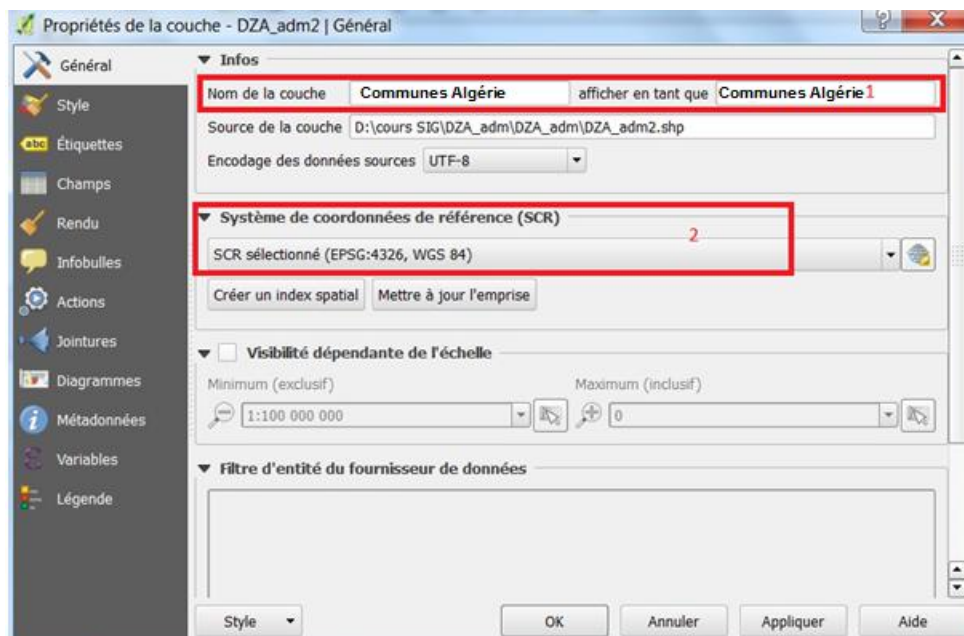


Figure 29 Propriété de la couche

III.5.1.1 Système de coordonnées de référence (SCR)

Les SCR disponibles dans QGIS sont ceux définis par l'EPSG (European Petroleum Search Group) et l'Institut National Géographique (IGNF) et sont en grande partie extraits des tables spatiales de référence de GDAL. Les identifiants EPSG sont présents dans la base de données et peuvent être utilisés pour définir un SCR dans QGIS.

QGIS comprend approximativement 2 700 SCR. Leur définition est stockée dans une base de données SQLite qui est installée avec QGIS.

QGIS ne fournit pas le système de coordonnées de référence Lambert Nord Algérie, vous pouvez la définir à partir de la bibliothèque de projection PROJ.4.

Pour cela, sélectionnez Préférences → Projection personnalisée.

La fenêtre **Définir un système de coordonnées de référence personnalisé** (Figure 30) s'affiche :

Vous renseignez les deux cases :

-Taper le nom de la projection : **Lambert Nord Algérie**

-Les paramètres cartographiques doivent être conformes au format PROJ.4.

Le texte des Paramètres doit être commencé +proj = pour représenter le nouveau système de coordonnées de référence.

Vous pouvez tester vos paramètres de nouveau SCR en Entrant de latitude et de longitude connues en WGS 84 dans les deux cases Nord et Est respectivement. Cliquez ensuite sur le bouton [Calculer] et comparez les résultats avec les valeurs connues dans votre système de coordonnées de référence.

```
+proj=lcc +lat_1=36 +lat_0=36 +lon_0=2.7 +k_0=0.999625544 +x_0=500000 +y_0=300000 +a=6378249.2  
+b=6356515 +towgs84=-73,-247,227,0,0,0 +units=m +no_defs
```

Le menu **Style** vous permet de modifier le symbole d'un objet (point, ligne et polygone) ainsi que de modifier sa couleur.

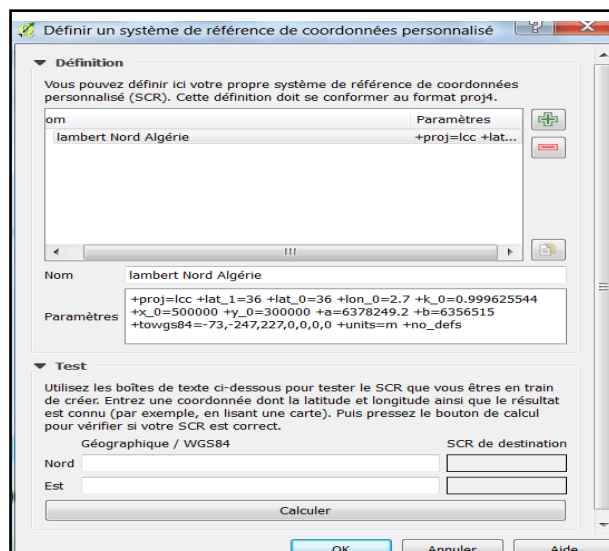


Figure 30 Définir un système de coordonnées de référence personnalisé.

III.5.1.2 Etiquettes

Pour afficher les noms des Wilayas, vous pouvez suivre les étapes suivantes :

1. Dans la fenêtre **propriétés de couche** cliquer sur **étiquette** puis sélectionner **Montrer les étiquettes pour cette couche (Figure 31)**.
2. Choisir le champ dont lequel Afficher le nom de l'étiquette telle que **name**.
3. Modifier la couleur, la taille et d'autres paramètres.

Cliquez ensuite sur **Appliquer**. La Figure 32 montre le résultat final.

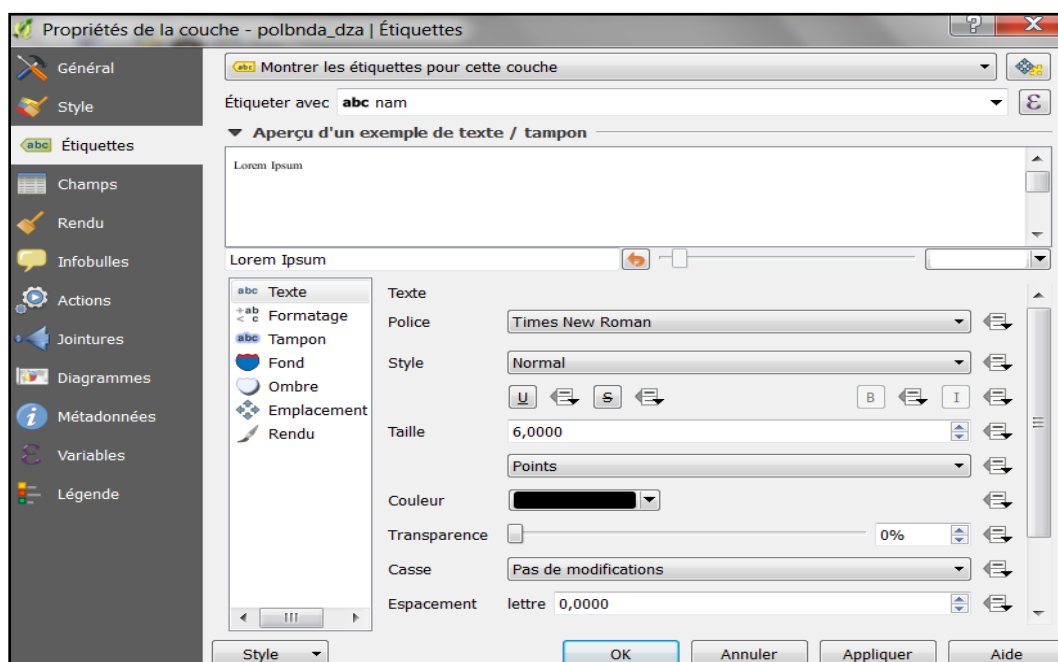


Figure 31 Options d'affichage et de style des Etiquettes d'une couche.

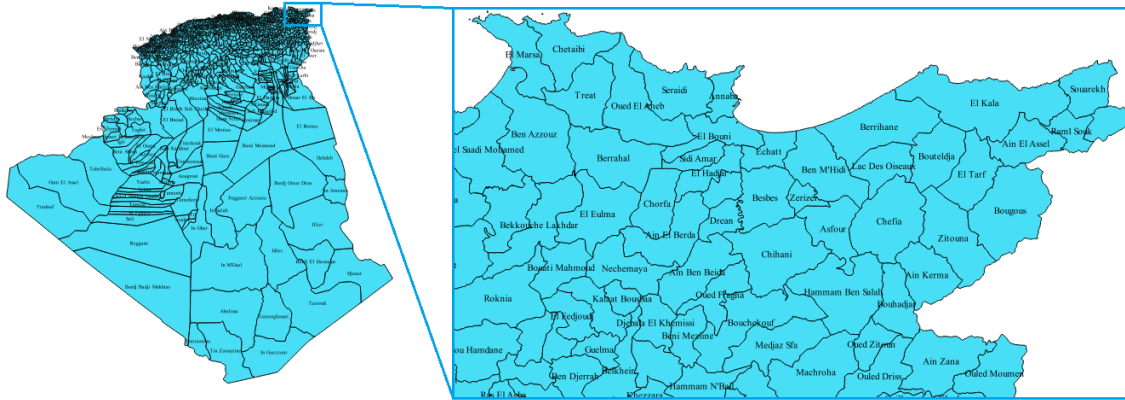


Figure 32 Affichage des noms des communes ; Les polygones de cette couche représentent les limites des Communes de l’Algérie.

III.5.1.3 Visualisation des attributs d’une couche

Pour afficher toutes les données qui vous sont disponibles, avec la couche **Communes Algérie.shp**, sélectionnée dans la légende de la carte :

La table des attributs de la carte correspond aux informations contenues dans le fichier Wilaya Algérie.shp. Ces données sont appelées *données attributaires*.

On y accède par un clic droit sur **Communes Algérie** et on sélectionne la commande «ouvrir table des attributs».

Cela vous montrera une Table avec plus d’informations sur la couche **Communes Algérie.shp** (**Figure 33**). Ces données sont appelées *données attributaires* ; ce sont les *données spatiales*

Champs

ID_0	ISO	NAME_0	ID_1	NAME_1	ID_2	NAME_2	TYPE_2	ENGTYP_2	NL_NAME_2
1	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	1	Ain Senian	Commune-Co...	Commune-Co...	
2	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	2	Ain Bouihi	Commune	Commune	
3	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	3	Ain Defla	Chef-Lieu-Wil...	Chef-Lieu-Wil...	
4	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	4	Ain Lechiakh	Commune	Commune	
5	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	5	Ain Soltane	Commune	Commune	
6	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	6	Ain Tork	Commune	Commune	
7	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	7	Ain	Commune	Commune	
8	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	8	Barbouche	Commune	Commune	
9	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	9	Bothia	Commune	Commune	
10	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	10	Belass	Commune	Commune	
11	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	11	Ben Aïtal	Commune	Commune	
12	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	12	Bir Ould Kheïfa	Commune	Commune	
13	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	13	Bordj Emir Kh...	Commune	Commune	
14	5 DZA	Algeria	1	Ain Defla	14	Boumedfias	Commune	Commune	

Enregistrement

Figure 33 Extraits de la table des attributs des communes de l’Algérie.

III.5.1.4 Sélectionner un objet graphique ou une donnée attributaire à l’écran

Pour Sélectionner un objet graphique défini, ça revient à sélectionner l’attribut correspondant à cet objet dans la table des attributs.

plusieurs fichiers avec le même nom, mais différents types de fichiers (voir la **Figure 36**). Les Shapefiles sont faciles à échanger, et la plupart des logiciels SIG peuvent les lire.


 Communes Algérie	21/11/2017 14:28	Fichier DBF	859 Ko
 Communes Algérie.shp	21/11/2017 14:28	Fichier SHP	13 462 Ko
 Communes Algérie.shx	21/11/2017 14:28	Fichier SHX	12 Ko
 Communes Algérie	07/01/2018 15:32	QGIS Project	14 Ko

Figure 36 Les types de fichiers associés au fichier de forme.

QGIS utilise le format shapefile géré à travers la bibliothèque OGR (Simple Feature Library).

Il contient toute l'information liée à la géométrie des objets décrits, qui peuvent être :

- des points
- des lignes
- des polygones

Son extension est classiquement SHP, et il est toujours composé de deux autres fichiers de même nom, et d'extensions :

- un fichier DBF, qui contient les données attributaires relatives aux objets contenus dans le shapefile ;
- un fichier SHX, qui stocke l'index de la géométrie.

III.5.1.6 Mesurer des longueurs, des aires et des angles

Mesurer une longueur : QGIS peut mesurer des distances réelles entre plusieurs points selon la forme appropriée du vecteur (**Figure 37**).

Mesurer une longueur : La longueur de chaque segment s'affiche dans la fenêtre de mesure ainsi que la longueur cumulée totale. Pour stopper les mesures, faites un clic droit.

Mesurer une aire : Les aires peuvent aussi être mesurées. Dans la fenêtre de mesure apparaît la surface totale mesurée. En complément, l'outil de mesure s'accrochera à la couche sélectionnée à partir du moment où celle-ci a un seuil d'accrochage défini (voir section Définir le rayon de tolérance d'accrochage et de recherche).

- **Mesurer un angle** : Vous pouvez aussi mesurer des angles. Le curseur adopte une forme en croix. Cliquez pour dessiner le premier côté de l'angle à mesurer puis bougez le curseur pour dessiner l'angle désiré. La mesure est affichée dans une fenêtre.

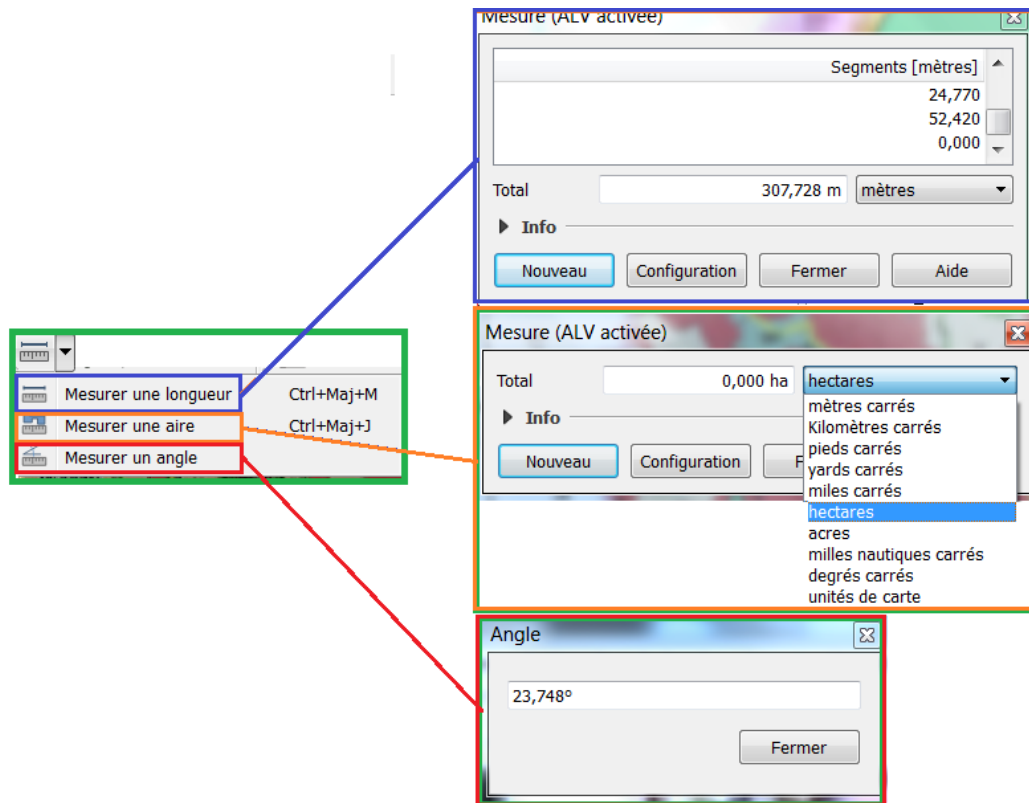


Figure 37 Outils de mesure des longueurs, des aires et des angles sous QGIS.

III.6. Géoréférencer avec QGIS

Le géoréférencement d'une carte consiste à son calage à partir de quatre points dont vous connaissez les coordonnées X et Y (exprimés en DMS (Degrés Minute Second), DD (Degrés Décimaux) ou en coordonnées projetées (exprimés en mètre)).

Pour ceci, on peut utiliser l'une des méthodes suivantes :

- **La méthode manuelle** consiste à saisir manuellement les coordonnées des points de calage.
- **La méthode de géoréférencement basée sur une carte géoréférencée**

Cette méthode consiste à afficher la carte de référence (déjà géoréférencée) dans la vue de QGIS avant de commencer le géoréférencement de la carte cible.

Remarque

Si la commande géoréférencement n'est pas affichée dans le menu outil, il faut la charger à partir du menu Extension et pour la rendre active, cocher « Géoréférenceur GDAL » (**Figure 38**)

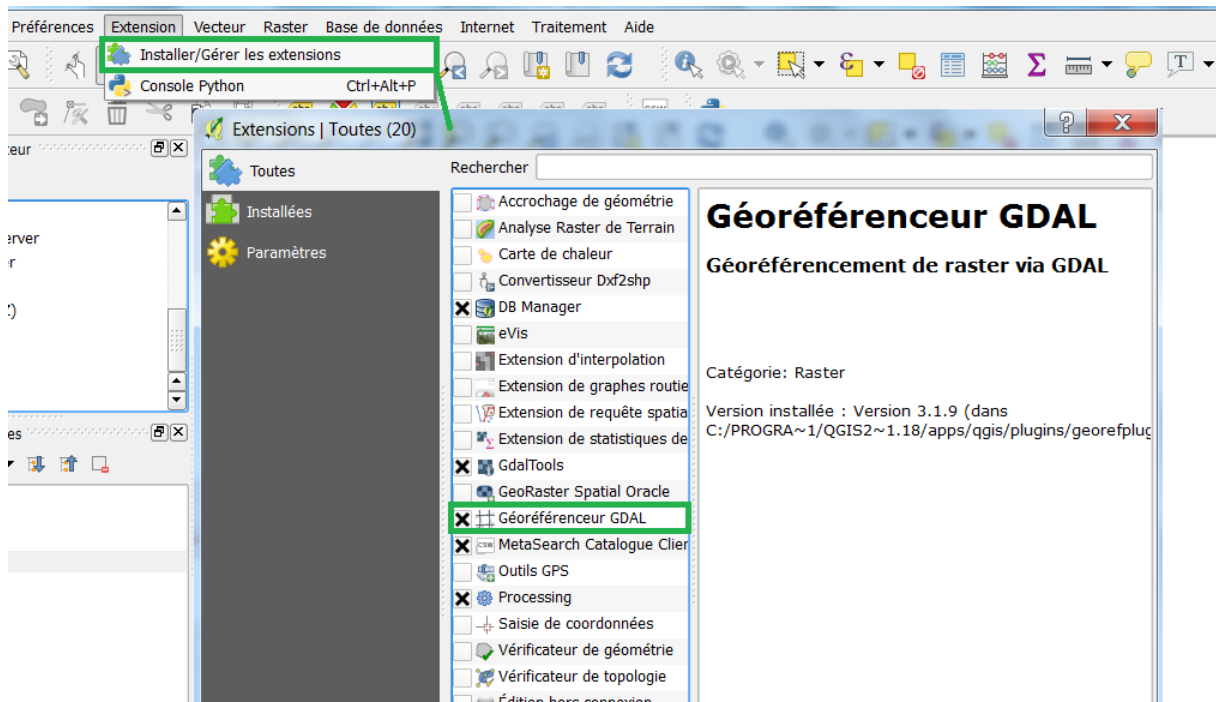




Figure 38 Géoréférencieur GDAL

Une fois cette application est installée, aller dans le menu raster et cliquer sur Géoréférer. A l'aide de l'icône Ouvrir Raster , vous ajouter la carte nommée 02_carte_pentes.jpg puis il faut renseigner les paramètres de transformation à l'aide de cet icône , comme le montre la Figures 39).

