



**Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Mohamed Boudiaf - M'sila
Faculté de technologie
Département de GENIE CIVIL**



MEMOIRE Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER

(Dans le cadre du décret ministériel 1275)
Diplôme-Startup / Diplôme-Brevet



FILIERE : Génie Civil SPECIALITE : Géotechnique



Par :

MOUSSA Radhwane

THEME

GIS AND REMOTE SENSING FOR SOIL CHARACTERIZATION

(Application to the municipality of Metarfa - Msila)

Soutenu devant le jury composé de Messieurs :

RAHMOUNI Z. El Abidine, Professeur, Université Med Boudiaf - M'sila, Président
LADJEL Djelloul, M.C.A, Université Med Boudiaf - M'sila, Examineur
AZZEDDINE A. Raouf, Professeur, Université Med Boudiaf - M'sila, Incubateur
ZIAM Ismail, Master2, C. Bureau - M'sila, ANAGAT, Partenaire Economique
SEDDIKI Ahmed, M.C.A, Université Med Boudiaf - M'sila, Encadreur
MEDDAH Abdelaziz, Professeur, Université Med Boudiaf - M'sila, Co-Encadreur

Promotion : 2022/2023

Résumé

Un SIG montre deux usages possibles ; dans le premier cas, la banque de données, énorme et sans cesse mise à jour, par toutes sortes d'utilisateurs (services techniques d'urbanisme, agences d'aménagement, etc.), interrogée pour de nombreuses questions ; dans le second cas, la réunion des seules informations nécessaires au traitement d'une question sur un espace précis.

Pour des raisons pratiques (problèmes liés au temps, aux ressources financières, à la formation initiale non technique), il a pu être nécessaire de construire ce deuxième type de SIG principalement au cours de notre travail de recherche.

L'originalité du SIG par rapport à un système de gestion de base des données SGBD réside dans sa capacité à comparer des entités différentes sur la base de leur occurrence géographique commune. Appliqué à la cartographie de sols, il a permis de progresser surtout dans la collecte, la gestion, et la restitution des données.

A partir des cartes thématiques réalisées et de fichier Autocad du cadastre actualisé en 2018, on a réalisé une base de donnée SIG de la commune de Metarfa comportant les attributs de chaque lot tel que le N°, la nature juridique, le propriétaire, les coordonnées géographique, la surface, le périmètre, l'occupation de sols, le type de sols, la géologie, les précipitations, l'altitude, la pente, l'exposition des pentes, les distances aux réseaux divers etc. cette base est extensible selon les besoin des différents secteurs et sert d'outils aux techniciens, chercheur et décideurs locaux de la commune pour le choix des sites d'implantation des projets futurs afin de préserver les biens et les citoyens des différents risques naturels.

Table des matières

1.	Introduction	1
2.	L'importance de la caractérisation des sols	1
3.	Le fonctionnement des SIG et de la télédétection	1
3.1.	Les SIG	1
3.1.1.	Les composants d'un SIG	2
3.1.2.	Références géographiques	3
3.1.3.	Modes de représentations de données "vecteurs et raster"	3
3.2.	La télédétection.....	4
3.3.	Système de gestion de base de données SIG et SGBD traditionnels.....	7
3.3.1.	Définition de la base de données.....	7
3.3.2.	Tables attributaires	7
3.3.3.	L'originalité des SIG (Charre, 1991).....	7
4.	Caractérisation des sols de la commune de Metarfa	9
4.1.	Problématique	9
4.2.	Présentation de la zone du Hodna.....	9
4.2.1.	Situation géographique de la wilaya de Msila	9
4.2.2.	Relief de la wilaya de Msila (ANIREF).....	12
4.3.	Etude de cas : Base de données des sols de la commune de Metarfa.....	12
4.3.1.	Situation de la zone d'étude	12
4.3.2.	Méthodologie 5A.....	13
4.3.3.	Cartes thématiques	14
4.3.4.	SGBD de Metarfa.....	18
5.	Conclusion.....	19
6.	Références	20

Liste des figures

Figure 1. Composantes d'un SIG.....	3
Figure 2. Représentation raster du monde réel continue.....	4
Figure 3. Principe de Télédétection (Coudoux, 1985)	4
Figure 4. Interaction entre l'énergie incidente et la cible	5
Figure 5. Composantes du rayonnement électromagnétique	6
Figure 6. Décomposition du rayonnement électromagnétique et de la lumière.....	7
Figure 7. Superposition de cartes pour la mise en relation d'informations sur des objets géographiques.....	8
Figure 8. SGBD type SIG	8
Figure 9. Langage d'interrogation SQL.....	8
Figure 10. Carte de situation de la wilaya de M'sila.....	10
Figure 11. Carte du découpage administratif de la wilaya de M'sila.....	11
Figure 12. Carte de relief de la wilaya de Msila (ANIREF)	12
Figure 13. Carte de situation de la commune de Metarfa	13
Figure 14. Cartes de topographie de la commune de Metarfa	14
Figure 15. Carte de Géologie de la commune de Metarfa	15
Figure 16. Carte des types sols de la commune de Metarfa.....	15
Figure 17. Carte d'occupation des sols de la commune de Metarfa	16
Figure 18. Carte des précipitations de la commune de Metarfa.....	16
Figure 19. Carte du réseau hydrographique de la commune de Metarfa	17
Figure 20. Carte du réseau routier, ferroviaire et écoulement d'eau.....	17
Figure 21. Extrait du plan de cadastre de la commune de Metarfa	17
Figure 22. L'outil zonage surface "zonal Statistics as table"	18
Figure 23. Type de base de données	19

SIG et télédétection pour la caractérisation des sols

1. Introduction

Le développement urbain a un impact important sur l'environnement. Dans notre monde moderne, il est de plus en plus important de comprendre notre environnement et de prendre en compte les risques qui y sont associés. La caractérisation des sols est essentielle pour garantir une utilisation rationnelle et durable de l'espace urbain, car ils sont le support de toute notre activité humaine.

Les systèmes d'information géographique (SIG) et la télédétection sont des outils précieux pour la caractérisation des sols en étudiant la relation entre l'information spectrale et les données spécifiques du terrain. Il a permis à cet effet d'intégrer, d'analyser et de synthétiser ces données afin de les restituer sous la forme de cartes.

