الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
—
Université
Yahia FARES de MEDEA

Faculté des Sciences

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
—
جامعةيحي فارس بالمدية

كليـــــة العلـــــوم

POLYCOPIE DE COURS

CARTOGRAPHIE ET TELEDETECTION DES FLEAUX AGRICOLES

Auteur :

GHENNAM KAMEL

Destiné aux étudiants de

Discipline : Agronomie

Spécialité : Phytopathologie

Niveau : Master 1

Année : 2020-2021

الجمهوريةالجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Faculté des Sciences كليــة العلــوم

POLYCOPIE DE COURS

CARTOGRAPHIE ET TELEDETECTION
DES FLEAUX AGRICOLES

Auteur :

GHENNAM KAMEL

Destiné aux étudiants de

Discipline : Agronomie

Spécialité : Phytopathologie

Niveau : Master 1

Année : 2020-2021

Table des matières

Préface

Introduction……01

Chapitre 1 : La cartographie classique

1-1- Introduction, histoire et développement……02

1-2- Les branche de la cartographie……..03

1-2-1- Les cartes topographiques……..03

1-2-2- Cartographie mathématique……...03

1-3- Qualité d'une carte……04

1-3-1- Qualités fondamentales……04

1-3-2- Qualités esthétiques (apprécié à l'œil)……...05

1-4- Étapes de la création d'une carte……...05

1-4-1- L'Echelle……05

1-4-2- Les Altérations d'une Carte et système de projection……06

1-4-3- Le quadrillage et coordonnées rectangulaires……08

1-4-4- Les phases de conception et de réalisation d'une carte……..08

1-4-5- La généralisation……12

1-4-6- Habillage d'une carte……13

1-4-7- Le découpage de la carte……14

1-4-8- Le pliage des cartes……15

1-5- Travaux pratique cartographie classique……...15

Chapitre 2 : La photographie aérienne

2-1- Introduction……...17

2-2- Définitions……...17

2-3- Les différents types de photos aériennes……...18

2-4- Principe et élaboration de la photographie aérienne……..19

2-5- Les images satellites……...19

2-6- Application sur photos aériennes……19

Chapitre 3 : Le système d'information géographique (SIG)

3-1- Introduction……..20
3-2- Définition du Système d'information géographique SIG……..20
3-3- Les fonctions essentielles d'un SIG……..21
3-4- Composition du SIG……..21
3-5- Les Rôles des SIG……22
3-6- Typologie de l'information géographique…….22
3-6-1- L'information descriptive alphanumérique(ou attributs)……...22
3-6-2- L'information géographique ou géométrique…….22
3-6-3- Les Interrelations (ou propriétés topologiques)…….23
3-6-4- Les différentes types de représentation de l'information géographique……23
3-7- Les étapes de traitement des cartes avec GIS……25
3-7- Application des SIG sous QGIS……26
3-7-1- Présentation du logiciel QGIS……26
3-7-2- Présentation de l'interface QGIS……...27

Chapitre 4 : La télédétection

4-1- Introduction……..40
4-2- Définitions de la télédétection……..40
4-3- Eléments de base de la télédétection……40
4-4- Principaux satellites……...42
4-5- Analyses et interprétation des images satellites……42
4-5-1-Traitement des images……42
4-5-2 Analyse et interprétation des images……...43
4-6-Téléchargement d'une image satellite avec QGIS……43
4-6-1- Inscription sur le site copernicus……43
4-6-2- Ajout de l'extension semi automatic classification Plugin (SCP)…….44
4-6-3- Ajout des connexions Google satellite et Open Street Map……..45
4-6-4-Ajout d'une couche chepfile des zones de cultures……46
4-6-5- Télécharger les images satellites……48

Chapitre 5 : Applications de la télédétection

5-1- Introduction……...51
5-2- Etude des fléaux agricoles…….51
5-3- Indice de végétation (NDVI)…….51
5-4- Indice de différence normalisée de l'eau (NDWI)……51
5-5- L'agriculture de précision…….52
5-6- La classification automatique des images satellites……..52
5-7- Application de la télédétection……..52
Références Bibliographiques……..58

Préface

Ce polycopié traite les notions fondamentales de la cartographie, les systèmes d'information géographiques et la télédétection des fléaux Agricoles.

Ce polycopié s'adresse aux étudiants en Mastère I phytopathologie.il s'organise selon le canevas du module cartographie SIG et télédétection des fléaux Agricole enseigné à l'université Yahia Fares Médéa.

Les prés requis nécessaires pour la compréhension et la lecture du polycopié est juste être initié à l'utilisation de l'outil informatique ceci permet donc même à tous ceux qui désirent s'initié à ce domaine de l'utilisé.

Il Contient des exemples, des exercices ainsi que des applications sur le logiciel QGIS 3.10. Le but de ces Applications est de permettre aux étudiants d'acquérir des compétences nécessaire pour la réalisation des différentes cartes thématiques et de pouvoir utilisé les technique de télédétections dans les domaines de l'environnement, l'agriculture et le suivie des fléaux Agricole avec ce même logiciel.

Toutes les ressources nécessaires pour la réalisation des applications sont open Access donc sous licence en libre accès et les liens de téléchargement sont dans le manuscrit.

La cartographie SIG et la télédétection sont des outils fondamentaux dans la recherche scientifique dans ce domaine et de bons outils de gestion et surtout des outils d'aide à la prise de décision dans le domaine Agricole et environnemental.

GHENNAM K.

Introduction

L'Agriculture Moderne est devenu une préoccupation stratégique pour tous les pays. Car la demande en produits alimentaire ne cesse de croitre, de ce fait l'Agriculture actuelle ne cesse de s'orienté vers l'intensif. Cette situation poussant les Agriculteurs à utiliser de plus en plus d'engrais et de pesticides très couteux augmentant ainsi les prix avec toutes leurs répercutions socioéconomiques.

Afin d'améliorer les méthodes de production l'agriculture moderne à commencer à utiliser les technique de cartographie, des systèmes d'informations géographiques(SIG) et de télédétection pour une gestion meilleur et précise. La première application de ces technologies a commencé depuis la première apparition des SIG en 1960 au Canada par Roger Tomlinson qui est appelé "père du SIG" puis plusieurs pays ont suivie jusqu'à devenir mondial et dans tous les secteurs de la géographie thématique diversifiée. Actuellement une pratique appelée Agriculture de précision est utilisé dans plusieurs pays développés pour l'amélioration de l'épandage des pesticides, des engrais basé sur les coordonnées GPS porté dans les tracteurs et des cartes de modulations réalisés sous des logiciels de SIG.

Parmi ces logiciels il existe le QGIS qui est un logiciel open Access à accès libre mais présentant un grand éventail d'outils de traitements des images et de réalisation des cartes. Nous avons utilisé ce logiciel tous au long de ce polycopié afin de permettre aux étudiants de voir le maximum de fonctionnalités. Nous avons utilisé une version "QGIS 3.10.14" lancé en février 2021 qui est stable et à longue durée de validité.

Le polycopié est organisé en respectant le plan exact décrit dans le canevas toute fois complété par des sujets qu'on a estimé indispensable pour la compréhension des contenus des cours.

Le module compte cinq chapitres complémentaires est ordonnées d'une manière que chaque chapitre prépare le chapitre suivant. Le premier chapitre et consacré à l'étude des notions fondamentales de la cartographie classique. Le second chapitre introduit un peu le domaine de la photographie aérienne. Le chapitre III traite le sujet des systèmes d'information géographiques Les chapitre IV et V sont consacrés à l'étude des principes technique de la télédétection.

Chapitre 1 : La cartographie classique

1-1-Introduction, histoire et développement :

La Cartographie : une carte est une représentation conventionnelle plane, construite géométriquement, d'une partie de la surface terrestre, ou d'une autre planète avec les objets qui s'y trouvent et éventuellement les phénomènes qui s'y produisent. (Anonyme, 1970)

La cartographie est à la fois la science, la technique et l'art de réaliser et d'utiliser les cartes.

Association Cartographique International in (Kraak et Ormeling 2010) la carte est définie comme: une représentation qui symbolise de la réalité géographique.

L'Association Cartographique International in (in Borden et al 1990) définis la cartographie comme : L'art, la science et la technologie de création de carte, aussi bien avec leurs étude comme des documents scientifiques et œuvres d'art. Dans ce contexte elle inclue tous types de cartes, plans, chartes, et sélections, modèles tridimensionnelles et représentation du globe ou d'autre planète à n'importe qu'elle échelle.

La représentation cartographique est une interprétation du monde par un certain nombre de descripteurs, géométriques, sémantiques et graphiques qui lui permet d'être interprétée par le lecteur. Le rôle de la cartographie est de traduire tout phénomène pouvant être rattaché à une localisation (Grelot, 1986).

Les documents géographiques (les cartes) :

Selon Cadène (2004), les documents géographiques sont des représentations qui affiche les particularités d'un territoire et permet de localisé des éléments ou phénomène qui s'y déroulent.

Ils sont de natures différentes comme les carte routières, topographiques, géologiques, de la végétation ou thématiques. Ils peuvent êtres de types différents tels que les plans, cartes divers, schéma d'aménagement, photographie aériennes ou image satellitaires.

En 1966 l'Association Cartographique Internationale (ACI) et Comité Français de Cartographie : « *la cartographie est l'ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques, intervenant à partir des résultats d'opérations directes ou d'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration et de l'établissement de cartes, plans et autres modes d'expression, ainsi que de leur utilisation* ».

En Algérie : l'organisme officiel de la cartographie est L'institut national de cartographie et de télédétection (INCT).

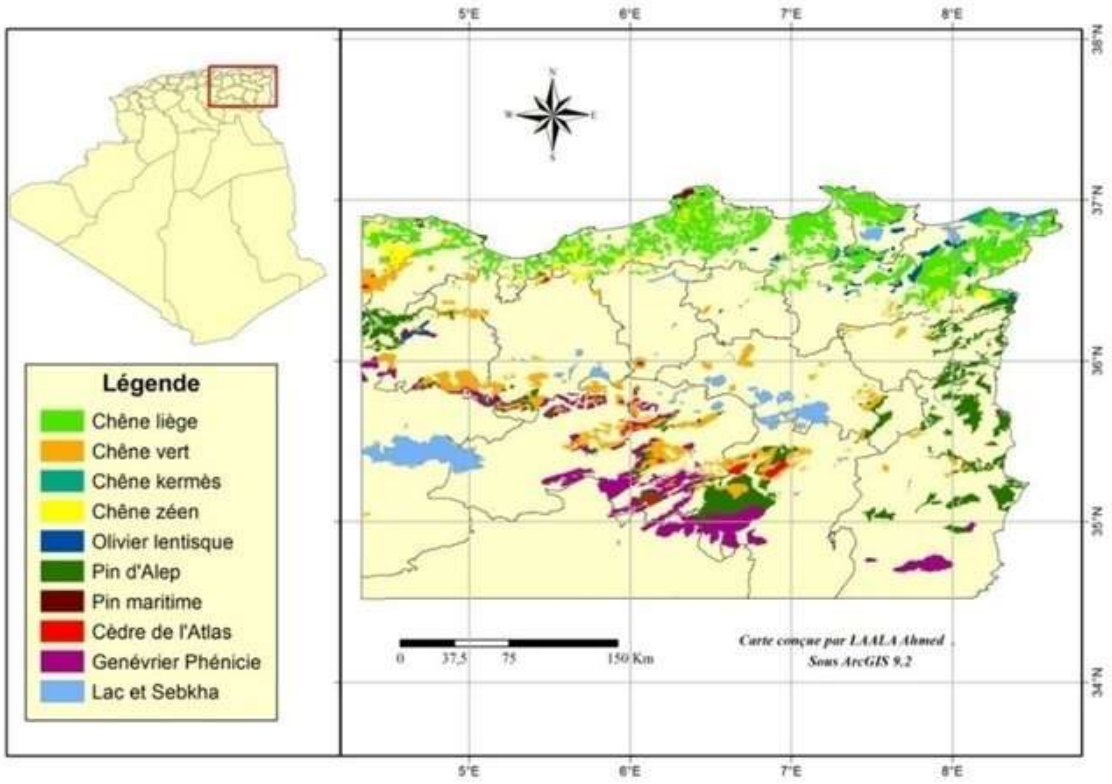


Figure 1 : Principaux écosystèmes forestiers de l'Est algérien (Laala et al, 2016)

1-2- Les branches de la cartographie :

1-2-1-Les cartes topographiques :

Selon le comité français de cartographie in (Cadène 2004) la définition des cartes topographiques est : « la représentation exacte et détaillée de la surface de la terre concernant la position, la forme les démentions et l'identification des accidents du terrain ainsi que des objets concrets qui s'y trouvent en permanence ».

1-2-2-Cartographie mathématique : s'intéresse à représenter la terre ou une portion de sa surface sur ***le plan d'une carte***. Elle a pour but d'étudier les fondements ***mathématiques*** de la cartographie qui ont rapport aux ***projections*** de la surface de la terre sur le plan de la carte. Elle étudie donc les différentes projections cartographiques qui permettent de passer de ce système de ***référence*** à celui des ***coordonnées*** planes. Ces objectifs sont les suivant :

- Réalise des transformations entre les surfaces ;
    - Etudie les propriétés géométriques des produits cartographiques
    - Discute les difficultés de projection cartographique
    - Améliore les propriétés des projections cartographiques pour les territoires.

Tableau 1 : Comparaison entre carte et photographie (Anonyme, 1970) :

Photographie	Carte
- Perspective - Représente tous les objets - Portrait conforme - Ne précise pas les natures des objets - Pas de formes du terrain - Pas de noms aux objets	- Projection (géométrique) - Représente les objets utiles - Portait réfléchi - Donne des indications sur les objets - Indique les formes - Donne les noms

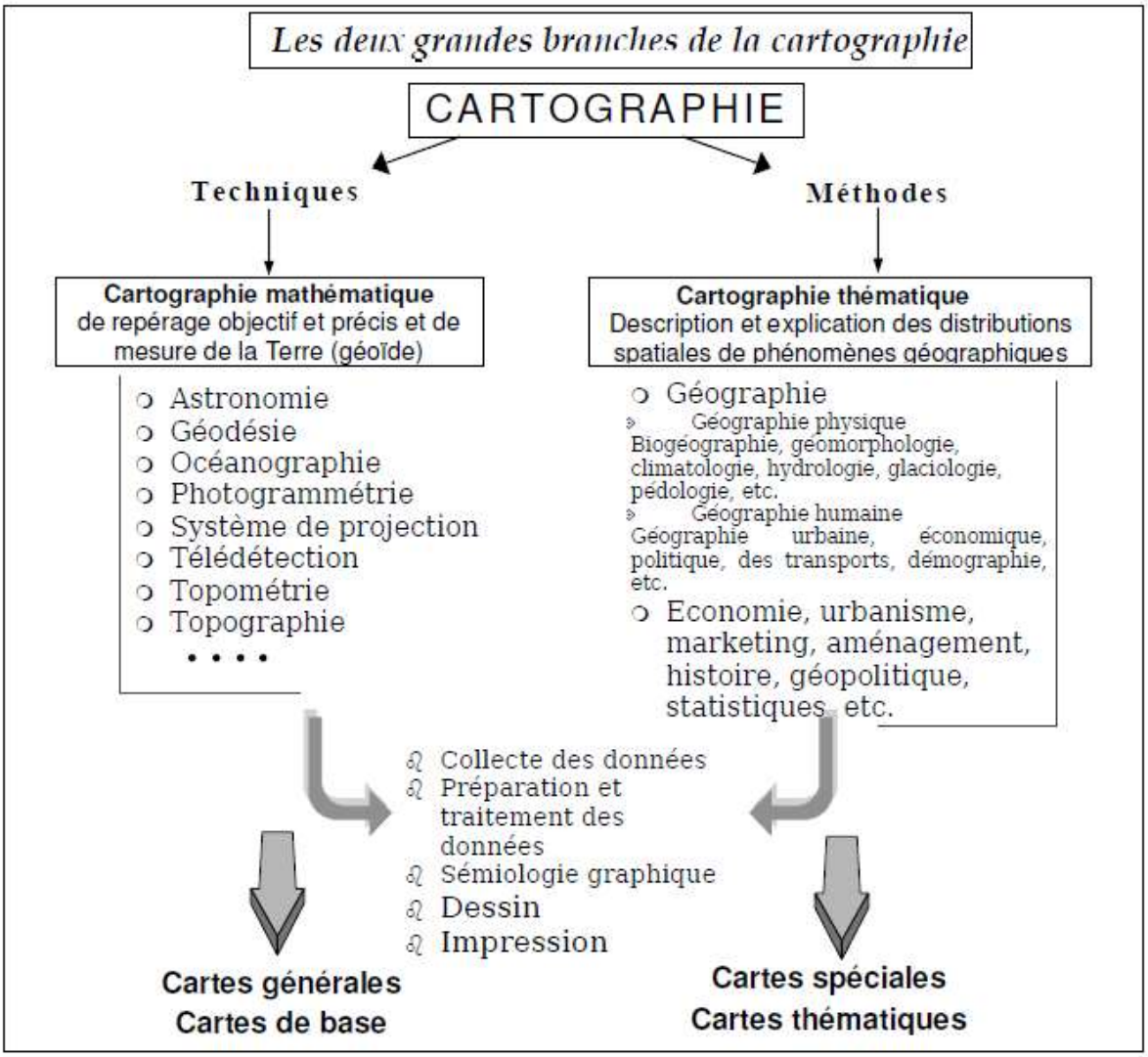


Figure 2 : les différents branche de cartographie (Poidevin, 1999).

1-3- Qualité d'une carte :

1-3-1- Qualités fondamentales :

1- La **précision** des positions des objets sur le terrain (ex route non décalée)

2- L'**exactitude** et la **fidélité** du contenu qui doit être conforme au terrain (ex goudronnée ou pas)

3- La **sincérité :** les renseignements fournis sont certains

4- La **fiabilité :** on peut se fier à cette carte (ex précision de la médiocrité de certains documents)

1-3-2- Qualités esthétiques (apprécié à l'œil) :

1 – la lisibilité c'est la netteté de la perception visuelle du contenu

2 - la sélectivité facilitée de distinction entre les différentes catégories d'objets

3 – la clarté.

1-4- Étapes de la création d'une carte :

Elles servent de base d'établissement d'une carte. On effectue cette tâche en commençant par le choix de l'échelle, définir le type de projection et représenter les formes du terrain, la toponymie, les couleurs et écriture et en fin l'habillage et le quadrillage de la carte.

1-4-1- L'Echelle :

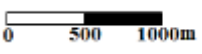
a- Echelle numérique : C'est un quotient du rapport entre 1 cm sur la carte à sa vraie valeur sur le terrain. "C'est le rapport d'une distance mesurée sur la carte à la même distance mesurée sur le terrain et réduite à l'horizon" (Anonyme, 1970). Exprimé de deux façons :

- 1cm pour 2 km
- 1/200000

On emploie souvent les appellations de Grande, moyenne, et petite échelles.

b- L'Echelle Graphique : C'est des lignes droites, simples ou doubles devisés en parties égales représentés par des unités choisies en kilomètre.

Echelles numérique **Echelles Graphique**

1/2500 ; 1/25000 ; 1/50000 ; 1/200000 ; 

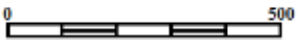
; 

Figure 3 : différents types d'échelles d'une carte

c- Définition et classification des différentes cartes par échelles et contenu

- **Plans topographique (grec topo = lieu) :** Les plans sont des cartes à très grande échelle (1/500, 1/1000, 1/2500, 1/5000). Utilise peux les signes conventionnelles et utiliser dans l'urbanisme et cadastre etc …
- **Cartes topographiques à grande échelles** : Les grandes échelles (1/10000, 1/20000,

1/25000) d'usage général. Elles sont issues des levés topo et constituent les cartes de base de tous les projets préalables aux plans.

- **Cartes topographiques à moyenne échelle :** Les échelles moyennes (1/50000, 1/80000, 1/100000). Elle donne une bonne définition géométrique avec une altération due à **la généralisation.**
- **Cartes chorographiques (du grec Khora = contrée) :** Elle corresponde aux petites échelles (1/200000, 1/500000) plus générales. D'usages généraux.



Figure 4 : Plan topographique des zones industrielles de la w. de Medea (source : https://cci-titteri.dz/page/investir-a-medea).

- **Carte géographiques :** Elles correspondent aux très petites échelles (1/1000000, 1/2000000, 1/5000000, 1/10000000..). Elles présentent très schématiquement les objets. Elles sont dites des cartes de compilation (de plusieurs cartes).

1-4-2-Les Altérations d'une Carte et système de projection :

Elle est due à la transformation (projection) de la sphère terrestre ver une carte plane. L'ellipsoïde ne peut être parfaitement projeté sur un plan. Il y a toujours des altérations soit de : longueurs, angles ou surfaces. Chaque utilisateur a besoin d'insisté sur l'un des trois plus que les deux autres. Exemple le cadastre insiste sur le respect des longueurs. Les navigateurs dans les transport maritimes ou aérienne ont besoin des cartes qui respectent des angles pour mieux s'orienter par contre les service d'urbanisme et de l'agriculture s'intéressent plus au respect des surfaces.

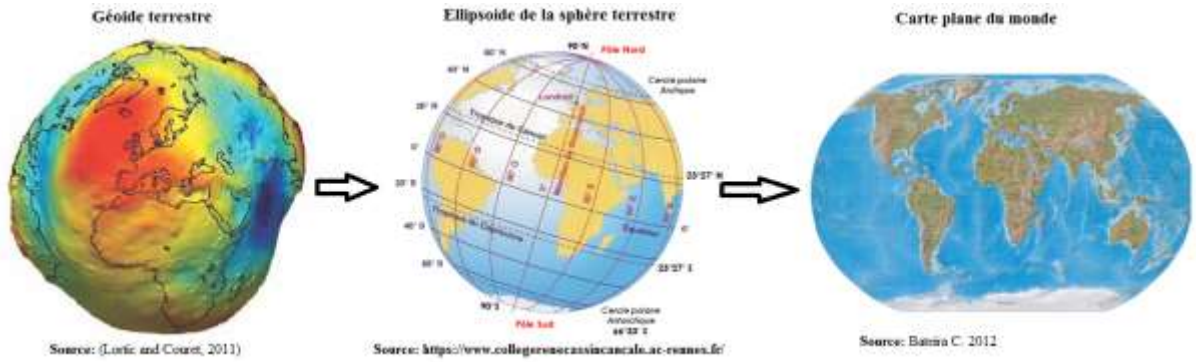


Figure 6 : Transformation et projection de la sphère terrestre sur un plan

Il existe plusieurs types de projections :

a- Projections cylindriques

Dans cette famille de projection nous devant considérer deux aspects :

- l'aspect direct ou normal lorsqu'il est tangent le long de l'équateur (Mercator)
- l'aspect transverse lorsqu'il est tangent de la ligne des pôles

b- Projection de Mercator

Mercator est un nom latinisé de Kroemer, géographe flamand du 16ème siècle.

Le même principe sauf que les distances entre les parallèles augmente de plus en plus en s'éloignant de l'équateur pour garder les distances conformes. Il est utilisé dans la navigation maritime et en topographie car les longueurs sans déformés de l'ordre de 1/1000.

c- Projection Conique

Projection conique conforme de Lambert (mathématicien Français 1772)

Est représenté par un cône tangent à la sphère, suivant un parallèle de latitude donnée, appelé parallèle de contacte. La dilatation est moindre dans la zone de contacte ou l'altération est presque nulle 1/6500 à 1/8000.

Projection de bonne (1752 ingénieur hydrographe français).

Elle respecte les angles altération de 1/500. N'est plus utilisé.

d- Projection stéréoscopique polaire

Le plan de projection est tangent à la sphère au pôle qui est le centre de la projection.

Elle conserve les angles. Elle est conforme est utilisé pour les pôles.

e- Projection stéréoscopique méridienne

La transverse de la polaire. Il est tangent à l'équateur.

Conforme il est utilisé pour les map monde ou célestes.

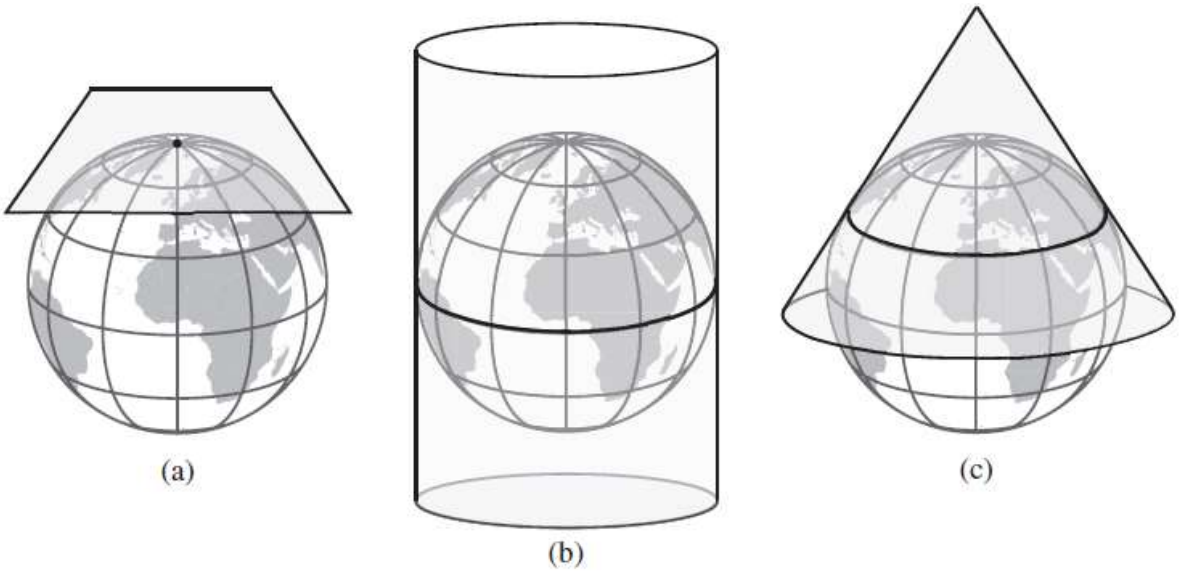


Figure 7 : Les différents types de projections [(a) : stéréoscopique polaire ; (b) : Cylindrique ; (c) : Conique]. (Borden, 2009)

1-4-3-Le quadrillage et coordonnées rectangulaires :

On obtient le quadrillage en remplaçant les coordonnées géographiques par des coordonnées rectangulaires. On peut l'obtenir à partir du réseau de méridiens et de parallèles en :

- reportant les points dont en connais les coordonnées géographiques;
- mesurant les coordonnées des autres points.