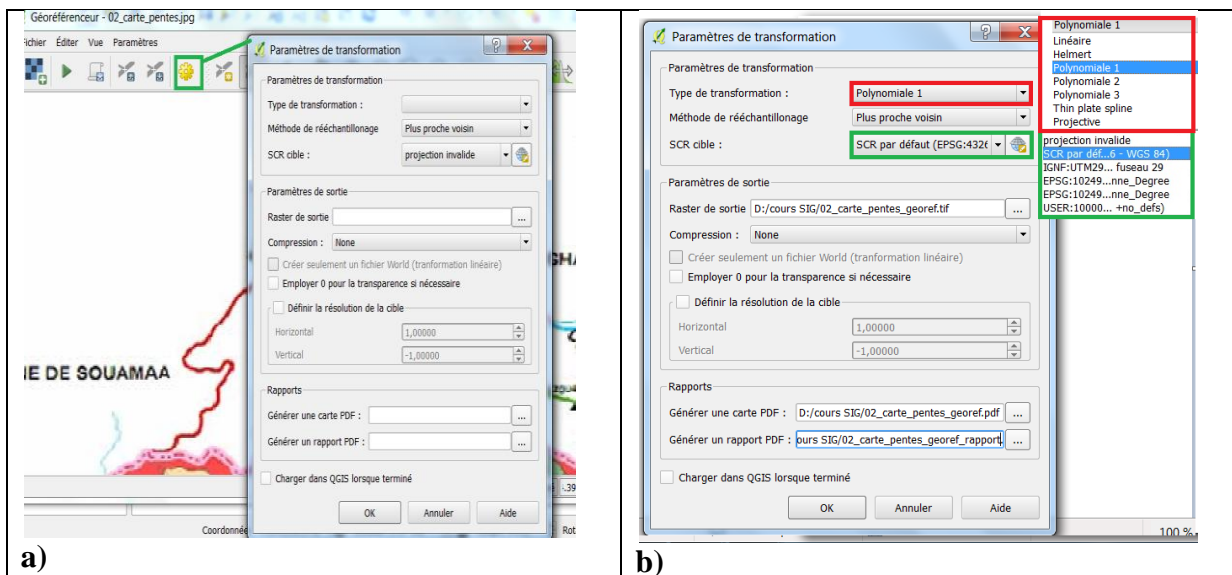



Figure 39 Commande paramètres de transformation, accéder aux paramètres, a) ; fixer le type de transformation et identifier le système de projection, b).

Le type de transformation pris dans ce cas est *Polynomial 1* car le nombre de points de contrôle utilisé est de 4. Le Système de Coordonnées de Référence (SCR) choisit doit être conforme à celui de la carte de base (déjà géo référencée). Dans notre cas c'est WGS84.

Vous sauvegarder également le fichier de sortie.

Si vous voulez avoir la carte scannée géo référencée et un rapport en fichiers pdf, il faut cocher **Générer une carte** dans le volet rapport. Et si vous voulez l'afficher à l'écran vous cocher **Charger dans QGIS lorsque terminé** et cliquer sur OK

Ensuite, cliquer sur l'icône Ajouter Point  et vous choisissez quatre points de calage sur la carte scannée et dont vous souhaitez avoir ses coordonnées à partir de la carte géoréférencée (**Figure 40**).

Vous désignez la position du point de calage sur la carte scannée (P2(X,Y)) en cliquant dessus, la fenêtre qui vous permet de saisir les coordonnées s'affiche et vous pouvez ensuite chercher les coordonnées de ce P2 (X,Y) **Depuis le canevas de la carte** géo référencée affichée .

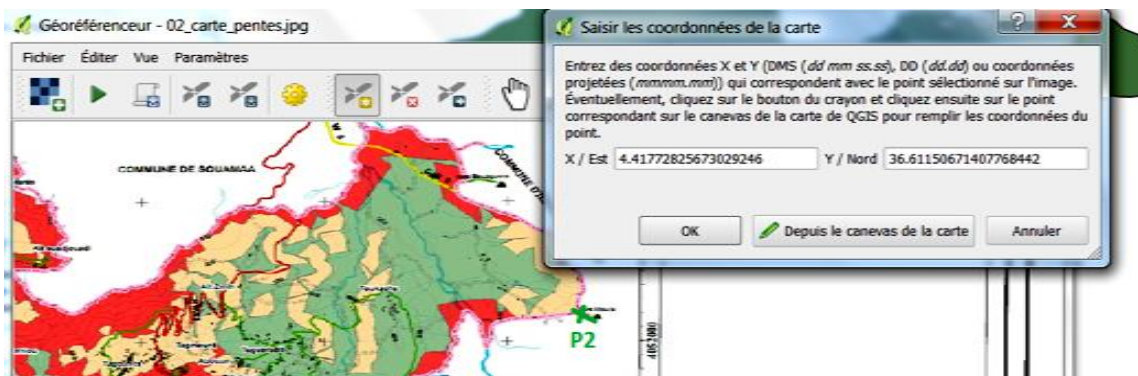


Figure 40 Saisir les coordonnées de calage

Le point de calage renseigné sur la carte géoréférencée se bascule automatiquement vers la Table des points de contrôle. Cette Table s'est affichée en bas de la fenêtre Géoréférenceur (**Figure 41**).

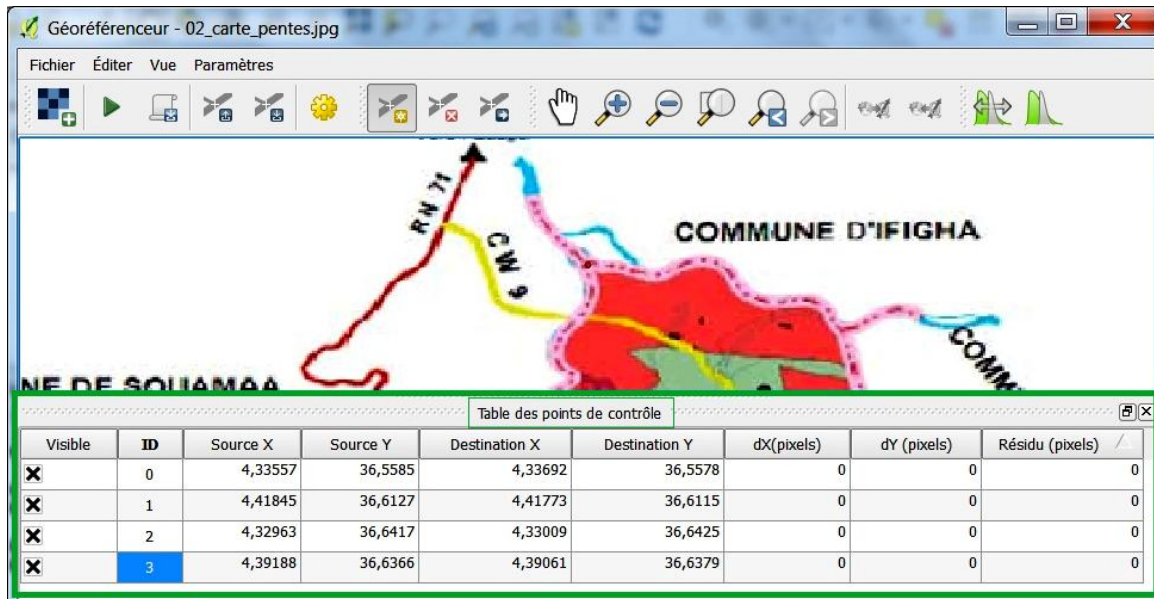


Figure 41 Table des points de contrôle

Elle comprend les coordonnées des points de référence (contrôle) tirés de la carte géoréférencée (Source) et les coordonnées des points de calage positionnés sur la carte à géoréférencée (carte scannée : Destination). Elle comprend également deux champs qui montrent la différence en pixels entre les coordonnées Source et destination et un champ qui présente le Résidu en pixels.

Dans notre cas, le calage semble acceptable, les résidus sont quasiment nuls.

Indiquer la direction et le nom du rapport PDF à générer. Ce rapport inclut tous les paramètres définis ainsi qu'une image avec tous les résidus et une liste des points de contrôles et leurs erreurs RMS.

Pour en finir, exécuter le géoréférencement, en cliquant sur **Débuter le Géoréférencement**

La Figure 42 illustre le résultat final.

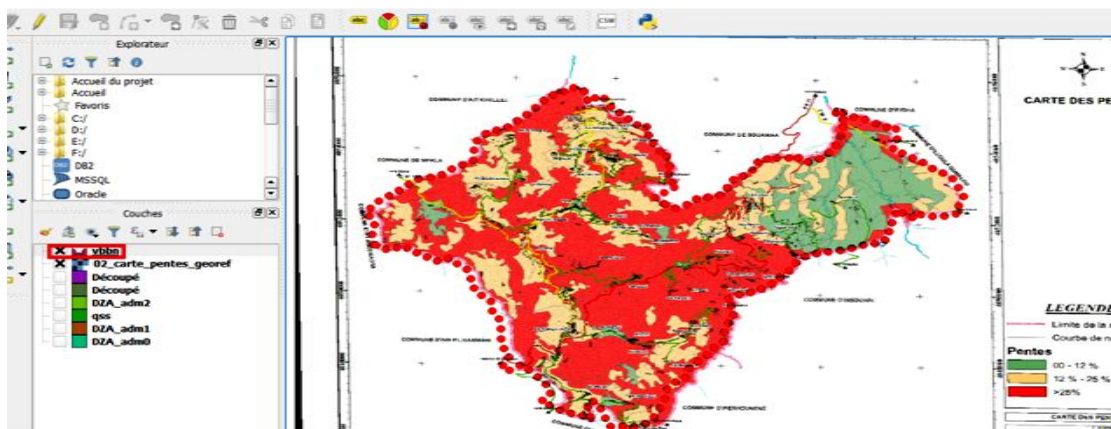


Figure 42 Carte géoréférencée (Vbbn = carte de référence ; 02_carte_pentes_georef = la carte scannée géo référencée).

La **Figure 43** montre le rapport pdf généré du géoréalignement. Dans ce rapport, on trouve la carte géoréalignée, les quatre points de calage avec une Table présentant les résidus effectués sur les coordonnées X, Y.

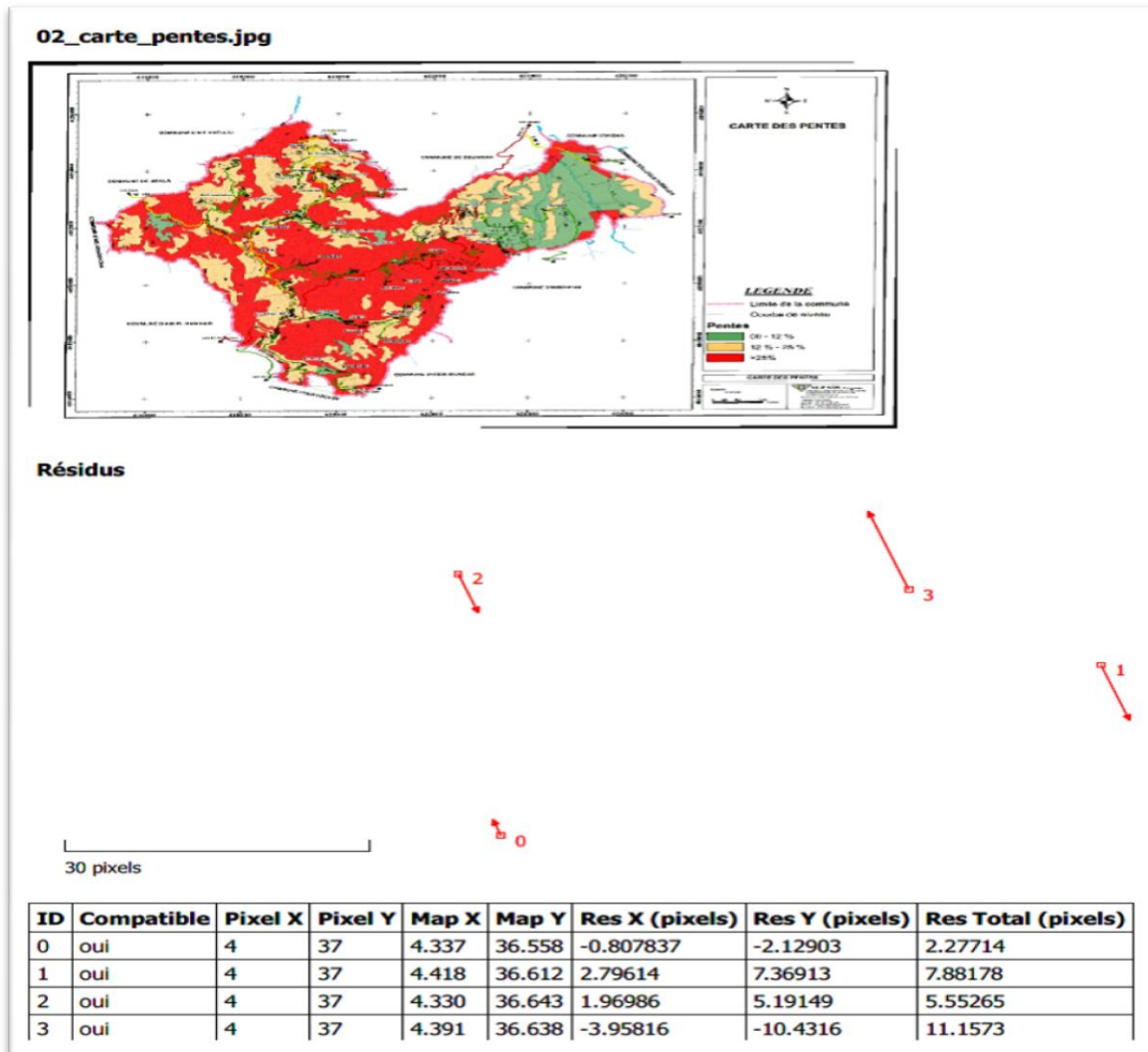


Figure 43 Rapport en PDF issue du géoréalignement de la carte des pentes de la commune Ait Yahia.

L'échelle de la carte

QGIS exprime les coordonnées des couches en degré décimal par défaut. Pour exprimer les coordonnées en mètres, aller à l'onglet Projet → Propriétés du projet et sélectionner unité de carte en mètre (voir Figure ci-dessous).

Ceci peut également se faire en spécifiant un système de projection de référence permettant d'associer à la projection l'unité souhaitée (**Figures 44**).

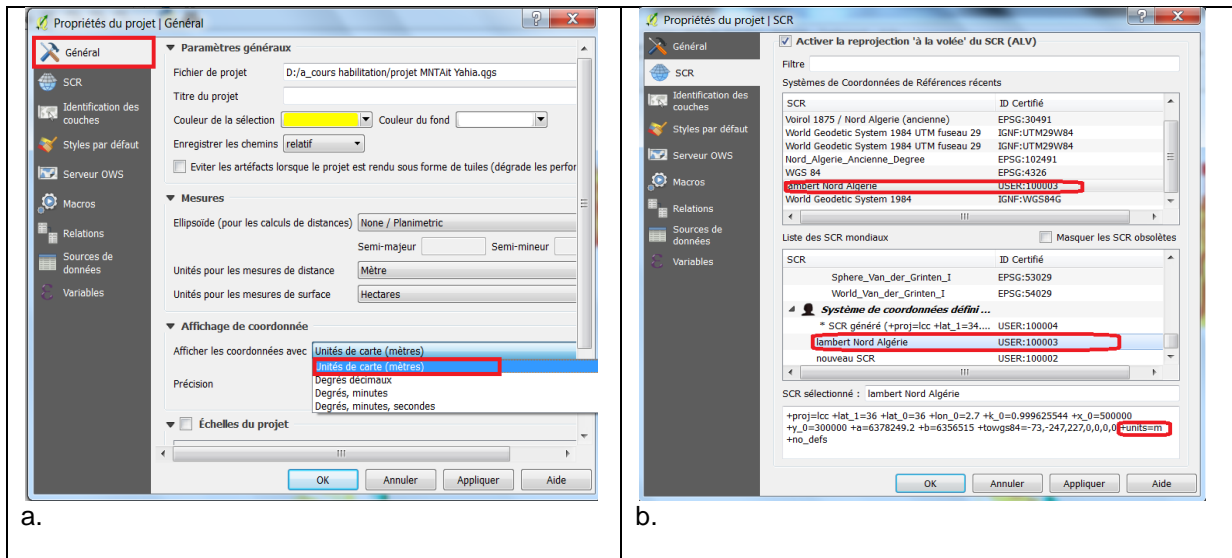


Figure 44 Système de projection utilisé « Lambert Nord Algérie ».

III.7. Création d'une nouvelle couche vectorielle et digitalisation

Pour la création d'une nouvelle couche vectorielle, on se sert de la carte des pentes géoréférencée précédemment (02_carte_pentes_georef.tif).

Étapes

Cliquer sur Nouvelle Couche Shapefile

La fenêtre qui s'affiche va vous permettre de choisir le type d'objet à numériser et d'indiquer le système de projection et aussi de générer la table attributaire en créant un nombre de champs souhaités (Figure 45). Dans notre cas, on coche Polygone et comme système de coordonnées, on retient (EPSG : 4326, WGS84).

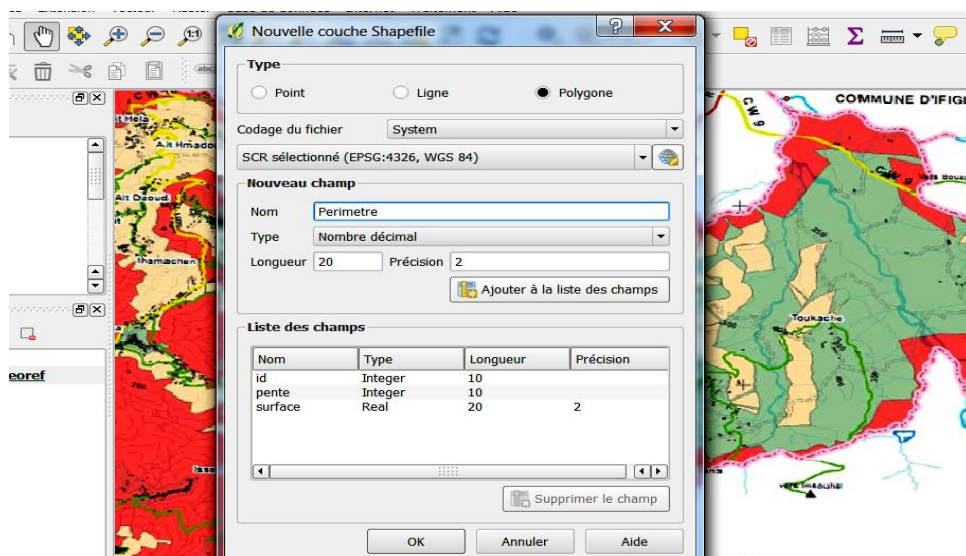


Figure 45 Fenêtre de création d'une Nouvelle couche Shapefile pour numériser la carte des pente de la commune Ait Yahia.

Cliquer sur Ok, une fenêtre s'affiche à l'écran pour sauvegarder le fichier. Nommer le par (*pen_t_ait yahia.shp*) (Figure 46).

- La nouvelle couche s'ajoute à la Vue de QGIS automatiquement

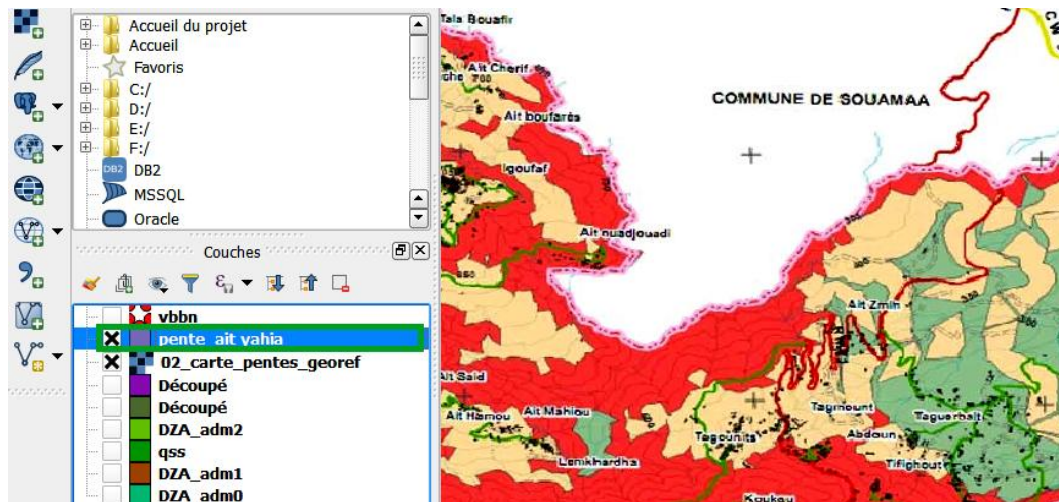




Figure 46 Affichage de la nouvelle couche et Activation de l'outil de numérisation.

- Cliquer sur *pen_t_ait yahia* dans le volet « Couches » et ensuite cliquer sur l'icone Basculer en mode edition  pour rendre la couche éditable en activant l'outil de la numérisation



Cliquer ensuite sur Ajouter une entité (polygone) . Et vous commencer à numériser le polygone (Figure 47). Quand vous arrivez au point de départ de la digitalisation, vous faites un clic droit pour fermer le polygone. Juste après, une fenêtre s'affiche à l'écran pour renseigner les champs de la table des attributs concernant ce polygone.