Notre étude a porté sur l'analyse des données cartographiques disponibles, y compris les cartes de topographie, de géologie, de sols, de limites administratives, de cadastre, de Modèle Numérique de Terrain (MNT) et de réseaux hydrographique et routier, ainsi que les données sur les sols problématiques. L'importance de la caractérisation des sols pour la planification territoriale, la gestion des risques environnementaux et la protection de la sécurité des citoyens, a été discutée.

Les résultats indiquent des difficultés de cartographie à grande échelle du sol avec des images satellitaires et d'observations de terrain insuffisantes.

2. L'importance de la caractérisation des sols

La caractérisation des sols est essentielle pour comprendre leur composition, leur structure et leur fonctionnement. Cette information peut aider à déterminer les risques environnementaux, tels que l'érosion des sols, la pollution, les risques sismiques et les glissements de terrain. Elle peut également aider à planifier des projets d'infrastructure tels que les routes, les ponts et les bâtiments, et à choisir les emplacements futurs de ces projets en pensant à la sécurité des citoyens.

3. Le fonctionnement des SIG et de la télédétection

Les systèmes d'information géographique SIG et la télédétection sont des outils de traitement de données géographiques.

3.1. Les SIG

Un système d'information géographique est "un ensemble puissant d'outils permettant d'acquérir, d'archiver, d'extraire, de transformer et d'afficher les données spatiales tirées de la réalité, pour un ensemble d'usages déterminés" (DAHOU, 2022).

Les SIG appelés aussi systèmes d'information à références spatiales ou encore système d'information géocodée est un système conçu pour saisir les données concernant une région donnée, les actualiser, les exploiter et procéder à leur représentation graphique. Ces données peuvent porter sur les risques d'érosion des sols, la nature des sols, végétation, le potentiel agricole, les besoins de reboisement etc.

3.1.1. Les composants d'un SIG

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs.

Matériel

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

❖ Logiciels

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.

Principaux composants logiciel d'un SIG :

- Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques.
- Système de gestion de base de données.
- Outils géographiques de requête, analyse et visualisation.
- Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

❖ Utilisateurs

Un Système d'Information Géographique (SIG) étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence.

Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.

❖ Données

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

❖ Méthodes

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.



Figure 1. Composantes d'un SIG

3.1.2. Références géographiques

L'information géographique contient soit une référence géographique explicite (latitude & longitude ou grille de coordonnées nationales) ou une référence géographique implicite (adresse, code postal, nom de route...).

Le géocodage, processus automatique, est utilisé pour transformer les références implicites en références explicites et permettre ainsi de localiser les objets et les événements sur la terre afin de les analyser.

3.1.3. Modes de représentations de données "vecteurs et raster"

Les Systèmes d'Information Géographique exploitent deux différents types de modèles géographiques :

➤ Le modèle vecteur

Dans le modèle vecteur, les informations sont regroupées sous la forme de coordonnées x, y.

Les objets de type ponctuel sont dans ce cas représentés par un simple point. Les objets linéaires (routes, fleuves...) sont eux représentés par une succession de coordonnées x, y. Les objets polygonaux (territoire géographique, parcelle...) sont, quant à eux, représentés par une succession de coordonnées délimitant une surface fermée.

Le modèle vectoriel est particulièrement utilisé pour représenter des données discrètes.

➤ Le modèle raster

Le modèle raster, quant à lui, est constitué d'une matrice de points pouvant tous être différents les uns des autres. Il s'adapte parfaitement à la représentation de données variables continues telles que la nature d'un sol...

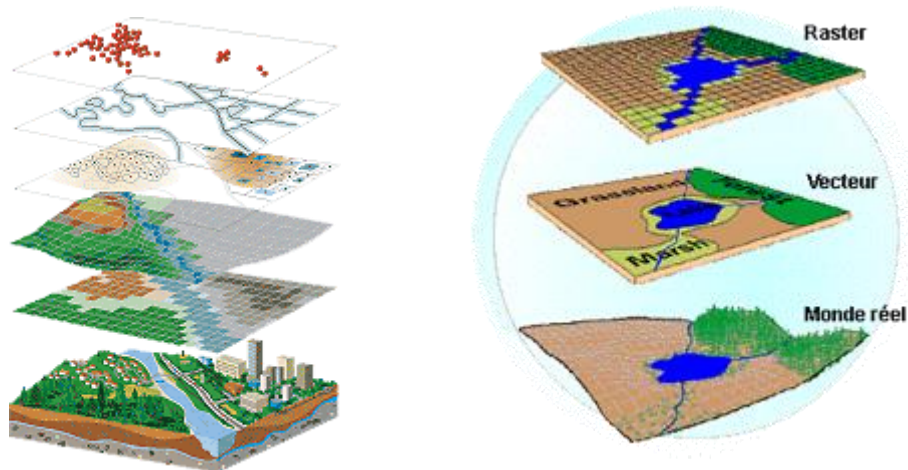


Figure 2. Représentation raster du monde réel continue

Chacun de ces deux modèles de données dispose de ses avantages. Un SIG moderne se doit d'exploiter simultanément les données raster et vectoriel de représentation.

3.2. La télédétection

La télédétection est "l'acquisition d'informations sur un objet sans être en contact physique avec lui"(Benacchio, 2017).

Le principe de base de la télédétection est similaire à celui de la vision de l'homme. La télédétection est le fruit de l'interaction entre trois éléments fondamentaux : une source d'énergie, une cible et un vecteur.

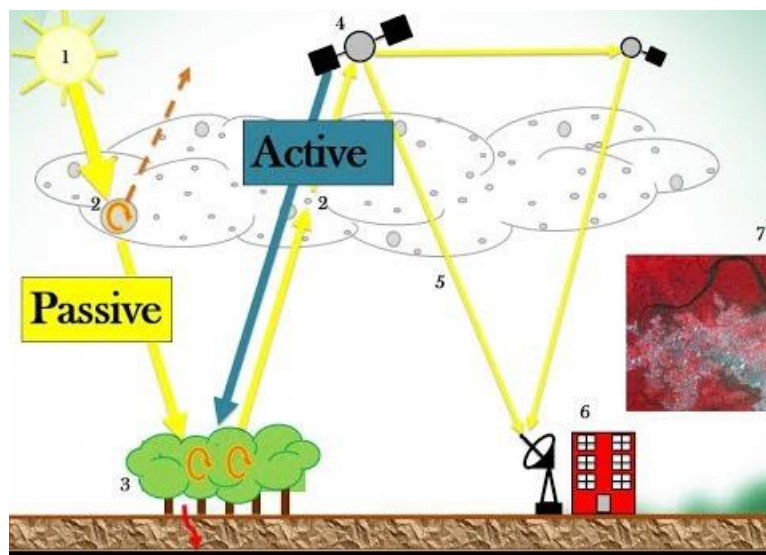


Figure 3. Principe de Télédétection (Coudoux, 1985)

- **La cible** est la portion de la surface terrestre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés.