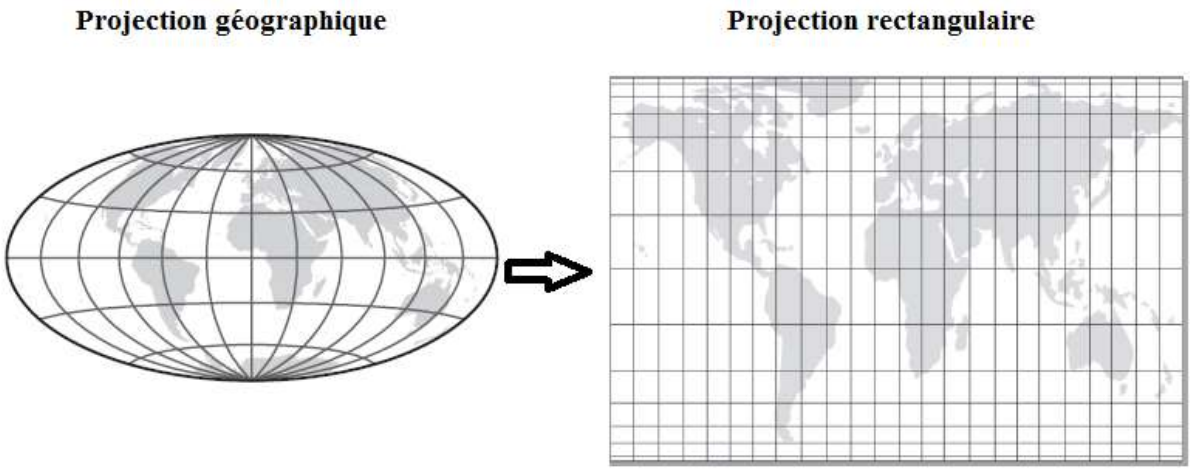


Figure 8 : Quadrillage de la surface terrestre (Borden, 2009 modifié).

1-4-4-- Les phases de conception et de réalisation d'une carte :

La réalisation d'une carte passe par plusieurs étapes depuis la collecte des données géographiques surtout les objets pertinents du terrain tel que la topographie, l'hydrographie, le réseau routier, l'urbanisation…, suivie par leurs introduction, traitement et analyse jusqu'à leurs représentations sous forme de carte finale. Ceci exige le respect d'un certains normes

conventionnelles de cartographie :

a- Représentation et Signes conventionnels

Ce sont des symboles utilisés pour représenter sur la carte ce qui se trouve sur le terrain. Par exemple : ponts, marécages, routes, bâtiments, etc... Pas besoin de les apprendre tous par cœur, puisqu'on les retrouve derrière toutes les cartes topographiques.

b- Règles d'établissement des signes conventionnels

Les signes conventionnels sont caractérisés par leur **forme**, leurs **dimensions** et leur **couleur**.

Leur but est d'indiquer l'existence et la position, aussi précise que possible, des divers objets.

➢ **Forme**

On ne peut toujours respecter la forme exacte de l'objet, on cherche à l'évoquer. On imagine un symbole que l'usager comprend immédiatement. On détermine la forme de la manière suivante :

- On s'inspire de la projection horizontale. Cours d'eau, routes et villes..etc.
- Les objets dressés on a recours à un rabattement de sa projection verticale. Arbres,
- On à aussi recours à un dessin perspectif. Marais, tourbière et rizière.
- Sinon on utilise un détail évocateur. Aérodrome, moulin à eau ou flotteurs.
- Enfin on peut utiliser un dessin purement symbolique. H. P. etc.

Il existe plusieurs types de figurés :

- Les figurés ponctuels : ce sont des formes ayant un contour géométrique ou expressif.
- Les figurés linéaires : ce sont des segments de droite ou des arcs de cercles.
- Les figurés zonaux : appelés aussi surfaciques, il couvre des zones bien déterminés.

➢ **Dimensions**

Nous avons vu que plus l'échelle ne diminue, plus les dimensions graphiques des signes conventionnels s'amplifient.

A grande échelle on tiendra surtout compte de la vraie grandeur de l'objet à représenter.

A petite échelle, on tiendra compte :

- De l'importance à donner à l'objet en fonction de la destination de la carte.
- De la densité des signes à mettre en place.

➢ **Couleurs**

La couleur donne plus d'information à la carte. Elles doivent êtres conventionnelles et respecte l'aspect naturel : hydrographie en bleu, bois et cultures en vert et des couleurs vif

comme le rouge ou jaune pour les routes.

- **L'écriture**

L'écriture dans une carte doit respecter des règles afin qu'elle soit le plus claire possible. Le premier est le sens de l'écriture doit être orienté de droit à gauche en arabe et de gauche à droite en français sur tous les angles d'écriture sauf pour l'angle + 90° et -90° l'écriture ce fait de bas en haut .la position des nom des objet est placé dans ca position géographique exacte sauf si elle encombre on la décale en haut à droite ou en bas à droite sinon à gauche puis en haut ou en bas carrément .elle suivent les ligne des route ou rivière ou bien à l'intérieur des surfaces.

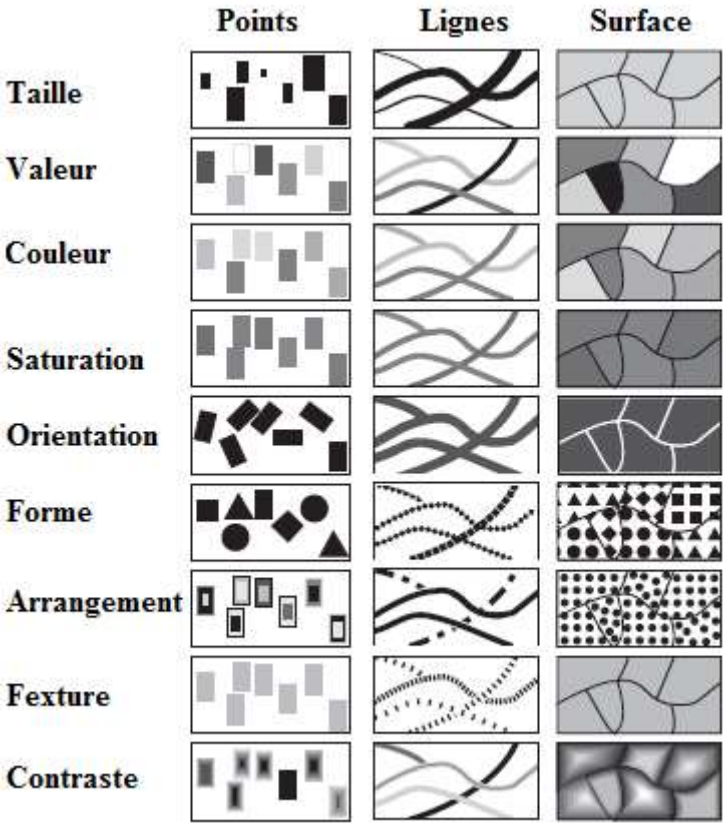


Figure 10 : Différents types de symbologie en cartographie (Borden, 2009 modifié)

c- Influence de l'échelle sur les signes conventionnels

L'échelle influence leur **nombre**, leur **signification** et leur **couleur**.

- Nombre de signes : puisque les signes conventionnels deviennent de plus en plus gros lorsque l'échelle devient de plus en plus petite on éprouvera une difficulté à les loger. On devra renoncer faute de place à certain d'entre eux, selon leur importances respectives.

- Evolution des signes : signification, transformation

  A grande échelle, une maison est représentée par un polygone. Lorsque l'échelle diminue, elle deviendra trop encombrante en met alors non une seule maison mais une deux, trois ou quatre ensemble.
- Couleur des signes : les couleurs évoluent selon l'échelle. Aux échelles moyennes et grandes nous auront un grand nombre et une variété de signes, mais peu de couleurs. Aux petites échelles plus schématiques on y trouvera peu de signes, davantage de couleur.

d- Les différents signes conventionnels des cartes :

Selon le types de cartes (marine, routière, géologique, ou thématique) on peut trouver quelques signes ou omettre d'autres selon leur utilité et pertinence dans celle-ci .parmi c'est signes nous citons :

- Les routes et chemins : tell que autoroute, route national, route willaya, route communal, piste, sentier. chaqu'une d'elle possède un signe évocateur de son importance.
- Les chemins de fers tels que les lignes de chemin de fer n de tramway de metro avec leurs accès, passage et tonnelle.
- Les signes Hydrographiques comme les barrages, lac, retenue, rivière, littoral et tous points d'eau.
- Les clôtures, murs ou grilles.
- Les constructions et agglomérations de différentes types villa, bâtiments,
- La végétation avec diffèrent types forêts, maquis, garrigue, petits bois, pelouse, plantation et vergé.
- Les limites administratives internationales, nationales, willaya et communales.

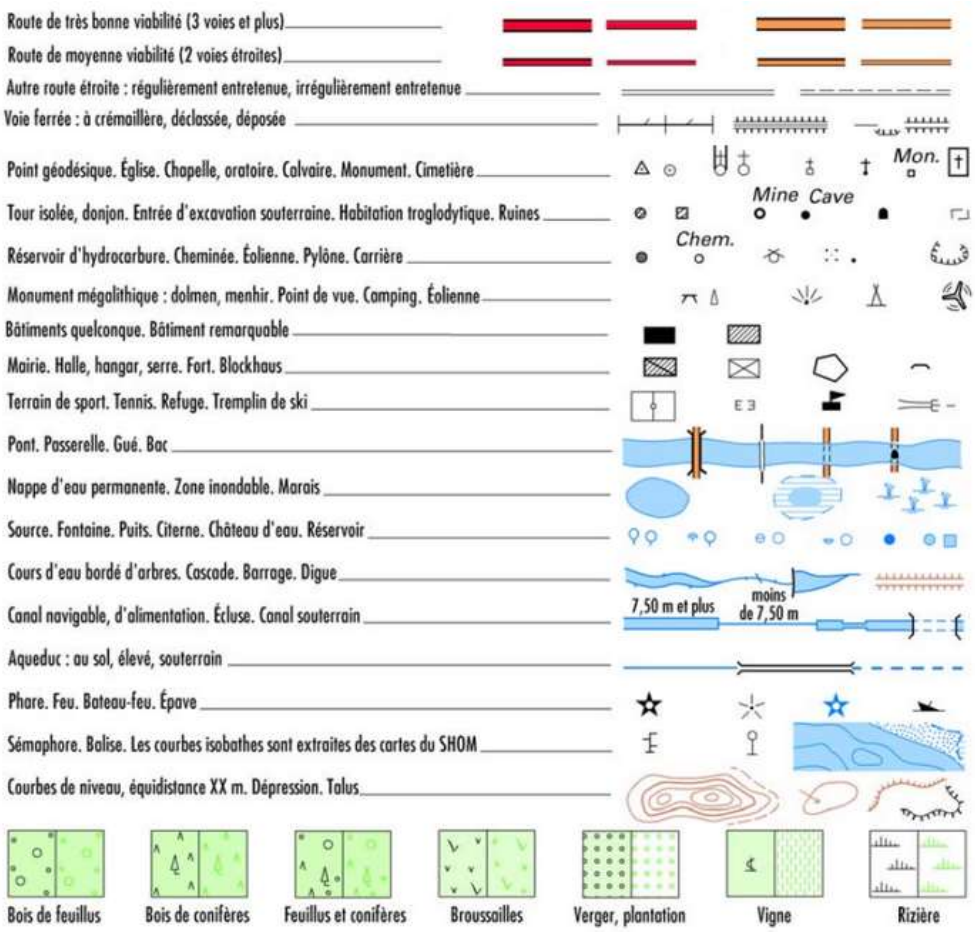


Figure 11 : Les différents signes conventionnels des cartes (**source** : https://www.carnetdeweb.fr/trace-gpx/ modifié)

1-4-5- La généralisation :

C'est la simplification du tracé et du contenue d'une carte à cause de la réduction de l'espace de la carte ciblé, en changeant d'échelle d'une grande à une plus petite.

On procède par trois étapes :

- une sélection : on sélectionne les éléments que nous estiment comme pertinents en écartant ceux jugés inutiles ou gênant. Généralisation par sélection.

- une schématisation : on simplifie les contours en regroupant les zones. Généralisation structurelle.

- une harmonisation : on représente les phénomènes par des formes simplifiées et différentes généralisation conceptuelle.

La symbolisation : on peut accentuer la généralisation structurelle à des représentations par des signes ponctuels géométriques ou figuratifs (Borden et al 1990, IGN, 1970).

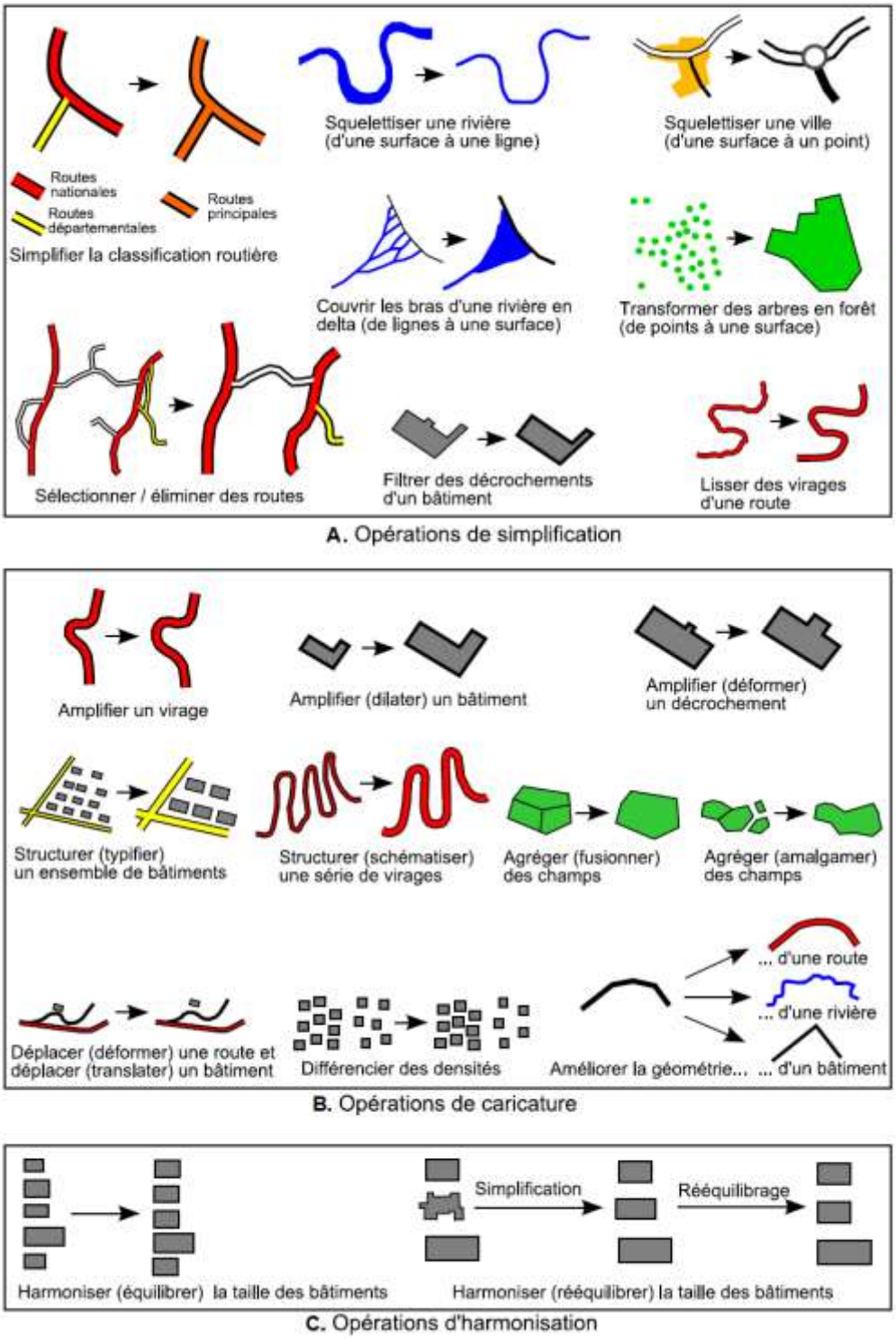


Figure 5 : Principales opérations utilisées en généralisation cartographique d'après Mustière (2001) *In* (Ory 2016).

1-4-6- Habillage d'une carte :

La représentation d'une carte nécessite un habillage qui facilite sa lecture par l'ajout des éléments suivants :

a- L'orientation d'une carte : l'orientation permet de situé des objets par rapport à d'autres fait physique (vent, soleil …) et humaine (banlieue sud ou nord). On utilise le symbole de flèche du nord qui est préférable d'être orienté vers le nord de la carte.

b- La légende d'une carte : Elément essentiel de la carte, elle définit les symboles employés dans la carte.

c- Le titre de la carte : élément indispensable qui définit les objectifs de la carte, il doit être clair, précis, concis et écrit avec des grandes lettres ou en capitales.

d- Les coordonnées géographiques d'une carte : les coordonnées d'une carte (latitude, altitude et longitude). Souvent mentionnées sur les cardes des cartes. Elles permettent de géo-localisée tous les éléments de la carte.

e- La source d'une carte : elle nous permet de vérifier l'origine et la qualité de l'information de la carte.

f- La date de création d'une carte : élément obligatoire dans une carte elle nous permet de savoir le contexte temporel de la carte.

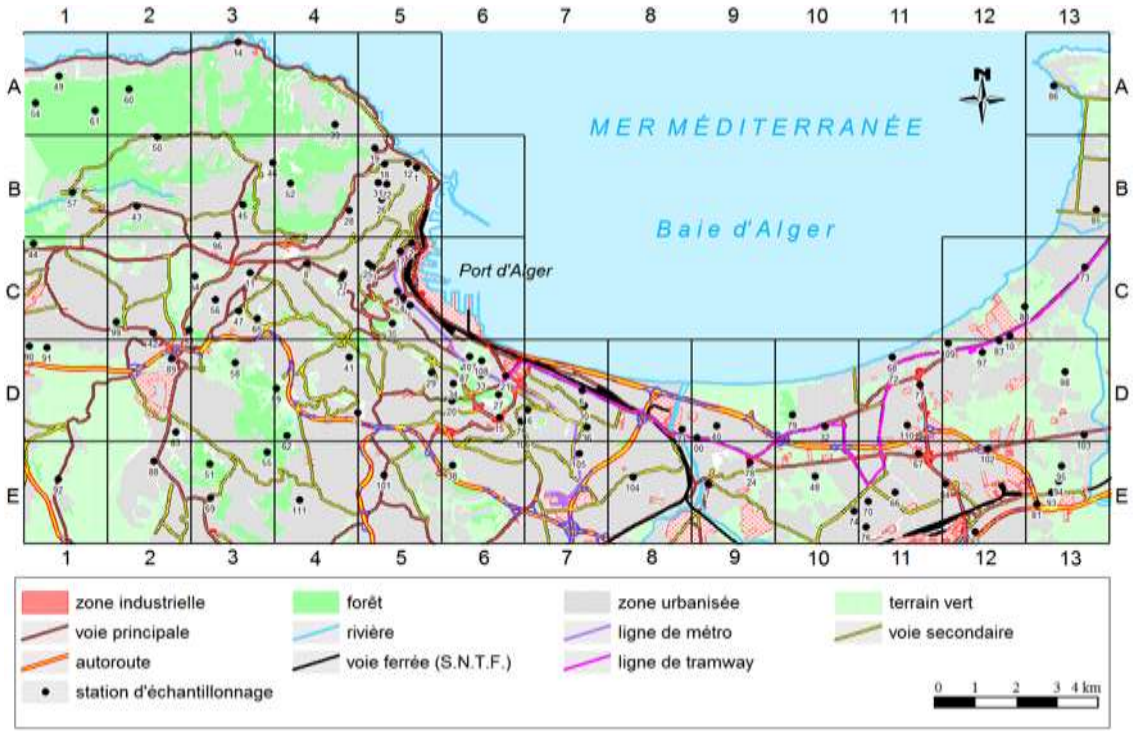


Figure 9 : Carte de la baie d'Alger (Ghennam et Abdoun, 2017)

1-4-7- Le découpage de la carte :

Les cartes ne peuvent pas toutes être représenté sur une même feuille donc elles doivent faire l'objet d'u découpage. Le mode de découpage donne le nom de la coupure. On obtient soit des coupures rectangulaire en kilomètre ou géographiques en degré ou grade.

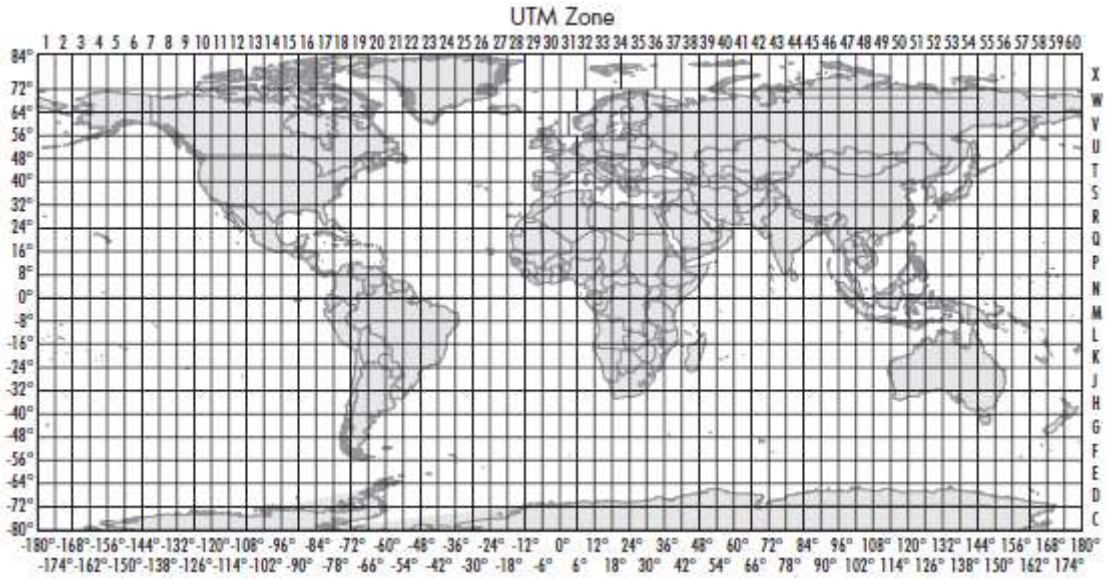


Figure 12 : quadrillage du système Universel Transverse Mercator (Borden, 2009).

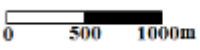
1-4-8-Le pliage des cartes :

Ce pliage nous permet de gagné de l'espace dans la présentation des carte et facilite l'utilisation des cartes notamment sur le terrain. Il y'a plusieurs types de pliages on peut citer le pliage en accordéon soit en deux longueurs ou en quatre longueurs.

1-5- Travaux pratique cartographie classique :

Exercices 1 :

Classez les différentes échelles suivantes et donnée le rapport d'un cm sur la carte par rapport au terrain.

1/2500 ; 1/25000 ; 1/50000 ; 1/200000 ; 

; 

Remarque :

Grand dénominateur= Petit rapport→ Petite échelle> couvre une grande surface en sacrifiant le détail

Petit dénominateur= Grand rapport→ Grande échelle > une petite surface mais présente beaucoup de détails.

Exercices 2 :

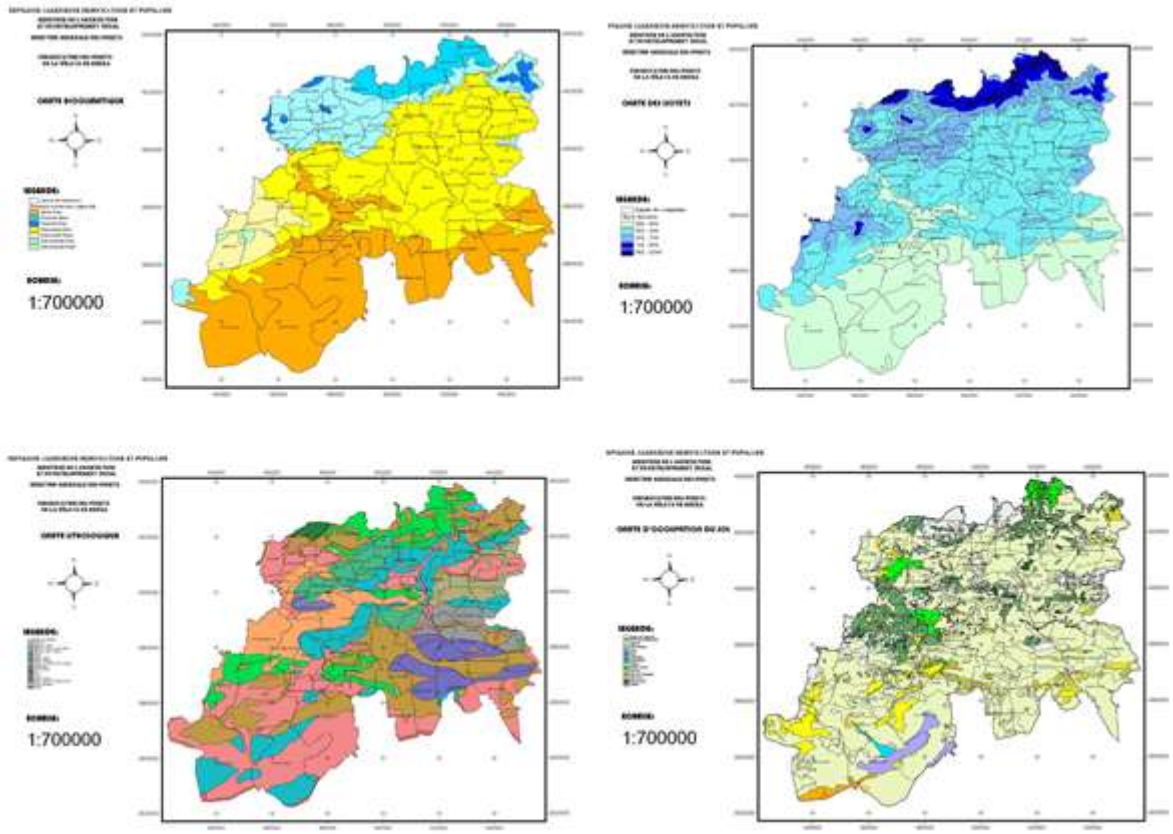
Comparez entre quarte géologique, touristique et une carte thématique.

1 – Echelles, Le titre, L'orientation, La légende, La source

2 - Calcul de la superficie d'un centimètre sur la carte pour chaque carte

3 – les symboles Forment, Orientation et Couleur

Source des cartes : Direction des Forêts W. Médéa.



Chapitre 2 : La photographie aérienne

2-1- Introduction :

L'événement historique du premier vol aérostatique en 1783 et l'invention de la plaque photographique permit de prendre, en 1858, la première photographie aérienne de Paris. Depuis le début du XXe siècle de nombreux développements apparus dans le domaine de l'aviation, qui ont de parcourir le ciel et d'obtenir une vision d'ensemble de notre milieu. En 1855, le physicien Maxwell aperçoit la possibilité de réaliser des photographies en couleurs basées sur trois surfaces respectivement sensibles aux trois couleurs fondamentales : le rouge, le vert et le bleu. La première pellicule couleur est mise au point en 1895, mais il a fallu attendre jusqu'en 1935 la sortie du premier film couleur commercial par la société Kodak.

2-2- Définitions :

La photo-interprétation signifie l'acte d'examiner des photographies aériennes dans le but de reconnaître les objets et juger de leur signification. Le terme tire son origine des opérations de cartographie du territoire effectuées à partir des photographies aériennes, la principale source de données de télédétection jusqu'aux années 1970. Aujourd'hui on parle plutôt de l'interprétation visuelle, assistée par ordinateur ou automatisée d'images de télédétection.