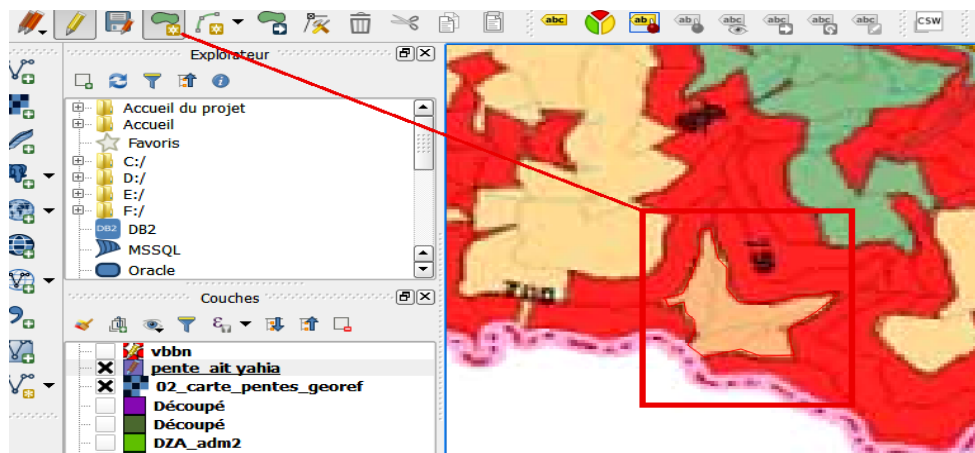


Figure 47 Outil de numérisation d'un polygone.

Pour rajouter ou supprimer des colonnes, aller aux propriétés de la couche par clic droit sur *pen_t_ait yahia*. Ou bien accéder directement aux propriétés de la couche en ouvrant sa table des attributs.

III.8. Exemple de calcul de la surface des polygones numérisés

Les étapes à suivre

- Ouvrir la table des attributs ; ajouter une nouvelle colonne nommée **surface** (Figure 48) ;

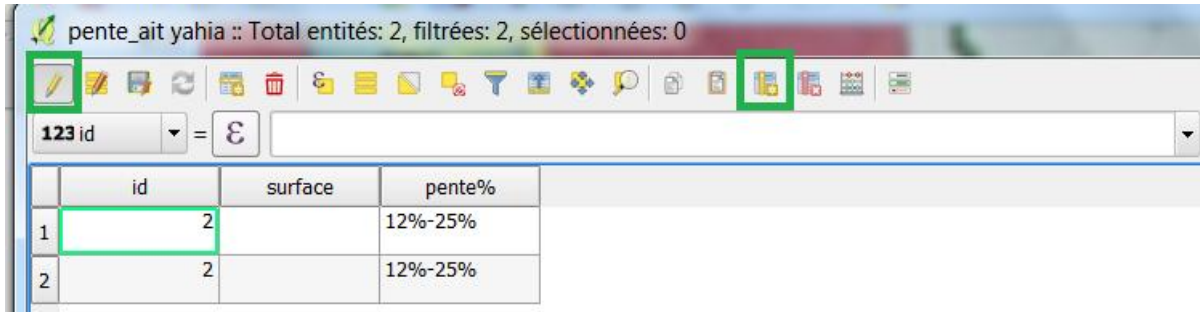


Figure 48 Ajout d'un champ.

- Rendre la table éditable ;
- A l'aide de la calculatrice de Champ, renseigner la fenêtre qui s'affiche comme ci-dessous, -
- Sélectionner dans le volet Géométrie #area (Figure 49)

#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.

Refaire la même procédure pour le périmètre.

Le résultat de cette opération est illustré par la Figure 50.

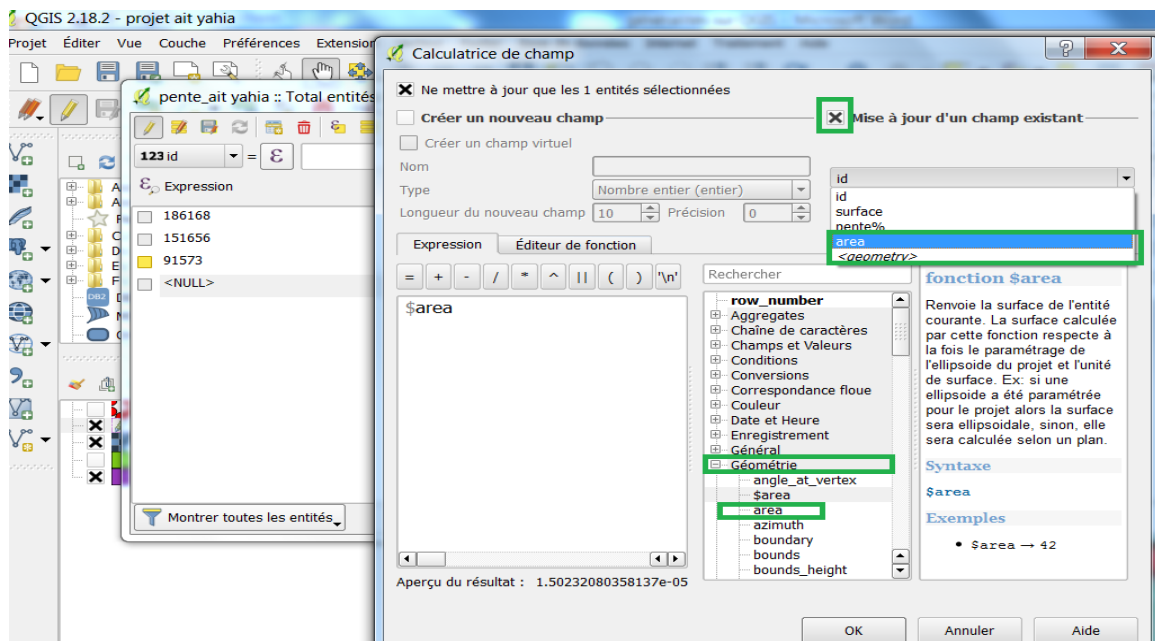


Figure 49 La fonction utilisée pour estimer la surface de chaque polygone.

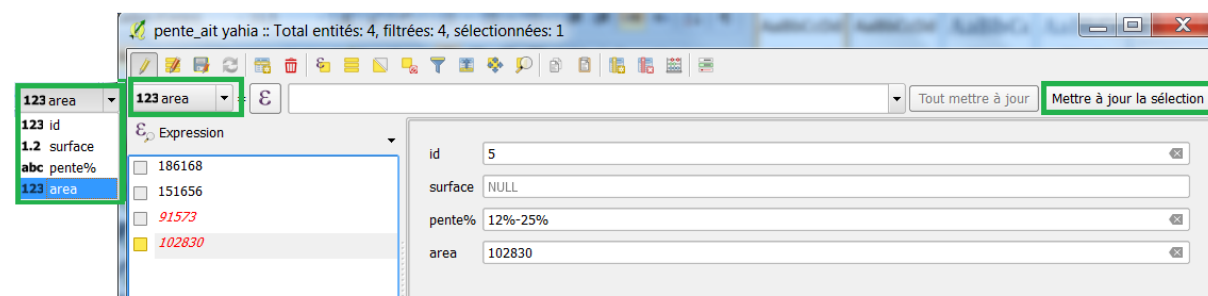


Figure 50 Estimation de la surface (area)

III.9 Activer le mode Accrochage

Digitaliser le polygone 1

Ensuite, le polygone 2 sur la zone urbaine en activant le mode accrochage (Figures 51 et 52).

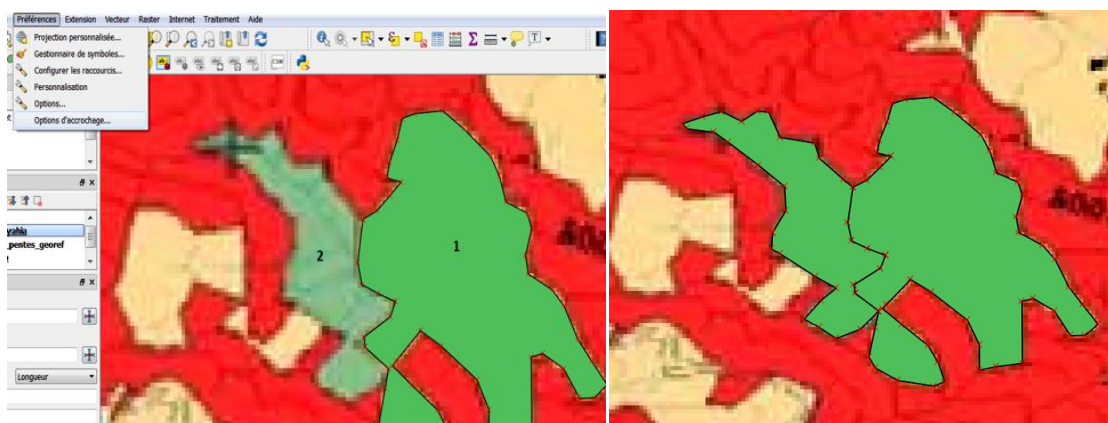


Figure 51 Numériser le polygone 2 par activation du mode Accrochage.

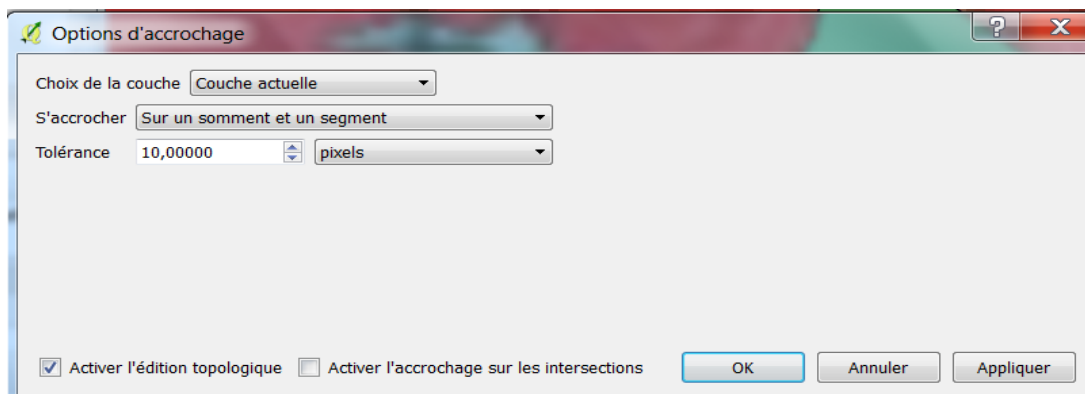


Figure 52 Fenêtre des paramètres d'accrochage

III.10 Importer un fichier csv dans QGIS 2.18.2


Comment Importer un fichier csv dans QGIS 2.18.2 et créer une couche vectoriel à partir des coordonnées X,Y des points d'eau (puits).

Dans cette application, nous allons importer les données attributaires des puits en format csv dans QGIS pour visualiser leurs localisations (répartition spatiale).

Exemple : importer dans QGIS le fichier « Npiez.csv » qui comporte les coordonnées des puits en projection Lambert Nord Algérie (X, Y), le niveau du sol (Zsol), niveaux piézométrique mesuré en 1999 (Npiez99), le niveau statique mesuré en 1999 (Ns99). Ces données concernent la nappe alluvionnaire de la plaine de Ghriss de Mascara.

Etapes 1 : convertir le fichier Excel « Npiez.xls » en format csv « Npiez.csv »

Lancer Excel et ouvrir le fichier « Npiez.xls » ; Fichier → *Enregistrer* sous puis choisir le *format CSV*, séparateur point-virgule" dans le champ "Type de fichier".

Lancer QGIS2.18.2 puis dans **Contrôle des barres d'outils des couches**, cliquer sur **Ajouter une couche de texte délimitée**  ; la fenêtre **Créer une couche depuis un fichier à texte délimité (CSV)** s'affiche (**Figure 53**) ;

Clique ensuite sur le bouton **Parcourir** pour atteindre le fichier Npiez.csv : D:/cours SIG Archi/hydrogéologie/Npiez.csv ; cocher **délimiteurs personnalisés** et **Point-virgule** ; indiquer le champ des abscisses et le champ des ordonnées **Champ X X** **Champ Y Y**

Cliquer ensuite sur OK ; la carte de localisation des puits s'affiche dans le canevas de QGIS.

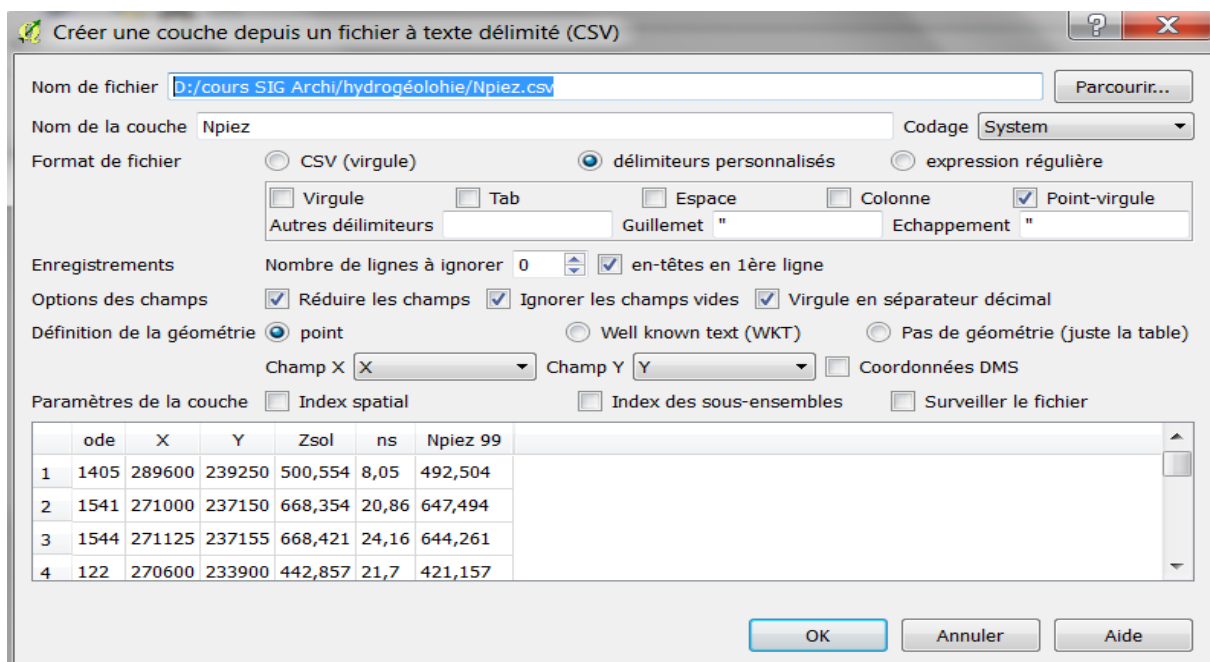

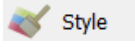
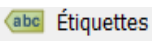



Figure 53 Fenêtre de création d'une couche à partir d'un fichier csv.

Double clic sur  pour afficher les propriétés de cette couche

Dans  modifier la couleur en bleu ensuite étiqueter les puits  avec leurs codes.

Dans **Contrôle des barres d'outils des couches**, cliquer sur  pour Ouvrir le fichier vecteur concernant la limite de la plaine de Ghriss à partir du répertoire

D:\cours SIG Archi\hydrogéologie\limite de la plaine lambert_region.shp

Le résultat final de toutes ces manipulations est comme suit (Figure 54) :

	ode	X	Y	Zsol	ns	Npiez 99
1	122	270600	233900	442.857	21.7	421.157
2	395	269300	219825	458.139	70	388.139
3	527	259760	216300	458.252	6.25	452.002
4	209	269350	219500	470.833	70	400.833
5	60	261900	211850	482.822	29.6	453.222
6	1975	271175	227375	483.33	45.1	438.23
7	520	262280	212275	485.227	29.2	456.027
8	26	263650	213500	485.365	29	456.365
9	252	264800	213850	492.391	45.3	447.091
10	241	266400	215875	497.701	38.1	459.601
11	250	265450	214400	498.88	49.9	448.98
12	538	256225	218875	500	25.2	474.8
13	1405	289600	239250	500.554	8.05	492.504
14	355	264275	212600	501.176	44.15	457.026
15	279	266950	216100	501.2		
16	74	263600	208800			
	288	267600	211800			

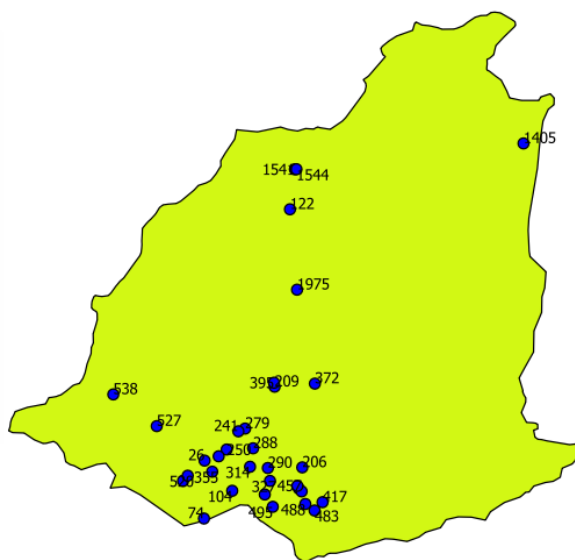


Figure 54 La table des attributs et la carte de localisation des points d'eau la nappe alluvionnaire de la plaine de Ghriss de Mascara.

III.11 Interpolation à partir des points dans QGIS 2.18.2

Comment effectuer une Interpolation à partir des points dans QGIS 2.18.2 et créer une couche vectorielle représentant les courbes d'iso valeurs (iso pièzes) à partir des mesures de Niveau piézométrique.

Les données utilisées correspondent aux mesures piézométriques effectuées par l'ANRH sur les puits de la nappe alluvionnaire de la plaine de Ghriss de Mascara.

Chapitre IV Analyse Spatiale

IV.1 Définition de l'interpolation spatiale

Si on possède suffisamment de mesures, en certain nombre de points référencés et distribués aléatoirement d'une variable spatiale (température, niveau piézométrique, débit pompés : dans ce cas là, les points représentent les puits etc.) sur un site (une nappe d'eau, cours d'eau etc.); il est possible de rendre l'information continue en spatialisant cette variable au moyen d'une interpolation (**Figure 55**). Ceci permet de prédire la valeur de cette variable en tout point du site étudié. L'interpolation donc consiste à estimer la valeur inconnue d'un point en pondérant les valeurs des points avoisinants.

Les valeurs interpolées sont structurées dans des pixels formant une grille régulière. Chaque pixel contient la valeur interpolée de la variable cible. La précision de la grille obtenue dépend essentiellement des données initiales utilisées dans l'interpolation telle que la représentativité et la qualité des échantillons, le nombre de mesures, leur répartition spatiale, etc.). Mais elle dépend aussi de l'algorithme d'interpolation utilisé pour estimer les valeurs des points de la grille.

IV.2.1 Les méthodes d'interpolation

Il existe deux grandes classes de méthodes d'interpolation:

IV.2.1.1 Méthodes déterministes

Elles utilisent des méthodes se basant sur des fonctions mathématiques, généralement géométriques, sans tenir compte du phénomène physique pour estimer les valeurs des points inconnus dans l'endroit étudié. Les techniques d'interpolation déterministes consistent à créer des surfaces à partir de points mesurés, sur la base du degré de l'étendue de la similarité (IDW) ou du degré de lissage : Spline (fonctions de *base* radiale).

Les techniques d'interpolation déterministes peuvent être divisées en deux groupes: global et local. Les techniques globales calculent les prédictions en utilisant l'ensemble de données entier. Les techniques locales calculent les prédictions à partir des points mesurés dans les quartiers, qui sont des zones spatiales plus petites dans la zone d'étude plus grande. (ESRI, 2003)

- ✓ La méthode de l'inverse distance (IDW) ;

- ✓ Les polygones de Thiessen (Triangles de Delaunay/ Diagramme de Voronoï) ;
- ✓ Les méthodes dites de courbe (spline).