- **La source d'énergie** est l'élément qui éclaire la cible en émettant une onde électromagnétique (flux de photons). Dans l'immense majorité des cas la source d'énergie est le soleil. Néanmoins, la technologie RADAR nécessite qu'un émetteur soit embarqué sur le satellite, dans ce cas le satellite lui-même est source d'énergie.

- **Le vecteur ou plate-forme** de télédétection mesure l'énergie solaire (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible. Le vecteur (plate-forme) peut être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36000 kilomètres.

La télédétection utilise les propriétés du rayonnement électromagnétique pour analyser à distance la surface du sol, de l'océan ou l'atmosphère. Une bonne connaissance de la physique élémentaire du rayonnement est indispensable à l'interprétation des résultats de la télédétection (Kergomard, 1990).

La télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles.



Figure 4. Interaction entre l'énergie incidente et la cible

Lorsque l'énergie atteint la cible, la surface peut :

Lorsque l'énergie atteint la cible, la surface peut :

- **Absorber (A)** l'énergie ;
- **Transmettre (T)** ;
- Ou **Réfléchir (R)** l'énergie incidente.

L'énergie incidente totale interagira avec la surface selon l'une ou l'autre de ces trois modes d'interaction ou selon leur combinaison.

La proportion de chaque interaction dépendra de la longueur d'onde de l'énergie, ainsi que de la nature et des conditions de la surface.

Rayonnement électromagnétique et spectre

Le **signal** c'est la part d'énergie reçue puis **réfléchie** par une cible en direction du capteur sous forme de **rayonnement** électromagnétique.

Le **rayonnement électromagnétique** à deux composantes que sont :

- La longueur d'onde équivaut à la longueur d'un cycle d'une onde, ce qui correspond à la distance entre deux crêtes successives d'une onde (λ en m ou sous multiples tels que μm ou nm).
- La fréquence représente le nombre d'oscillation par unité de temps (f en Hertz ou ses multiples).

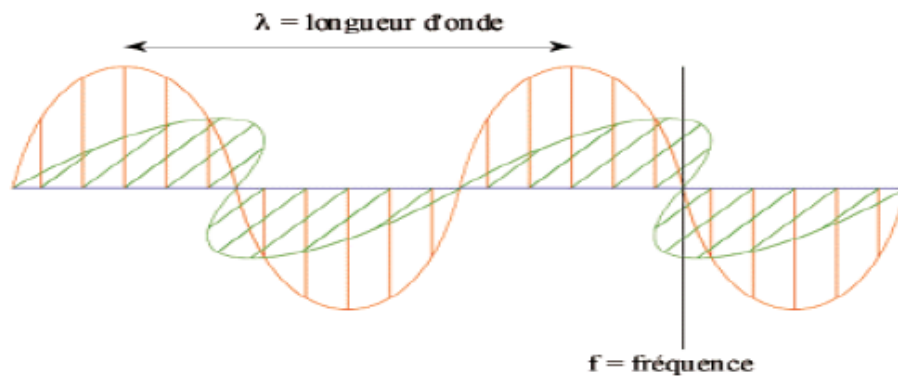


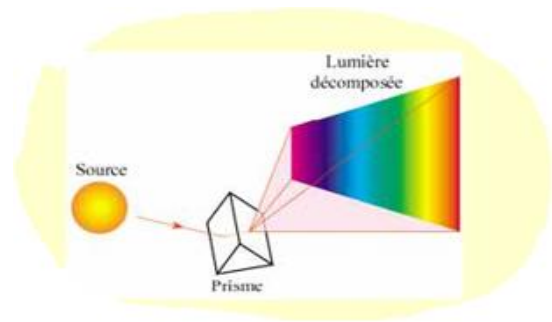
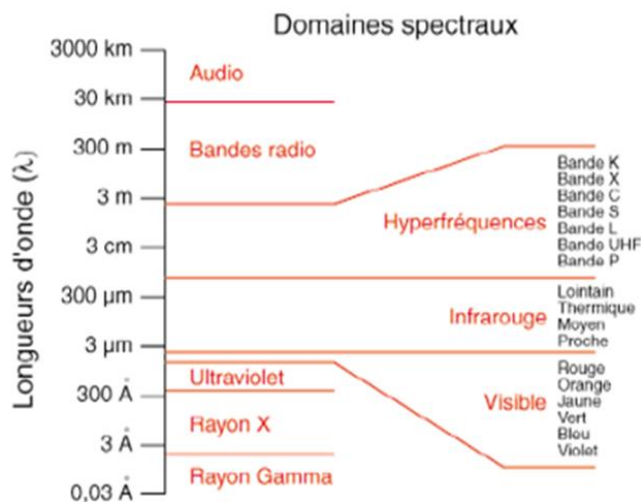
Figure 5. Composantes du rayonnement électromagnétique

Si $\lambda \nearrow$ $f \searrow$ et si $f \nearrow$ alors $\lambda \searrow$

Afin de comprendre l'information tirée des données de télédétection, il est essentiel de bien saisir les caractéristiques du rayonnement électromagnétique (λ et f).

Le **spectre** électromagnétique :

C'est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes. Il s'étend des **courtes longueurs** d'onde (rayons gamma et rayons X) aux **grandes longueurs** d'ondes (micro-ondes et ondes radio).



a- décomposition du rayonnement électromagnétique

b- Décomposition de la lumière

Figure 6. Décomposition du rayonnement électromagnétique et de la lumière

La télédétection utilise plusieurs régions du spectre électromagnétique.

Ainsi, lorsque la lumière passe à travers un prisme, elle se décompose en plusieurs couleurs constituantes (principe de l'arc en ciel).