En termes génériques, une photographie aérienne est une photographie prise des airs. Normalement, les photos aériennes sont prises suivant la verticale, à bord d'un aéronef, à l'aide d'un appareil de prise de vues hautement précis. Il y a plusieurs aspects que l'on peut considérer pour déterminer ce qui fait qu'une photo d'une région est différente d'une autre de la même région : le type de pellicule, l'échelle, et le recouvrement. Les autres concepts importants qui sont utilisés en photographie aérienne sont la couverture stéréoscopique, les repères de fond de chambre, la distance focale, les numéros de clichés et de rouleaux ainsi que les lignes de vol et les cartes-index.

Ce sont des photos aériennes réalisé sans aucun lien avec le sol à partir de cerfs-volants, ballons, hélicoptères et avions (Cadène, 2004)

L'avion doit survoler des bandes de terrain selon une orientation très précises. La visibilité doit être excellente, pour un cliché à une échelle 1/25000 exige une altitude de vols de 6000 m. Les ombres de portées exige des vols où le soleil est à 30° au-dessus de l'horizon.

La photographie aérienne est utilisée en télédétection dans la partie visible du champ électromagnétique, ainsi que dans la partie proche infra-rouge (0.4µm – 0.8µm) contenant les

couleurs : violet, bleu, rouge, jaune, orange et vert. Elle peut être aussi panchromatique en noir et blanc. Pour les films en noir et blanc, il existe deux types : film cartographique sensible à toutes les longueurs d'ondes du visibles et film de reconnaissance qui élimine les bleus pour réduire l'effet de diffusion atmosphérique.

2-3- Les différents types de photos aériennes :

a- ***Les photos aériennes panchromatiques noir et blanc simples :*** sont disponibles à faible coût et partout dans le monde. Elles sont caractérisées par une bonne résolution spatiale et sont utilisées dans divers domaines comme la délimitation des différents types végétations agricoles, les maladies de plantes et l'érosion…

b- ***Les photos aériennes infrarouges noir et blanc :*** elles ressemblent aux précédentes sauf que leurs sensibilités spectrales peut aller jusqu'à 1µm dans le proche infrarouge. Elles sont caractérisées par leurs capacités de traverser le brouillard. L'eau apparait avec une couleur sombre dans ces photos. Elles sont utilisées pour : l'étude des cultures agricoles, les cultures malades, la réalisation des cartes forestiers et les cartes d'humidité du sol dans les terre agricoles.

c- ***Les photos aériennes en couleurs simples :*** utilisées dans les appareils photo traditionnelles et composées des trois couleurs rouge, vert et bleu **(RGB)**. Elles sont plus couteuses et utilisées dans l'agriculture pour la différenciation des types de culture, les arbres, les types de sols et les maladies des plantes.

d- ***Les photos aériennes couleur infrarouges :*** elles apparaissent avec des fausses couleurs, par exemple, la végétation apparait en couleur rouge et le sol en vert. Elles sont utilisées pour détecter les fléaux agricoles car les plantes malades apparaissent avec une autre couleur par rapport aux plantes saintes.

e- ***Les photos aériennes multi-spectrales :*** elles sont produites par l'utilisation de plusieurs appareils photo pour jumeler les différents types de photos aérienne en combinant de 3 à 9 bandes différentes. Elles sont utilisées pour la caractérisation de diverses cultures.

f- ***Les photos aériennes hyper-spectrales :*** elles sont produites par le assemblage de différents types de photos aériennes en regroupant les informations de 10 à plusieurs centaines de bandes spectrales differentes.

g- ***Les photos aériennes microonde et radar :*** elles sont monochrome mais traite les longueurs d'onde radar et microonde.

2-4- Principe et élaboration de la photographie aérienne :

Les photos aériennes sont prises suivant la verticale, à bord d'un avion ou drone, à l'aide d'un appareil photo spéciale. La prise des photos à partir de l'appareil respectent des proportions de chevauchement du recouvrement de chaque deux photo mitoyenne. La superficie couverte par la première photographie sur la deuxième est de 60% longitudinalement et 20 à 40% latéralement.

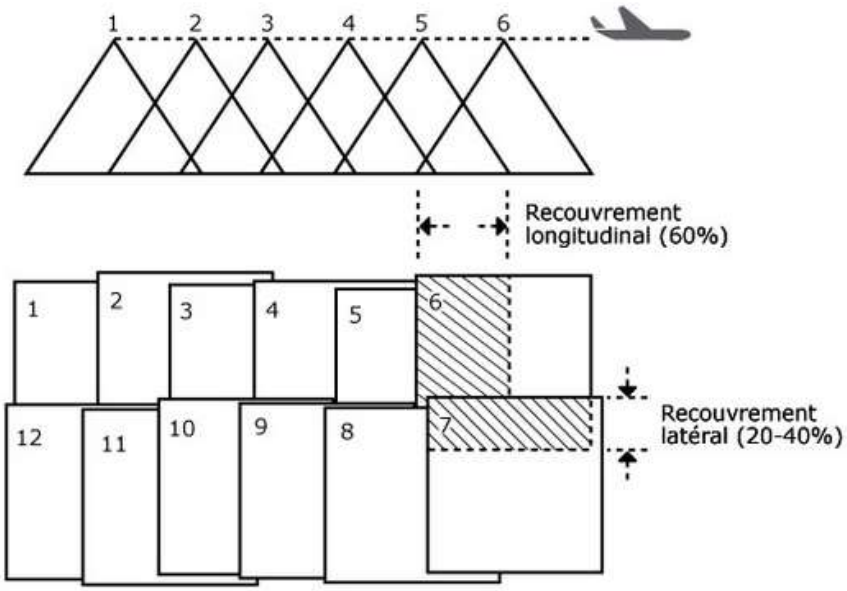


Figure 13 : principe de réalisation des captures photo-aériennes
(Source : https://www.rncan.gc.ca/maps-tools-publications/)

L'observation de ces photos aériennes se fait par un stéréoscope qui permet au cerveau de visualiser les reliefs en trois dimensions à cause du chevauchement qui existe entre ces photos. Ceci donne l'opportunité de voir plus de détaille sur le terrain et donc de mieux le représenté sur les cartes.

2-5- Les images satellites :

Suite aux lancements des satellites qui orbite autour de la surface terrestre en 1957. L'utilisation des images satellites qui sont moins couteuses que les photos aériennes a conne un grand surcroit. Les images satellites sont connues par leurs grandes richesses en information spectrale.

2-6- Application sur photos aériennes :

Observation des représentations des reliefs
sur les photos aériennes avec un stéréoscope.

Chapitre 3 : Le système d'information géographique (SIG)

3-1- Introduction :

Le développement des **Systèmes d'Information Géographique (SIG)** est étroitement lié à celui de l'informatique. On distingue trois périodes principales : Après la fin des années 1950 le début de l'informatique, commença les premières applications de la cartographie automatique, mais ce n'est qu'en 1960 où **Roger Tomlinson** (père du SIG) utilisa pratiquement **les SIG** pour la cartographie numérique pour **l'inventaire canadien des terres agricoles (CGIS)**. Depuis, le SIG s'est propagé dans les différents domaines d'applications (armée, cadastre, topographiques, environnement, agriculture, santé…).

Le principe des SIG s'appuie sur le rapprochement de la logique des systèmes d'information propre aux Systèmes de Gestion de Bases de Données Relationnelles (SGBDR). Ils permettant la gestion d'un ensemble de données descriptives regroupées sous formes de tables reliées entre elles par des éléments communs ou identifiants. D'autre part, ces données peuvent êtres interrogées par voie de requête System Querry Langage (SQL) afin de ressortir des résultats à partir des tableaux de données croisées.

3-2- Définition du Système d'information géographique SIG :

Un SIG est une science qui étudie l'information, sa position géographique avec ces données stockées dans des bases de données géographique. Il effectue gestion, l'analyse et l'affichage par différents moyens (carte, écran, tableau…) de cette information. Il permet aussi l'extraction des résultats et de rapports qui **facilite la prise de décisions**.

Selon Sanga (2007) : « Un SIG est un système informatique de matériels, logiciels, processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, le traitement, l'analyse, la modélisation et le représentation de données à références spatiales afin de pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la prise de décision » journal statistique africain ».

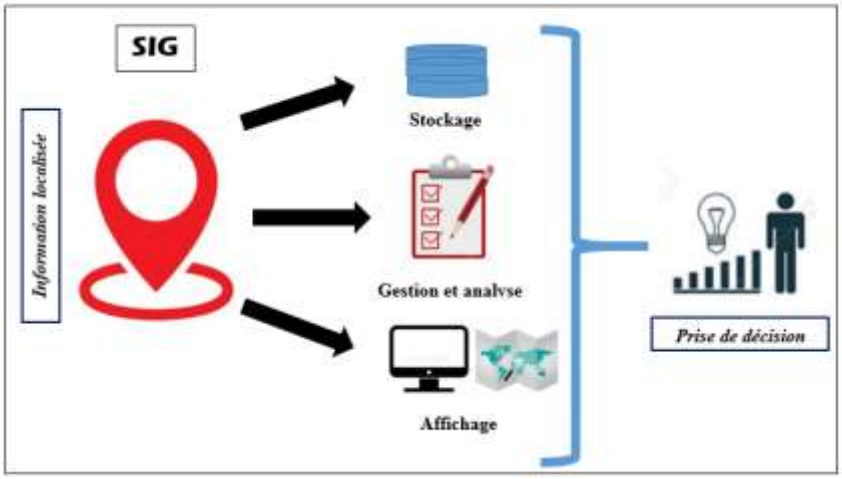


Figure 15 : Principe du Système d'Informations Géographiques

3-3- Les fonctions essentielles d'un SIG :

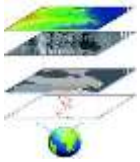
Selles ont présentées comme étant les cinq A en référence aux fonctions d'Acquérir, d'Archiver, d'Analyser, d'Afficher et d'Abstraire l'information

- L'**Acquisition** se traduit par la saisie de données géographiques sous forme numérique, alimenter le SIG en données en introduisant la forme des objets géographiques et leurs attributs.
- L'**Archivage** est le système d'enregistrement des informations sur le Territoire pour transférer les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur).
- L'**Analyse** qui se fait sur les données géographiques comprend leur manipulation (modélisation, statistiques,…etc.) pour répondre aux questions que l'on se pose.
- L'**Affichage** est la mise en forme en produisant des cartes de façon automatique, pour percevoir les relations spatiales entre les objets et visualiser les données sur les écrans des ordinateurs.
- L'**Abstraction** revient à concevoir un modèle qui organise les données par composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets.

3-4- Composition du SIG :

Un Système d'Information géographique (SIG) nécessite cinq principales composantes représentées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Les cinq principales composantes du SIG.

Principales composantes	Images et symboles (Google image)
Les outils tels qu'un ordinateur, un appareil GPS (Global Positioning System)…	
Les logiciels de cartographie numérique comme MapInfo, Arcgis, Qgis…	
Les données (image satellite, carte scannée, photo aérienne, tableau de données…	
Les utilisateurs : technicien, ingénieurs, géomètre, chercheurs…	
Les organigrammes et les étapes méthodologiques.	

3-5- Les Rôles des SIG :

Les systèmes d'information géographique servent principalement à :

- Enregistrer l'information sur le territoire ;
- Questionner l'information sur le territoire ;
- Produire des cartographies thématiques ;
- Analyser l'information sur le territoire.

3-6- Typologie de l'information géographique :

3-6-1- L'information descriptive alphanumérique(ou attributs) : appelée encore données sémantiques, elle renseigne l'objet spatial (nom, aspects divers), elles sont de nature alphanumériques contenant des informations de nature démographique, administrative, économique, sociale ou commerciale.

3-6-2- L'information géographique ou géométrique :

Elle est liée à la localisation des données géographiques, elle positionne les données dans un référentiel spatial établi. La localisation peut se faire de manière absolue par rapport au géoïde

terrestre (coordonnées UTM, longitude/ latitude) ou de façon relative et discrétisée (adresse postal)

3-6-3- Les Interrelations (ou propriétés topologiques) : une information précieuse sur les formes de répartition des objets dans l'espace peut être obtenue en analysant l'agencement spatial des objets .ces propriétés topologiques sont de nature qualitative ou quantitative.

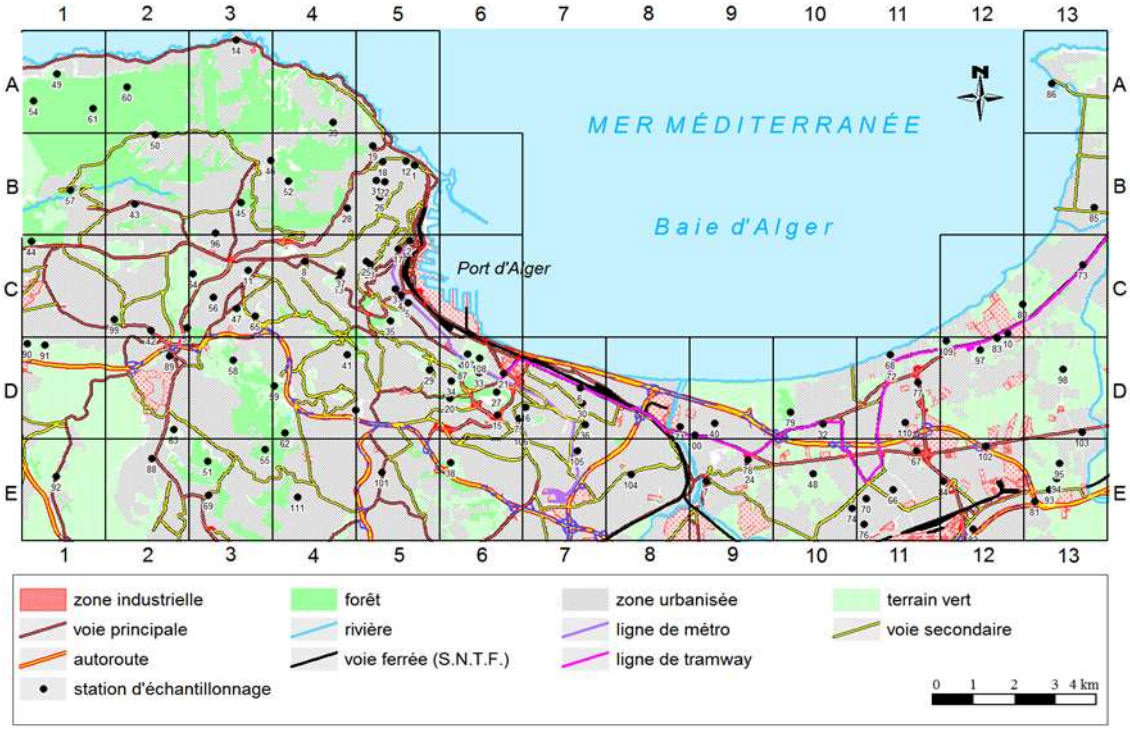


Figure 16: carte de la Baie d'Alger (Ghennm, 2017).

3-6-4- Les différentes types de représentation de l'information géographique :

Il existe deux principaux types de représentation des données géographiques :

- **Représentation des données en format vecteurs :** les données vectorielles sont représentés par (figure*) :
  - des points, pour les objets ponctuels (arbres, points d'eaux, puit…)
  - des lignes, pour les objets linéaires (routes, rivières, cloture…)
  - polygone, pour les objets surfaciques (lacs, forêts, jardin …).

Ces objets sont définis par une série de points localisés avec leurs liens dynamiques à des tableaux de données.

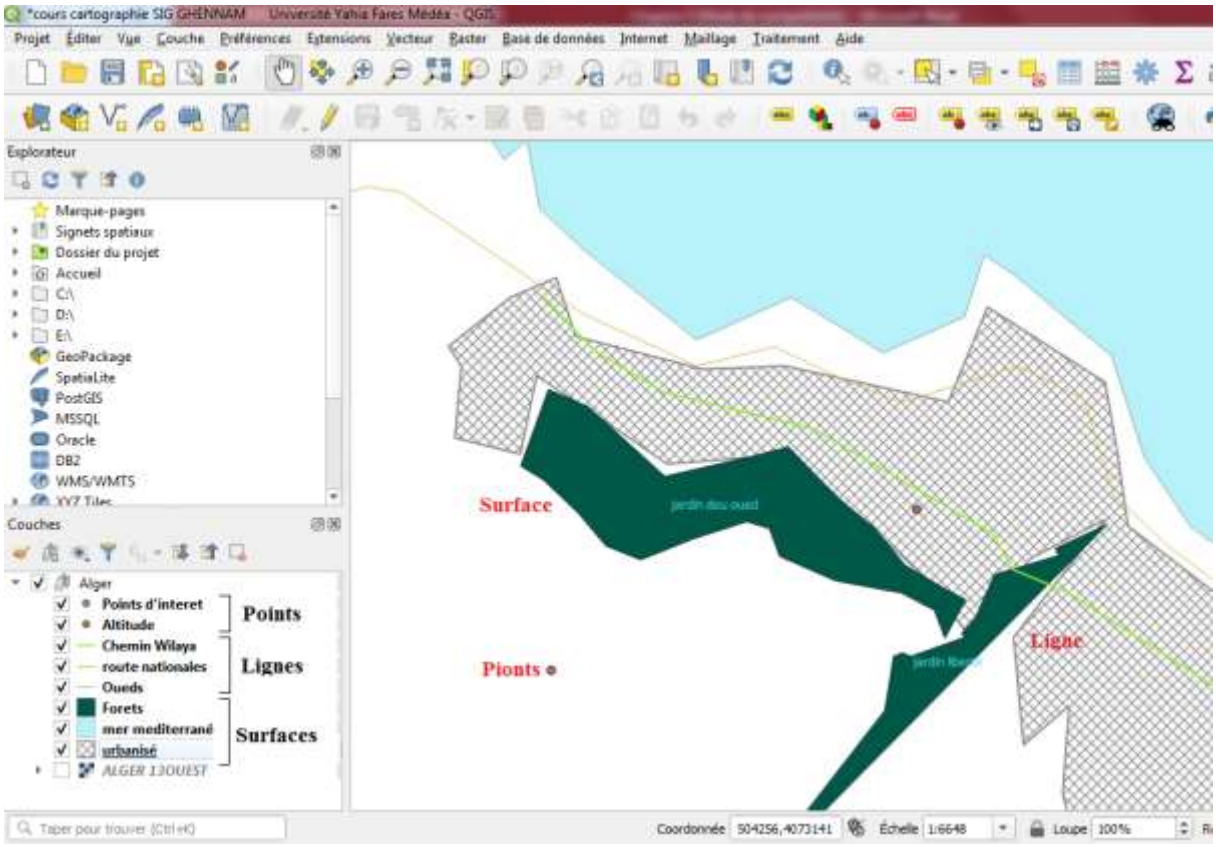


Figure 17 : les différents formes de représentations des données vectorielles.

- **Représentation des données en format raster :** les données rasters proviennent des images satellites, des photo-aériennes ou du scannage de cartes. Elles sont représentées par une maille ou matrice des carreaux élémentaire de la grille composant l'image appelée pixels, chaque pixel a une valeur spécifique (figure 18).

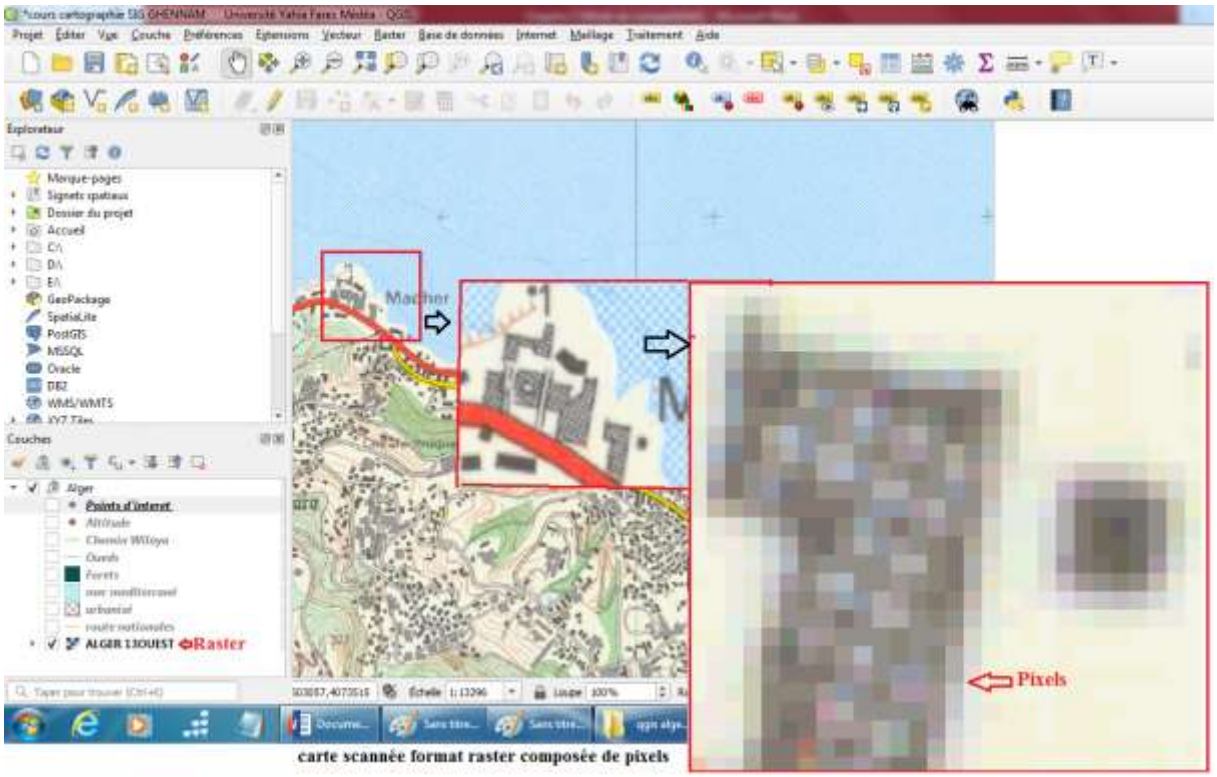


Figure 18 : la forme de représentation des données raster

3-7- Les étapes de traitement des cartes avec GIS :

La réalisation d'une carte sous GIS passe par plusieurs étapes (figure*) :

1- Collecte des données géo-référenciées sur le terrain (image, carte, données Alpha numériques, photo aériennes).

2- Digitalisation des données qui passe par le calage des images format raster et numérisation des formes géométriques ainsi que des symboles de tous les points et lignes d'intérêts.

3- Superposition des couches d'informations vectorielles.

4- Traitement et analyse des données recueillies par des requêtes SQL simples et complexes afin de tirer le maximum d'informations et de synthèses nous permettant d'expliquer et de comprendre différents phénomènes étudiés.

5- Affichage et impression des cartes et des résultats obtenus.

6- Utilisation de ces cartes pour la prise des décisions.

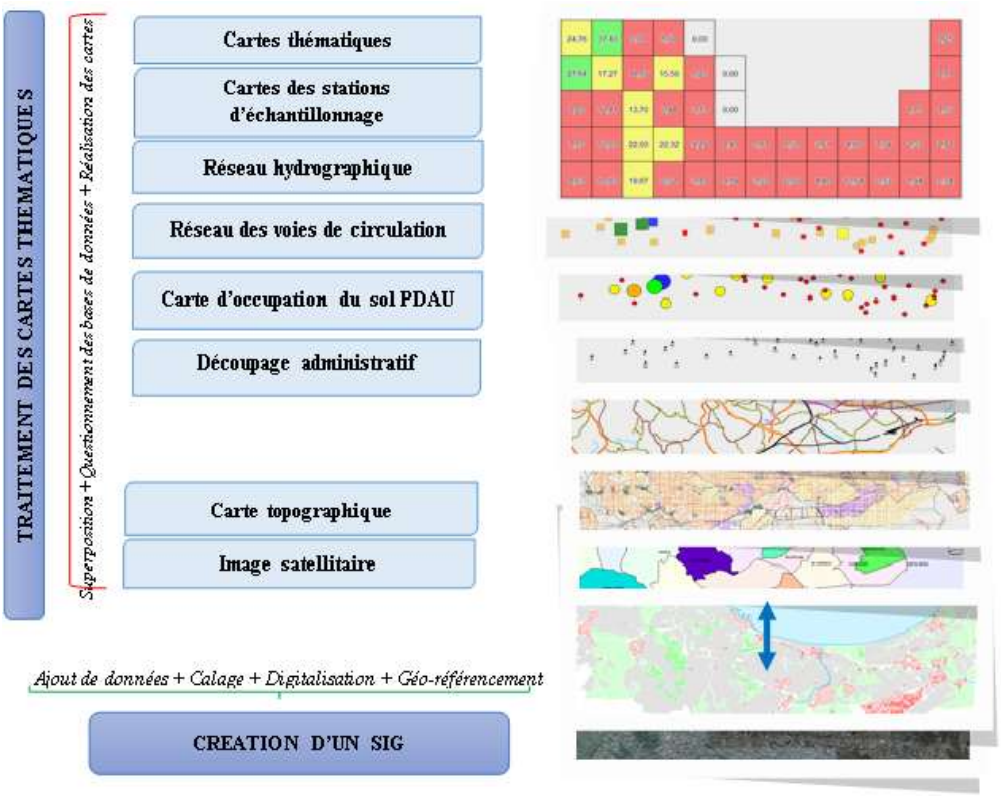


Figure 19 : Démarche de la réalisation de la cartographie sur SIG. (Ghennam, 2017).

3-7- Application des SIG sous QGIS :

3-7-1- Présentation du logiciel QGIS :

QGIS est un logiciel open source, donc gratuit et non commercial. Il est apparu pour la première fois en 2002 et développé à partir des langages python et C^{++} . La première version officielle a était lancée en 2009 suivie par d'autres version jusqu'à nos jours. La version utilisée dans cette polycopie est QGIS3.10 (coruna) lancée en 2020. Il géré toutes les types de données géographiques aussi bien les données de type vecteur (linéaire orienté) ou bien raster (cellulaire). Il permet la digitalisation et l'ajout de tous types de données, leurs projections géographiques, la gestion des couches d'informations, la création de fichiers des formes "shapefile", la création de bases de données et l'affichage ou l'impression de cartes produites.