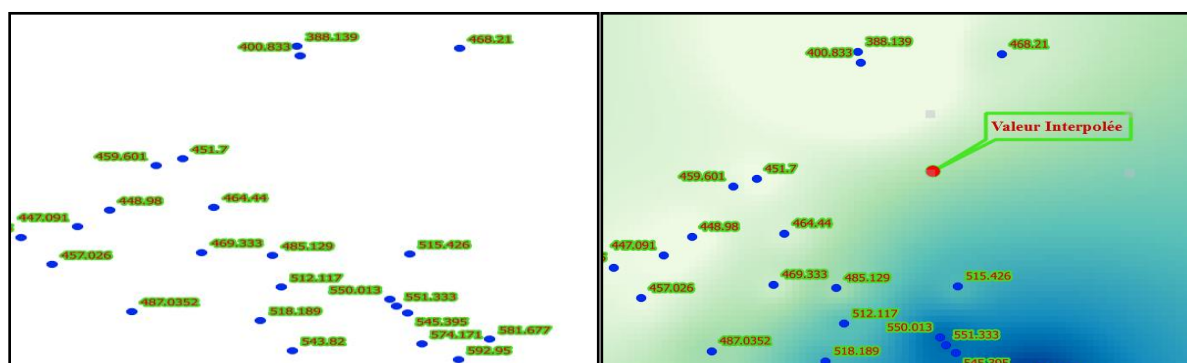


Figure 55 La figure à gauche représente un extrait de carte de la localisation des points échantillonnés (puits avec leur niveau piézométrique : les valeurs sont surlignées en vert) ; la figure à droite représente un extrait de carte de niveau piézométrique spatialisé par interpolation (point rouge représente la valeur prédite du niveau piézométrique).

Pondération inverse à la distance (IDW)

La méthode IDW est l'une des méthodes barycentriques. Celles-ci permettent de prendre dans l'interpolation plusieurs données dans le site d'échantillonnage.

L'interpolation par la méthode IDW est plus répandue dans les applications scientifiques. C'est une technique d'interpolation non linéaire déterministe. Elle utilise une moyenne pondérée des valeurs des points mesurés d'un phénomène étudié (par exemple : température, pollution d'une nappe par nitrate, etc.) pour estimer l'amplitude de ce phénomène en un point non mesuré défini (X, Y) dans les limites de l'espace étudié (voir **Figure 56**). Cette méthode donne une surface continue. Les valeurs interpolées sont comprises dans la fourchette des valeurs minimales et maximales du champ d'observation, la pondération étant positive.

La distance influe de manière notable sur la valeur à estimer ; les points les plus proches du point inconnu ont un effet significativement plus grand sur la valeur à estimer que les points plus éloignés. Dans QGIS par exemple, on peut fixer le coefficient de distance P pour spécifier le taux d'influence lorsque la distance augmente.

Les caractéristiques de IDW sont donc : la distance séparant le point d'observation du point à estimer (même variable), facteurs de pondération, La somme des facteurs de pondération : 1 ainsi que le facteur de pondération est proportionnel à la distance. La Formule de cette méthode est la suivante :

$$V_{in} = \frac{\sum_{i=1}^{n=6} \left(\frac{Vm_i}{d_i} \right)}{\sum_{i=1}^{n=6} \left(\frac{1}{d_i} \right)}$$

Avec :

V_m valeur mesurée

V_{in} Valeur inconnue

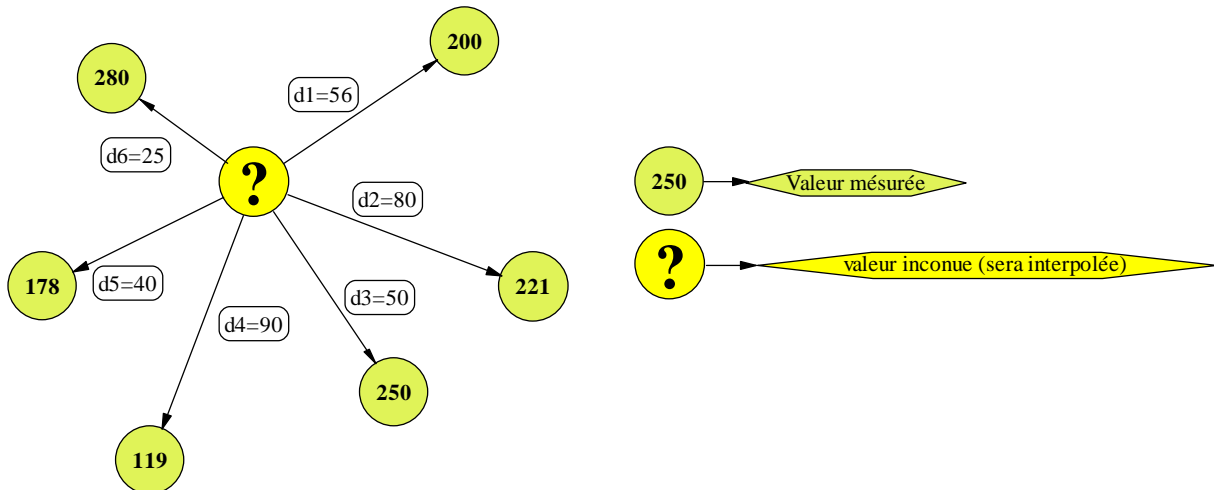


Figure 56 Les valeurs encadrées en verts représentent les mesures des points échantillonnés tandis que le point d'interrogation, encadré en jaune, représente la valeur inconnue à estimer par l'interpolation. Les distances entre les points d'échantillonnage et le point inconnu sont affichées dans un rectangle en noir.

Appliquant la formule ci-dessus, la valeur inconnue de l'exemple de la figure ci-dessus est de l'ordre de 223.820207

$$V_{in} = \frac{\left(\frac{200}{56} + \frac{221}{80} + \frac{250}{50} + \frac{119}{90} + \frac{178}{40} + \frac{280}{25} \right)}{\left(\frac{1}{56} + \frac{1}{80} + \frac{1}{50} + \frac{1}{90} + \frac{1}{40} + \frac{1}{25} \right)}$$

Réseau irrégulier triangulé (TIN)

La méthode d'interpolation par TIN consiste à produire une surface constituant d'un ensemble de triangles contigus non chevauchants. La surface de chaque triangle est représentée par un plan. Chaque triangle est formé à partir de trois points reliés par des segments. Les points de ce triangle représentent les sites d'échantillonnage (**Figure 57**).

Cette méthode offre la possibilité de présenter la surface par des résolutions différentes ainsi

qu'une remarquable efficacité de stockage de donnée.

La triangulation de Delaunay

La triangulation de Delaunay est une méthode approximative. Elle se base sur le critère du cercle vide. Elle consiste donc à circonscrire un cercle passant par les trois points formant le triangle sans renfermer aucun autre point.

L'utilisation de la méthode de triangulation est plus répandue dans des applications SIG. Elle permet de représenter de façon arithmétique le relief de la surface ou la forme de répartition spatiale d'un phénomène.

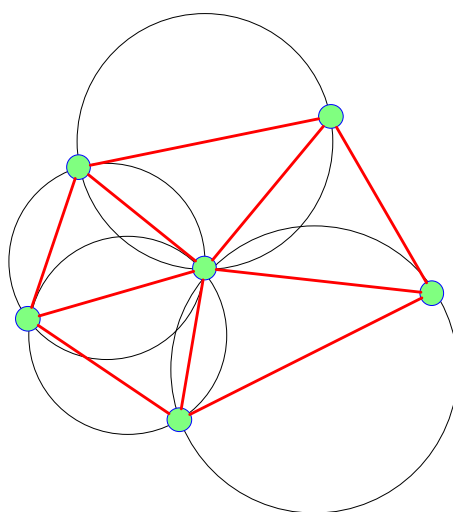


Figure 57 La triangulation de Delaunay de quatre points, et les cercles circonscrit des cinq triangles.

La triangulation de Delaunay présente plusieurs avantages par rapport aux autres méthodes de triangulation:

1. Les triangles sont aussi équi-angulaires que possible, réduisant ainsi les problèmes de précision numérique potentiels créés par de longs triangles maigres;
2. Assure que tout point de la surface est aussi proche que possible d'un nœud. La triangulation est indépendante de l'ordre des points traités.

IV.2.1.2 Les méthodes géostatistiques

Les techniques d'interpolation géostatistique (krigeage) utilisent les propriétés statistiques des points mesurés. Les techniques géostatistiques quantifient l'auto-corrélation spatiale parmi les points mesurés et tiennent compte de la configuration spatiale des points d'échantillonnage

autour de l'emplacement de prévision (ESRI, 2003).

Le krigeage porte le nom de son précurseur, l'ingénieur minier sud-africain D.G. Krige qui en 1951 a développé une série de méthodes statistiques empiriques afin de déterminer la distribution de minerais à partir d'un ensemble de forages. Cependant, le terme *krigeage* et le formalisme de cette méthode sont dus au français Matheron (1962, 1963a, b), C'est lui qui a baptisé la méthode krigeage, il a aussi été le premier à utiliser le terme *géostatistique* pour désigner la modélisation statistique de données spatiales (*Copyright © 2004-2009 A.W.A.C.*)

IV.2.1.3 Exemple d'élaboration d'une carte par interpolation IDW sous QGIS2

Lancer QGIS ouvrir le fichier Shape « D:\cours SIG Archi\hydrogéologie\ Niveaux piézométrique de la nappe alluIvonnaire.shp »

Etapes

Cliquer sur le menu Raster → Interpolation → Interpolation

La fenêtre d'Extension d'Interpolation s'affiche

- Sélectionner le fichier à utiliser dans Couches Vecteurs
 - Sélection le champ Npiez 99 dans Attributs d'interpolation ; cliquer ensuite sur Ajouter ;
 - Choisir la méthode d'interpolation Pondération par Inverse Distance ;
 - Cliquer sur fixer l'emprise courante ;
 - Définir le répertoire et le nom du fichier de sortie, Cliquer sur OK

La carte interpolée s'affiche à l'écran en gris

- Clic droit sur la couche Npiez99 → propriétés → style et changer la palette de couleur
- Ouvrir le fichier *limite de la plaine lambert_region.shp*

Le résultat final est comme suit (Figure 58) :

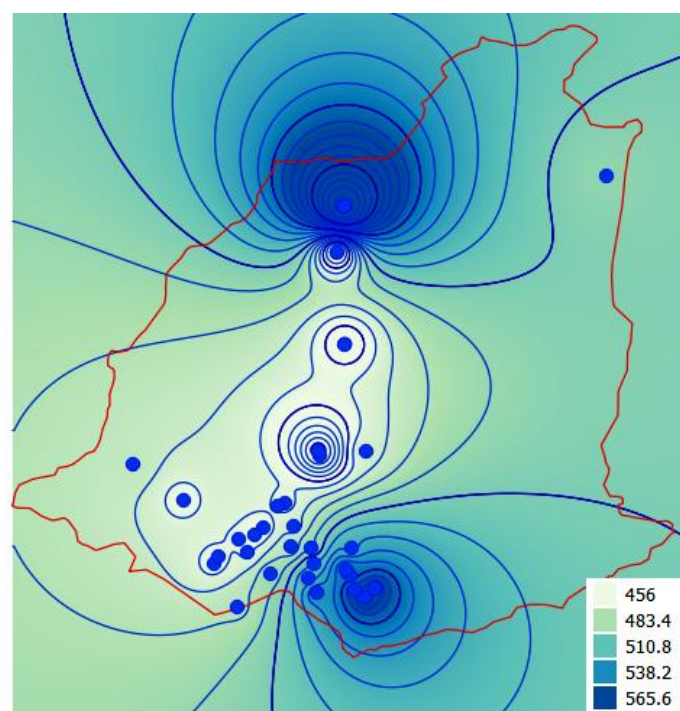


Figure 58 Carte piézométrique pendant l'année 1999 de la nappe superficielle de la plaine de Ghriss.

IV.2.Requêtes

IV.2.1. Requête attributaire

QGIS propose deux modes de sélection attributaire qui ne conduisent pas aux mêmes résultats, même si les boîtes de dialogue se ressemblent.

IV.2.1. 1. Constructeur de requête

Exemple

A l'aide du **Constructeur de requête**, identifier les communes dont le nombre de population est strictement inférieur à 200000 habitants avec un taux d'accoisement strictement supérieur à 6 (**Figure 59**)

Etapes

- Faire un clic droit sur le nom de la couche *communes_lambert_algerie.shp* dans le panneau Couches ;
- Cliquer sur Filtrer ;
- Double- clic sur le champ "**pop1987**", ce champ va se basculer dans la partie Expression de filtrage spécifique au fournisseur cliquer sur l'opérateur « < » et taper

200000 cliquer ensuite sur l'opérateur « AND » puis dans la partie champ, double cliquer sur le champ "taux-acc" < 0.6 ;

- Tester la requête ;
- Une petite fenêtre s'affiche, en indiquant le nombre de communes identifiées selon la requête établi, le nombre trouvé est de 1187 communes.

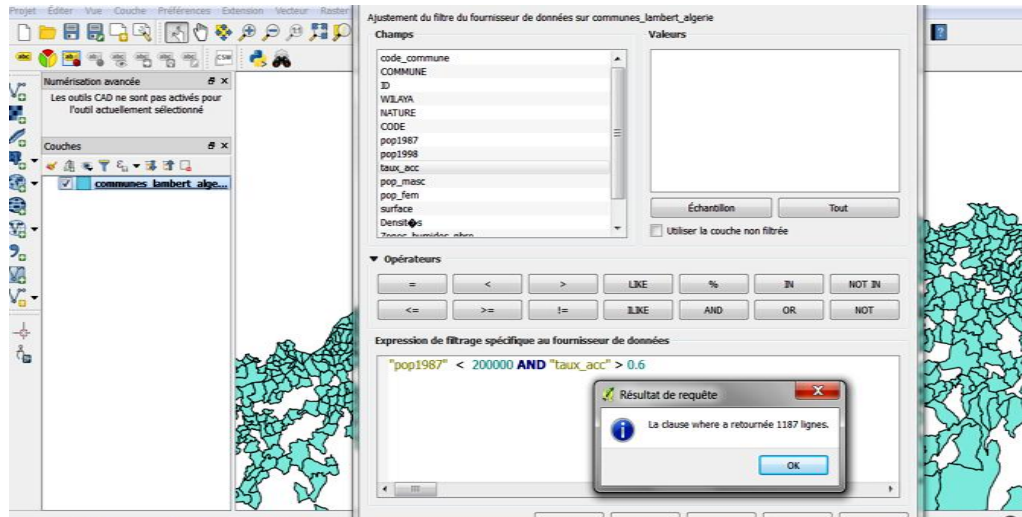


Figure 59 Fenêtre de saisie de la requête dont le nombre d'habitant est strictement inférieur à 200000.

Le résultat final de la requête est comme suit (Figure 60):

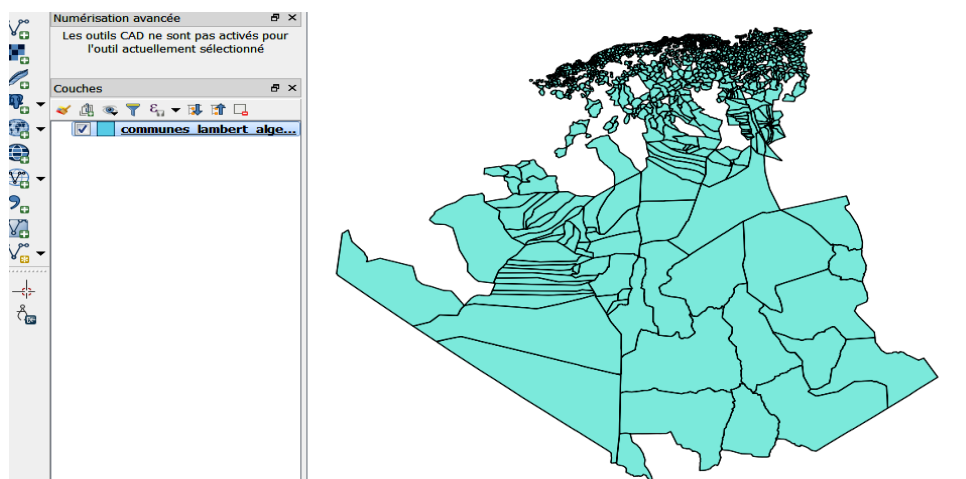


Figure 60 Résultat de la requête réalisé à l'aide du Constructeur de requête pour un nombre d'habitant strictement inférieur à 200000.

Suivre les mêmes procédures pour établir une requête dont le nombre de population du recensement de 1987 est supérieur 200000 hab. avec un taux d'accroissement supérieur à 0.6 comme l'illustre la **Figure 61** :

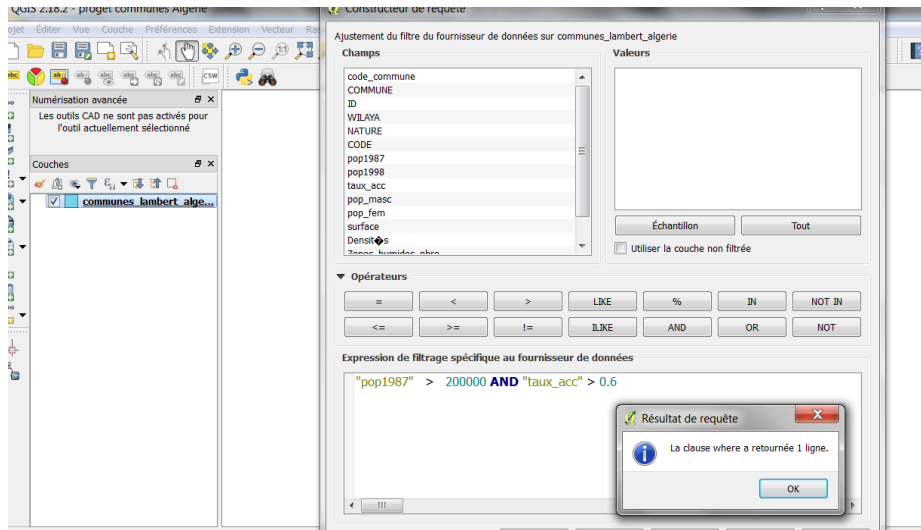


Figure 61 Fenêtre de saisie de la requête dont le nombre d’habitant est strictement supérieur à 200000.

Après l’exécution de la requête, on aura un résultat similaire à la **Figure 62**

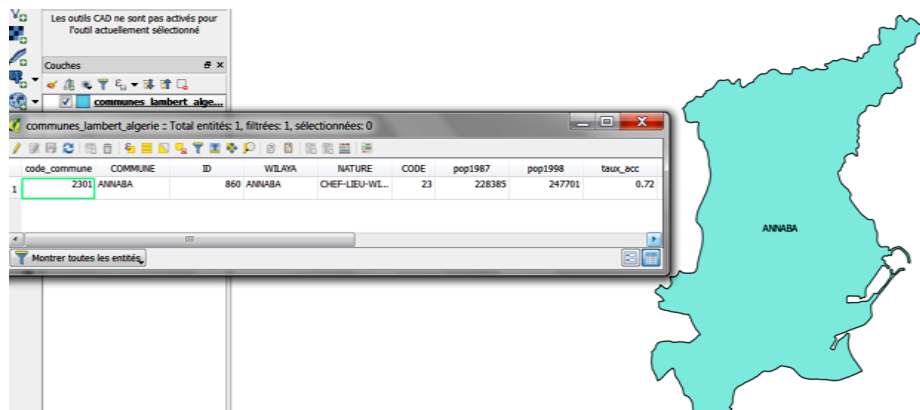


Figure 62 Résultat de la requête réalisé à l’aide du Constructeur de requête pour un nombre d’habitant strictement supérieur à 200000.

On peut réaliser la requête précédente d’une autre façon (**Figure 63**)

Pour afficher toutes les valeurs du champ « **pop1987** », il suffit de cliquer une seule fois sur le champ « **pop1987** » puis cliquer sur le bouton Tout dans la partie Valeurs.

Toutes les valeurs du champ **pop1987** de la table d'attributs seront affichées dans la partie Valeurs.

Un double-clic sur la valeur **1646** permet de l'écrire dans le cadre expression ("Expression de filtrage spécifique au fournisseur").