Les capteurs embarqués sur les satellites peuvent enregistrer les ultraviolets (rare), le visible, le proche infrarouge, l'infrarouge et les hyperfréquences.

Alors que les pellicules photographiques ne peuvent techniquement enregistrer que les longueurs d'onde visibles et proche infrarouge.

3.3. Système de gestion de base de données SIG et SGBD traditionnels

3.3.1. Définition de la base de données

La base de données sur les sols est une collection structurée de données géographiques et attributaires sur les sols d'une zone d'étude. Elle est destinée aux techniciens et responsables locaux comme outil de prise de décision pour le choix de l'implantation des futurs projets de construction, d'aménagement et de protection des biens et des habitants.

3.3.2. Tables attributaires

La base de données doit comprendre des tables attributaires pour chaque couche de données géographiques. Les tables attributaires doivent contenir les informations suivantes : l'identifiant de chaque zone d'étude, les paramètres physiques, chimiques et mécaniques des sols de chaque zone, la date de collecte des données, la source des données et les métadonnées.

3.3.3. L'originalité des SIG (Charre, 1991)

Les SIG sont particulièrement bien adaptés aux données se présentant sous forme de cartes, relatives par exemple à la topographie, à l'hydrographie, aux types de sols, etc. Ils proposent des

outils qui rendent efficaces d'anciennes techniques comme la superposition de cartes qui permet la mise en relation d'informations relevées sur des objets géographiques de nature différente (routes, parcelles, bâtiments, etc.) mais participant au même espace.

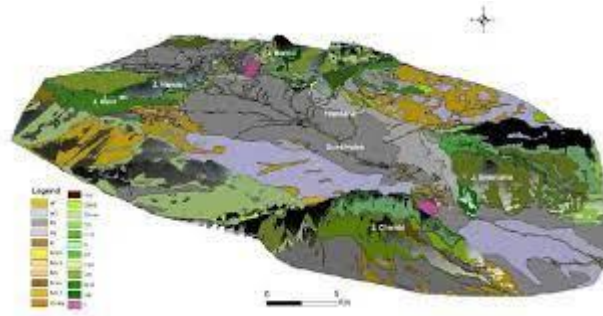


Figure 7. Superposition de cartes pour la mise en relation d'informations sur des objets géographiques

Un SIG est un système de gestion de base de données (SGBD) qui se distingue des SGBD "traditionnels" par sa capacité à structurer les données sur la base de critères spécifiquement spatiaux comme la localisation (Zeitouni & Yeh, 1999).



Figure 8. SGBD type SIG

L'accès au SGBD se fait par l'intermédiaire d'un langage d'interrogation qui évite à l'utilisateur final d'avoir à connaître tous les détails de l'organisation de données. En plus du SGBD, un SIG renferme de nombreuses fonctions de cartographie automatique ou assistée par ordinateur ainsi que des moyens infographiques permettant l'édition du résultat des traitements.



Figure 9. Langage d'interrogation SQL

Mais la principale originalité d'un SIG réside dans sa capacité à mettre en relation des données graphiques (les éléments des cartes enregistrées dans le système) et des données non graphiques comme, par exemple, des statistiques établies sur les objets spatiaux dont les éléments graphiques donnent une représentation.

Ainsi, un SIG n'est pas seulement une base de données alphanumérique, ni un système infographique, ni un logiciel de cartographie automatique. Il se compose d'éléments provenant de chacun de ces grands domaines sans pour autant se réduire à l'un d'entre eux. Autrement dit, une application de "cartomatique" faisant appel à la statistique, à "l'analyse des données", à la modélisation et à la cartographie automatique ne passe pas obligatoirement par un SIG (Brunet, 1987).

4. Caractérisation des sols de la commune de Metarfa

4.1. Problématique

La planification d'implantation et la réalisation de nouveaux projets posent un problème délicat pour le choix des terrains appropriés, non seulement d'un point de vue juridique, mais aussi d'une topographie, d'une hydrographie, des précipitations, de la lithologie, du couvert végétal, du type de sol, de la position relative à la route, au barrage, aux oueds, aux failles, etc. une base de données devient donc un outil indispensable pour la caractérisation des sols d'une zone d'étude.

4.2. Présentation de la zone du Hodna

4.2.1. Situation géographique de la wilaya de Msila

Située à 450 mètres d'altitude, la wilaya de Msila a pour coordonnées géographiques 35°42'7" au Nord comme latitude et 4°32'48" à l'Est comme longitude (Wikipédia, s.d.).

Elle est limitée par Bouira, Bordj Bou Arreridj au nord Batna, Sétif à l'est, Médéa et Djelfa à l'Ouest et Biskra au Sud (figure 10).

Elle est créée par arrêté du 29 septembre 1884 (à effet au 1er janvier 1885) à l'aide de territoires distraits de la commune indigène de M'Sila. Elle est supprimée par arrêté du 14 janvier 1957 (Bakir, 2019). C'est l'une des wilayas intérieures, composé de 15 daïras et 47 communes (figure 11).