3-7-2- Présentation de l'interface QGIS :

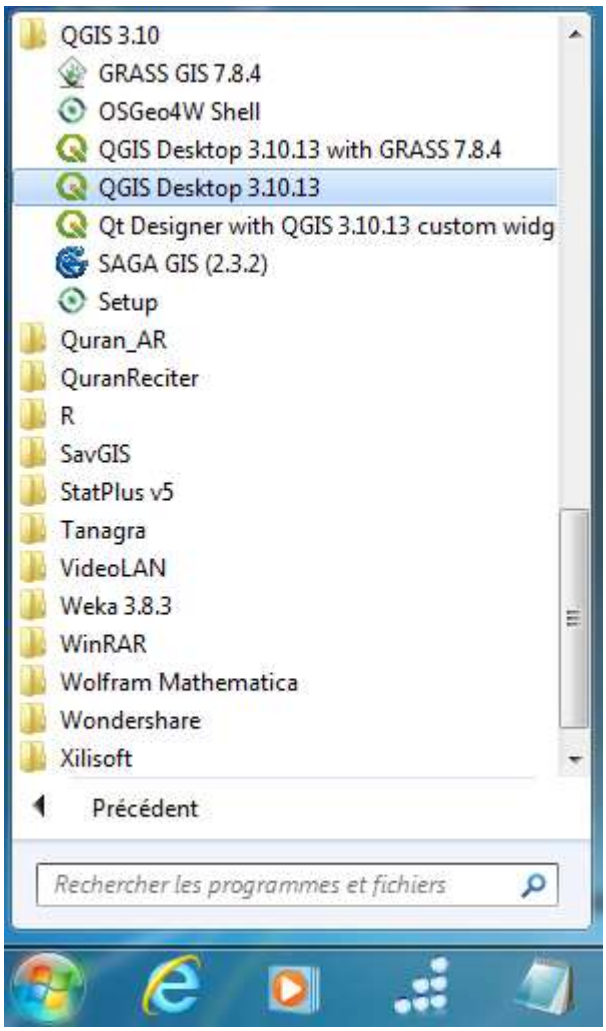
Le logiciel QGIS est téléchargeable à partir du site https://www.qgis.org.

La dernière version utilisée dans ce cours est la QGIS 3.10. Elle offre beaucoup de possibilité pour une cartographie thématique riche en information et bien représentative du milieu.

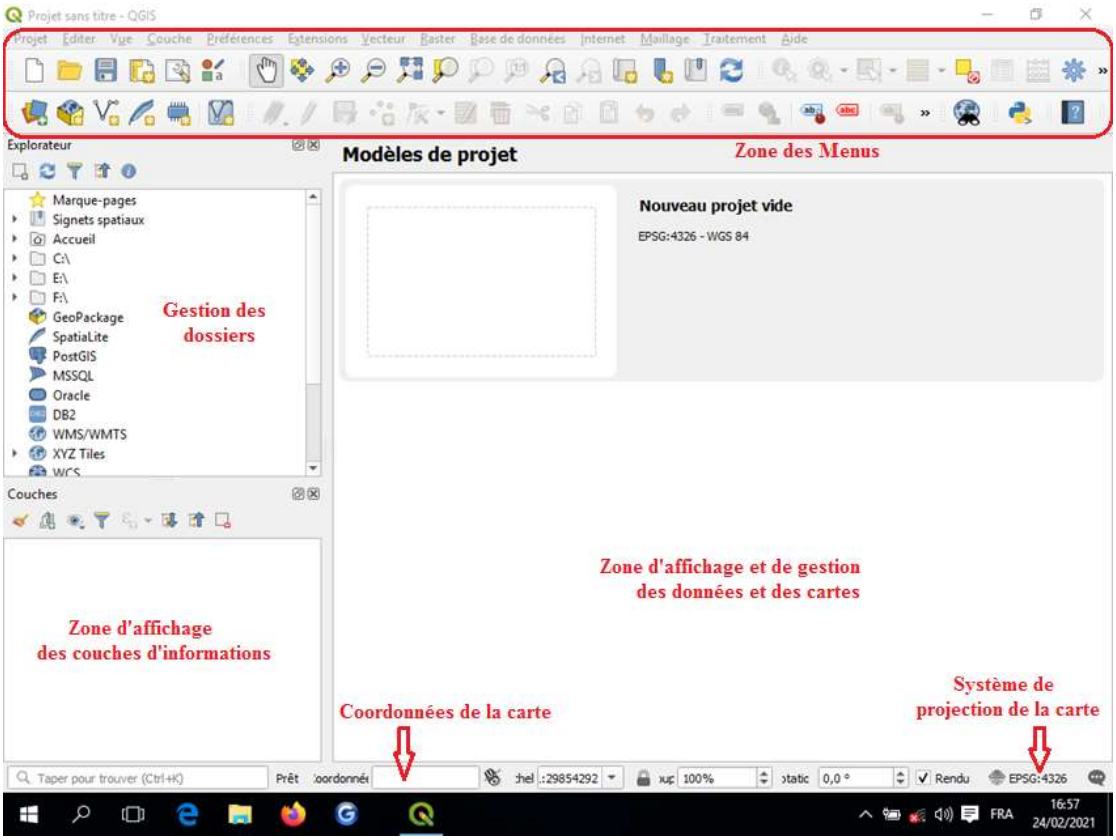
Les étapes de création d'un projet de carte sur QGIS3.10 sont les suivantes :

1- Ouvrir le logiciel :

Démarrer >> Qgis 3.10 >>Qgis desktop3.10



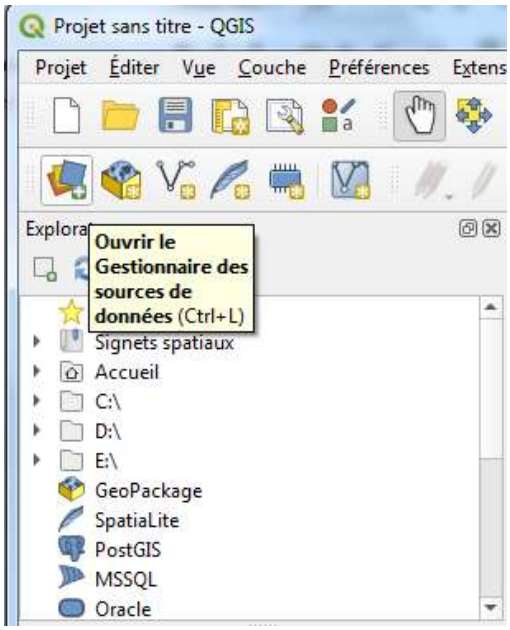
La fenêtre suivante s'ouvre :



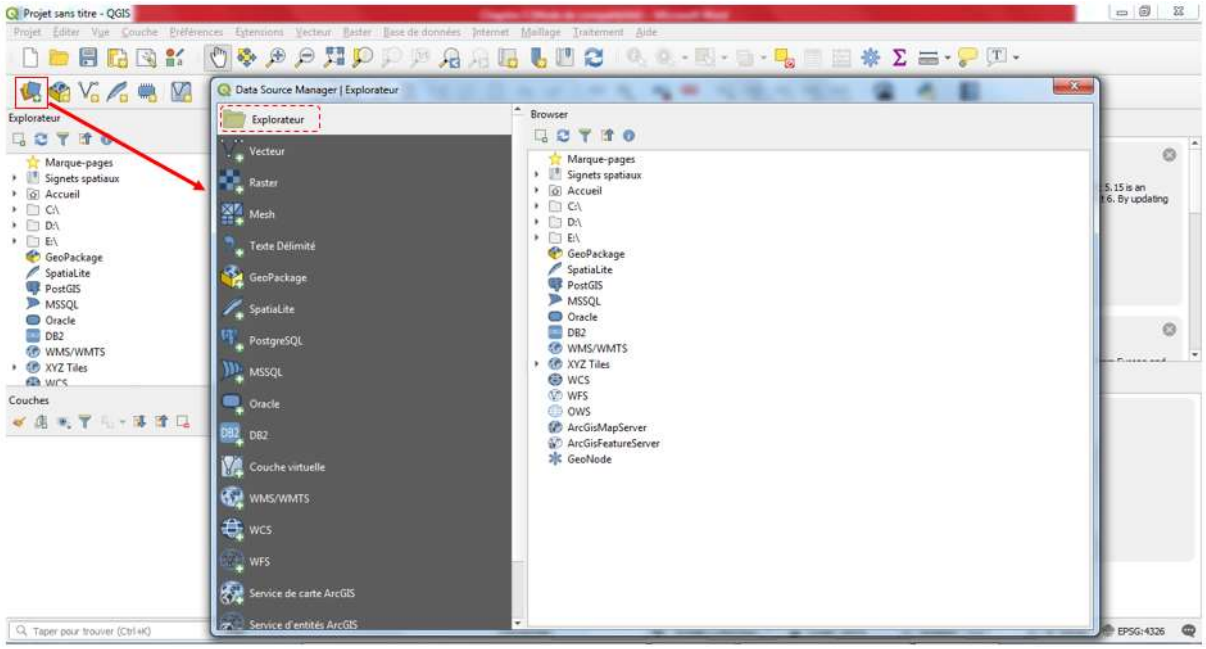
2- Gestion des données :

Pour la gestion des données image et vecteur il faut cliquer sur l'icône ouvrir le gestionnaire de sources de données >>

Méthode 1 :

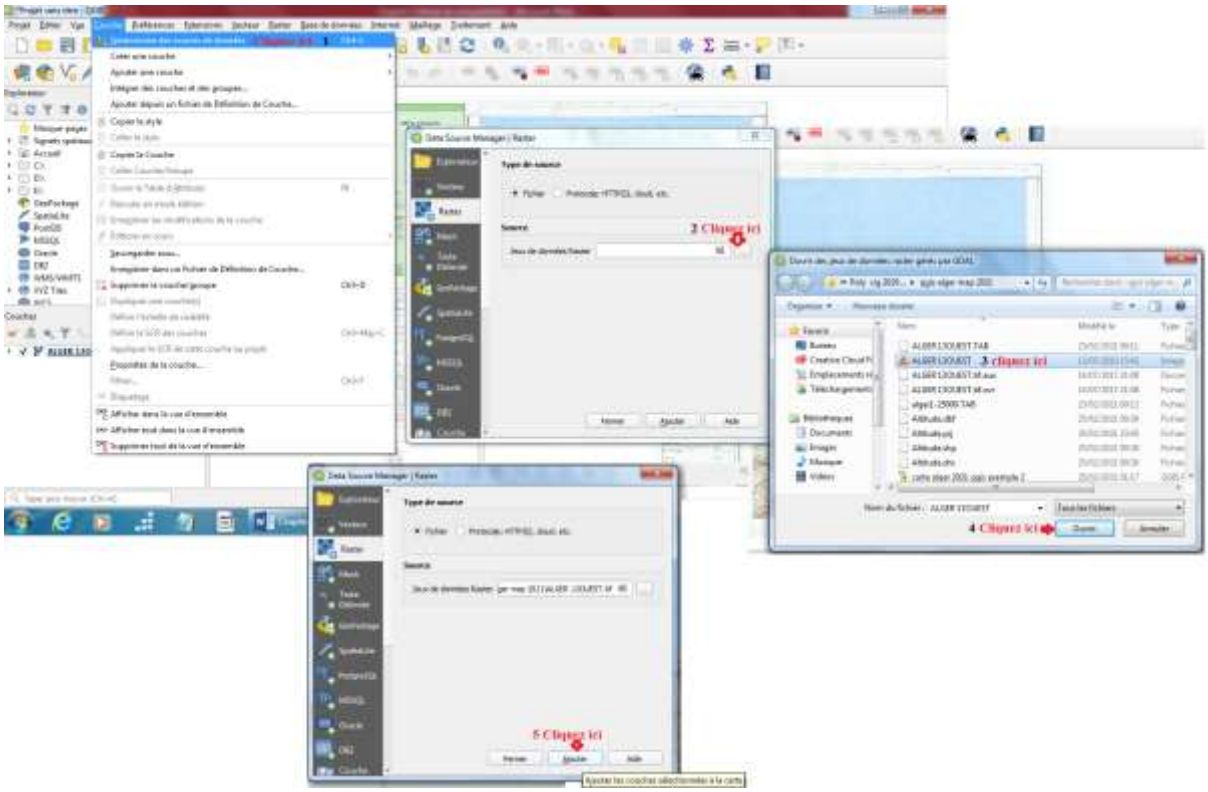


La fenêtre Data Source Manageur / Explorateur s'ouvre :



Elle permet d'ajouter une couche vecteur ou raster et même d'introduire des couches d'informations d'autres bases de données.

Méthode 2 :



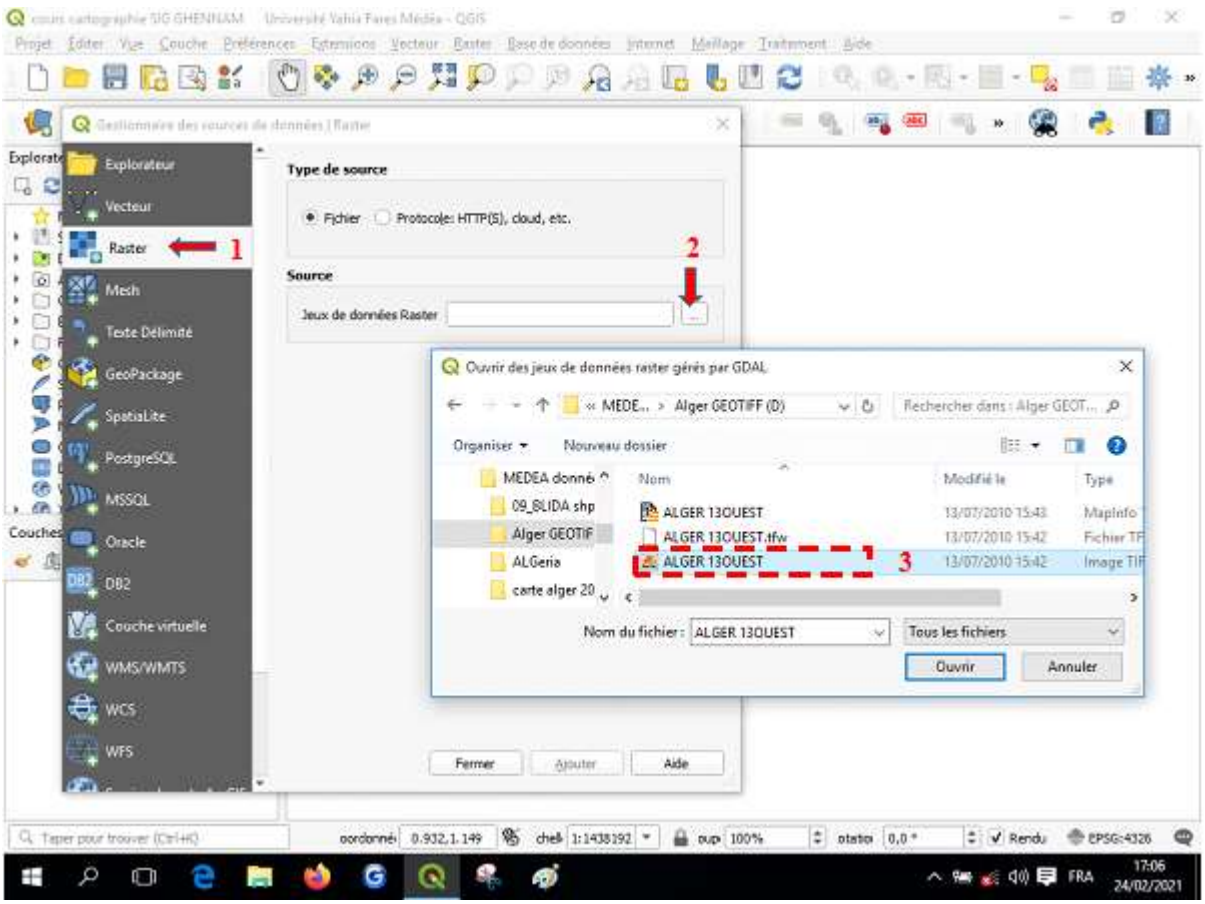
3- Introduire la carte topographique d'Alger ouest scannée (format raster) :

Enregistrez un nouveau projet :

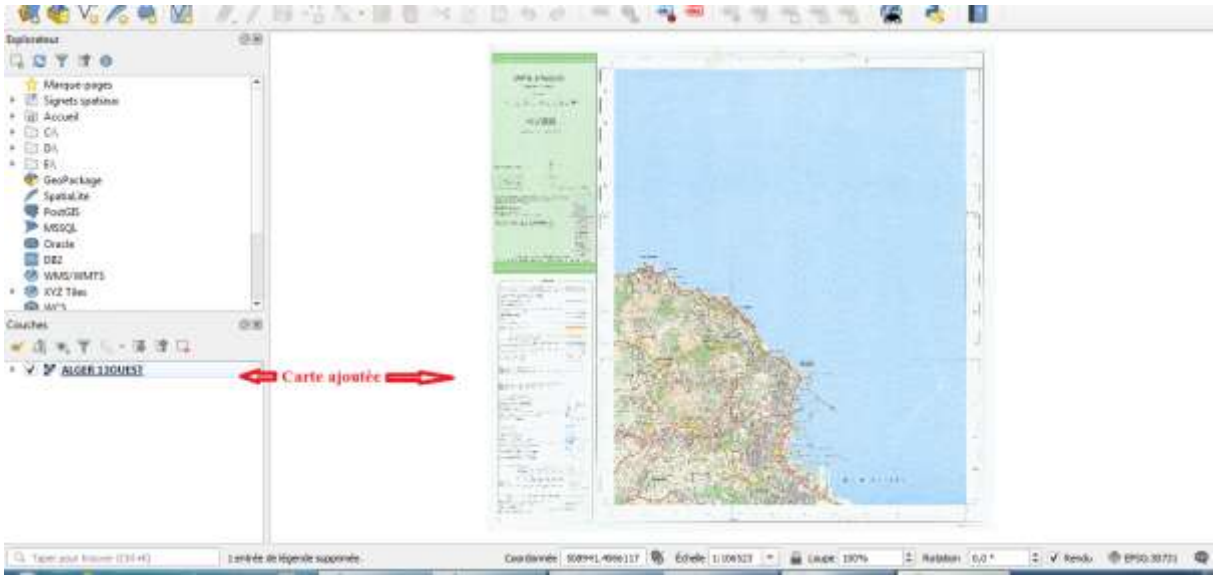
La première étape est d'enregistré le nouveau projet dans un dossier comme suite :



Pour introduire une image raster : cliquer sur l'icône Raster et chercher son répertoire



La carte s'affiche dans l'espace de travail



Cette carte n'est pas géo-référenciée donc le logiciel lui attribue des cordonnées de pixel de l'image par défaut.

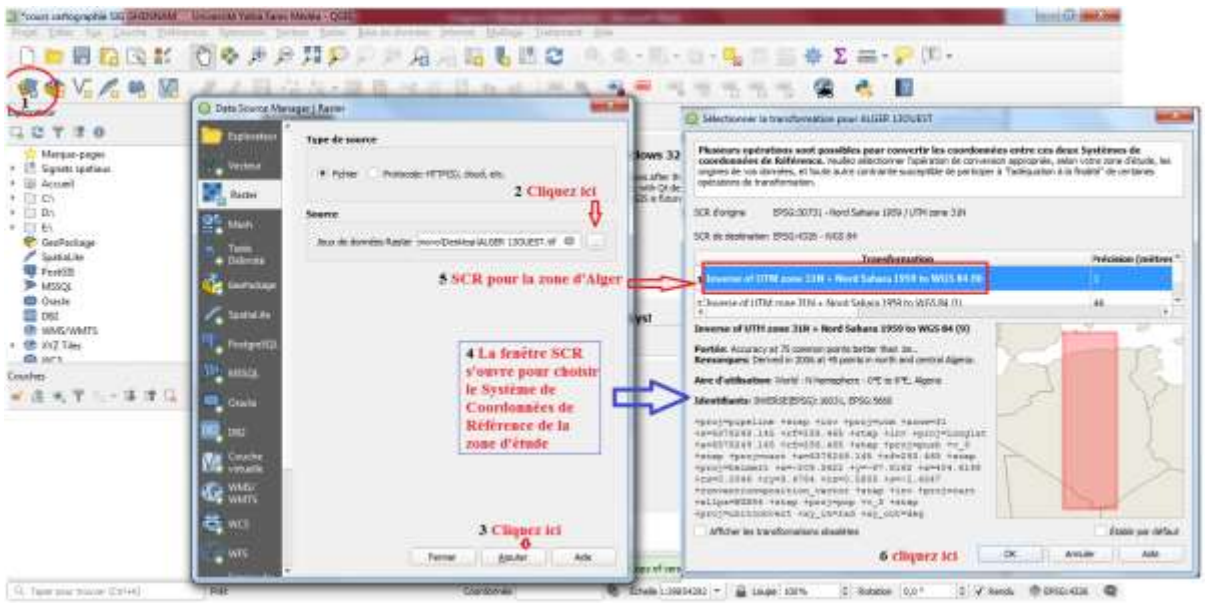
4- Géo-référenciée la carte :

Afin de pouvoir superposée les différentes couches d'informations, elles doivent être placées dans leurs positions géographiques exacte. Pour cela, il faut choisir quatre points de l'image raster (les unités fondamentales sont des petits carreaux ayant des valeurs appelées pixel).

Les différentes étapes à suivre pour le géo-référencement sont les suivantes :

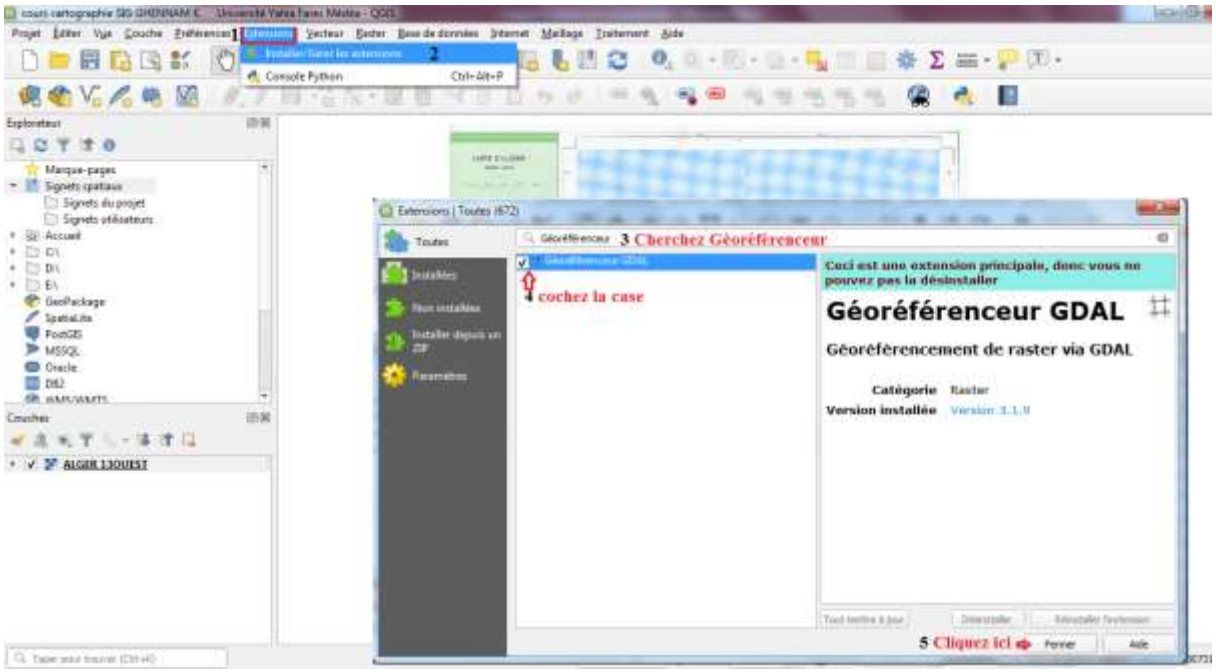
Ouvrir l'image raster Alger ouest :

Une fois la carte est sélectionnée, une fenêtre SCR s'ouvre pour définir le Système de Coordonnées de Références. Pour la zone d'Alger le SCR est : EPSG :: 30731-Nord Sahara 1959 / UTM zone 31N ou par défaut EPSG :: 4326 – WGS 84.



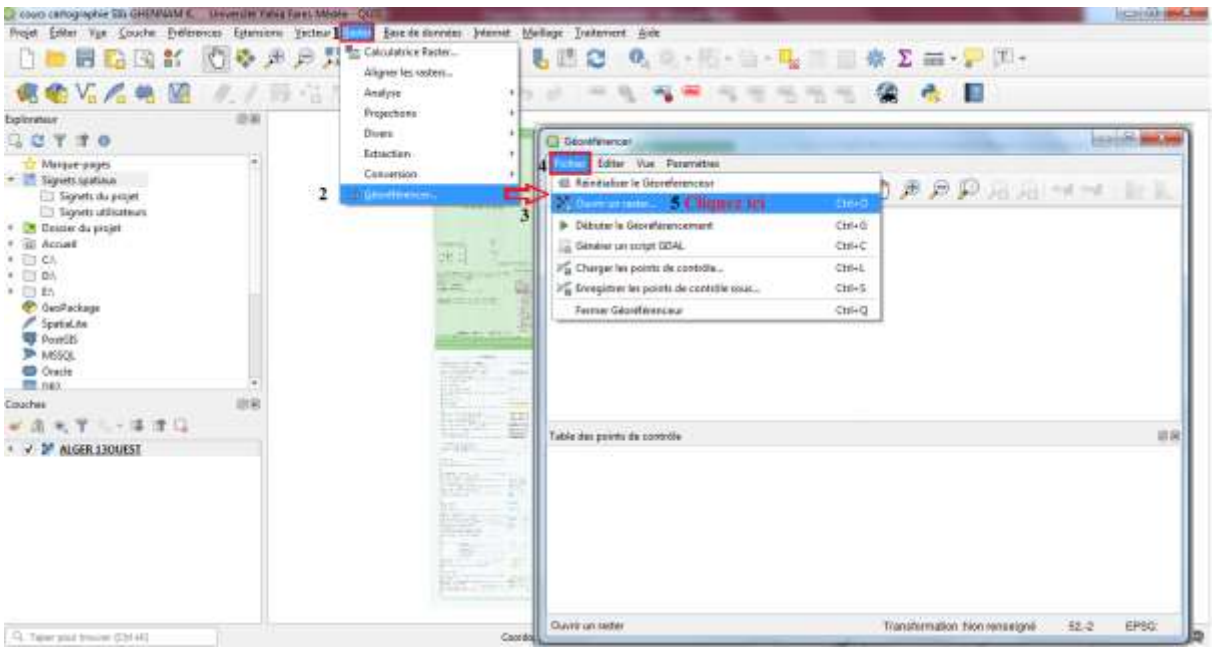
L'ouverture de l'outil de géo-référencement (calage)

Pour activer le géo-référenceur, il fait aller sur la barre des menus, cliquez sur l'onglet "Extension" >> "Installer/Gérer les extensions". Une boite de dialogue s'ouvre pour chercher l'extension du "Géo-référenceur GDAL" qu'il faut activer et fermé la fenêtre.