L'expression complète de la clause WHERE est : **"pop1987" < 1646**

La requête complète en langage SQL est la suivante (c'est celle qui est exécutée par le logiciel) :

SELECT * FROM COMMUNE-lambert algérie WHERE "pop1987" < 1646

En langage courant :

Sélectionner (**SELECT**) tous les champs (*) (on prend toutes les colonnes de la table attributaire) de la couche COMMUNE (**FROM COMMUNE-lambert algérie**)

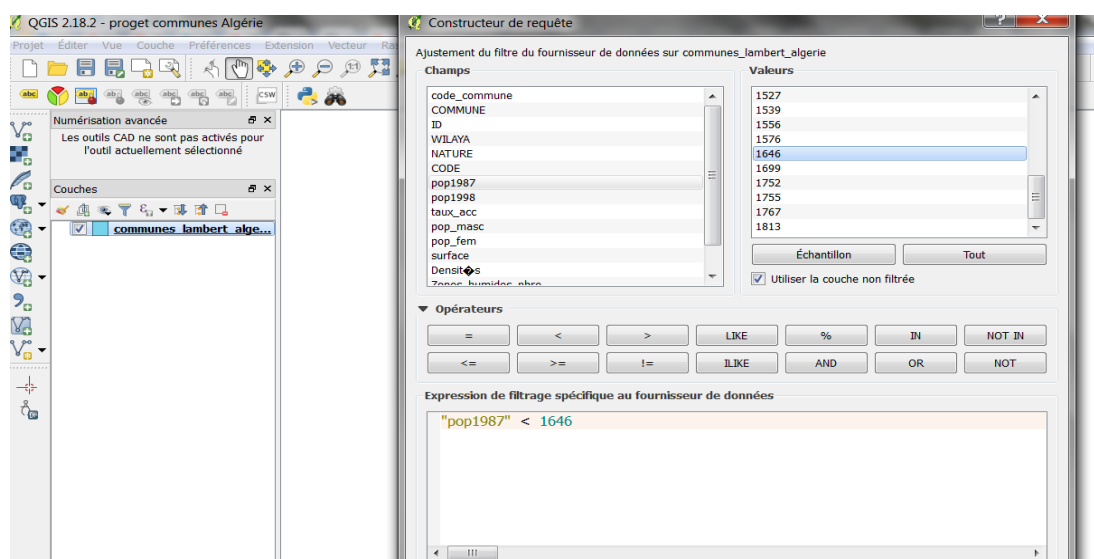


Figure 63 Requête pour "pop1987" < 1646.

IV.2.1. 2 Requête par expression

- Sélectionner la couche dans le panneau contrôle des couches ;
- Clic droit et ouvrir la table d'attributs ;
- Dans la table attributaire, cliquer sur le bouton ϵ [Sélectionne les entités en utilisant une expression] (**Figure 64**) :

code_commune	CODE	pop1987	pop1998	taux_bcc	pop_masc	pop_fem
116	ADRAR	9401	13393	3.2	6922	6471
107	ADRAR	2840	3500	1.88	1835	1665
109	ADRAR	21556	28595	2.54	14390	14206
127	ADRAR	3917	5497	3.06	2843	2654
124	ADRAR	6728	9469	3.08	4855	4614
103	ADRAR	6118	8678	3.16	4470	4208
110	ADRAR	5876	7538	2.24	3779	3759
123	ADRAR	7043	9878	3.05	4980	4898
117	ADRAR	5521	7465	2.72	3722	3743
108	ADRAR	8661	11832	2.81	6007	5825
120	ADRAR	5164	7061	2.82	3539	3522
113	ADRAR	9762	14134	3.34	7230	6904
126	ADRAR	1441	1988	2.9	1036	952
114	ADRAR	5300	7912	3.63	4015	3897
101	ADRAR	30180	43003	2.7	22785	21118

Figure 64 Etablir une requête par expression.

La boîte de dialogue Sélection par expression se présente comme suit (**Figure 65**) :

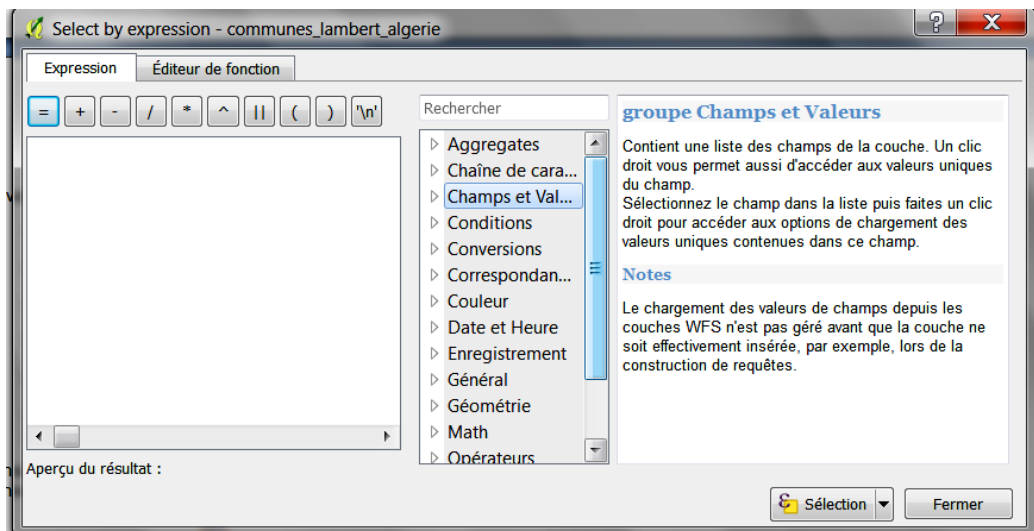


Figure 65 Boîte de dialogue Sélection par expression.

La boîte de dialogue Sélection par expression est composée des zones suivantes (elle ressemble à celle du constructeur de requête mais la liste des fonctions permet un choix beaucoup plus étendu) :

Liste des fonctions

Un vaste choix est offert :

- Opérateurs booléens, arithmétiques ;
- Branchements conditionnels ;
- Fonctions mathématiques, de conversion de format, de date ;

- Fonctions de traitement de chaînes de caractères ;
- Fonctions de géométrie (opérateurs spatiaux et géotraitement) ;
- Fonctions d'information sur les enregistrements de la table attributaire, et de gestion des champs de la table attributaire et des valeurs des champs pour les entités de la couche.

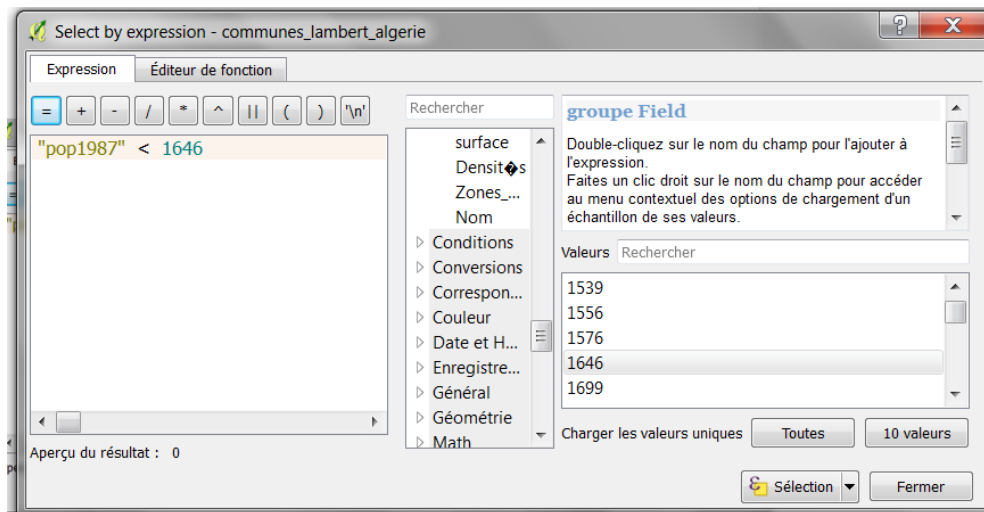


Figure 66 Requête par expression pour une population inférieure à 1646.

Après avoir cliqué sur le bouton 'Toutes', afin d'afficher toutes les communes dont la population est inférieure 1646 (**Figure 66**), cliquer sur le bouton Sélection qui affiche à l'écran toutes les entités sélectionnées en jaune (**Figure 67**) :

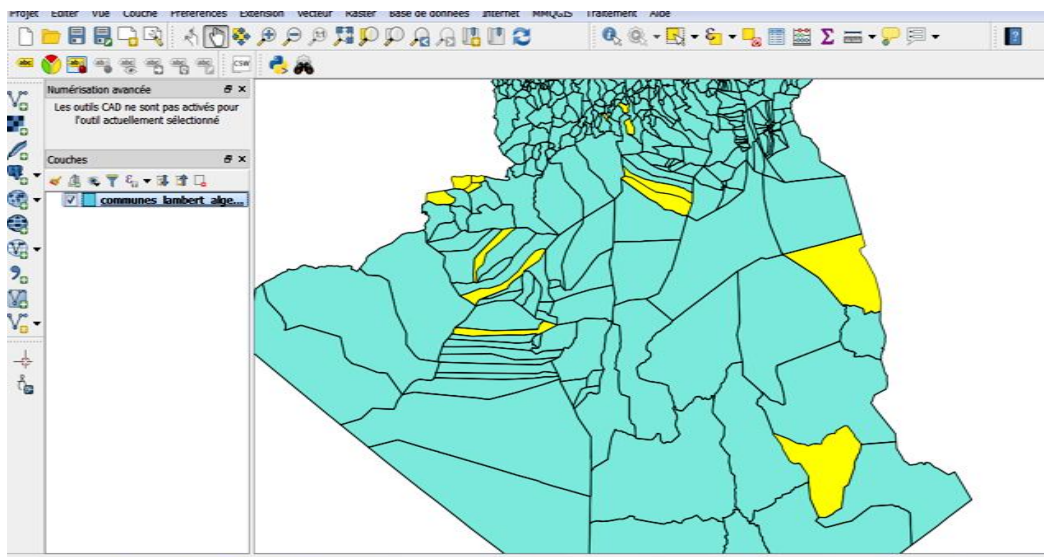


Figure 67 Les commune sélectionnés ayant une population inférieure à 1646.

Les autres entités de la couche sont toujours apparentes, contrairement à ce qui se passe avec le constructeur de requête.

Dans la table attributaire aussi, toutes les entités de la couche sont affichées et les entités sélectionnées apparaissent en surbrillance (**Figure 68**) :

Pour enregistrer les entités sélectionnées comme une nouvelle couche, faire un clic droit sur la couche et cliquer sur “Sauvegarder la sélection sous...”

Pour désélectionner les entités, cliquer sur le bouton ‘Désélectionner toutes les entités’ dans la barre d'outils attributs ou dans la table attributaire :

code_commune	COMMUNE	ID	WILAYA	NATURE	CODE	pop1987	pop1998	taux_acc	pop_masc	pop_fem
322	OUED MZI	73	LAGHOUAT	COMMUNE	3	1556	1786	1.23	887	899
323	EL HAOUAITA	86	LAGHOUAT	COMMUNE	3	995	1290	2.34	680	610
404	BEHR, CHERGUI	106	OUJDA	COMMUNE	4	1539	1870	1.75	951	919
561	LARBAA	163	BATNA	COMMUNE	5	982	10150	1	0	0
635	BENI KSILA	179	BEJAIA	ILE	6	0	0	0	0	0
691	BEJAIA	182	BEJAIA	ILE	6	0	0	0	0	0
816	MOUGHEUL	266	BECHAR	COMMUNE	8	892	682	-2.36	351	331
815	BOUKAIS	267	BECHAR	COMMUNE	8	938	890	-0.47	438	452
896	LAHMAR	269	BECHAR	COMMUNE	8	1031	1494	2.78	721	683
894	MERIDJA	271	BECHAR	COMMUNE	8	428	532	1.95	276	256
820	TAMERT	277	BECHAR	COMMUNE	8	1188	1302	0.82	664	638
895	TIMMOUDI	282	BECHAR	COMMUNE	8	1527	2116	2.94	1055	1062
906	CHREA	307	BLIDA	COMMUNE	9	877	454	-5.69	223	231
1348	BENI KHELLAD	397	TLEMCEM	ILE	13	0	0	0	0	0

Figure 68 la Tables des commune sélectionnées ayant une population inférieure à 1646.

IV.3 Jointure attributaire et spatiale

Dans QGIS, il existe plusieurs méthodes pour concevoir une jointure. Dans les applications suivantes, nous allons entamer une seule méthode pour chaque type de jointure (attributaire et la jointure spatiale).

IV.3.1 Jointure attributaire à l'aide d'un champ commun

Une jointure attributaire consiste à relier une table de données à une table attributaire d'une couche vecteur. La jointure ne peut s'effectuer que s'il existe un champ descriptif commun (champ clé) entre les deux tables.


Le nom du champ commun n'est pas forcément le même dans les deux tables, cependant ne doit pas le type de données doit l'être le même (nombre, texte). Dans Qgis, la jointure s'effectue par le biais de la boîte de dialogue propriétés de la couche onglet jointure qui est accessible en cliquant avec le bouton droit sur la couche.

Application

L'objectif de cette application consiste à joindre la table de données *population algérie1.csv* contenant des informations sur le nombre de population des années 1987, 1998 et 2008 ainsi que le taux d'accroissement démographique Annuel moyen (1998-2008) à la table des attributs de la couche **wilaya Algérie.shp**

Etapas

Pour charger la table des attributs *population algérie1.csv* :

1. Cliquant sur Ajouter une couche vecteur  ensuite Cocher fichier ;

Cliquer sur le bouton *Parcourir et sélectionner* le *fichier population algérie1.csv* puis cliquer sur le bouton ouvrir ;

2. Cliquer sur le bouton ouvrir.

Pour afficher les attributs de cette table, cliquer droit sur la couche *population algérie1* sélectionner **Ouvrir la Table des attributs**.

Suivre de la même procédure pour charger la couche **wilaya Algérie.shp** et sa table des attributs voir la (Figure 69 a et b).

Pour réaliser la jointure, nous avons le choix entre deux champs communs :

1. Les champs encerclés en vert, représentent le champ descriptif commun dont le type de donnée est numérique. Ce champ contient le code des wilayas. La table *population Algérie1* pourrait comporter un champ intitulé « code de wilaya » contenant les 48 codes numériques des wilayas, tandis que la table *wilaya algérie1* pourrait comporter un champ intitulé « adm_code » contenant les mêmes codes (**Figure 69 a**) ;

2. Les champs encerclés en bleu représentent le champ commun dont le type de donnée est textuel. La table *population Algérie 1* pourrait comporter un champ intitulé « field_3 » contenant les noms de 48 wilayas, tandis que la table *wilaya algérie1* pourrait comporter un champ intitulé « nam » contenant les mêmes noms (**Figure 69 b**).

3. En effet, un champ textuel commun peut contenir des fautes d'orthographe, attribution d'une majuscule ou d'une minuscule par exemple pour le même enregistrement ; ceci peut perturber la jointure de la table : ceci peut être constaté par le nombre réduit d'enregistrement renvoyé après la jointure.

	coc	nam	laa	pop	ypc	adm_code	salb	soc
1	DZA	ADRAR	UNK	-99999999		0 1	UNK	DZA
2	DZA	AIN DEFLA	UNK	-99999999		0 44	UNK	DZA
3	DZA	AIN TEMOUC...	UNK	-99999999		0 46	UNK	DZA
4	DZA	ALGER	UNK	-99999999		0 16	UNK	DZA
5	DZA	ANNABA	UNK	-99999999		0 23	UNK	DZA
6	DZA	BATNA	UNK	-99999999		0 05	UNK	DZA
7	DZA	BECHAR	UNK	-99999999		0 08	UNK	DZA
8	DZA	BEJAIA	UNK	-99999999		0 06	UNK	DZA
9	DZA	BISKRA	UNK	-99999999		0 07	UNK	DZA

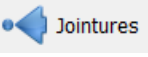

a)

	code de Wilaya	Classement	field_3	RP 1987	RP 1998	RP2008	Alphabétisation	nent (annue
1	1	37°	Adrar	216931,00	311952,00	399714,00	76,60	2,60
2	44	19°	Ain - Defla	336205,00	659182,00	766013,00	71,40	1,50
3	46	39°	Ain - Temouc...	271454,00	326611,00	371239,00	79,30	1,30
4	16	1°	Alger	687579,00	2561992,00	2988145,00	87,70	1,60
5	23	29°	Annaba	453951,00	555485,00	609499,00	85,30	0,90
6	5	5°	Batna	757059,00	968 820	1119791,00	76,70	1,60
7	8	43°	Béchar	83896,00	230482,00	270061,00	85,60	1,90
8	6	12°	Béjaia	397669,00	848560,00	912577,00	75,40	0,60
9	7	22°	Biskra	429217,00	588648,00	721356,00	75,70	2,30

b)

Figure 69 Tables de données : a) Table de la couche vecteur, b) Table de données : avec les champs commun possibles (champ texte (bleu) et champ numérique (rouge)).

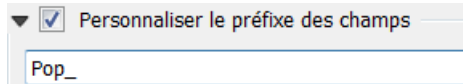
Pour spécifier une jointure à partir d'un champ commun :

- Ouvrir deux tables au minimum (**Figure 69 a et b**) ;
- Cliquer droit sur la table sur laquelle s'effectuera la jointure > Propriétés. La boîte de dialogue Propriétés de la couche apparaît (**Figure 70**) ;
- Cliquer sur le bouton  ;
- Cliquer sur le bouton , la boîte de dialogue : **Ajouter une jointure vectorielle** apparaît ;
- Choisir la table de données « population Algérie » dans la liste déroulantes *Joindre la couche* ;
- Choisir le champ approprié de la table source dans la liste déroulante *Champ de jointure* « code de wilaya » ;

6. Choisir le champ approprié de la couche cible dans la liste déroulante « adm_code »

7 Si on veut identifier quelques champs à joindre, Cocher *Choisir les champs à joindre* et Cocher les champs choisis. ;

8 Cocher *Personnaliser le préfixe des champs* à joindre et Taper « Pop_ » ;



9. Cliquez sur OK.

Cliquer sur le bouton Appliquer puis sur le OK

La **Figure 71** montre le résultat final issu de la jointure attributaire.

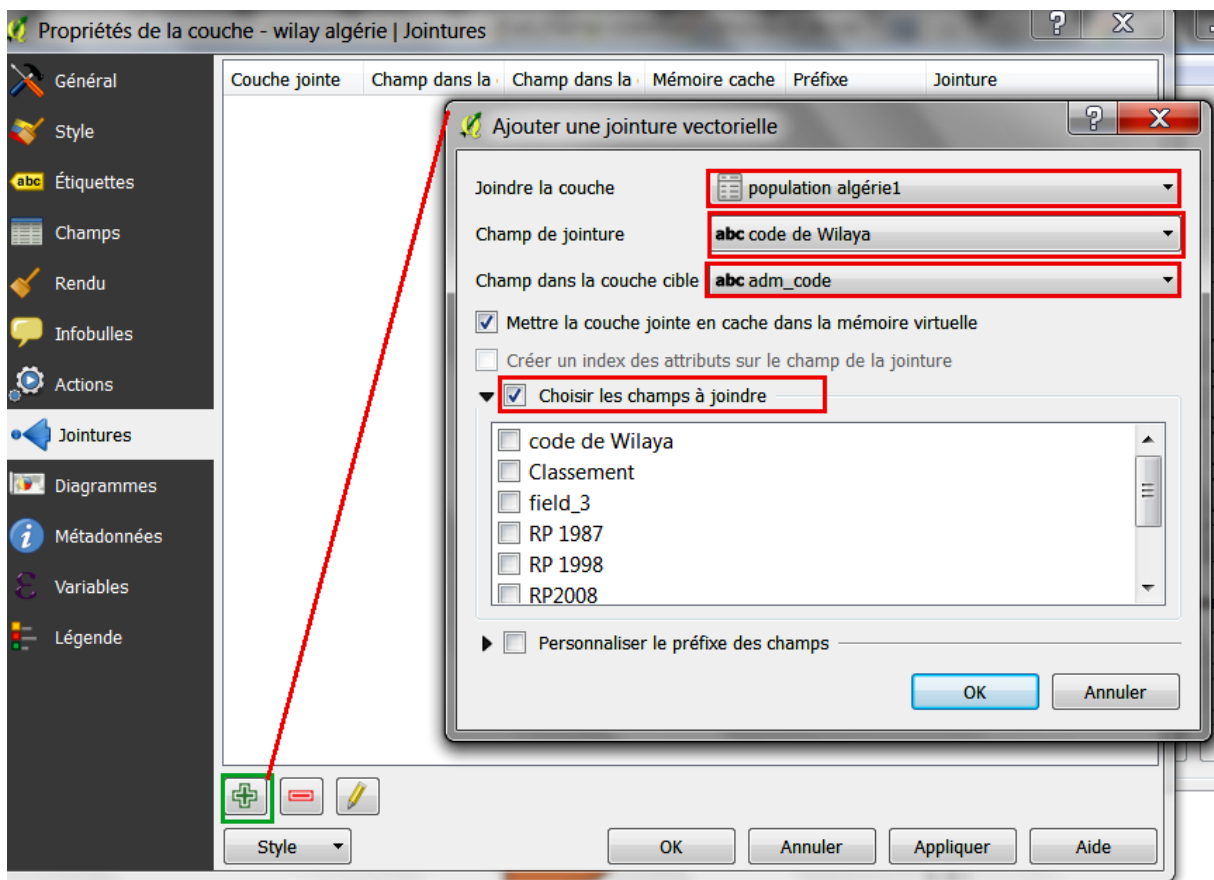


Figure 70 Boite de dialogue d' Ajout d'une jointure vectorielle.

	ypc	adm_code	salb	soc	Pop_Classement	Pop_field_3	Pop_RP 1987	Pop_RP 1998	Pop_RP2008	Po
4	0 6	UNK	DZA	12°	Béjaïa	697669,00	848560,00	912577,00	75,0	
5	0 23	UNK	DZA	29°	Annaba	453951,00	555485,00	609499,00	85,0	
6	0 10	UNK	DZA	23°	Bouïra	525460,00	626586,00	695583,00	77,0	
7	0 38	UNK	DZA	42°	Tissemsilt	227542,00	261298,00	294476,00	67,0	
8	0 18	UNK	DZA	26°	Jijel	471319,00	574336,00	636948,00	78,0	
9	0 13	UNK	DZA	10°	Tlemcen	707453,00	846942,00	949135,00	76,0	
10	0 24	UNK	DZA	33°	Guelma	353329,00	432721,00	482430,00	77,0	
11	0 46	UNK	DZA	39°	Ain - Temouc...	271454,00	326611,00	371239,00	79,0	

Figure 71 Extrait de la table finale après la jointure (Table jointe) ; rouge : table cible ; vert table à joindre.