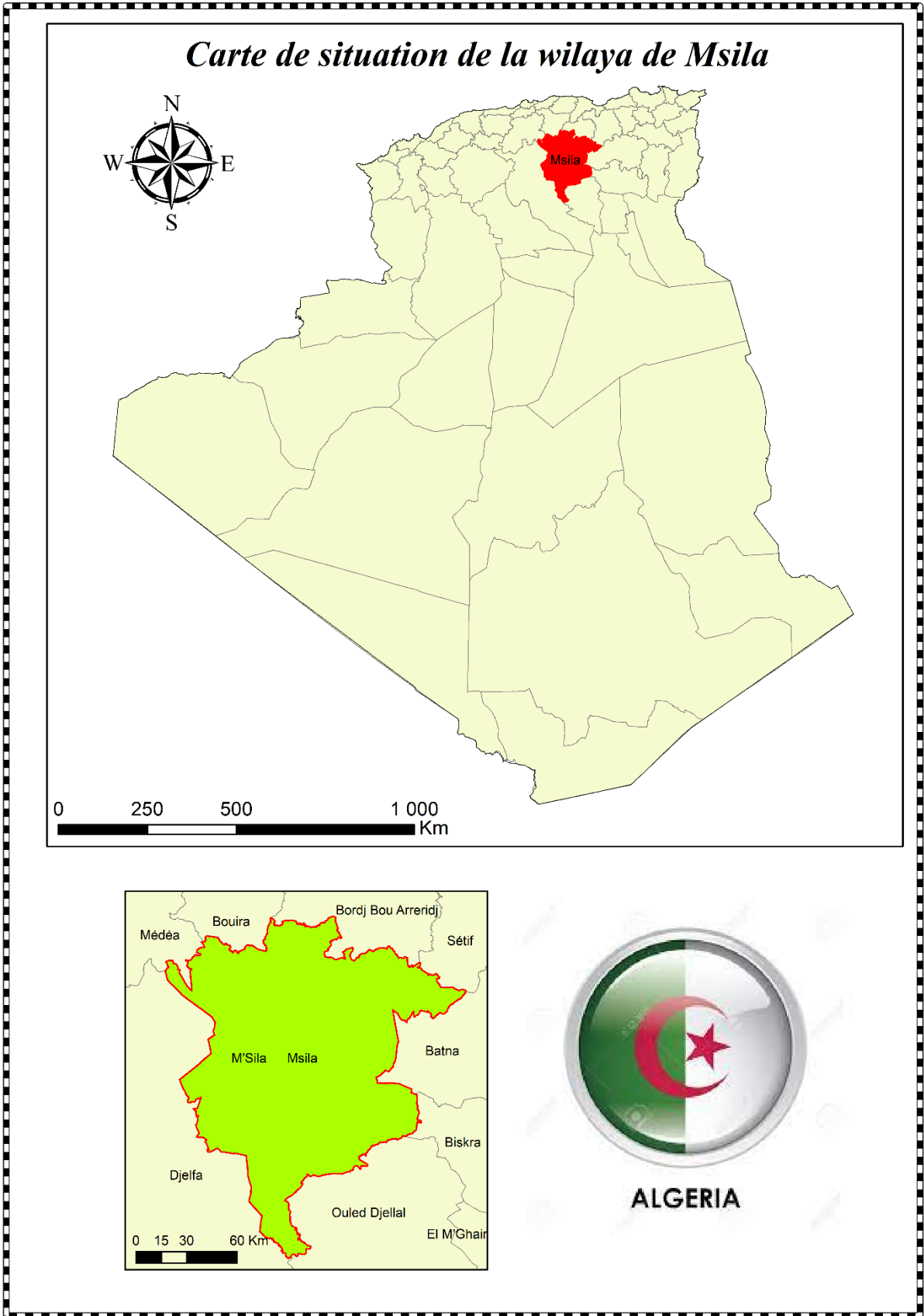
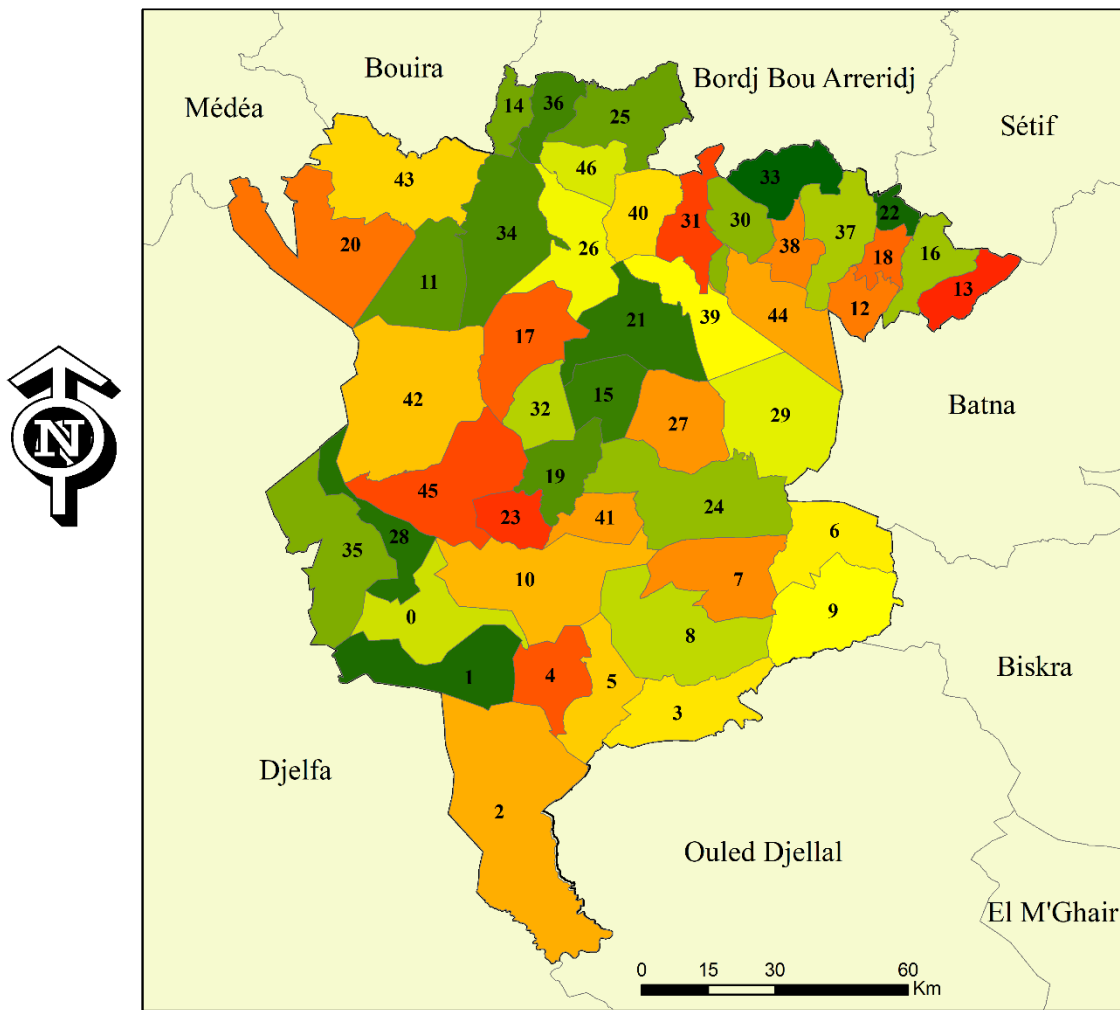