Commencez le géo-référencement (calage) :

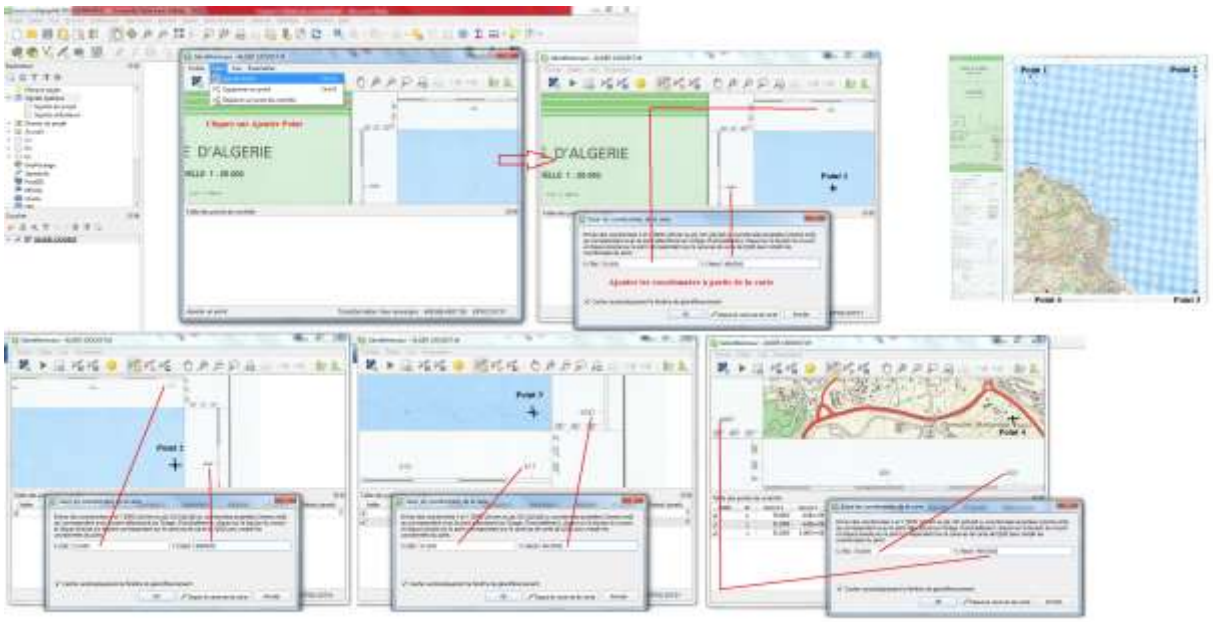
Ouvrir le géo-référenceur dans la barre des menus : Raster>> Géoréférenceur >> cliquez.
Puis introduire l'image dans la fenêtre du calage : Fichié>> Ouvrir un raster >> cliquez



La fenêtre ouvrir raster s'ouvre qui vous permet de chercher votre fichier raster ou carte. Sélectionnez la carte et cliquez sur ouvrir. La carte s'affiche sur l'espace supérieur du géo-référenceur



Il faut agrandir l'image avec l'outil Zoom et se focaliser sur un coin de la carte pour choisir le premier point du calage. Cliquez sur le point de croisement de deux valeurs X et Y qui sont mentionnées sur la bordure de la carte (point 1 : X = 501000 et Y = 4080000). Faire la meme choise pour les trois autres points de la carte.

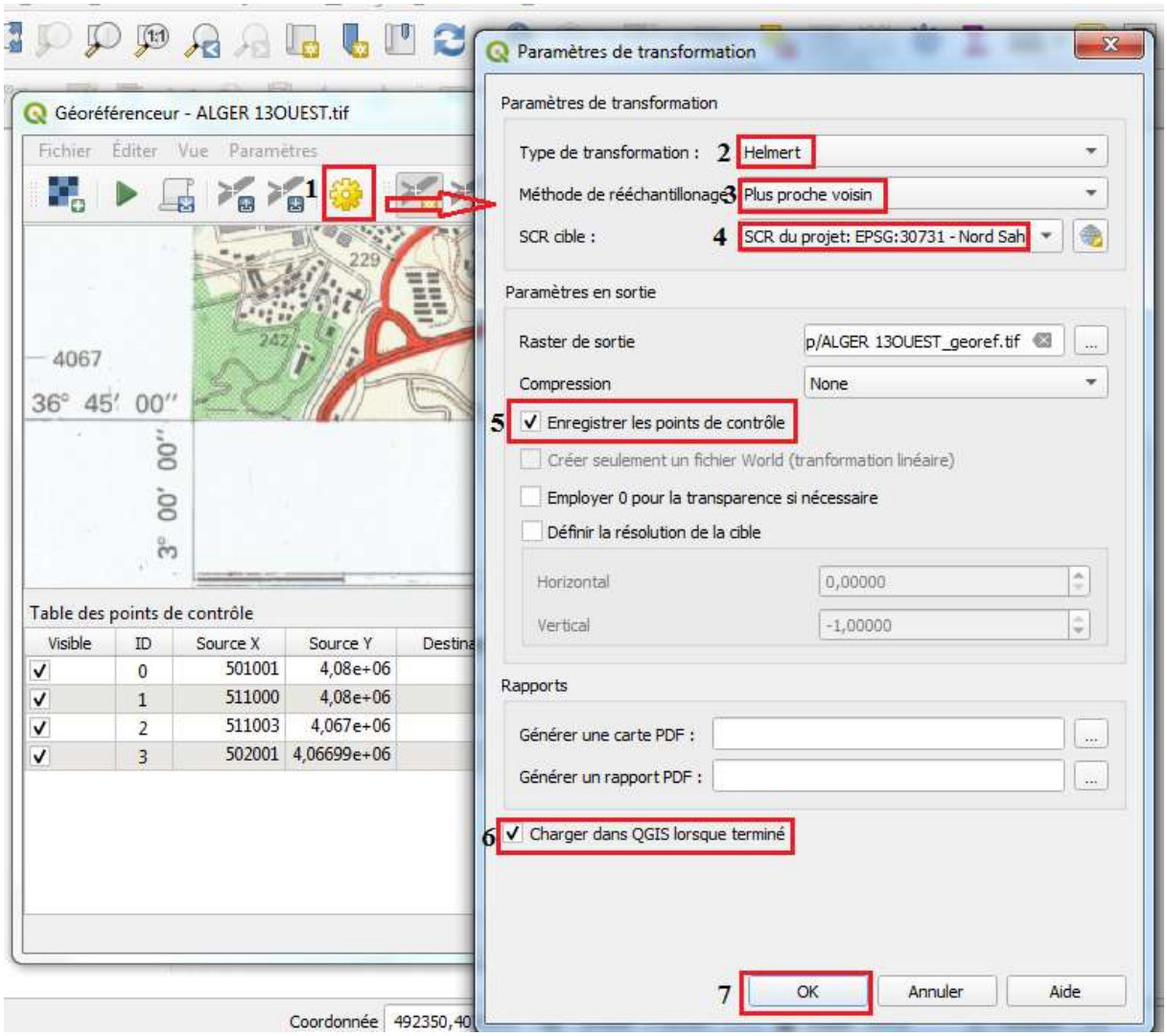


Après avoir introduit les quatre points, on procède au paramétrage de la transformation du calage. Ouvrir la fenêtre "Paramètres de transformation" et remplir les cases :

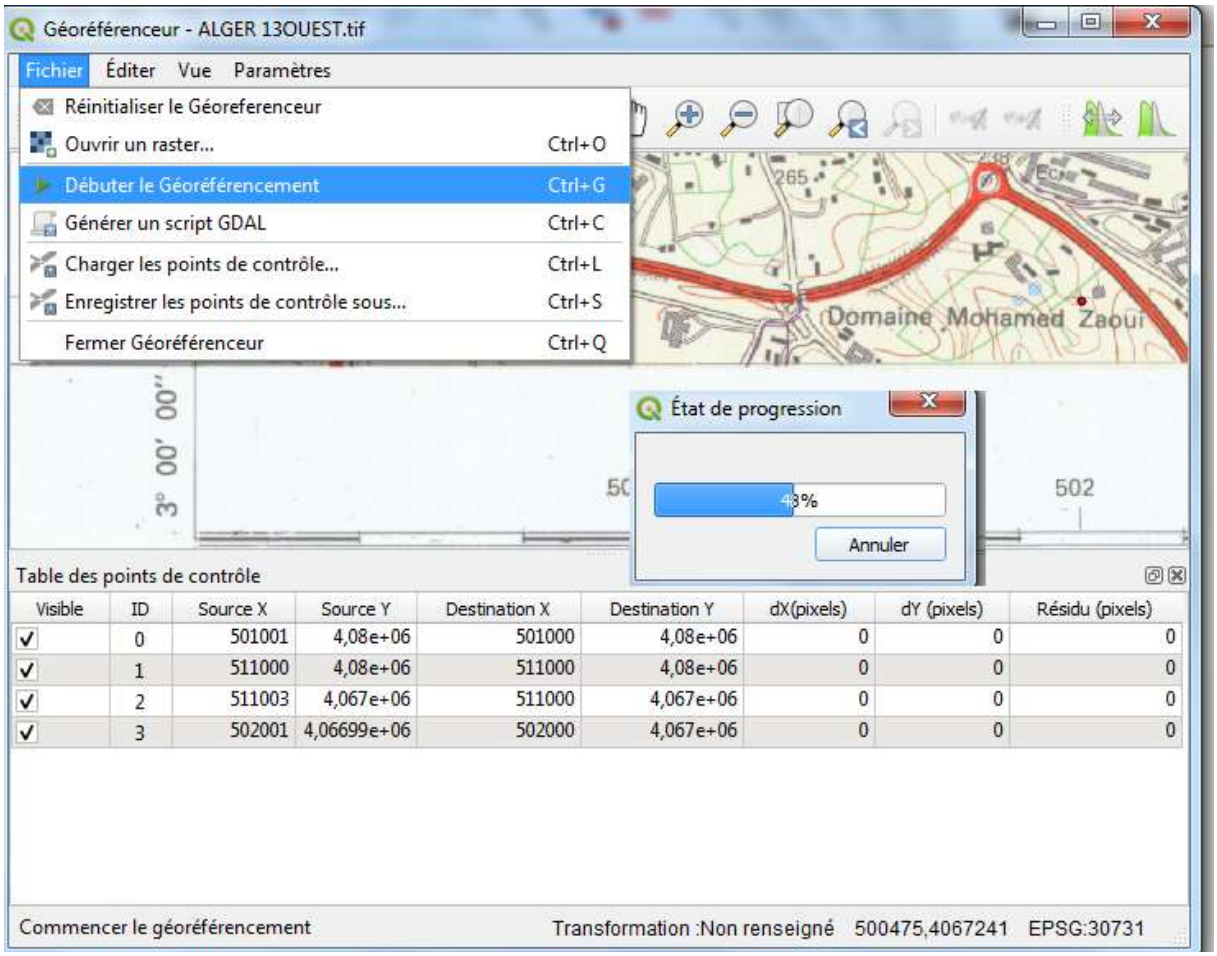
- Type de transformation : Helmert ;
- Méthodes de l'echantillonnage : Plus proche Voisin ;

- SCR cible : EPSG :: 30731-Nord Sahara 1959 / UTM zone 31N ;

Puis cochez sur Enregistrer les points de contrôle et cliquez sur Ok.



Exécutez le géo-référencement en cliquant sur Fichier>> Débuter le géo-référencement. Il y a la nouvelle carte géoréférenciée qui s'affiche.

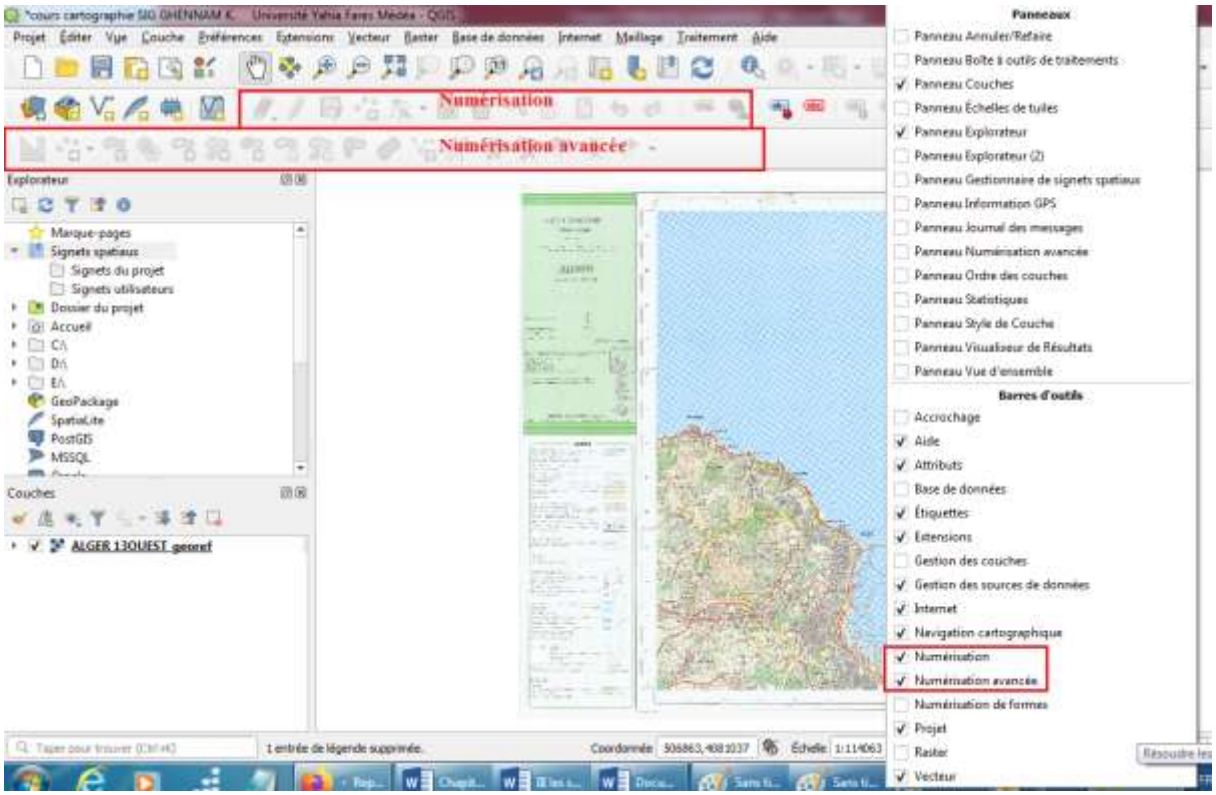


Visible	ID	Source X	Source Y	Destination X	Destination Y	dX(pixels)	dY (pixels)	Résidu (pixels)
☑	0	501001	4,08e+06	501000	4,08e+06	0	0	0
☑	1	511000	4,08e+06	511000	4,08e+06	0	0	0
☑	2	511003	4,067e+06	511000	4,067e+06	0	0	0
☑	3	502001	4,06699e+06	502000	4,067e+06	0	0	0

5- Numérisation et digitalisation des données :

Activation des menus de numérisation :

Afin de créer des couches d'information vectorielles sur la carte raster, on procède comme suite : avec un clic droit sur la barre des menus, la liste des panneaux et barres d'outils s'affiche. On coche les barres d'outils "Numérisation" et "Numérisation avancée" qui s'affichent dans la zone des menus en gris.



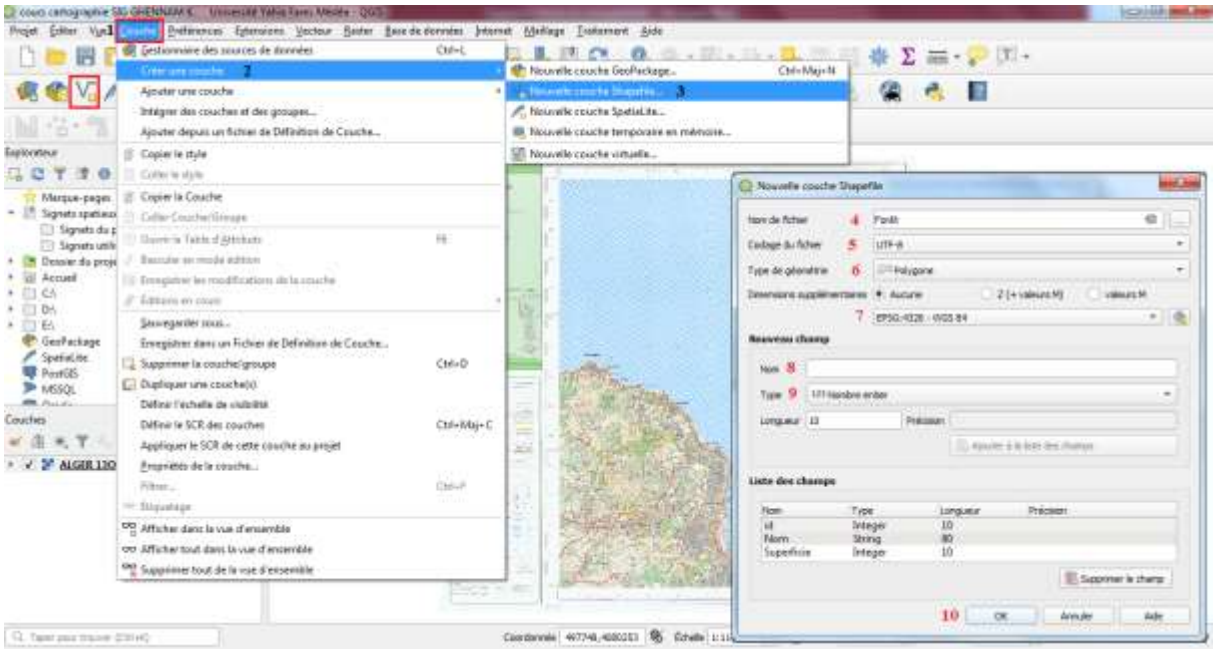
Créer des couches d'informations :

Nous allons créer des couches shepfiles des différents objets géographiques tel que les forêts, les zones urbaines, les zones industrielles, les espaces verts, les routes, les rivières et les lacs ainsi que les différentes couches thématiques. Dans ce qui suit, nous réaliserons un exemple de digitalisation de la partie ouest de la Baie d'Alger.

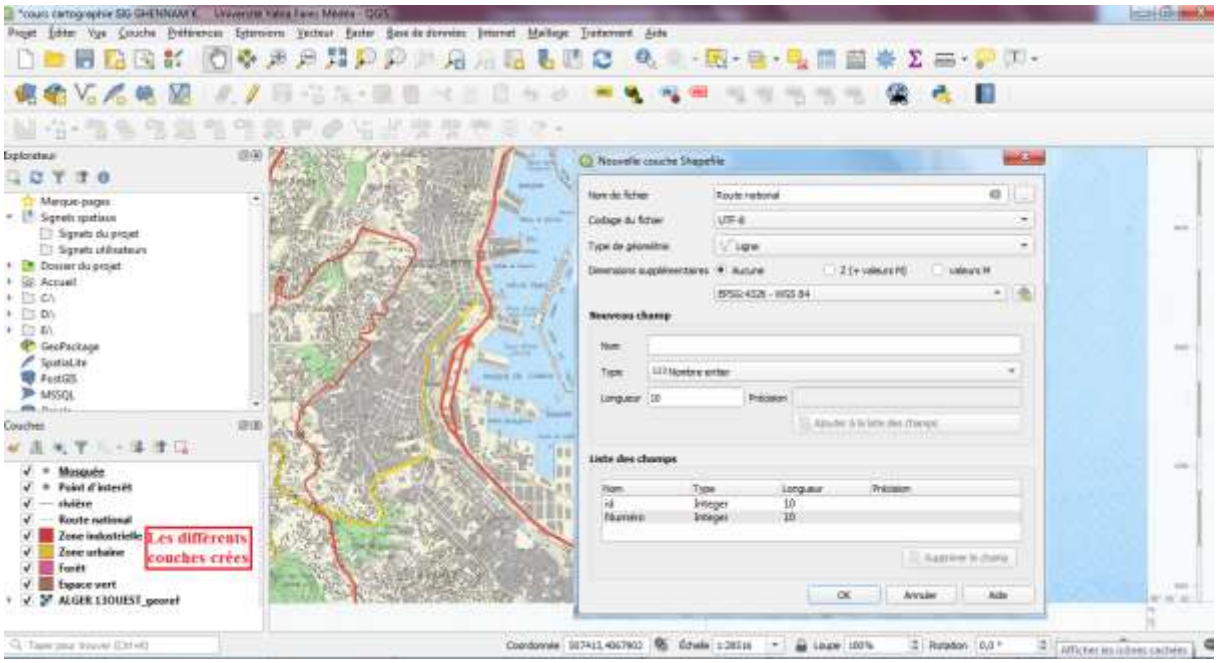
Pour ajouter une couche forêt on clique sur : Couche>> Créer une couche>> Nouvelle couche Shepfile.

Une boite de dialogue s'ouvre pour remplir les informations (Nom : Forêt ; Codage du fichier : UTF-8 ; Type de géométrie : Polygone ; SCR par défaut ; dans nouveau champ, (Nom, Type : données textes ; Superficie, Type : entier) et cliquez sur Ok).

On effectue les mêmes étapes pour la zone urbaine et la zone industrielle.



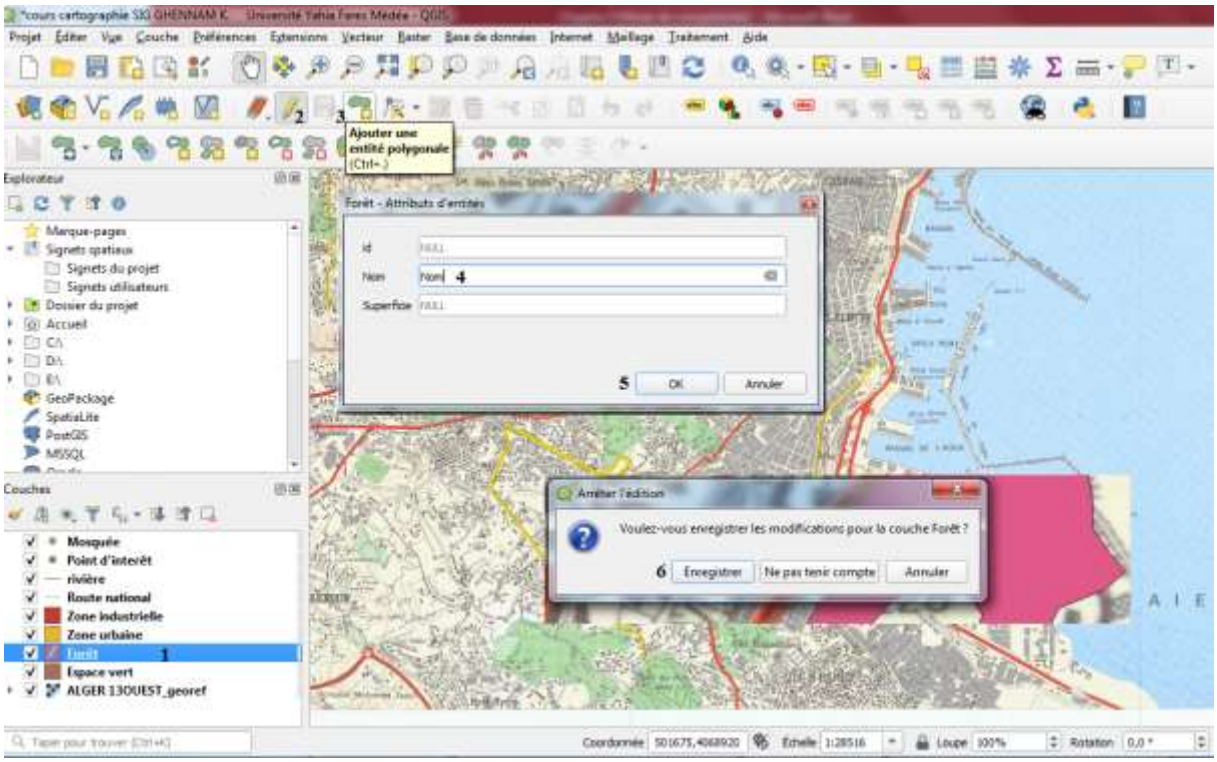
Pour créer une couche linéaire (route, rivière…) ou une couche ponctuelle (mosquée, point d'eau…), on suit les mêmes étapes. On change juste le type de géométrie, le nom et la liste des champs attributaires.



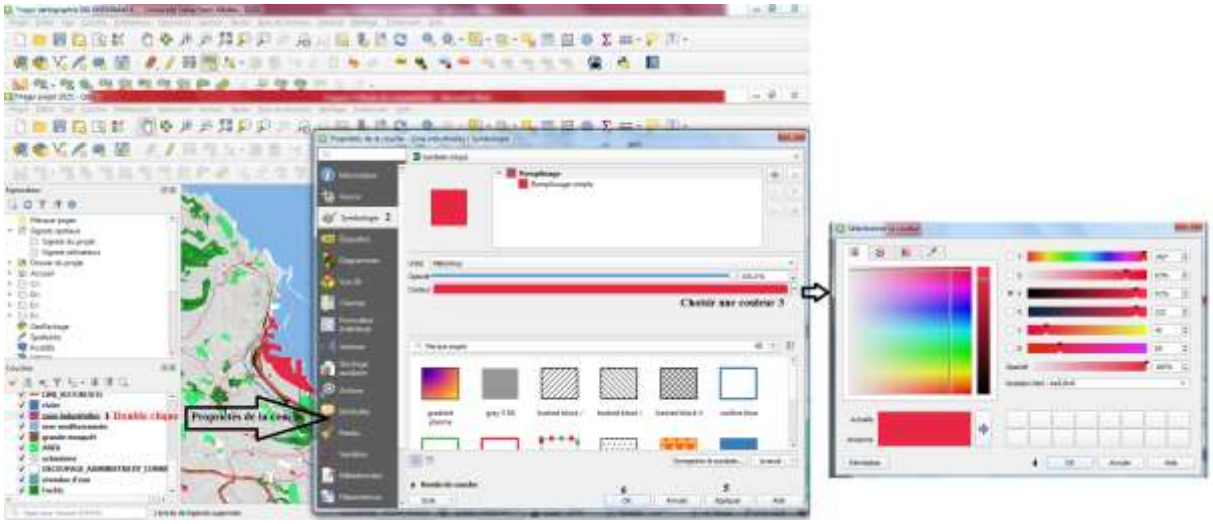
Digitalisation et numérisation :

Suivant les formes des objets sur la carte raster, on utilisant la souris, on sélectionne une couche cible et on clique sur le symbole du crayon pour commencer la digitalisation.

Une fois la barre d'outils numérisation est activée, on dessine la forme de l'objet et on clôture avec un dernier clic gauche. Une boite de dialogue s'ouvre, on remplit un champ et on clique sur Ok.



Les objets prennent des couleurs par défaut, il faut les modifiés pour qu'ils soient plus naturels et esthétiques. Pour ce faire, il faut double cliquer sur la couche cible, une boite de dialogue s'ouvre, qui vous permet de changer les couleurs et la projection.