IV.3.1 Jointure spatiale

Jointure par localisation

Une jointure spatiale peut s'effectuer à partir de la position des objets géographiques. Ce mode de jointure ne peut s'appliquer qu'entre deux couches SIG de type vectoriel (point, ligne ou polygone) et ayant le même système de projection.

Cette méthode ne tient compte que des entités spatiales superposables.

Ce type de jointure renvoie directement la couche vectorielle cible avec une table attributaire contenant toutes les informations de la couche cible et les informations de la couche à joindre.


Application

Dans cette application, utiliser les deux couches vectorielles nommées :

- polbnda_dza.shp qui représente les limites administratives des wilayas (polygone) ;
- miscp_dza. Shp qui représente les points d'eau (points).

Trouver le nombre de points d'eau correspond à chaque wilaya en utilisant la jointure par localisation.

Étapes

1. Cliquer sur Ajouter une couche vecteur  ;
2. Cliquer sur le bouton *Parcourir et sélectionner* le fichier *polbnda_dza.shp* puis;
3. Cliquer sur le bouton *ouvrir*.

En suivant la même procédure : Ouvrir la couche *miscp_dza. Shp*

Pour accéder à la jointure par localisation :

Cliquer sur le menu « Vecteur > Outils de gestion de données > Joindre les attributs par localisation. La boîte de dialogue Jointure apparaît.

1. Sélectionner « *polbnda_dza.shp* » dans la liste déroulantes *Couche vecteur cible*;
2. Sélectionner « *miscp_dza. Shp* » dans la liste déroulante *Couche vecteur à joindre* ;
3. Dans la partie *Prédicat géométrique*, cocher **contient** ;
4. Dans *Résumé des attributs*, sélectionner *Prendre un résumé des entités intersectées* ;
5. Dans *Table jointe*, sélectionner *Conserver tous les enregistrements (même ceux sans correspondance)* ;
6. Dans *Couche jointe*, nommer le fichier.

Résultat :

Une nouvelle couche nommée couche jointe s'ajoute à la légende Couches, cette couche présente que les limites de wilayas (**Figure 72**) ;

Clique droit sur cette couche pour afficher sa table des attributs ;

La table des attributs montre un champ supplémentaire nommé « count ». Ce champ indique le nombre de points d'eau attribué à chaque wilaya.

Par exemple, la wilaya BISKRA compte 5 points d'eau (Figure 73 et 74)

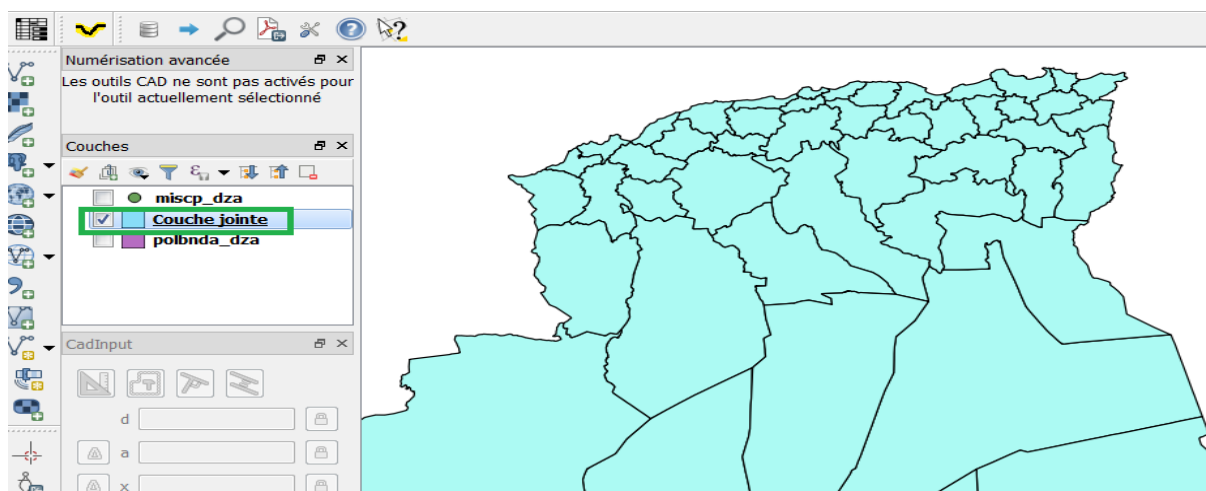


Figure 72 Couche jointe issue de la jointure par localisation.

	f_code	coc	nam	laa	pop	ypc	adm_code	salb	soc	count
34	FA001	DZA	MILA	UNK	-99999999	0	UNK	UNK	DZA	1.0000000000...
35	FA001	DZA	TEBESSA	UNK	-99999999	0	UNK	UNK	DZA	1.0000000000...
36	FA001	DZA	NAAMA	UNK	-99999999	0	UNK	UNK	DZA	1.0000000000...
37	FA001	DZA	LAGHOUAT	UNK	-99999999	0	UNK	UNK	DZA	2.0000000000...
38	FA001	DZA	DJELFA	UNK	-99999999	0	UNK	UNK	DZA	4.0000000000...
39	FA001	DZA	BISKRA	UNK	-99999999	0	UNK	UNK	DZA	5.0000000000...
40	FA001	DZA	EL OUED	UNK	-99999999	0	UNK	UNK	DZA	6.0000000000...
41	FA001	DZA	BECHAR	UNK	-99999999	0	UNK	UNK	DZA	17.0000000000...

Figure 73 Table montrant le nombre de points de chaque commune.

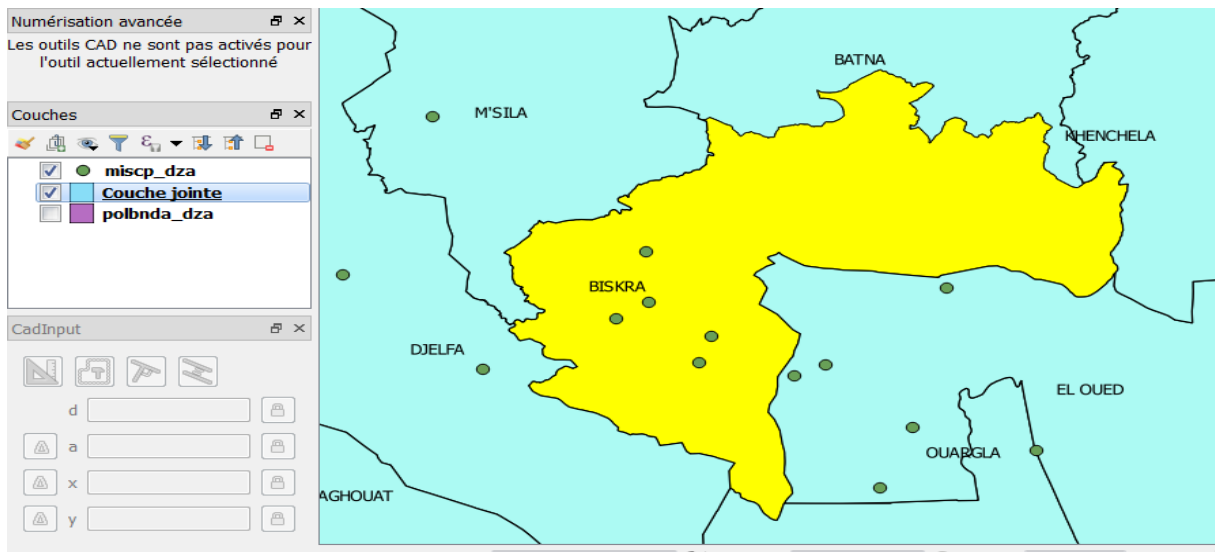


Figure 74 Carte montrant le nombre de points d'eau de Biskra.

Chapitre V Le Modèle Numérique de Terrain (MNT)

V.1 Définition de MNT (Rezak, 2014)

Le MNT (DTM : *Digital Terrain Model*) a été défini comme une représentation numérique de la topographie du terrain en fonction de l'emplacement géographique, généralement constitué de la grille de cellules de taille égale, chacune avec une valeur d'élévation. Depuis que Miller et Laflamme (1958) ont inventé le terme d'origine, d'autres alternatives ont été mises en service. Il s'agit notamment de Modèles Numériques d'Elévation MNE (DEMs : *Digital Elevation Models*), des Modèles Numériques de Hauteur (DHMs : *Digital Height Models*), de Modèles Numériques de Terrain (DGMs : *Digital Ground Models*), ainsi que des Modèles Numériques d'Elévation de Terrain (DTEMs : *Digital Terrain Elevation Models*). Ces termes proviennent de différents pays, ainsi, DEM a été largement utilisé en Amérique, DHM provient de l'Allemagne, DGM a été utilisé au Royaume-Uni, DTEM a été introduite et utilisée par l'USGS (*United States Geological Survey*) et DTEM a été introduit et utilisé par l'USGS et DMA (*Defense Mapping Agency*) (Petrie et Kennie, 1987).

Li (1990) a effectué une analyse comparative de ces différents termes comme suit :

1. Ground (Terrain) : "la surface solide de la terre", "une base solide ou d'une fondation", "une surface de la terre" " fond de la mer", ...etc.

2. Height (Hauteur): "mesure de la base au sommet", "élévation au-dessus du sol ou niveau reconnu, en particulier celle de la mer", "vers le haut à distance", ...etc.

Le MNA est donc une représentation discrète d'une surface topographique supposée continue. Cette représentation sera d'autant plus précise que le pas du MNA (résolution spatiale, soit la taille des mailles de la grille) sera fin et que l'erreur sur l'estimation des altitudes sera faible.

La **Figure 75** montre le MNA de l'Algérie du Nord issu des données SRTM.

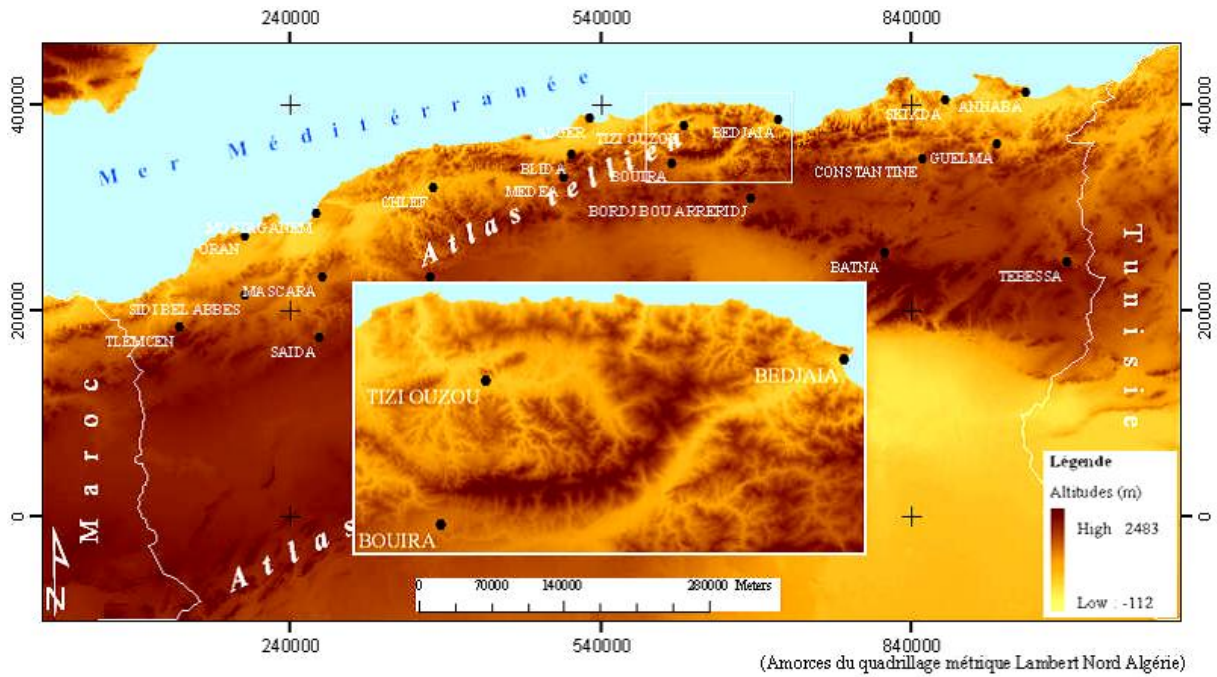



Figure 75 Modèle numérique de terrain à la maille de 100 m dans le quadrillage métrique Lambert Nord Algérie.(Source : Rezak, 2014).

V.2 Importer un MNT sous QGIS

Importer le MNT par le menu **Contrôle des barres d'outils des couches / Ajouter une couche Raster** . Dans la boîte de dialogue sélectionner le fichier *mntaityahia.txt*

Le MNT s'affiche à l'écran avec une représentation correspondant au type de rendu « **Bande grise unique** » (Figure 76)

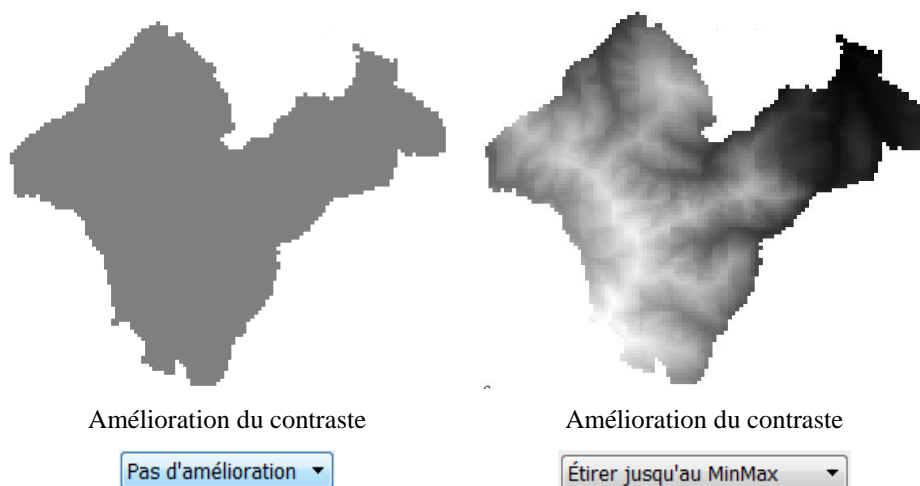


Figure 76 Affichage d'un Modèle numérique de terrain (MNT de la commune Ait Yahia).

Visuellement, ce mode d'affichage n'est pas explicite, il est possible de le modifier comme

Par clic-droit sur la couche *mntaiyahia.txt*, cliquer sur les Propriétés de la couche, dans la fenêtre qui s'affiche sélectionner Style et sélectionner dans Type de rendu Pseudo-couleur à bande unique, garder l'interpolation Linéaire, pour la Couleur, sélectionner RdYlGn et cocher Inverser ensuite cliquer sur le bouton Appliquer (Figure77).

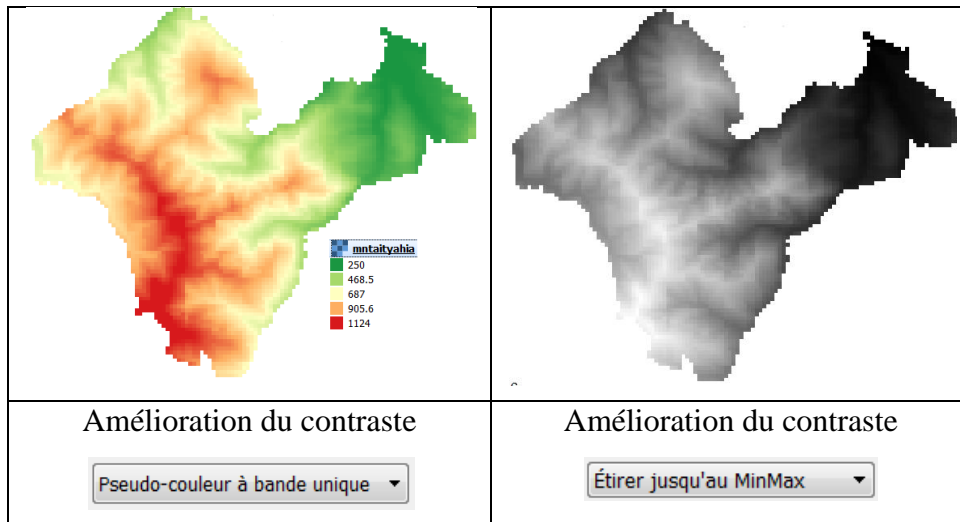


Figure 77 Amélioration du contraste.

Vous pouvez également modifier le nombre de classes d'altitudes et choisir les couleurs de pixels pour les plages d'altitudes souhaitées. Ceci peut se faire en créant une nouvelle altitude par Ajouter une valeur manuellement ensuite modifie la valeur de l'altitude et la couleur correspondante en double-cliquant sur la nouvelle classe (Figure 78).

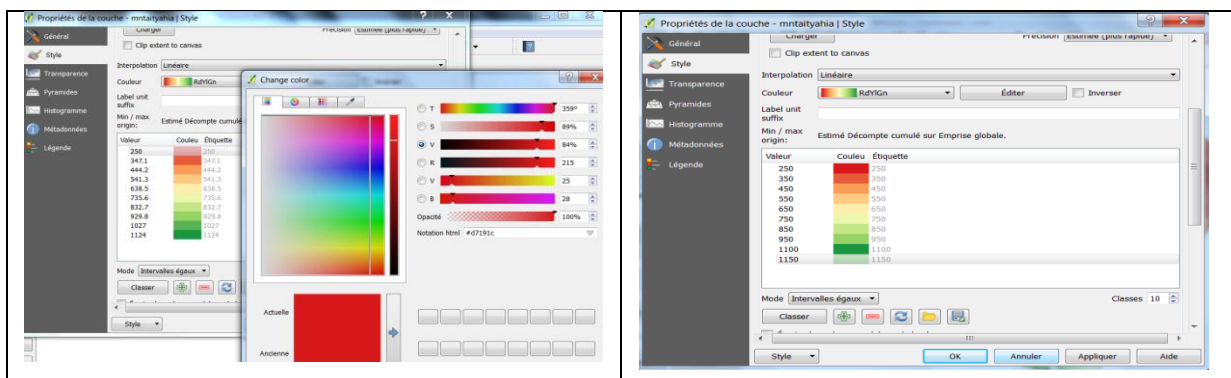


Figure 78 Fenêtre de définition de classes de MNT.

Définir 10 classes avec des couleurs allant du MARRON (pour une altitude 200m) au

VERT (pour une altitude de 1200 m).

Afin d'obtenir un dégradé de couleurs, sélectionner pour l'interpolation des couleurs la fonction *Linéaire*. Fixer le nombre de classes à 10 avec une équidistance de 50 mètres. Cliquer ensuite sur Appliquer et pour afficher le résultat cliquer sur Ok.

V.2 Analyse du MNT avec l'extension "Analyse de terrain"

V.2.1. Création de courbes de niveau

Afin d'extraire les courbes de niveau (**Figure 79**), il faut charger l'extension **GdalTool** si elle n'est pas installée sinon vous la cochez dans la fenêtre **extension /Gérer extensions** pour la rendre active.

Etapes

1. Aller au menu **Raster / Extraction /Création de contours** ;
2. Nommer le fichier de sortie et sélectionner le répertoire dans lequel vous aller l'enregistrer ;
3. Taper la valeur 50 dans l'Intervalle entre les lignes de contour (courbes de niveau avec une équidistance de 50 m) ;
4. Ensuite, Cocher la case **Nom d'attribut** (afin de créer un champ de valeur d'élévation dans la table des attributs de la couche *courbe de niveau Ait Yahia*) ;
5. Enfin Cocher la case **Charger dans le canevas une fois terminée** et cliquer sur **OK**.