Figure 10. Carte de situation de la wilaya de M'sila

Communes de la wilaya de Msila



Communes_W_Msila			
	Ain Errich		Bou Saâda
	Ain El Hadjel		M'Tarfa
	Ain El Melh		Maadid
	Ain Fares		Chellal
	Ain Khadra		Dehahna
	Belaiba		Magra
	Ben Srour		Medjedel
	Beni Ilmane		Mohamed Boudiaf
	Benzouh		Ouanougha
	Berhoum		Ouled Addi Guebala
	Bir Fodda		Ouled Atia
	Chellal		Ouled Derradj
	Djebel Messaad		Ouled Madhi
	El Hamel		Ouled Mansour
	El Houamed		Ouled Sidi Brahim
	Hammam Delaa		Ouled Slimane
	Khattouti Sed El Djir		Oultem
	Khoubana		Sidi Ameur
	M'Cif		Sidi Aïssa
	M'Sila		Sidi Hadjeres
			Sidi M'hamed
			Slim
			Souamaa
			Tamsa
			Tarmount
			Zarzour

Figure 11. Carte du découpage administratif de la wilaya de M'sila

4.2.2. Relief de la wilaya de Msila (ANIREF)

Msila constitue la capitale de la région du Hodna, elle constitue la continuité saharienne c'est une wilaya de l'intérieur, dont la superficie est de dix-huit mille cent soixante-quinze kilomètres carrés (18175 km²), à la date du 31/12/2021 elle compte 1 387 158 habitants, elle fait partie de la cuvette **endoréique** (où le réseau hydrographique ne se raccorde pas au niveau de la mer et où les eaux se perdent dans les terres) du Hodna qui se caractérise par l'existence de quatre zones naturelles :

- La zone de steppe : elle couvre 55% du territoire de la wilaya et se caractérise par un couvert végétal clairsemé traduisant le degré de dégradation des parcours ;
- La zone de la plaine du Hodna : elle représente 33% du territoire de la wilaya et est réservée essentiellement à la céréaliculture, aux cultures maraîchères et à l'arboriculture ;
- La zone de montagne : elle représente 07% du territoire de la wilaya, comprend quelques massifs forestiers et elle est réservée à l'agriculture de montagne de type extensif ;
- La zone de chotts et de dépression avec le chott El Hodna au Centre Est et le Zahrez Chergui au Centre Ouest (appelée aussi plaine inondée ou Sebkhha).

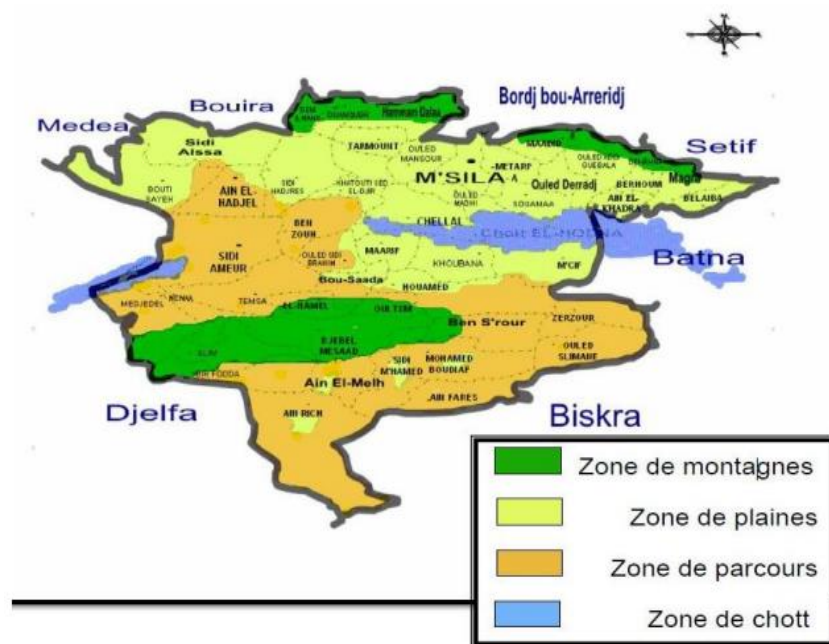


Figure 12. Carte de relief de la wilaya de Msila (ANIREF)

4.3. Etude de cas : Base de données des sols de la commune de Metarfa

4.3.1. Situation de la zone d'étude

Metarfa est une commune de la wilaya de M'Sila en Algérie, situé à 35° 41' 58" du Nord de l'équateur et 4° 37' 03" de l'Est de Greenwich et dont la superficie est de 224 km² (wikipedia, s.d.).

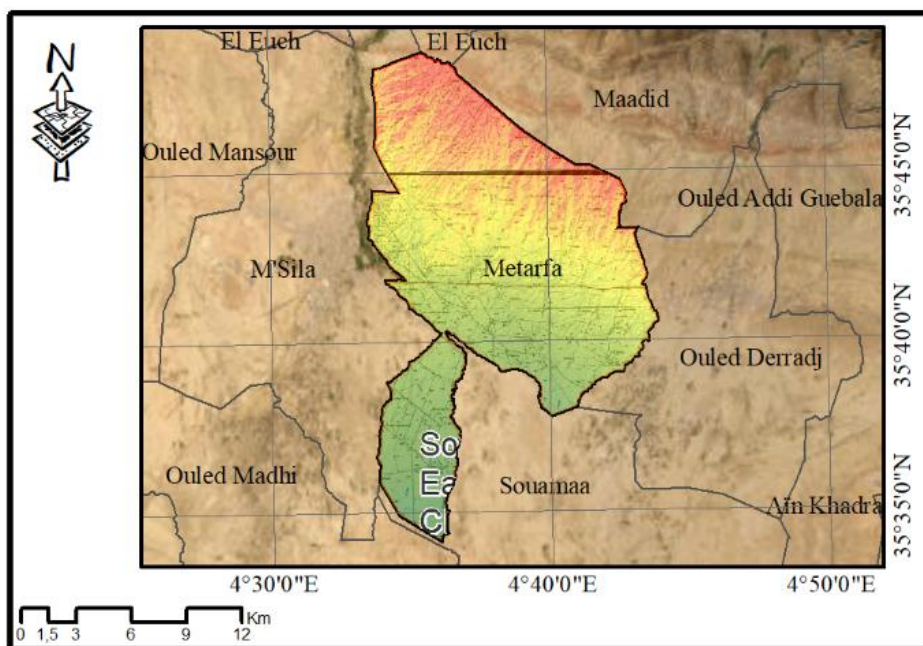


Figure 13. Carte de situation de la commune de Metarfa

4.3.2. Méthodologie 5A

Les SIG sont des outils informatiques qui permettent de manipuler des données géoréférencées, ils sont dotés d'un système de gestion de base de données (SGBD) et permettent de répondre à un grand nombre de questions. Comme le système universel n'existe pas, il faut les adapter selon les objectifs fixés. Toutefois ils ont en commun des fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque système, regroupées en 5 familles sous le terme des « 5A » pour : Abstraction, Acquisition, Archivage, Analyse et Affichage.