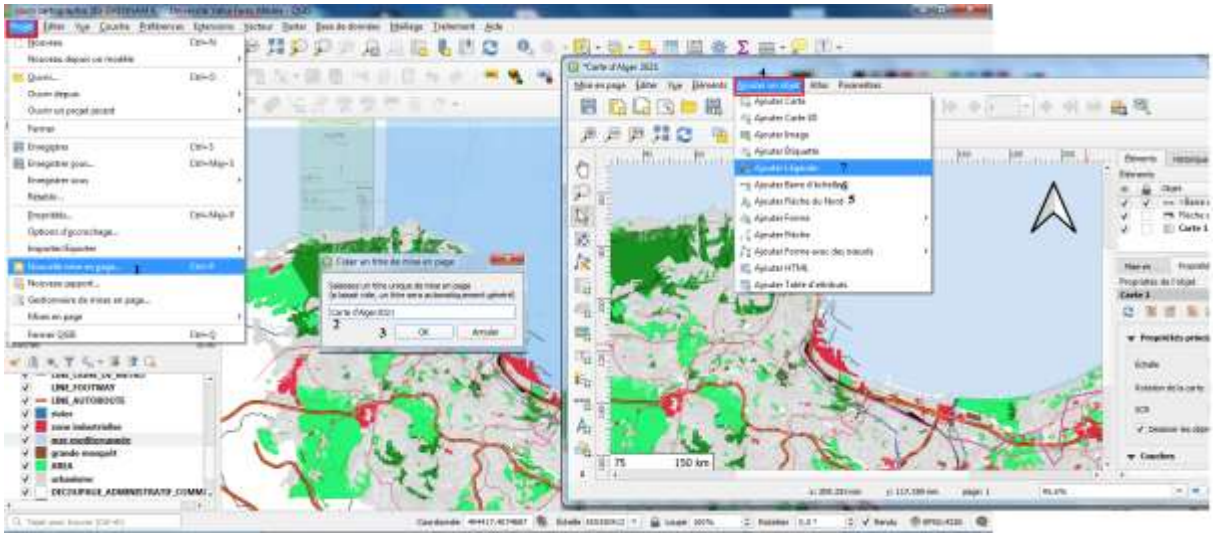


6- Mise en page et affichage

Dans cette dernière étape de mise en page de la carte on procède comme suit :

On clique sur l'onglet Projet >> Nouvelle mise en page. Une boite de dialogue s'ouvre et vous permet de donner un nom à la carte. Ensuite la fenêtre de mise page s'ouvre. Appuyiez sur l'icône "Ajouté une nouvelle carte à la mise en page" et sélectionnez la page

diagonalement. La carte s'affiche dans la zone d'affichage. On effectue l'habillage de la carte en ajoutons la flèche du Nord, l'échelle et la légende avec l'icône "Ajouter des objets".



En fin on exporté la carte finale sous format TIFF ou PDF avec l'icône "Mise en page" :



Chapitre 4 : La télédétection

4-1-Introduction :

La recherche des informations sur les ressources naturelles et agricoles et leurs utilisations dans la planification et la prise de décisions est indispensable pour la bonne gestion de ces ressources. La télédétection issue de la photographie (1839) est apparue suite au lancement du premier satellite Russe "Spoutnik" en 1957 suivie par d'autres tel que le satellite American Landsat-1 en 1972. Plusieurs pays ont suivi la course pour l'envoi de leurs satellites afin de pouvoir acquérir des images satellites avec plusieurs bands et différentes résolutions. Les images satellites vont servir dans plusieurs domaines tels que l'agriculture, les forêts, la pollution, la météorologie et l'occupation du sol.

4-2- Définitions de la télédétection :

La télédétection est un outil de collecte de données sur un objet, un phénomène ou territoire à distance et sans contacte directe avec lui. Le traitement de ces données contenu dans les images satellites sous forme de rayonnements électromagnétiques sont utilisés pour diverses thématiques d'études notamment des phénomènes Agronomiques ou environnementaux, comme la déforestation, la désertification et la pollution et suivie des Fléaux de la végétation et des cultures etc.

La télédétection est donc l'ensemble des outils et méthodes de mesure, à partir d'un engin volant, des ondes électromagnétiques provenant d'objets au sol.

4-3- Eléments de base de la télédétection :

La télédétection nécessite quatre principales composantes qui sont :

a. La source de rayonnement électromagnétique
b. Le chemin de transmission
c. L'objet cible
d. Appareil de capture des images

a. Source de rayonnements électromagnétique

Il y'a deux sources du rayonnement. Un passive et naturel représenté par le soleil et un deuxième active et industriel qui est le radar. Ce rayonnement présentant une énergie électromagnétique est un rayon constituée de deux ondes transversales indissociables, une produit un champ électrique et l'autre un champ magnétique.

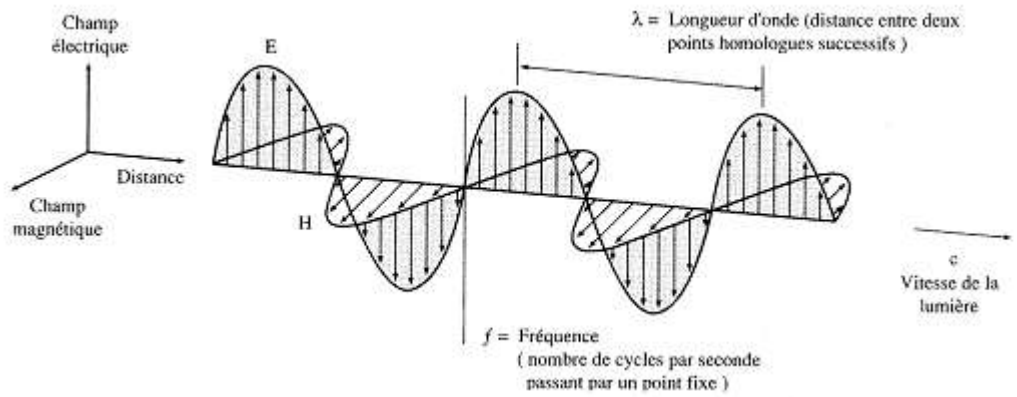


Figure 20 : Onde simple (Bonn & Rochon 1992)

- **Le REM se caractérise par :**

La **période** qui est le temps T pendant lequel l'onde effectue une oscillation complète.

La **fréquence** υ est l'inverse de la période (1/T).

La **longueur d'onde** λ qui est la distance entre deux points homologues sur l'onde.

La **vitesse v** de propagation de l'onde dans l'espace : dans le vide, et à peu de chose près, dans l'air, cette vitesse est : c = 300'000 km/s.

L'**amplitude** qui exprime l'intensité de l'onde électromagnétique.

La **polarisation**, qui caractérise la variation du plan dans lequel oscille l'onde.

Les principales zones du spectre mesurées en télédétection sont :

• l'ultraviolet (rarement)

• le visible de 0.4 à 0.7 µm

• l'infrarouge proche (proche du visible) de 0.7 à 1.5 µm

• l'infrarouge moyen de 1.5 à 3 µm

• l'infrarouge thermique de 3 à 15 µm

• les micro-ondes (ou hyperfréquences) de 1 mm à 1 m

b. Le chemin de transmission

En télédétection, l'onde électromagnétique traverse l'atmosphère terrestre ver les capteurs. A cour de sa traversé le rayonnement réagie de trois manières soit il se diffuse en heurtons les petites molécules atmosphérique. Le deuxième **(**L'**absorption α)** cas le rayonnement est absorbé par les molécules de vapeur d'eau de co2 ou d'ozone. Le dernier **la transmission (La transmittance τ)** cas c'est la transmission du rayonnement selon des longueurs d'ondes variés, celle-ci sont capté par les appareils de captage sur les satellites. La **réflexion (La**

réflectance ρ) Lorsque l'énergie reçue provient du soleil et irradie des surfaces terrestres, la réflectance est appelée **albédo**.

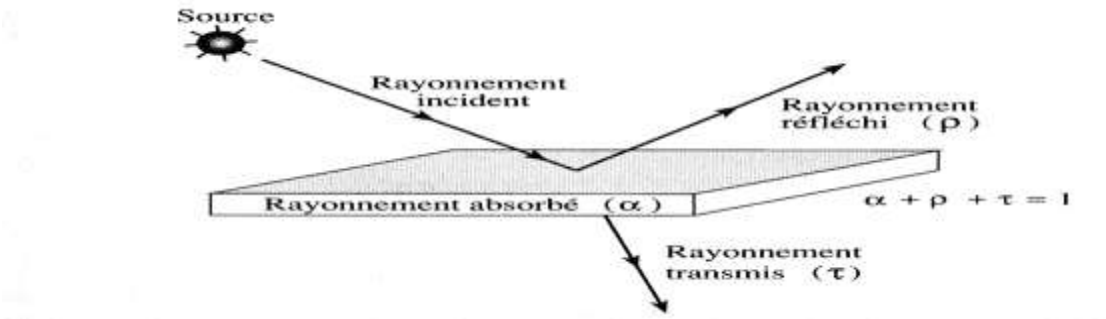


Figure 21 : Absorption, réflexion, transmission (Bonn & Rochon 1992)

La quantité d'énergie du rayonnement est transmise sous forme de particule appelé photons. l'énergie du photons E = h.v ou v est la fréquence et h est la constante de Planck (h= 6,63.10^{-34} J.s). Cette énergie est détectée par les capteurs sur les satellites.

4-4- Principaux satellites :

Les satellites tournent autour de la terre suivant des orbites et en harmonie avec la lumière du soleil qui est la source principale de l'éclairement. Es orbite peuvent être class é selon leur inclinaison, leur altitude, leur période et le temps de passage par l'équateur.

Le type de Télédétection plus utilisé est la récolte développée des images il existe plusieurs satellites qui peuvent être classé en :

- Satellites à très haute précision tel que QuickBird (61cm), IKONOS (1m) ;
- Satellites à moyenne précision : LANDSAT 7 (30m), SPOT 5 (10m) ; METEOSAT ;
- Satellites à basse précision NOAA-17 (1km).

4-5- Analyses et interprétation des images satellites :

4-5-1-Traitement des images :

Les images passent par plusieurs étapes de traitement :

- **Prétraitement des images :** Ce prétraitement vise à corriger les distorsions géométriques et radiométriques dans les images satellites qui dépendent de la nature, hauteur et la vitesse du satellite et du site choisi :
  - Correction géométriques : La correction géométrique ce fait selon des formules mathématiques ainsi que des point de calibrages issu de relevé topographique sur

terrain.

- Correction radiométriques : Les anomalies radiométriques sont dues aux effets de l'atmosphère et de l'ongle d'inclinaison du soleil selon les saisons. Elles sont calculées pour chaque cas appart.
- Elimination du bruit : Ce dernier type est représenté par des traits noir sur limages ils peuvent être corrigé par des logiciels qui peuvent compléter les données manquantes et corrigé l'image en question.

➢ **Amélioration du contraste et des bordures des images :** Elle est réalisée par l'augmentation du contraste par la différentiation des pixels.

➢ **Mosaïques des images :** La mosaïque des images satellites ce fait par l'ajout de nouvelles carte mitoyennes pour complété l'image étudié, ou par la superposition des différentes bandes afin d'entier plus d'informations.

4-5-2 Analyse et interprétation des images :

Les analyses sont réalisées en se basant sur les données issues de l'image complétée avec des données sur terrains. Car on doit vérifier sur terrain les vraies mesures de la forme, taille, des tons et la texture des couleurs, de l'ombre et du type d'agencement des objets. Pour chaque traitement il est indispensable de mentionnées la date exacte et le lieu de l'image.

Les forets apparaissent avec un ton plus foncé que les autres types de végétaux. Les jardins publics sont organisés avec des géométries bien définies.

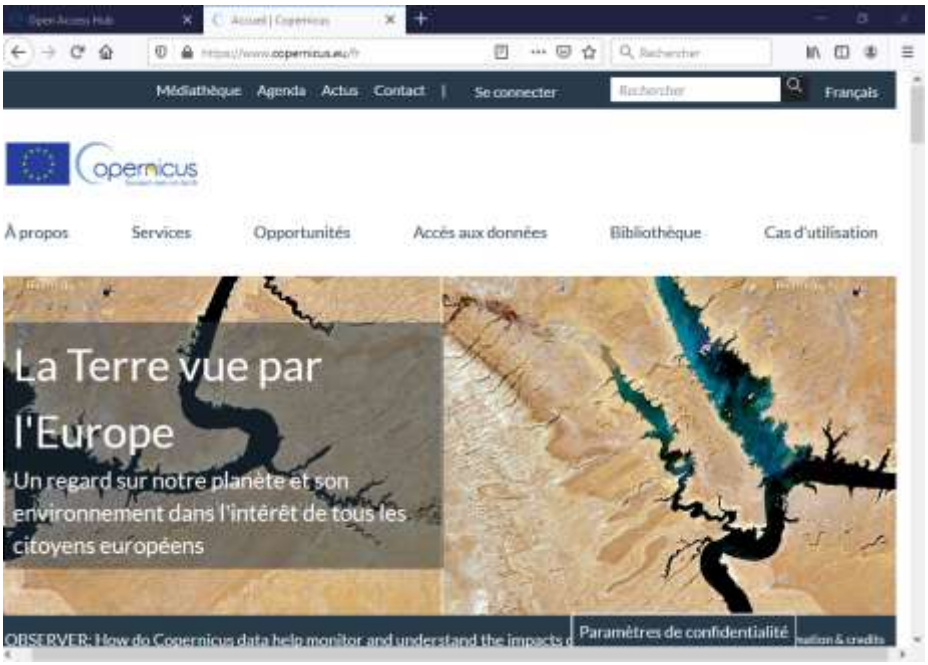
Le plus grand problème d'interprétation réside dans la reconnaissance des types de cultures. Ce type d'interprétation nécessite une bonne connaissance préalable des dates de plantation de différentes cultures ainsi que de techniques culturales utilisées.

Pour une meilleure interprétation il est préférable de choisir des images prise au moment de la récolte.

4-6-Téléchargement d'une image satellite avec QGIS :

4-6-1- Inscription sur le site copernicus :

Le téléchargement des images satellites en utilisant le logiciel QGIS 3.10 commence par l'inscription dans le site Européen "***copernicus***" dont le lien URL est : https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home.



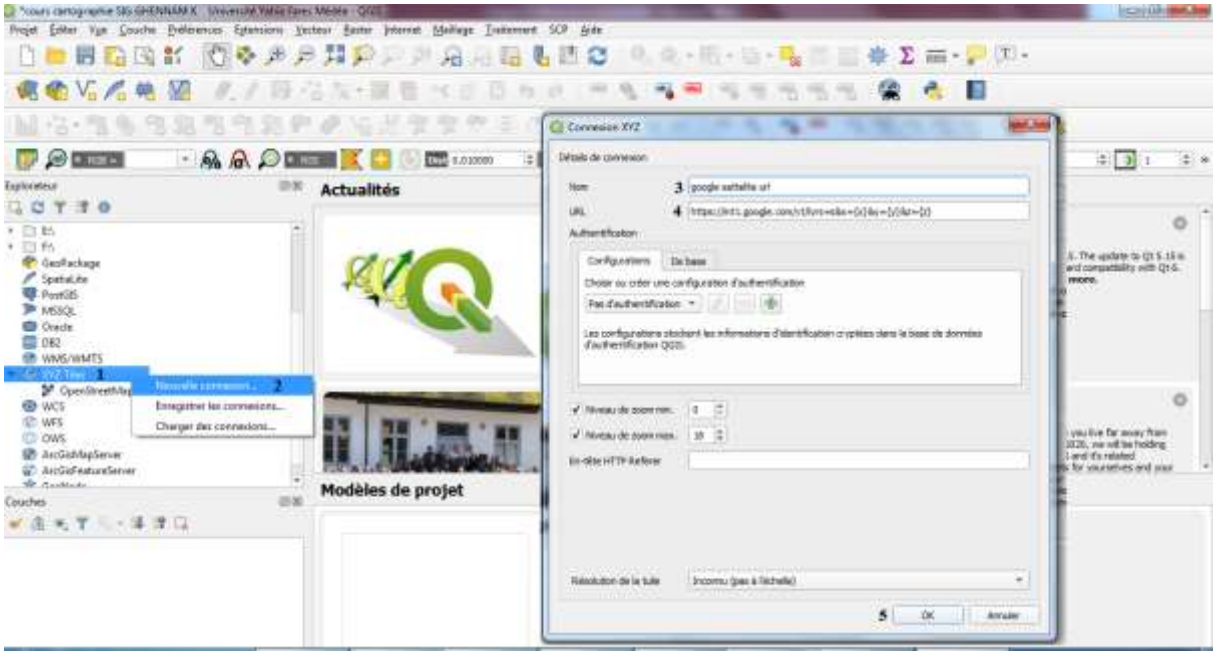
4-6-2- Ajout de l'extension semi automatic classification Plugin (SCP) :

Ensuite, il est nécessaire d'ajouter d'une extension de classification semi-automatique appelée "***semi automatic classification Plugin (SCP)***". Pour l'installer, on suit les étapes suivantes : Extensions>> Installer/Gérer les extensions. Une fenêtre s'ouvre et on sélectionne l'extension "semi automatic classification Plugin" , puis en clique sur Installer le Plugin et fermez.

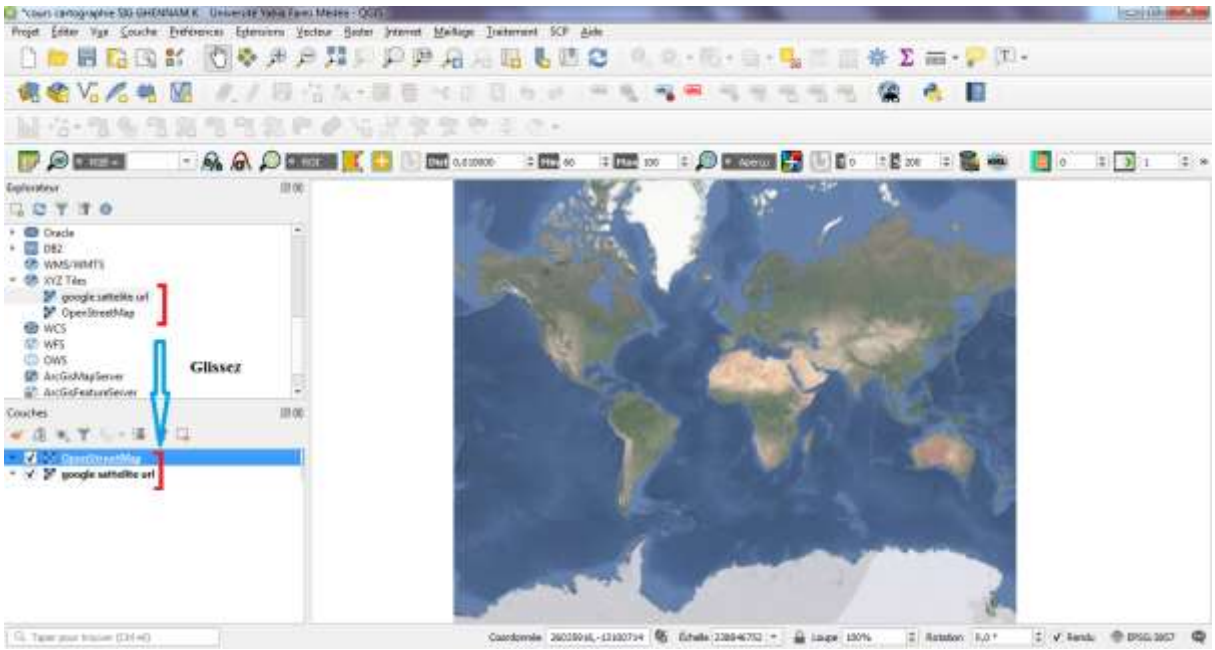
4-6-3- Ajout des connexions Google satellite et Open Street Map :

Il est nécessaire de rajouter une connexion du logiciel avec Google satellite et OpenStreetMap (OSM). Ceci va nous permettre de pré-visualiser la zone d'étude. Les étapes à suivre :

Dans le panneau "Explorateur" on cherche l'icône "XYZ tiles" >> Clique droit >> Nouvelle connexion. Une fenêtre s'ouvre. On ajoute le nom "Google satellite url" et URL : https://mt1.google.com/vt/lyrs=s&x={x}&y={y}&z={z} et clique sur OK.

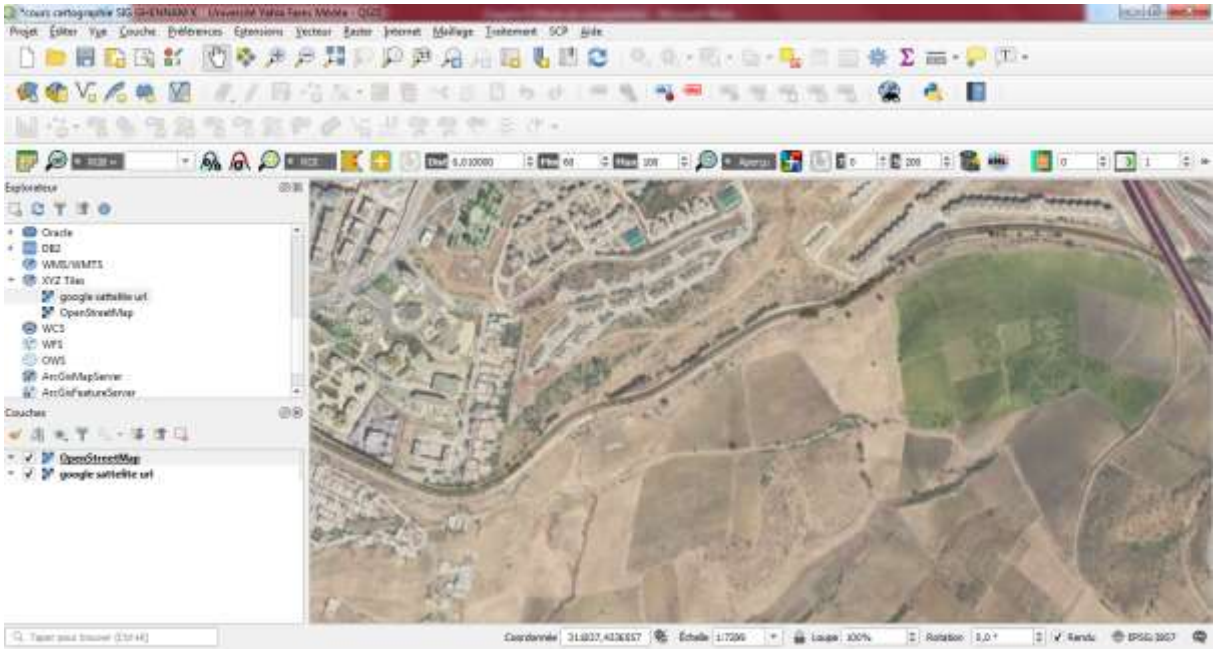


On glisse les deux couches Google satellite et OMS dans le panneau couche.



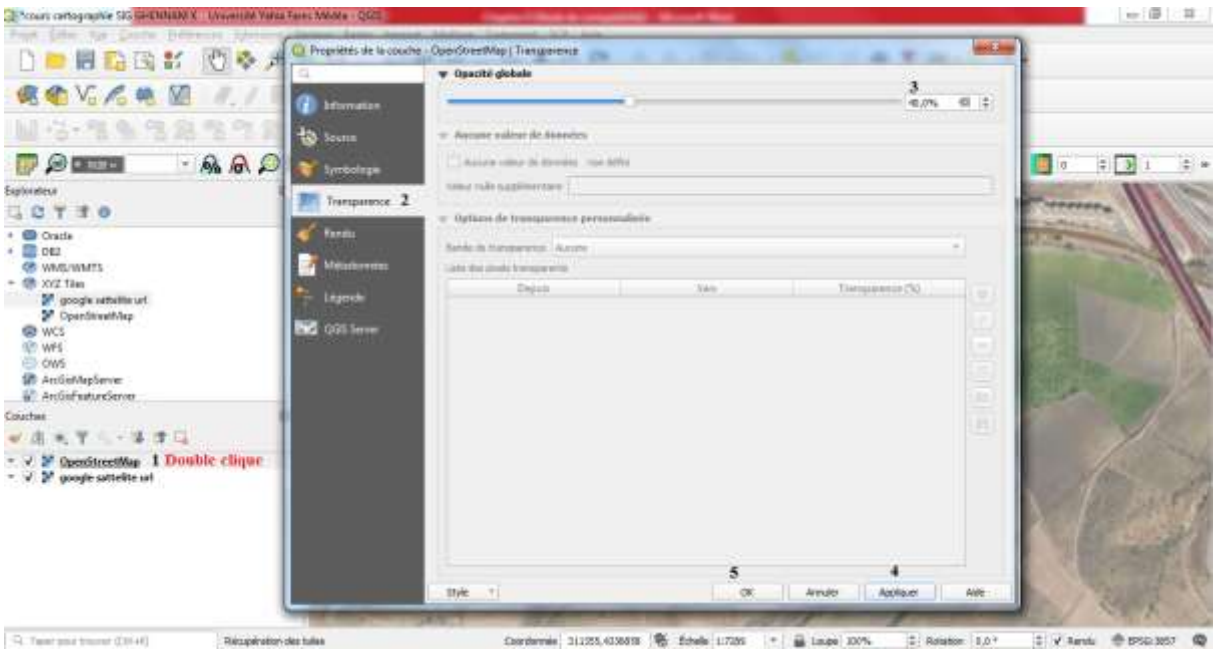
4-6-4-Ajout d'une couche chepfile des zones de cultures :

On zoom sur la carte et on cherche la zone d'étude, comme exemple, les cultures en face du pôle universitaire de Médéa.

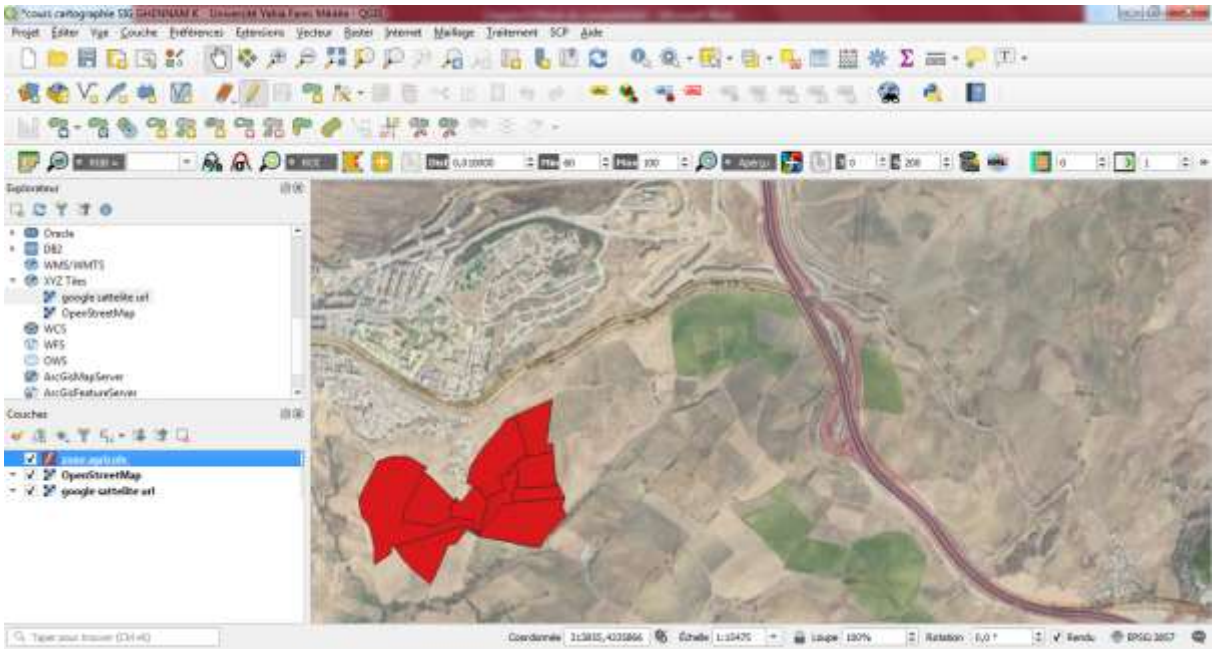


On réduit la transparence de la couche OSM pour pouvoir voir la couche Google Satellite et les informations de OSM au même temps. Les étapes à suivre sont :

Double clic sur la couche OMS, une fenêtre de propriété de la couche s'ouvre, on clique sur transparence, et on réduit à 40% et on clique sur OK.