Le résultat est comme le montre la figure ci-dessous :

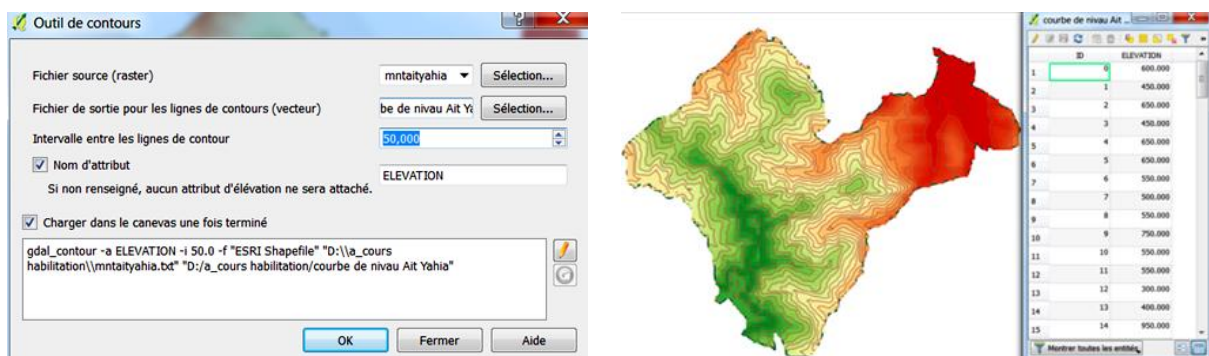


Figure 79 Génération de courbes de niveau.

Afin de réaliser une analyse thématique, faites un clic-droit sur la couche **courbe de niveau Ait Yahia** puis **Propriétés**, La **Figure 80** ci-dessous montre la symbologie choisie pour la

présentation de courbes de niveau.

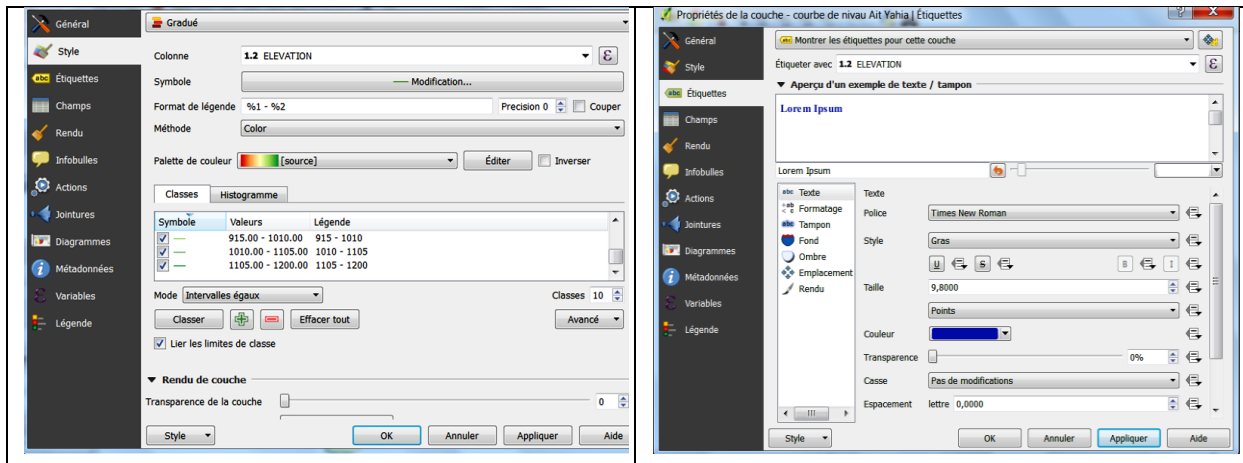


Figure 80 Modification de Style et affichage d'Etiquettes.

Dans le menu Style, sélectionner **Gradué**, choisir la colonne **Elevation**, sélectionner la palette de couleur vu précédemment, Fixer le nombre de classes à 10 avec des Intervalles égaux ; Pour étiqueter les courbes de niveau, Cliquer sur Style sélectionner **Montrer les étiquettes pour cette couches**, Etiqueter avec le champ Elévation, choisir la Police, la taille, le Style et la couleur de l'étiquètes.

Cliquer sur Appliquer enfin sur OK. Le résultat doit ressembler à ceci (**Figure 81**):

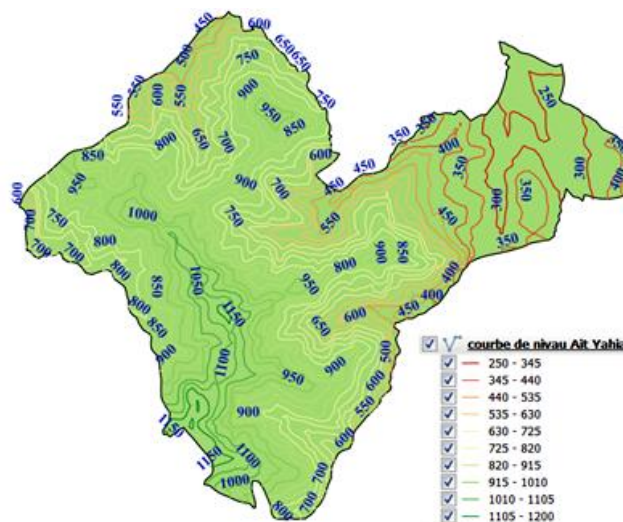


Figure 81 Habillage de la carte de courbes de niveau générée à partir d'un MNT

V.3. Générer la carte des pentes

La pente générée à partir du modèle numérique d'élévation exprimée en degré d'inclinaison (0° indique un terrain plat) (**Figure 82**)

Pour générer la carte des pentes, utiliser l'extension **Analyse Raster de Terrain**

1. Aller dans le menu Raster, Sélectionner Analyse de terrain  / Pente

Une fenêtre s'affiche à l'écran:

2. Dans la Couche d'élévation, Sélectionner mntaityahia, nommer votre fichier de sortie et sélectionner le format GeoTIFF, Cocher Ajouter un résultat au projet et cliquer sur OK.

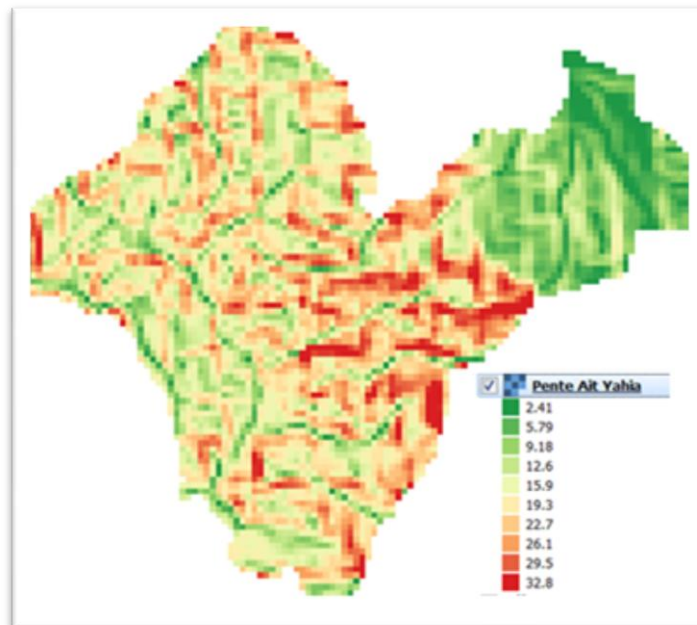
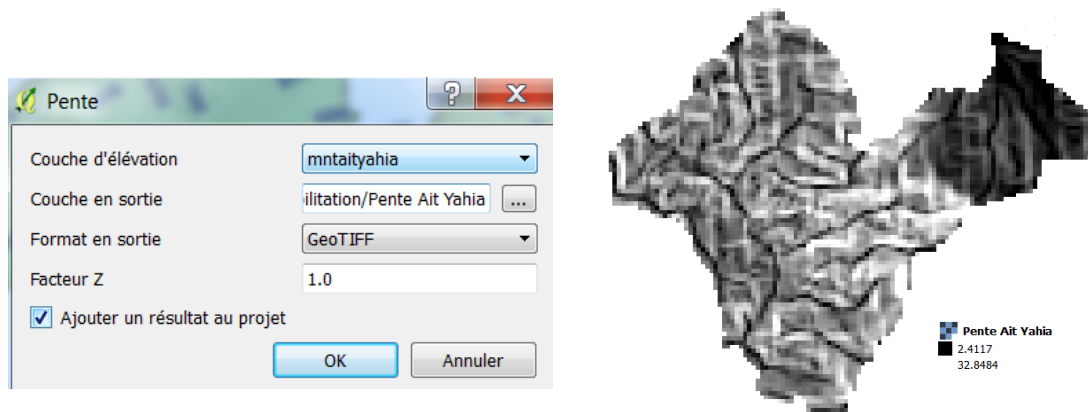


Figure 82 Génération de la pente de la commune Ait Yahia.

V.4. Génération de la carte de l'exposition

Cette carte indique l'orientation du terrain (en degrés de 0 à 360° : 0° et 360° pour une face orientée vers le nord, 90° vers l'ouest, 180° vers le sud, 270° vers l'est) (**Figure 83**).

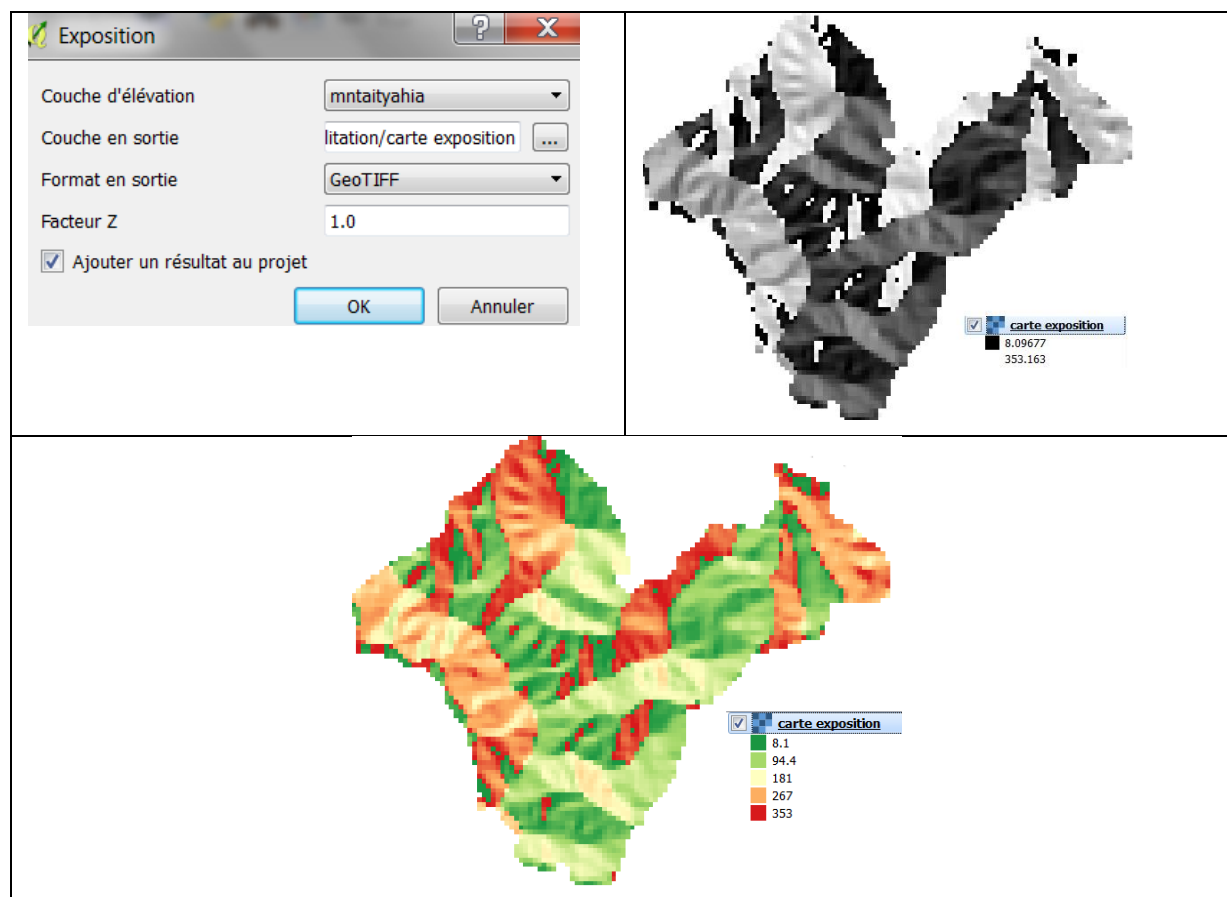


Figure 83 Génération de la carte d'exposition

V.5. Ombrage

L'aspect des ombres du terrain est supposé éclairé par une source lumineuse situant à 300° d'azimut et à 40° d'élévation ;

la couche d'élévation : la couche du MNT à partir de laquelle sera générée la couche d'ombrage ; la couche en sortie : la couche dans laquelle sera enregistré le résultat (c'est une couche de données raster) ; le format en sortie : ici au format GéoTIFF ; le facteur Z : pour augmenter artificiellement l'amplitude du résultat.

Il est possible de paramétrer la position de la source lumineuse en azimut et en élévation.

En cochant la case "Ajouter un résultat au projet", la couche de l'ombrage est rajoutée automatiquement à la carte en cours. Cette couche ajoutée est une couche raster, qui est affichée avec un dégradé de gris par défaut (Figure 84).

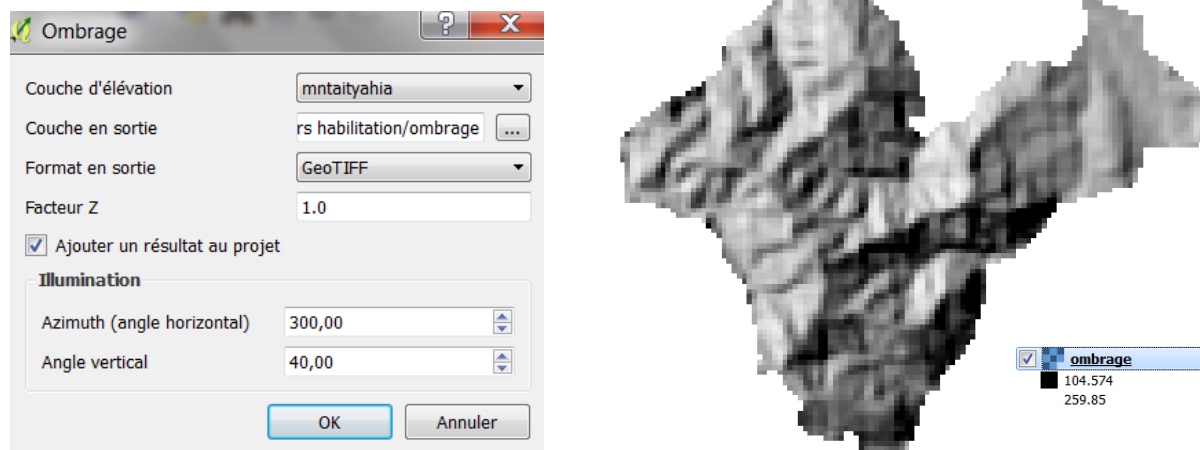


Figure 84 Affichage de MNT Ait Yahia avec ombrage.

V.6. Habillage de la carte

V.6.1 Ajouter une grille à la carte

Ajouter une grille métrique, une barre d'échelle et l'orientation (flèche) à la carte *pende Ait yahia.shp*

Étapes :

1. Sélectionnez le menu Vue→Décorations→Grille. La fenêtre s'affiche (**Figure 85**);
2. Cochez la case Activer la grille et définissez les paramètres de la grille en fonction des couches chargées dans le canevas de carte ;
3. Cochez la case Dessiner une annotation et définissez les propriétés de l'annotation en fonction des couches chargées dans le canevas de carte ;
4. Cliquer sur [Appliquer] pour vérifier si le rendu est celui escompté ;
5. Cliquez sur le bouton [OK] pour appliquer et fermer la fenêtre.

Le résultat final est illustré dans la **Figure 86**

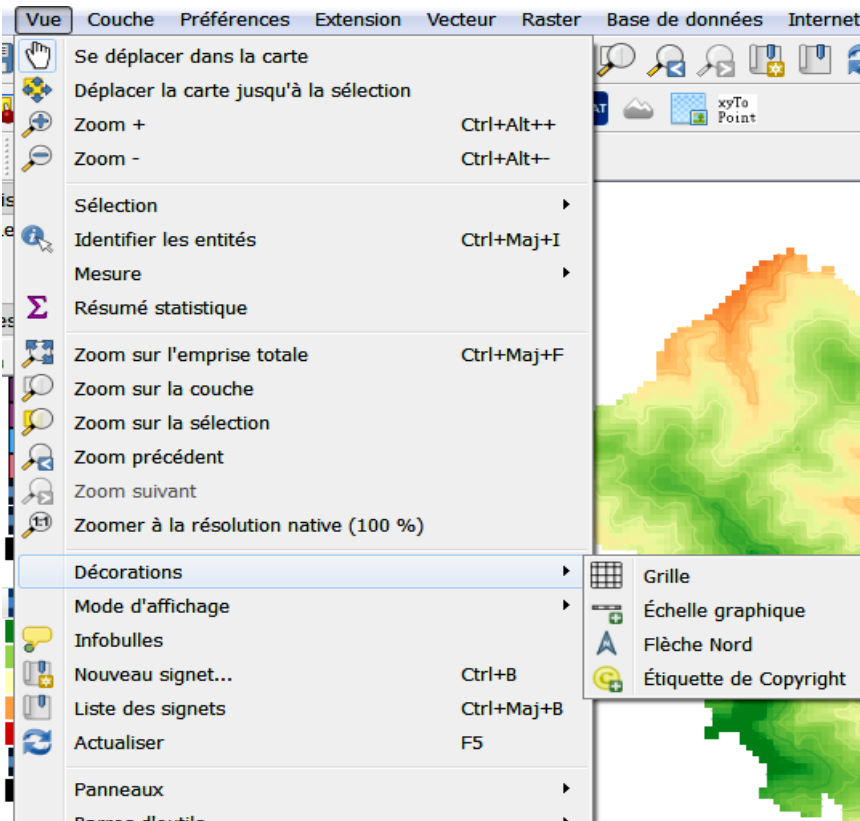


Figure 85 Fenêtre pour accéder à la commande Décoration.

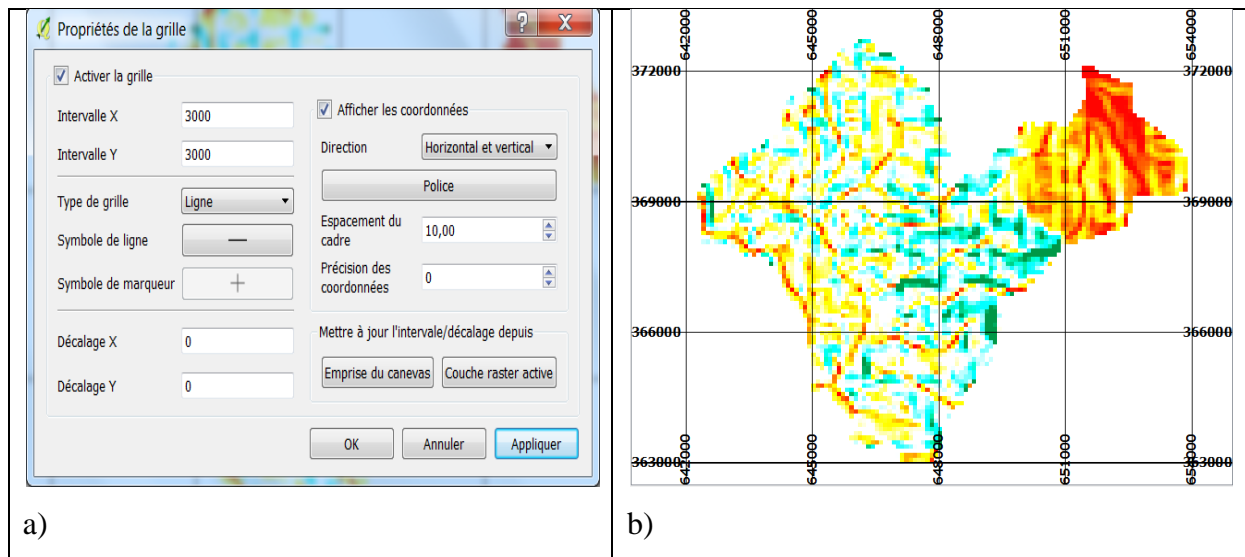


Figure 86 propriétés de la grille, a) ; carte pente avec une grille métrique (projection Lambert Nord Algérie, b)

V.6.2 Ajouter une barre d'échelle

Échelle graphique Permet d'ajouter une simple barre d'échelle sur la carte. Vous choisissez le style, l'emplacement ainsi que les étiquettes de la barre.