1. Abstraction

Modélisation des données géographiques et de leurs spécifications.

2. Acquisition des données (Collecte des données)

En utilisant les SIG et la télédétection, les données cartographiques ont été collectées à partir de différentes sources, y compris les bases de données publiques et privées, les images satellites et les relevés sur le terrain.

3. Archivage (stockage des données)

Les données ont été stockées dans une base de données numérique et traitées avec le logiciel ArcGIS.

4. Analyse des données

Nous avons utilisé différentes méthodes d'analyse spatiale et temporelle pour produire des cartes numériques.

5. Affichage de données et de synthèses à la fois sur écran et sur carte(diffusion)

4.3.3. Cartes thématiques

Les données collectées sont utilisées pour produire des cartes thématiques des importants facteurs déclenchant ou de prédispositions de déclenchement des risques naturels :

- Topographie

A partir du modèle numérique de terrain et de Google Earth, trois cartes représentant la topographie de la commune ont été établies, celles des altitudes, des pentes et de l'exposition des pentes (figure 14).

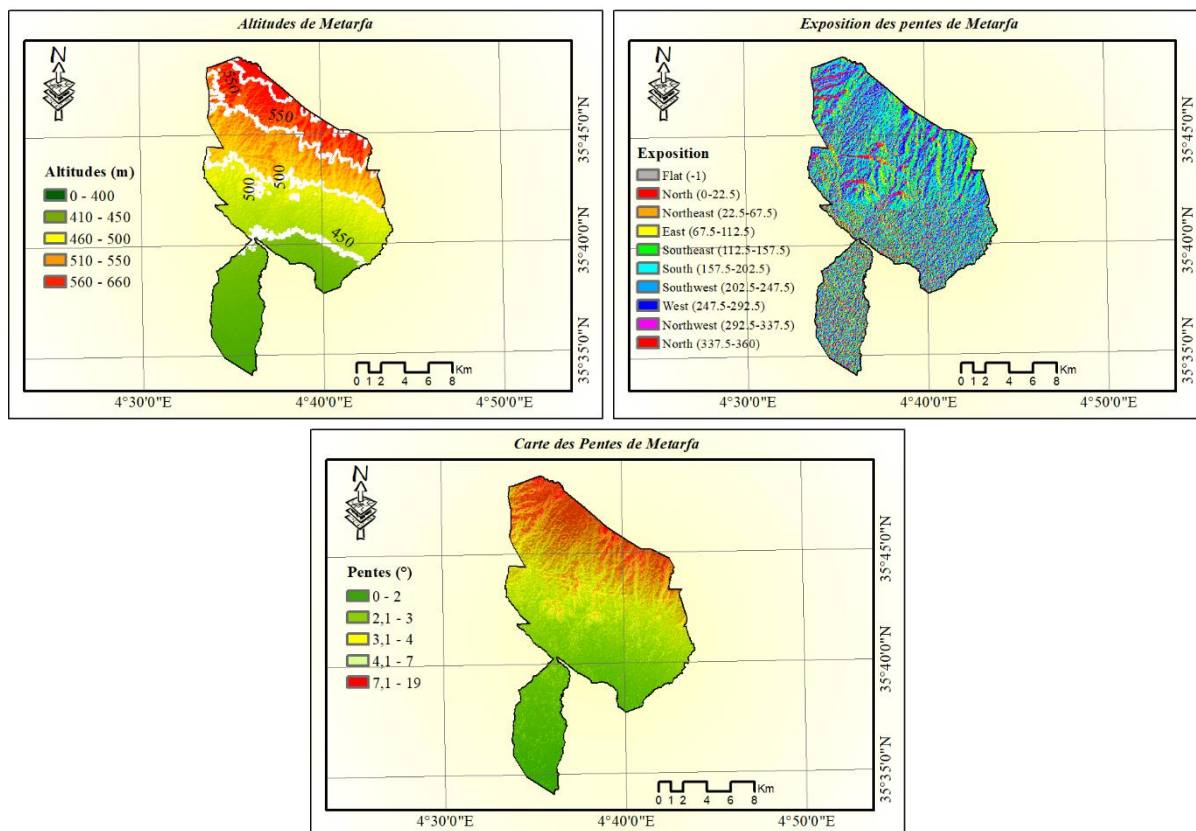


Figure 14. Cartes de topographie de la commune de Metarfa

- Géologie

A partir des cartes géologiques N°168 de Msila et 141 de Maadid, ainsi qu'un fichier shapefile de la géologie de l'Algérie récupéré d'un site spécialisé en SIG, nous avons établi la carte géologique simplifiée de la commune de Metarfa (figure 15).

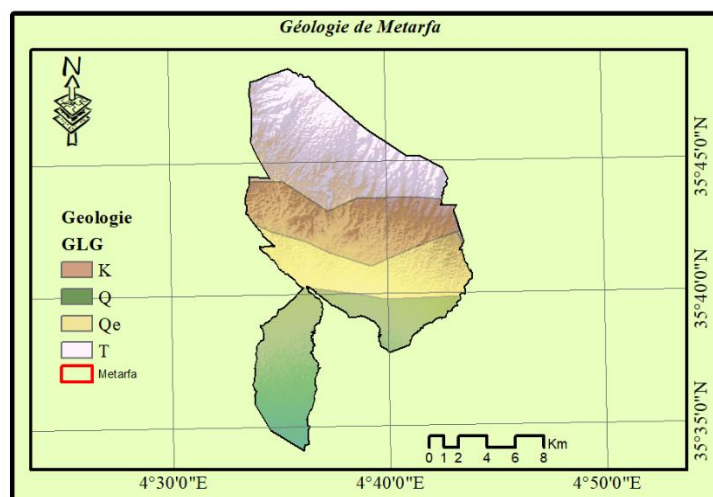


Figure 15. Carte de Géologie de la commune de Metarfa

- Types de sols

A partir d'un fichier shapefile et de la carte des sols de la FAO, une carte des types de sols simplifiée de la commune de Metarfa a été établie (figure 16).