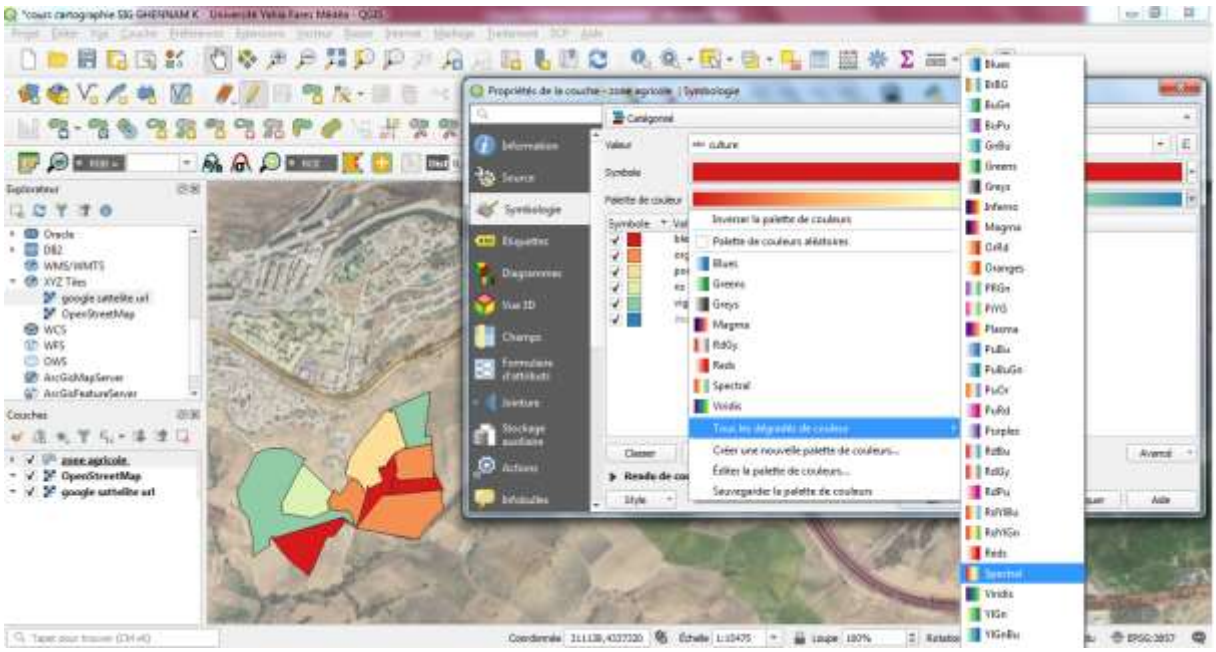


Choir une zone de cultures et digitalisez les différentes parcelles (voir chapitre 3).



On effectue un changement de symbologie des parcelles par catégories de types de cultures. Pour cela, on suit les étapes suivantes :

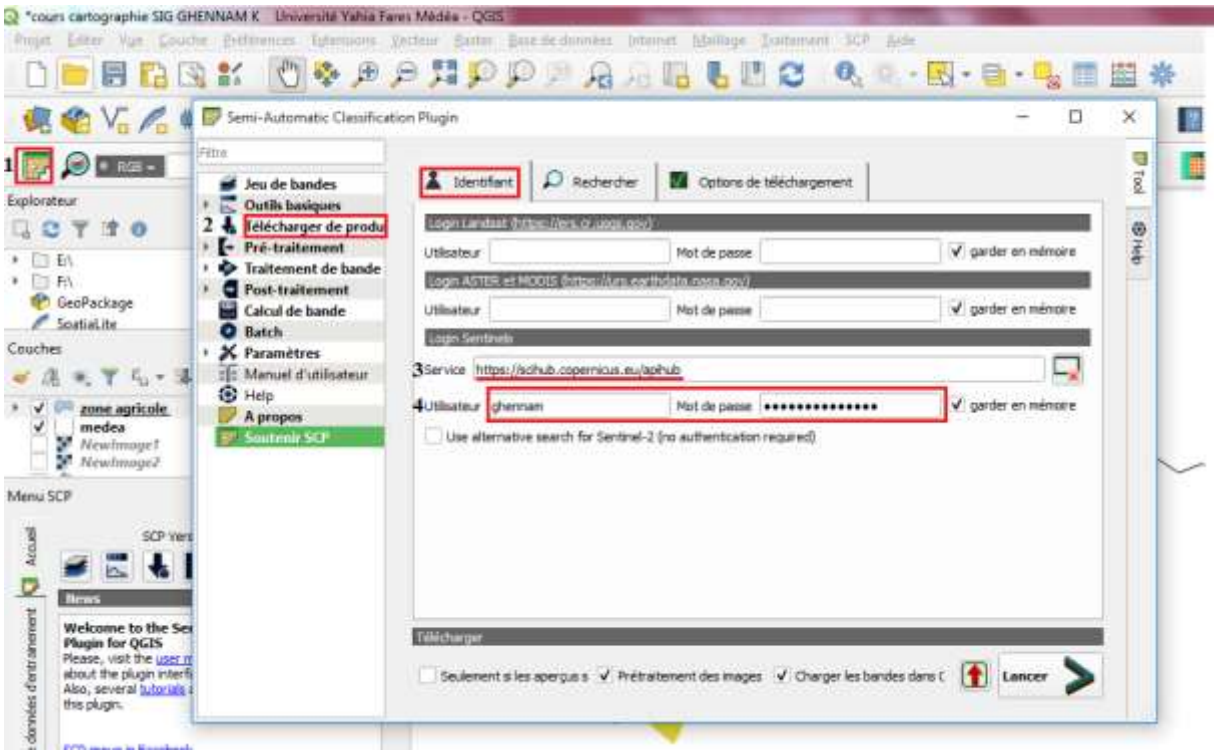
On double clic sur la couche zone agricole >> une fenêtre de propriétés de la couche s'ouvre >> on clique sur catégorie>> valeur : culture>> Palette de couleur : Spectrale>> Classer >> Ok.



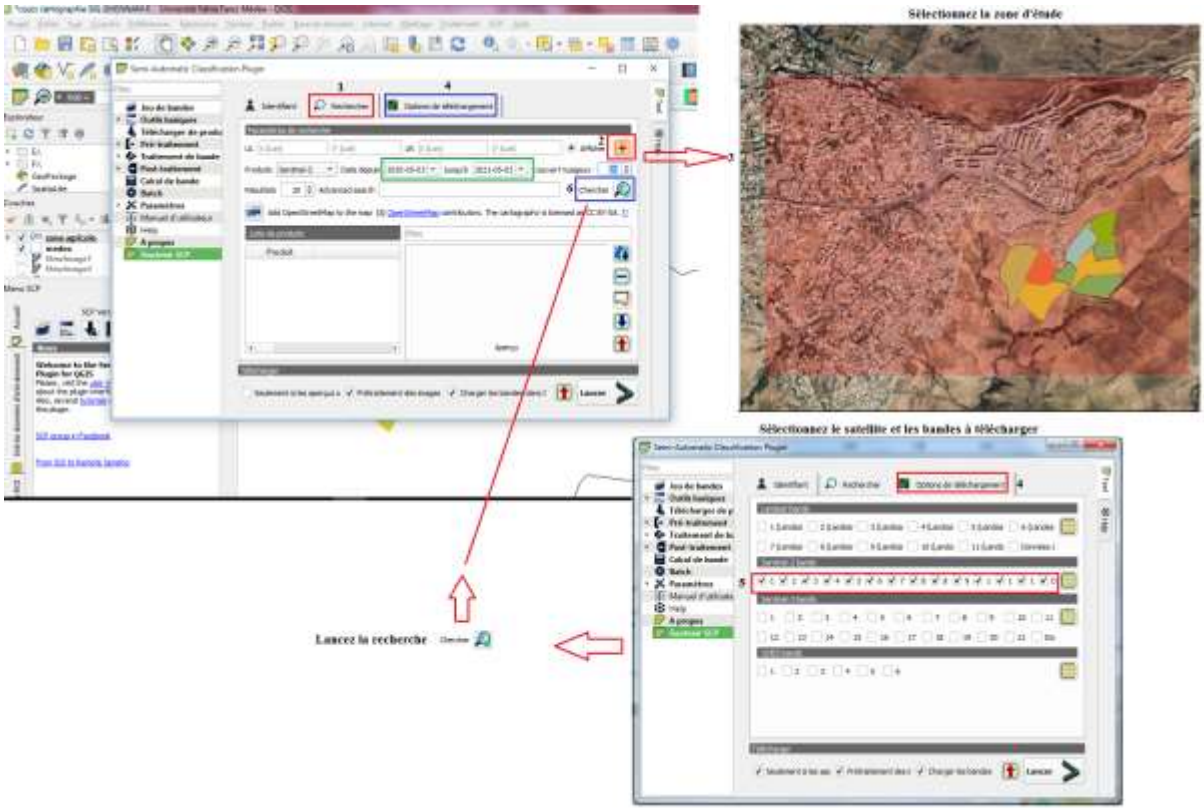
4-6-5- Télécharger les images satellites :

On clique sur l'icône semi automatic classification Plugin, une fenêtre s'ouvre, on sélectionne Télécharger de produit. On va caractériser les paramètres : identifiant, rechercher et Option de Téléchargement :

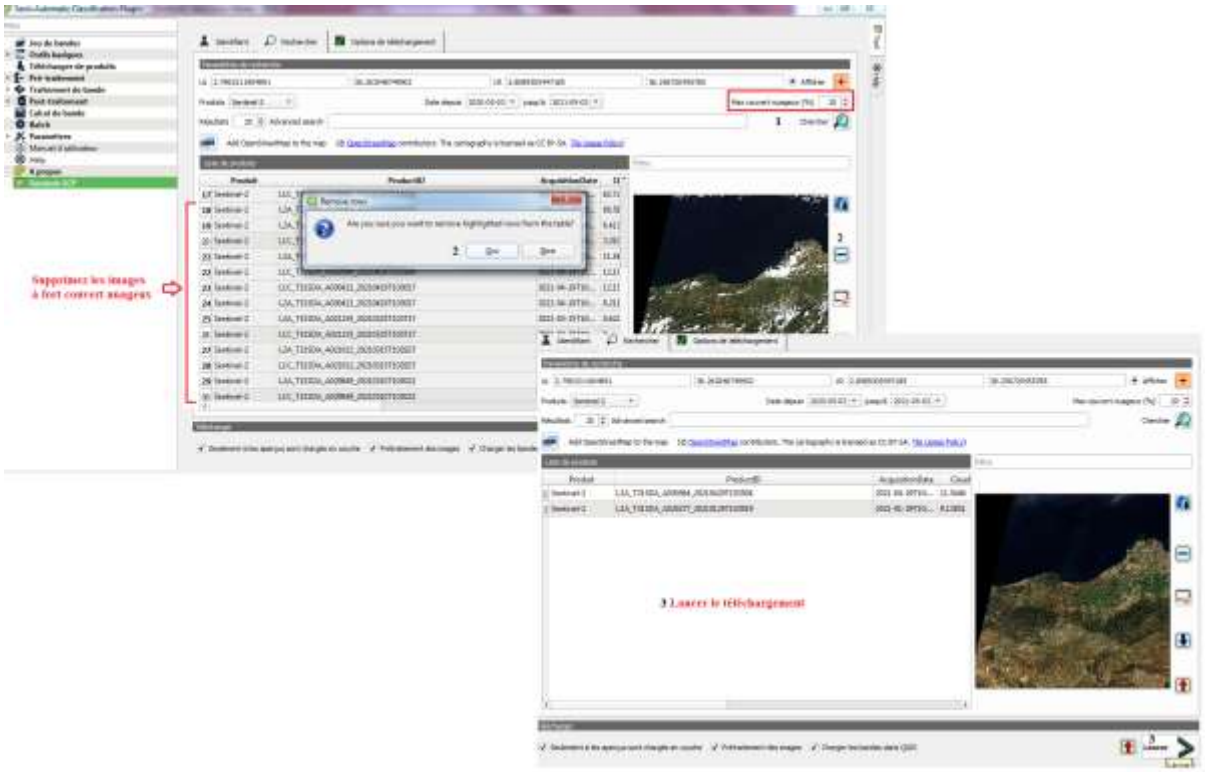
- Identifiant : après être inscrit dans l'un ou tous les trois sites web de téléchargement d'images satellites (le satellite LandSat : https://ers.cr.usgs.gov; Les satellites ASTER et MODIS : https://urs.earthdata.nasa.gov; et le satellite Sentinels : https://scihub.copernicus.eu/apihub) on rajoute le mots de passe et l'identifiant.



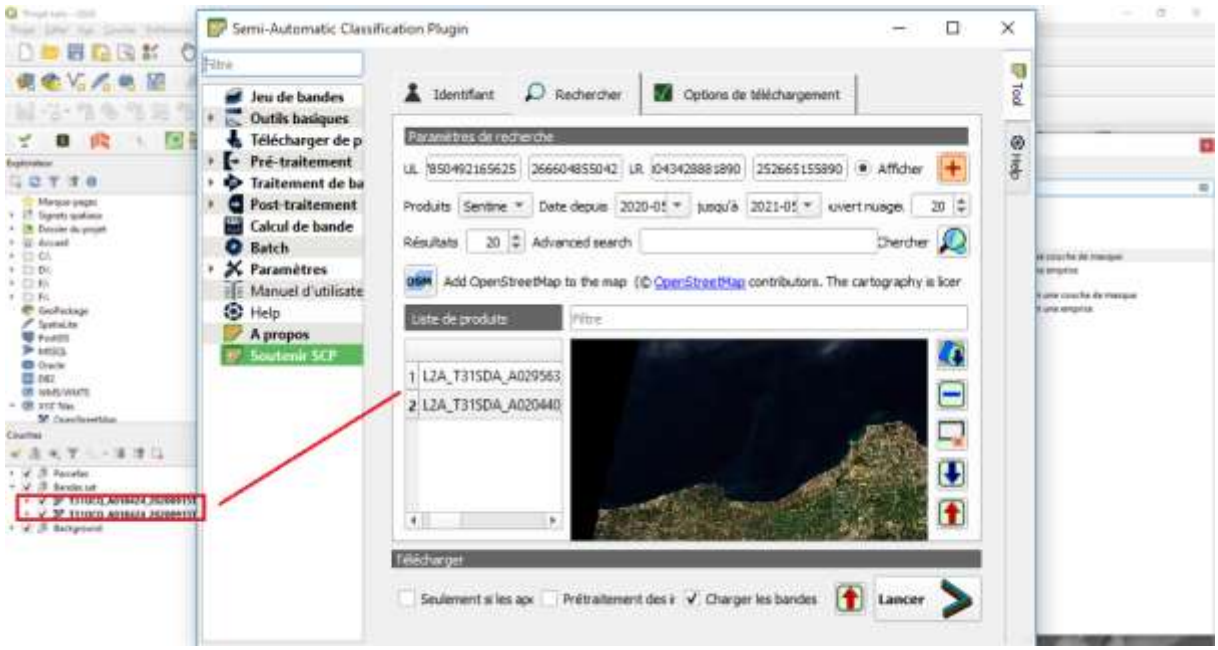
- Recherche : on clique sur l'onglet recherche, puis l'icône Mettre l'aire sur la carte, et on sélectionne la zone d'étude avec un clique gauche puis droit diagonalement.
- Option de Téléchargement : on choisit les bandes qu'on veut télécharcher et les dates de prise des images. Et on lance la recherche avec l'icône Chercher des images Chercher .



Après avoir lancé la recherche, les différentes images s'affichent dans la liste des produits avec un aperçu. On choisit les bandes avec la moindre couverture nuageuse



Une fois les images sont téléchargées, elles s'affichent comme des couches raster dans le panneau couche.


Semi-Automatic Classification Plugin
Jeu de bandes
Outils basiques
Télécharger de p
Pré-traitement
Traitement de ba
Post-traitement
Calcul de bande
Batch
Paramètres
Manuel d'utilisate
Help
A propos
Soutenir SCP
Identifiant
Rechercher
Options de téléchargement
Paramètres de recherche
Produits
Sentine
Date depuis
jusqu'à
Résultats
Advanced search
Chercher
Add OpenStreetMap to the map
Liste de produits
1 L2A_T31SDA_A029563
2 L2A_T31SDA_A020440
Télécharger
Charger les bandes
Lancer
Tool
Help

Chapitre 5 : Applications de la télédétection

5-1- Introduction :

Après avoir étudié la télédétection il est important de connaitre quelque application de la télédétection dans le domaine agricole. La télédétection nous donne l'opportunité d'amélioré la prise de décision dans le domaine de gestion des ressources agricole et de la lutte contre les fléaux agricole d'une manière rationnelle et économique. Nous allons exposer des exemples d'application utile dans ce domaine agricole tel que la lutte contre la sècheresse, l'état de la végétation ou des sols. Ensuite nous allons faire une application sur QGIS afin d'utilisé les traitements d'images satellite dans l'épandage d'Angré ou de pesticide avec une grande précision en utilisons les coordonnées GPS.il existe plusieurs applications de la télédétection dans le domaine de l'agriculture.

5-2- Etude des fléaux agricoles :

La télédétection est utilisée pour la détection des zones atteintes par des pathologies des cultures. Dans l'étude de (Manzer and cooper) ils ont trouvé que les cultures de pomme de terre atteint de maladie apparaissent en ver bleuâtre alors que les plantes saintes sont en rouge. Pa ces carte nous pouvant détecter même les plantes malade avants l'apparition des symptômes.

5-3- Indice de végétation (NDVI) :

L'étude de la réflectance de la surface du couvert végétale est basée sur le degré d'activité chlorophyllienne. Cette réflectance varie du faible dans le les longueurs d'onde rouge (visible) au fortes dans le proche infrarouge. La formule de l'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) est comme suit :

NDVI = [(NIR –Red)/ (NIR+Red)]

Ou -1 veux dire pas de végétation et +1 végétation dominante.

5-4-Indice de différence normalisée de l'eau (NDWI) :

Cette indice et compris entre le proche infrarouge et le rayonnement infrarouge à onde courte.

La formule de l'indice NDWI (Normalized Difference Water Index) est comme suit :

NDVI = [(NIR –SWIR)/ (NIR+SWIR)]

5-5- L'agriculture de précision :

L'utilisation de l'épandage des engrais et des pesticides ce faisais auparavant d'une manière aléatoire. Ceci ajoute des frais supplémentaires aux coûts des cultures augmente avec les prix des récoltes et réduit leurs compétitivité aux marché national et international. Pour y remédié des scientifique ont adopté une méthode plus rationnelle basé sur la télédétection appeler agriculture de précision. Elle permet par le traitement d'image satellites de haute résolution de bien ciblé les zones de faible signature spectrale qui indique la faible activité chlorophyllienne due soit au manque de nutriment ou aux fléaux agricoles.

5-6- La classification automatique des images satellites :

La classification ce base par le regroupement des zones ayant la même valeur spectrales ensembles. Chacune de ces zone regroupe des pixels possédants un même (DN, Digital Number) sous un thème bien déterminé. Il existe deux types de classifications :

- **La classification supervisée :** La classification supervisée est une opération de délimitation des différentes classes de couverture du sol en utilisant des logiciels SIG approprié. Pour ce faire on doit prendre des parcelles types pour identifier le contenu de chaque classe délimité.
- **La classification non supervisée :** La classification non supervisé est réalisé de la même manière que la première sauf que sans avoir besoin d'échantillon sur le terrain. Elle est basé sur les objets ayant la même nature se trouvent dans des longueurs d'ondes égales. Pour connaitre le contenu des classes ont se base sur des données de littérature ou des cartes de différentes échelles.

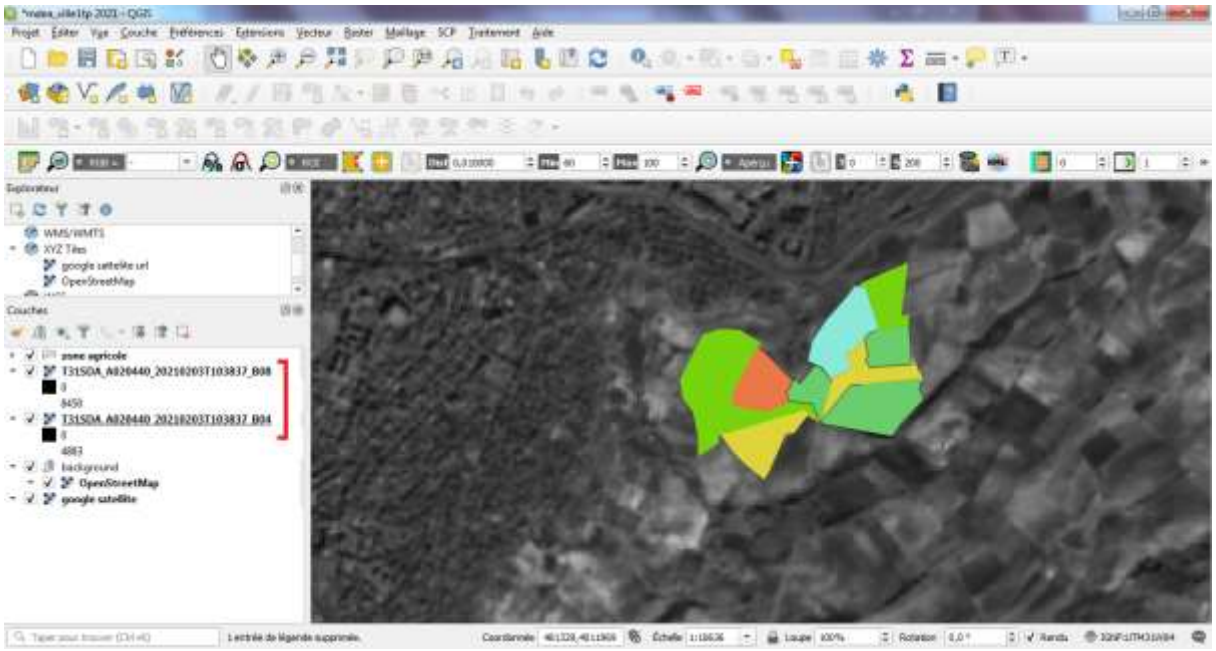
5-7- Application de la télédétection :

Dans cette partie pratique, nous allons réaliser un exemple d'application de la télédétection avec le logiciel QGIS 3.10 :

Calcule de l'indice de végétation (NDVI) avec QGIS :

- ***Importation des images satellites :***

Après avoir téléchargé les deux bandes B4 et B8 de l'image satellite Sentinelles 2 (chapitre 4), on ouvre ces deux bandes format raster (chapitre 3) qui représentent respectivement les spectres rouge (red) et proche infrarouge (NIR : Near infra red).



- ***Découpage des parcelles de la zone agricole d'étude :***

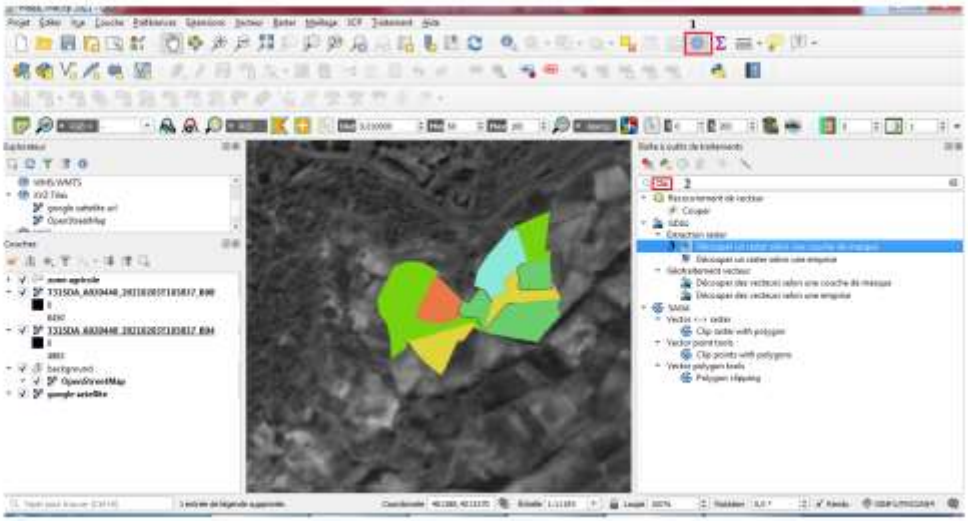
On procède au découpage des parcelles agricoles qu'on veut étudiée de l'image satellitaire qui couvre une grande surface (cinq wilaya).

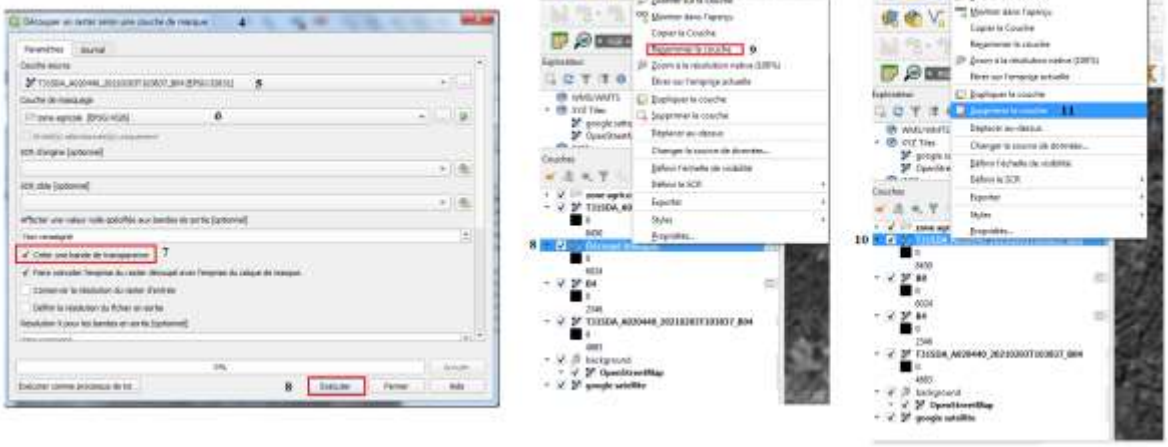
On clique sur l'icône Boite à outils dans la barre des outils, un panneau de Boite à outils de traitement s'ouvre, on saisit Clip dans la zone de recherche et on clique sur la barre " découper un raster selon une couche masque".

La boite de dialogue de cette dernière s'ouvre : on choisit la couche source : T31SDA_A020440_20210203T103837_B04 , la couche de masquage : zone agricole, on coche sur la case : Créer une bande de transparence et exécuter.