Pour ajouter une échelle graphique :

1. Sélectionnez le menu Vue → Décorations → Échelle graphique. Une fenêtre s'affiche (**Figure 87**) ;
2. Choisissez le style de la barre d'échelle dans la liste déroulante Emplacement ;
3. Choisissez le style dans la liste déroulante Style de la barre d'échelle ;
4. Sélectionnez la couleur dans Couleur de la barre ou laissez le noir défini par défaut ;
5. Définissez la taille de la barre et son étiquette dans Taille de la barre ;
6. Assurez-vous que la case Activer l'échelle graphique est cochée ;
7. En option, vous pouvez cocher Arrondir automatiquement lors du changement de zoom ;
8. Cliquez sur le bouton [OK].

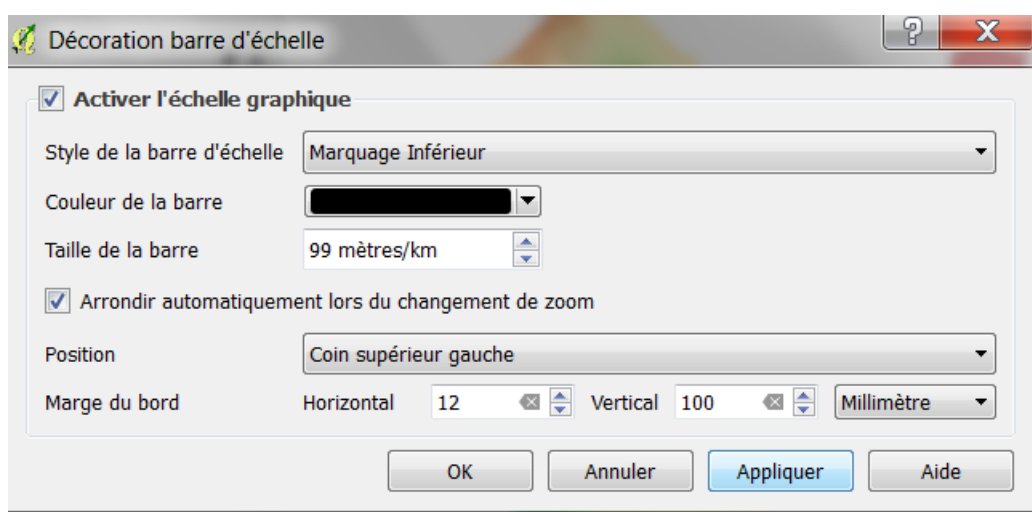


Figure 87 Fenêtre Décoration pour insertion de la Flèche Nord.

V.6.3 Ajouter la Flèche du Nord

Cette flèche indique l'orientation de la zone étudiée. QGIS dispose d'un seul style de flèche. Il vous permet de définir la direction de la flèche en modifiant son l'angle. Si vous choisissez cette dernière option, QGIS fait au mieux.

Étapes

1. Sélectionnez le menu Vue → Décorations → Flèche du Nord. Une fenêtre s'affiche (Figure 85) ;
2. Cocher Activer la Flèche du Nord Choisissez l'Angle, la position (et la Marge du bord de la Flèche du Nord dans leurs listes déroulantes ;
3. Assurez-vous que la case donner la direction automatiquement est cocher ;
8. Cliquez sur le bouton Appliquer ensuite sur le bouton [OK].

Pour indiquer l'orientation de la carte, aller au menu **Vue**, sélectionner **Décoration** puis cliquer **Flèche Nord** (**Figure 88**).

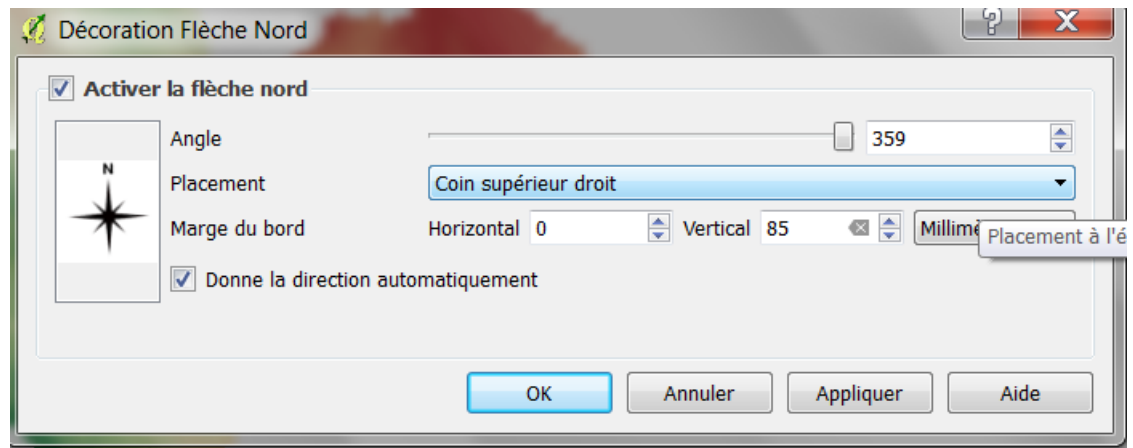


Figure 88 Fenêtre Décoration pour insertion de la Flèche Nord.

Après avoir suivi ces procédures, le résultat final est similaire à celui de la **Figure 89**

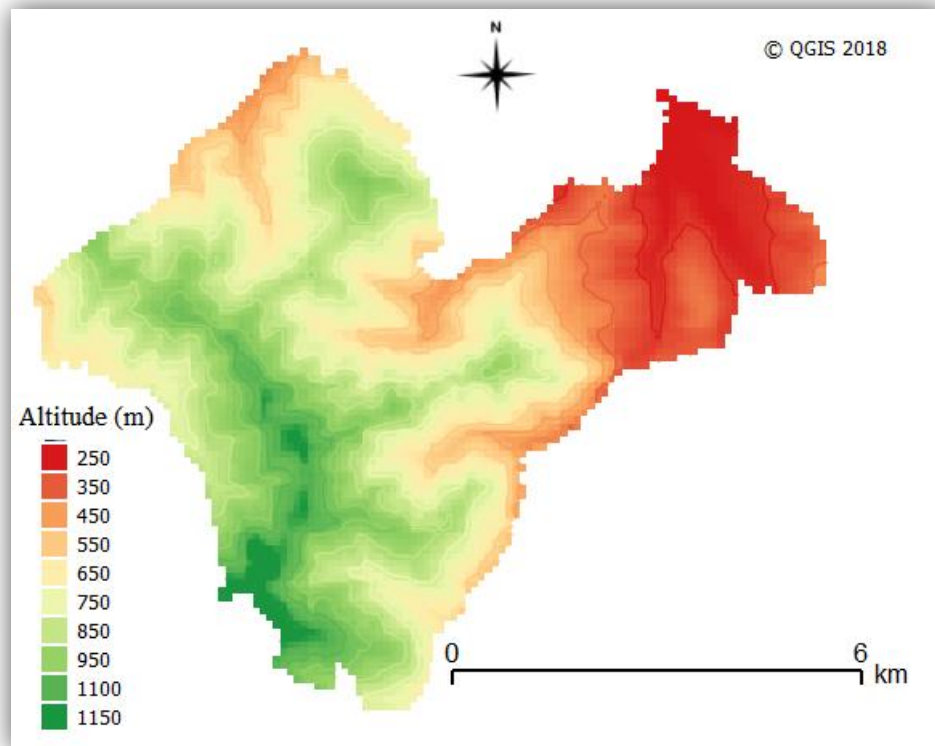



Figure 89 L'allure de la mise en forme de la carte finale.

V.6.4 Outils d'annotation


L'outil Annotation de texte de la barre d'outils Attributs vous permet de créer une information textuelle sur la carte.

1. Sélectionnez le menu Vue → Barres d'outils → Barres d'outils des attributs s'ajoute dans le

menu Barres de QGIS  ;

2. Cliquer sur l'icône  et Sélectionnez l'outil Annotation de texte, puis cliquez sur la carte, une zone de texte accrochée à un symbole de marqueur (permet le déplacement du texte

- sur la carte) s'affiche ;
3. Un double clic sur la zone de texte ouvre la fenêtre Annotation de texte (**Figure 90**) ;
4. taper le texte (par exemple : *Commune Ait Yahia*) ;
5. Modifier le style, la taille et la couleur du texte tapé ;
6. Cocher Figurer la position sur la carte ;
7. laisser le symbole tel qu'il se présente ;
8. Fixer la largeur du cadre, sa couleur ainsi sa couleur du fond ;
9. Cliquez sur Appliquer ensuite sur OK.

 **Déplacer une annotation** Cet outil vous permet de déplacer l'annotation sélectionnée sur la carte.

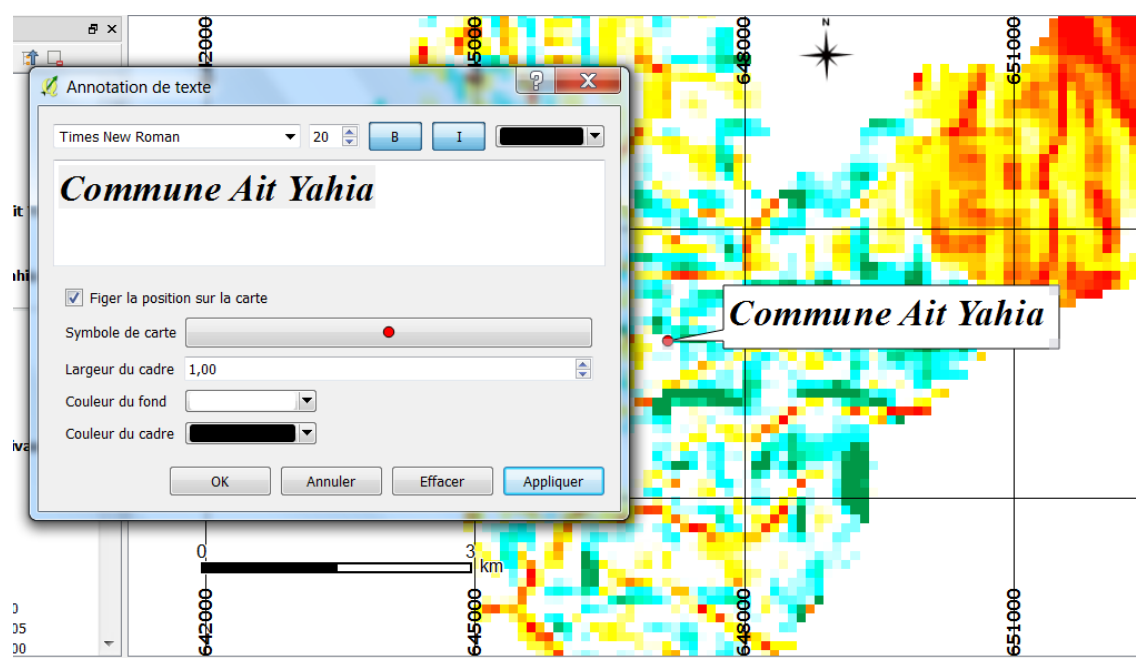


Figure 90 Annotation de la carte

V.6.5 Annotations HTML

Cet outil permet d'afficher un contenu d'un fichier html dans le canevas de carte de QGIS.

Étapes

1. Sélectionner l'outil Annotation HTML (Figure 91) ;
2. Cliquer quelque part dans la carte ;
3. Ajouter le chemin vers le fichier html dans la boîte de dialogue.

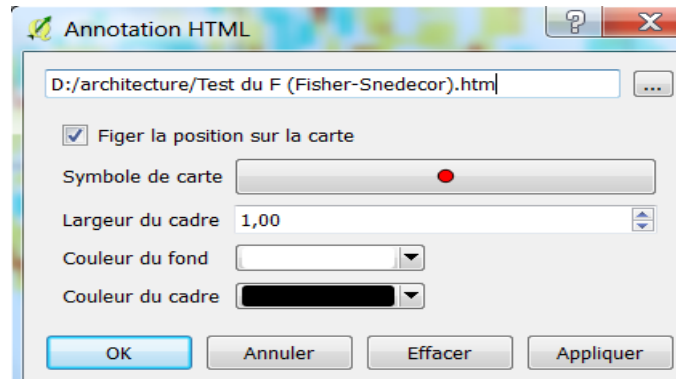


Figure 91 Fenêtre Annotation HTML.

V.6.6 Signets spatiaux

Les signets spatiaux vous permettent de marquer une zone de la carte pour y retourner plus tard.

V.6.6.1 Créer un signet

Pour créer un signet :

1. Déplacez-vous sur la zone Nord de la carte *Pente Ait Yahia.shp* ;
2. Sélectionnez le menu Vue Nouveau signet... ou appuyez sur les touches Ctrl-B ;
3. Taper le nom "*Zone Nord*" pour décrire le signet (le nombre de caractères autorisé est de 255 caractères) ;
4. Appuyez sur Entrée pour ajouter le signet ou sur [Annuler] pour sortir de la fenêtre sans l'enregistrer. (Figure 92 ci-dessous).

V.6.6.2 Zoomer sur un signet

Depuis la fenêtre Signets spatiaux, sélectionnez le signet voulu en cliquant dessus puis sur le bouton [Zoomer sur]. Vous pouvez aussi zoomer en opérant un double-clic.

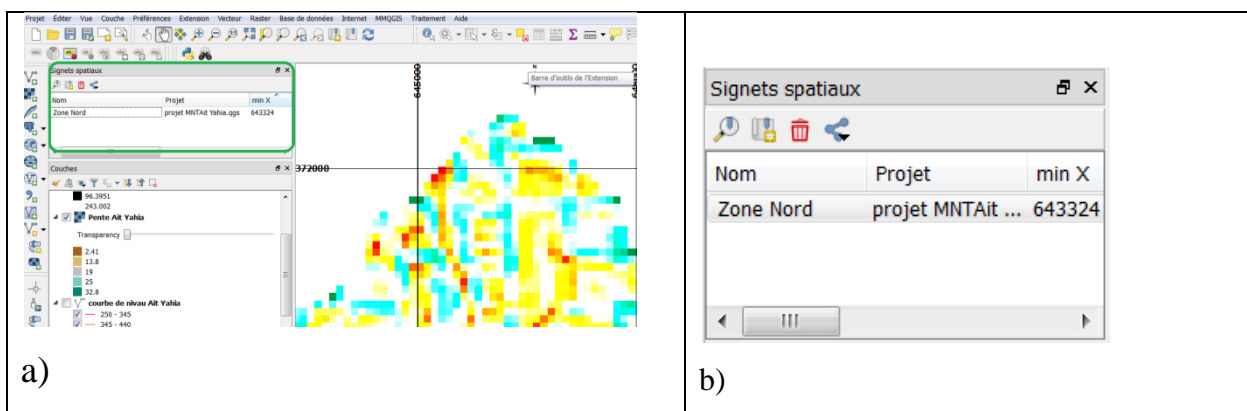


Figure 92 Signets Spatiaux.

Références bibliographiques

ADS Progress, « Révision du PDAU de la commune d'Ait Yahia, phase I : situation actuelle et analyse des données », Direction de l'Urbanisme et de la Construction, Tizi-Ouzou, 2012-97p.

Andreas Neumann, « QGIS et l'Infrastructure de Données Spatiales de la ville d'Uster », Uster, Suisse, 2011.¶

Anne Tourpe, « Le Dessin Assisté par Ordinateur (DAO) dans la formation des ingénieurs : Proposition et évaluation d'environnements d'apprentissage », thèse de doctorat en science appliquée sous la direction de M. Lejeune & M. Frenay, Faculté des sciences appliquée, Presses Univ. de Louvain, 2004 - 267 pages.

Aronoff, S. 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa, Canada : WDC Publications.

Blomac F. de. Gal R., Hubert M., 1994: *ARC/INFO: Concepts et applications en géomatique*. Paris, Hermès ; 248 p.

Clarke K C (1990) *Analytical and Computer Cartography*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs New Jersey.

Carlos Coronel, Steven Morris et Peter Rob, *Database Systems: Design, Implementation, and Management*, Cengage Learning - 2012, (ISBN 9781111969608)

Carter J R (1989) On defining the geographic information system. In: Ripple W J (ed.) *Fundamentals of Geographic Information Systems: a compendium*. ASPRS/ACSM, Falls Church Virginia, pp. 3-7

Colin Ritchie, *Database Principles and Design*, Cengage Learning EMEA - 2008, (ISBN 9781844805402).

Coodchild M.F., 1988 : A spatial analytical perspective on GIS. *International Journal of Geographic Information Systems*, 1; p. 327-334

Cowen D.J., 1988: GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences? In: *Photogrammetric Engineering and remote sensing*. Vol. 54, 11; p.1551-15555.

Denègre J. et Salgé F. (1996). *Les systèmes d'information géographique*. Paris, P.U.F. 126 p.

Departement of Environment (DoE), 1987. *Handling Geographic Information*. HMSO, London, 1988.

Didier M., 1990: Utilité et valeur de l'information géographique. Paris, Economica ; 225 p.

Didon E, "Système d'Information Géographique: concepts, fonctions, applications" Laboratoire commun de Télédétection CEMAGREF-ENGREF - oct. 90.

EsriFrance « Les principales fonctions d'un SIG » <https://www.esriFrance.fr/sig4.aspx> [Consulté le 18 janvier 2017]

GADM – Global Administrative Areas: DZA_adm.zip, Version 2.5, JULY 2015 http://biogeo.ucdavis.edu/data/gadm2.7/shp/DZA_adm.zip

GADM database (www.gadm.org), version 2.5, July 2015.

GANDON FRANÇOISE. (1991). *Synthèse sur les SIG et perspectives d'utilisation en hydrologie*. Montpellier : ORSTOM, 38 p. multigr.

Hewlett Packard, 1993: Spatial data processing with computer systems.

National Institute of Cartography and Remote Sensing (INCT): Rapport National de L'Algérie 2005 – 2009. Neuvième Conférence cartographique régionale des Nations Unies pour les Amériques New York, 10-14 Août 2009

Kresse, Danko, Eds. Springer Handbook of Geographic Information: With 688 Figures and 116 Tables ISBN: 978-3-540-72678-4 e-ISBN: 978-3-540-72680-7, DOI 10.1007/978-3-540-72680-7 Springer Dordrecht Heidelberg London New York Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

Li, Z.L. (1990), Sampling Strategy and Accuracy Assessment for Digital Terrain Modelling. Ph.D. Thesis, the University of Glasgow.

Microplan, 2004 : Système d'Information Géographique. http://www.microplan.fr/sig_definition.htm

NCGIA, 1990: Core curriculum. 3 volumes: Introduction to GIS: 2. Technical issues in GIS; 3. Application issues in GIS. Santa Barbara, National Center for Geographic Information and Analysis, University of California.

Paegelow M. *Géomatique et géographie de l'environnement. De l'analyse spatiale à la modélisation prospective*, thèse d'habilitation à diriger des recherches, Toulouse : Université de Toulouse - Le Mirail, 2004.

Petrie, G. and Kennie T. (1987), An introduction to terrain modeling: applications and terminology. In: *Terrain Modeling in Surveying and Civil Engineering: A Short Course*. University of Glasgow.

QGIS User Guide, Version 2.14 QGIS Project, 08 August.

REZAK Salima, « *Hydrologie algérienne*: synthèse des apports de crues sur SIG»,
Thèse de doctorat en science, sous la direction de Errih Mohamed et Jean Pierre LABORDE,
Oran, Université des sciences et de la technologie « Mohamed Boudiaf », 2014, 173 p.

RNCREQ (Réseau National de Conseils Régionaux de l'Environnement du Québec),
2003 :Outils de diagnostic et aide à la dicision. [http://www.mcreq.org/dd/outils diagie.html](http://www.mcreq.org/dd/outils_diagie.html)

Sigfrance.org, 2003 : Définitions du SIG. <http://sigfrance.free.fr/dossiers/defs.htm>
Tomlinson R F (1987) Current and potential uses of geographical information
systems-the North American experience. International Journal of Geographical Information
Systems I (3): 203-8

Van Sickle. J., (2004). Basic GIS Coordinates. Boca Raton: CRC Press
<http://horizon.documentation.ird.fr/> Bibliographie

Wolfgang Kresse et David M. Danko. (2012). Springer Handbook of Geographic
Information, DOI 10.1007/978-3-540-72680-7, ISBN 9783540726784 • 9783540726807

Site internet

[http :// www.gdal.org/ogr/](http://www.gdal.org/ogr/)

Documentation de QGIS 2.18 : <https://docs.qgis.org/2.18/fr/docs/index.html#>

<http://gerssat.chez-alice.fr/liens/tutdroitref/Sysgeodesiques.htm>

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Shapefile>