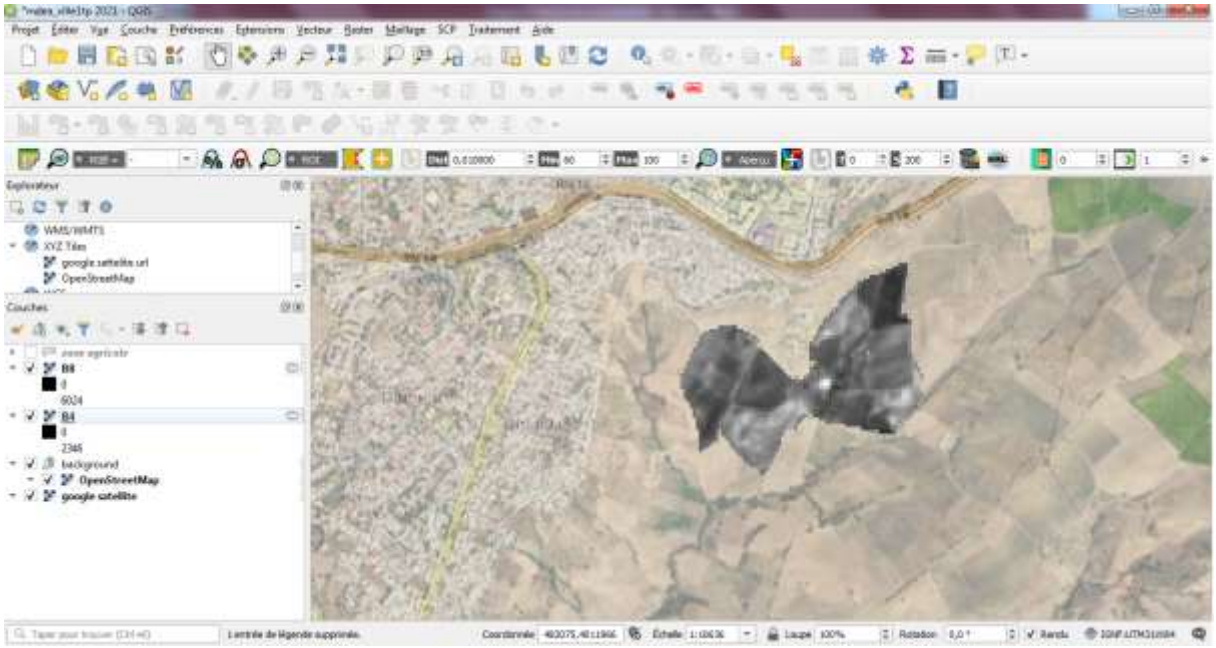
On obtient ainsi la couche masque découpé de la bande B4 selon le périmètre de la zone d'étude et on le renomme B4 et en supprime la bande source.

On suit les mêmes étapes pour la couche T31SDA_A020440_20210203T103837_B08 qu'on va nommer B8.





On obtient les deux bandes raster rouge (B4) et proche infrarouge (B8) de la zone agricole étudiée.

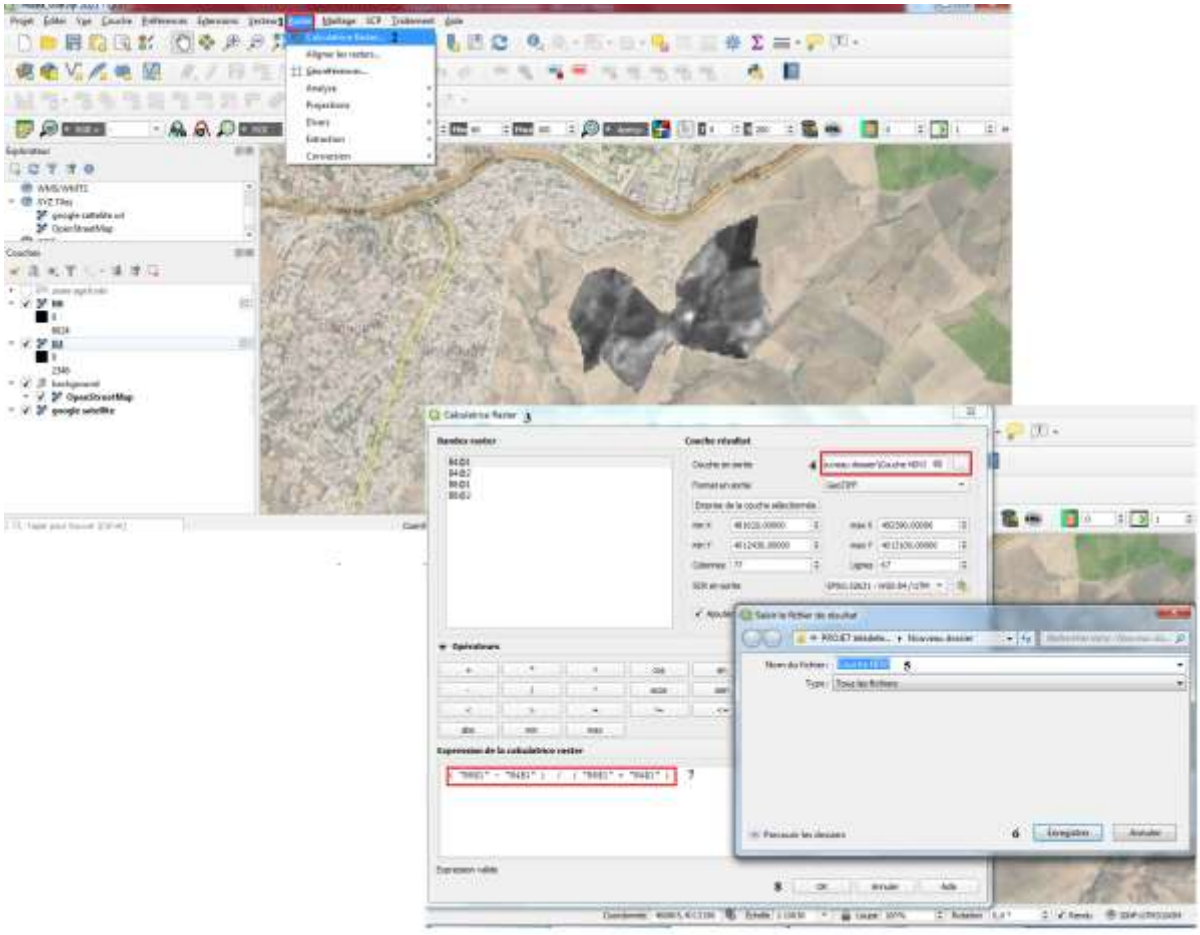


- ***Calcule de l'indice de végétation NDVI :***

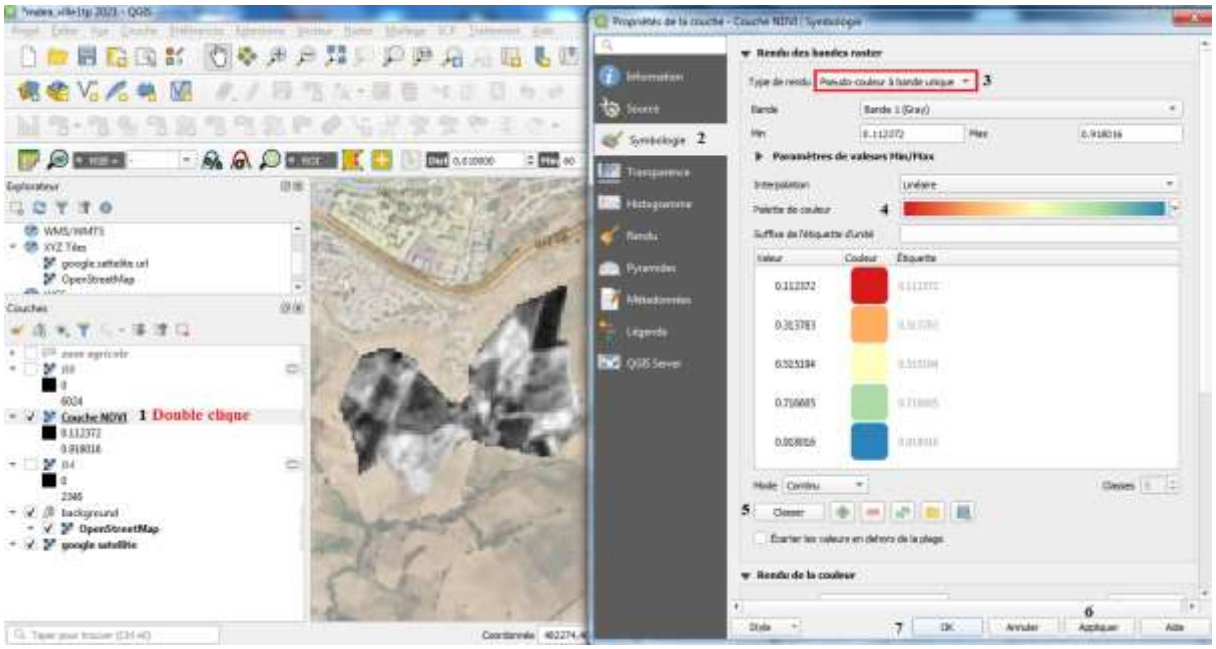
Dans l'objectif de connaitre les différents états de la végétation agricole dans une parcelle pour mieux cibler les apports d'engrais ou de pesticides, il est très utile d'utiliser l'indice de végétation qui est calculer par la formule suivante : NDVI = [(NIR –Red)/ (NIR+Red)]= (B8-B4) / (B8+B4). Les étapes sont les suivantes :

Sur la barre des menus, on clique sur Raster>> Calculatrice Raster.

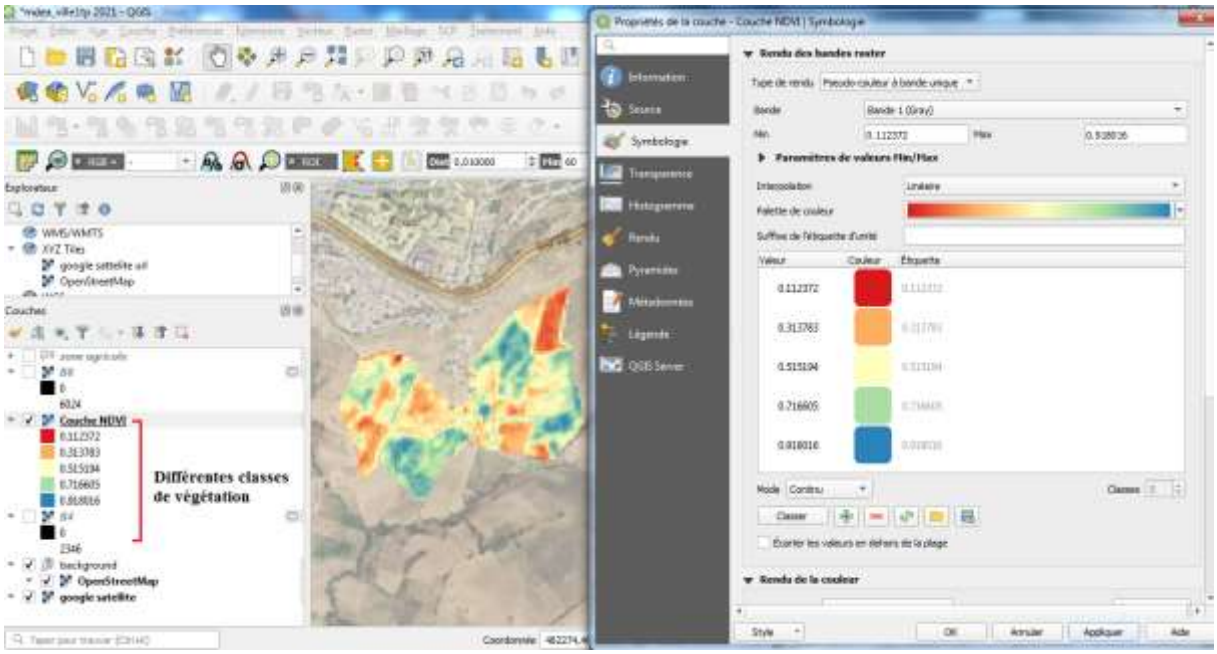
Une boite de dialogue s'ouvre : on sélectionne la couche de sortie dans un dossier et on lui affecte un nom. Puis en effectue le calcule dans l'espace dédié et en clique sur OK.



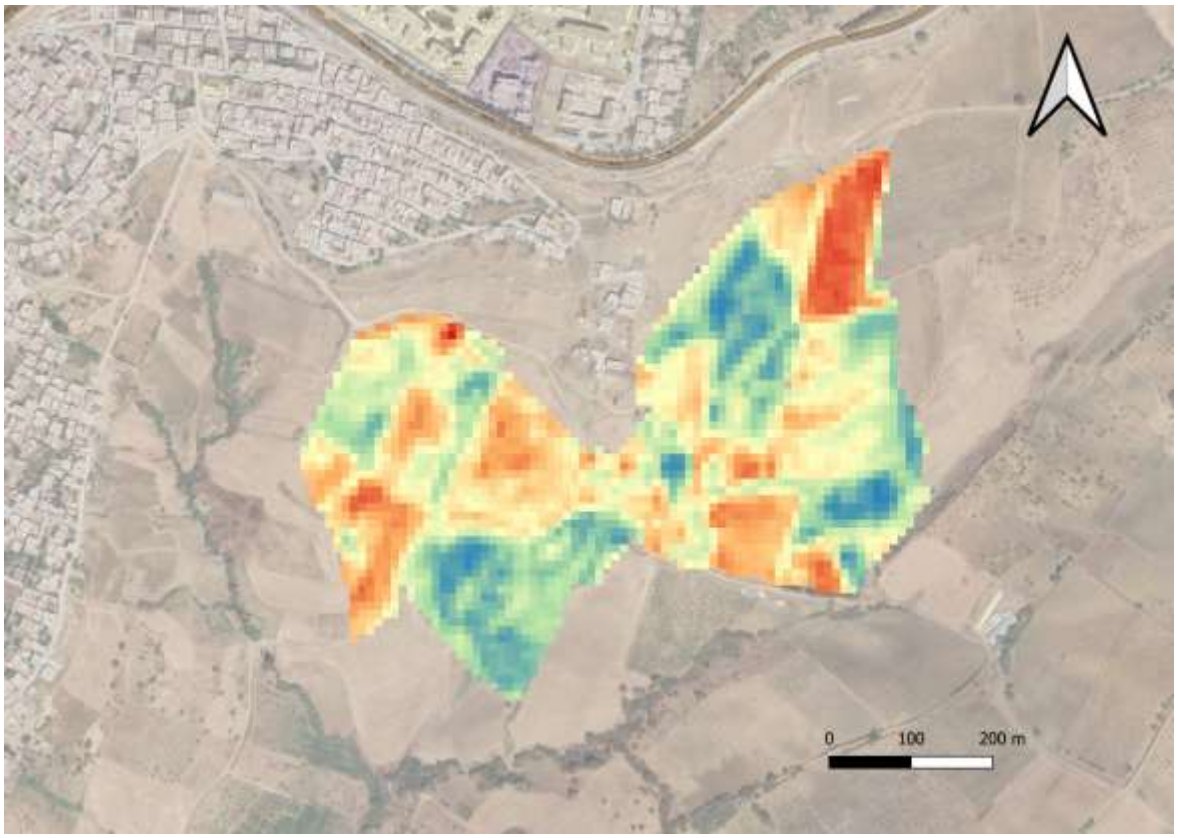
Pour une meilleur visualisation des résultats en change la symbologie du gris ver une palette de couleur.



On double cliquez sur la couche NDVI >> choisissez Pseudo-couleur à bande unique >> palette de couleur>> classer >>appliquer puis OK.



On effectue la mise en page de la carte et en l'enregistre sous le format voulu exemple GEOTIFF.



On peut exécuter d'autres traitements comme la réduction des pixels et vectorisation pour une meilleure différentiation. Ceci nous permettra de l'utilisé sur les tracteurs équipés de GPS de bord pour une meilleur gestion de l'épandage d'Angré ou de pesticide. Cette technique est utilisée dans l'agriculture de précision.

References Bibliographiques

Abdulhamid I, Afunlehin O. 2019. The need for precesion agriculture in Negeria

Adamo N, Al-Ansari N, Ali SH, Laue J, Knutsson S. 2021. Dams safety: review of satellite remote sensing applications to dams and reservoirs. 347-438 p.

Alqurashi AF, Kumar L. 2016. Spatiotemporal patterns of urban change and associated environmental impacts in five Saudi Arabian cities: A case study using remote sensing data. Habitat International 58:75-88.

Baghdadi N, Mallet C, Zribi M. 2018a. QGIS and applications in agriculture and forest: ISTE Group.

Baghdadi N, Mallet C, Zribi M. 2018b. QGIS and Applications in Territorial Planning: Wiley Online Library.

Baghdadi N, Mallet C, Zribi M. 2018c. QGIS and generic tools: John Wiley & Sons.

Barbault R. 2008. Écologie générale-6e éd.: Structure et fonctionnement de la biosphère: Dunod.

BARRETT EC. 1983. Organizational needs for hydrological applications of satellite remote sensing in developing countries. 273-281 p.

Barrett EC, Curtis LF. 1999. Introduction to environmental remote sensing: Psychology Press.

Barrette J, August P, Golet F. 2000. Accuracy assessment of wetland boundary delineation using aerial photography and digital orthophotography. 409-416 p.

Bonn F, Rochon G, Caloz R, Collet C, Provencher L, Dubois JMM. 1992. Précis de télédétection: Méthodes de photointerprétation et d'interprétation d'image: Presses de l'Université du Québec.

Brabant P. 1992. Pédologie et système d'information géographique. 315-345 p.

Cadène P, GABDAL S. 2004. Le commentaire de cartes et de documents géographiques: Belin.

Caloz R. 1992. Télédétection satellitaire. Cours: systeme d'information géographique I/II [Satellite remote sensing Courses: Geographical Information Systems (GIS) I/II] Lausanne: EPF:136.

Chuvieco E. 2008. Earth observation of global change: The role of satellite remote sensing in monitoring the global environment: Springer.

Cividino SRS, Pergher G, Zucchiatti N, Gubiani R. 2018. Agricultural health and safety survey in Friuli Venezia Giulia. 9 p.

Colantoni A, Monarca D, Laurendi V, Villarini M, Gambella F, Cecchini M. 2018. Smart machines, remote sensing, precision farming, processes, mechatronic, materials and policies for safety and health aspects. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Congalton RG, Green K. 2019. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices: CRC press.

Couclelis H. 1999. Space, time, geography. Geographical information systems 1:29-38.

D DB, S Tj, W HT. 2009. CARTOGRAPHY Thematic Map Design.

Davis G, Casady WW, Massey RE. 1998. Precision Agriculture: An Introduction (1998).

Dong P, Chen Q. 2018. LiDAR-Remote-Sensing-and-Applications: CRC Press.

El Garouani A, Mulla DJ, El Garouani S, Knight J. 2017. Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data: Case of Fez, Morocco. 160-169 p.

Fargnoli M, Lombardi M. 2020. Safety Vision of Agricultural tractors: An engineering perspective based on recent studies (2009–2019). Safety 6(1):1.

Fatoyinbo L. 2012. Remote Sensing of Biomass: Principles and Applications: BoD–Books on Demand.

Flenniken JM, Stuglik S, Iannone BV. 2020. Quantum GIS (QGIS): An introduction to a free alternative to more costly GIS platforms. 7-7 p.

Franklin SE. 2001. Remote sensing for sustainable forest management: CRC press.

Gambella F, Bianchini L, Cecchini M, Egidi G, Ferrara A, Salvati L, Colantoni A, Morea D. 2021. Moving toward the north? The spatial shift of olive groves in Italy.

Gautam R. Aerosol Remote Sensing.

Gitas I, Mitri G, Veraverbeke S, Polychronaki A. 2012. Advances in remote sensing of post-fire vegetation recovery monitoring—a review. 334 p.

Graser A, Mearns B, Mandel A, Ferrero VO, Bruy A. 2017. QGIS: Becoming a GIS power user: Packt Publishing Ltd.

GRELOT J-P. 1986. Cartographie automatique et communication géographique. Bulletin d'information de l'Institut géographique national(1):8-20.

Hernández-López D, Piedelobo L, Moreno MA, Chakhar A, Ortega-Terol D, González-Aguilera D. 2021. Design of a Local Nested Grid for the Optimal Combined Use of Landsat 8 and Sentinel 2 Data. 1546 p.

Hilton B. 2006. Emerging spatial information systems and applications: IGI Global.

IGN. 1970. Elément de Cartographie. 1, editor. Paris: Institut Géographique National. 241 p.

Jin X-B, Sun S, Wei H, Yang F-B. 2018. Advances in Multi-Sensor Information Fusion: Theory and Applications 2017: MDPI.

Khan S, Mohiuddin K. 2018. Evaluating the parameters of ArcGIS and QGIS for GIS Applications. 582-594 p.

Kraak M-J, Ormeling F. 2020. Cartography: visualization of geospatial data: CRC Press.

Kuznetsov A, Melnikova I, Pozdnyakov D, Seroukhova O, Vasilyev A. 2012a. Remote sensing of the environment and radiation transfer: an introductory survey: Springer Science & Business Media.

Kuznetsov A, Pozdnyakov D, Vasilyev A, Melnikova I, Seroukhova O. 2012b. Remote Sensing of the Environment and Radiation

Transfer.

Laala A, Alatou D. 2016. Analyse de la dynamique des massifs forestiers de l'Est algérien par la télédétection satellitaire/[Dynamics Analysis of the forests of eastern Algeria by satellite remote sensing]. International Journal of Innovation and Applied Studies 17(3):954-964.

Lakshmi V. 2014. Remote sensing of the terrestrial water cycle: John Wiley & Sons.

Lam NS-N, Emerson CW. 2018. Integrating Scale in Remote Sensing and GIS. 673 p.

Li M, Stein A, Bijker W, Zhan Q. 2016. Urban land use extraction from Very High Resolution remote sensing imagery using a Bayesian network. 192-205 p.

Lillesand T, Kiefer RW, Chipman J. 2015. Remote sensing and image interpretation: John Wiley & Sons.

Lippitt CD, Stow DA. 2015. Remote sensing theory and time-sensitive information: Springer. 1-10 p.

Lippitt CD, Stow DA, Clarke KC. 2014. On the nature of models for time-sensitive remote sensing. 6815-6841 p.

Lippitt CD, Stow DA, Riggan PJ. 2016. Application of the remote-sensing communication model to a time-sensitive wildfire remote-sensing system. 3272-3292 p.

Liu JG, Mason PJ. 2016. Image processing and GIS for remote sensing: John Wiley & Sons.

Lortic B, Couret D. 2011a. Manuel de cartographie rapide: de l'échelle de la région à celle du mobilier urbain.

Lortic B, Couret D. 2011b. Manuel

de

cartographie rapide.

Lu D. 2006. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. 1297-1328 p.

Lusch DP. 1999. Introduction to environmental remote sensing.

Maghah JA, Fokeng RM. 2021. The Degradation of the Bafut-Ngemba Forest Reserve Revisited: A Spatio-temporal Analysis of Forest Cover Change Dynamics. 33-41 p.

Mandel A, Ferrero VO, Graser A, Bruy A. 2016. QGIS 2 Cookbook.

Mason DC, Dance SL, Vetra-Carvalho S, Cloke HL. 2018. Robust algorithm for detecting floodwater in urban areas using synthetic aperture radar images. 045011 p.

McBratney A, Whelan B, Ancev T, Bouma J. 2005. Future directions of precision agriculture. 7-23 p.

McCoy RM. 2005. Field methods in remote sensing: Guilford Press.

Meaden GJ, Aguilar-Manjarrez J. 2013. Advances in geographic information systems and remote sensing for fisheries and aquaculture.

Mearns B. 2015. QGIS Blueprints: Packt Publishing Ltd.

Meijerink A. 1996. Remote sensing applications to hydrology: groundwater. 549-561 p.

Metz L, Bear-Crozier AN. 2014. Landslide susceptibility mapping:

A remote sensing based approach

using QGIS 2.2 (Valmiera).

Mücher CA. 2009a. Geo-spatial modelling and monitoring of European landscapes and habitats using remote sensing and field surveys.

Mücher CA. 2009b. Geo-spatial modelling and monitoring of European landscapes and habitats using remote sensing and field surveys: Wageningen University, NL.

Mueller T, Sassenrath GF. 2015. GIS applications in agriculture, volume Four: Conservation planning: CRC Press.

Ormeling F, Kraak M-J. 2010. Cartography: visualization of geospatial data: Prentice Hall.

Paine DP, Kiser JD. 2012. Aerial photography and image interpretation: John Wiley & Sons.

Pedersen SM, Lind KM. 2017. Precision Agriculture:

Technology and Economic

Perspectives.

Poidevin D. 1999. La Carte, moyen d'action: Ellipses.

Proisy C, Barbier N, Guéroult M, Pélissier R, Gastellu-Etchegorry J-P, Grau E, Couteron P. 2012. Biomass prediction in tropical forests: the canopy grain approach. 59-76 p.

Quattrochi DA, Wentz E, Lam NS-N, Emerson CW. 2017. Integrating scale in remote sensing and GIS: CRC Press.

Richards JA, Richards J. 1999. Remote sensing digital image analysis: Springer.

Ro KS, Li H, Hapeman CJ, Harper LA, Flesch TK, Downey PM, McConnell LL, Torrents A, Yao Q. 2018. Enhanced Dispersion and Removal of Ammonia Emitted from a Poultry House with a Vegetative Environmental Buffer. 46 p.

Robbins G. 1999. Implementation and Evolution of a Multipurpose GIS in a Rural County. 23-38 p.

Rosette J, Suárez J, Nelson R, Los S, Cook B, North P. 2012. Lidar remote sensing for biomass assessment. 3-27 p.

Saba A. 2020. Sustainable Agri-Food Systems, Climate Change and CAP Strategic Plans in the ambitious pathways of the EU after the Green Deal. 86 p.

Singh D, Tilak DJ. 2020. A study on precision irrigation technology in agriculture: opportunities and challenges in pune district.

Steven_E._Franklin. 2001. Remote Sensing for Sustainable Forest Management.

Tian H, Wang T, Liu Y, Qiao X, Li Y. 2020. Computer vision technology in agricultural automation—A review. 1-19 p.

Wallington E. 2004. Aerial photography and image interpretation. Wiley Online Library.

Weng Q. 2011a. Advances in environmental remote sensing: sensors, algorithms, and applications: CRC Press.

Weng Q. 2011b. Environmental Remote Sensing Sensors, Algorithms, and Applications.

Wentz EA, Anderson S, Fragkias M, Netzband M, Mesev V, Myint SW, Quattrochi D, Rahman A, Seto KC. 2014. Supporting global environmental change research: A review of trends and knowledge gaps in urban remote sensing. 3879-3905 p.

Yang X. 2011. Urban remote sensing: monitoring, synthesis and modeling in the urban environment: John Wiley & Sons.

Zambon I, Piergentili A, Salvati L, Monarca D, Matyjas-Łysakowska P, Colantoni A. 2018. Applied research for a safer future: exploring recent job accidents in agriculture, Italy (2012–2017). 87 p.

Zhan Q. 2003. A Hierarchical Object-Based Approach for Urban Land-Use Classification from Remote Sensing Data.

Zhang Q. 2016. Precision agriculture technology for crop farming: Taylor & Francis.

Zourarakis DP. 2018. Remote Sensing Handbook–Volume I: Remotely Sensed Data Characterization, Classification, and Accuracies. 481-481 p.