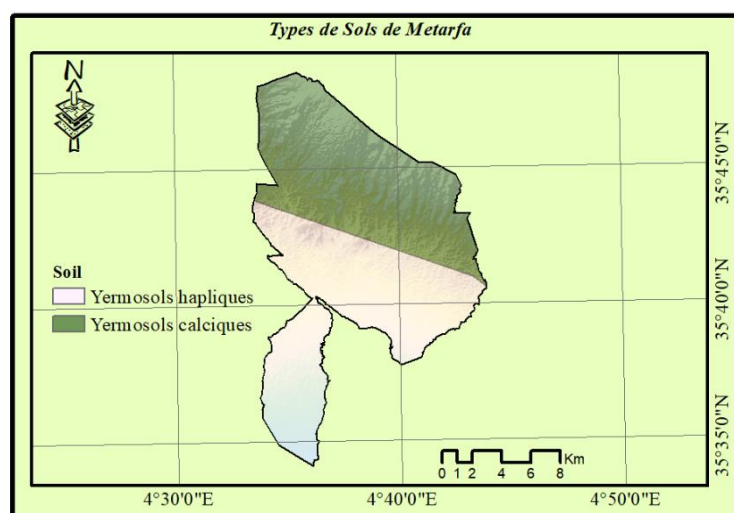


Figure 16. Carte des types sols de la commune de Metarfa

- Occupation des sols

En utilisant des images satellitaires du site ESRI, DivaGIS, Landsat et Google Earth, une carte d'occupation des sols a été réalisée (figure 17).

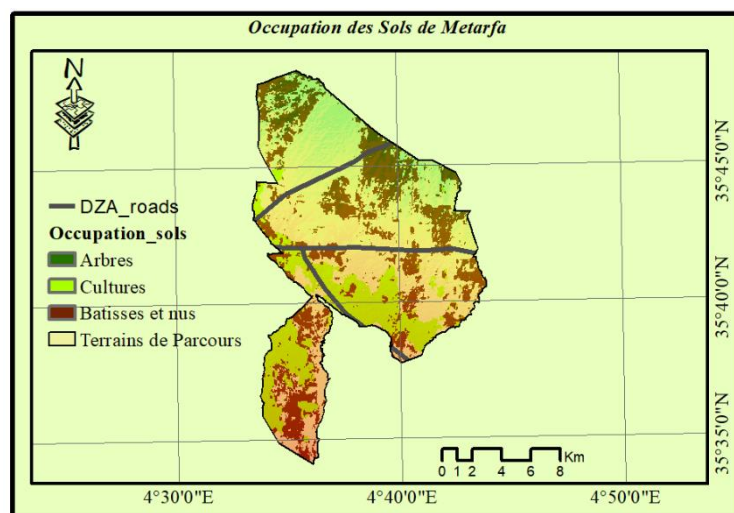


Figure 17. Carte d'occupation des sols de la commune de Metarfa

- Précipitations

A partir des données climatiques recueillis du site internet, une carte des précipitations de la commune de Metarfa a été établies (figure 18).

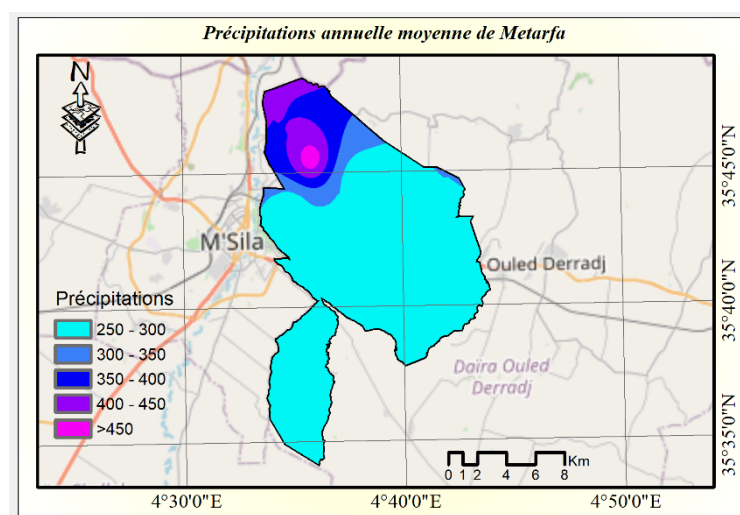


Figure 18. Carte des précipitations de la commune de Metarfa

- Réseau hydrographique

A l'aide de l'outil "Hydrology" de l'analyse spatiale du logiciel ArcMap, et après plusieurs étapes (Fill, Flow direction, Flow accumulation, Stream Order et Raster vers polyligne) la carte du réseau hydrographique a été réalisée (figure 19).

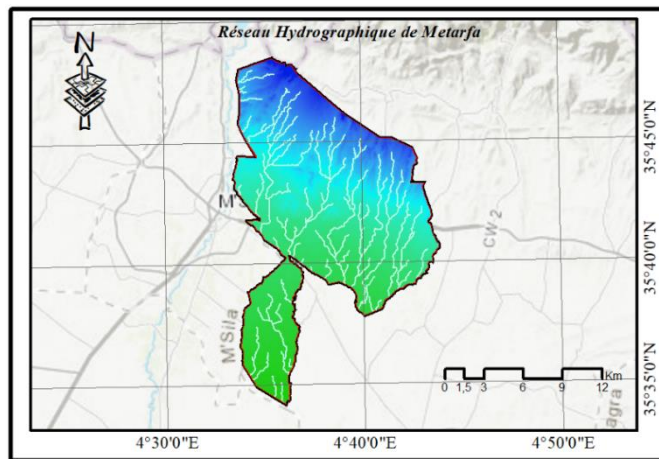


Figure 19. Carte du réseau hydrographique de la commune de Metarfa

- Réseaux divers (routier, ferroviaire et écoulement d'eau)

A partir des données du site OpenStreetMap, et un traitement avec ArcMap, une carte du réseau routier, ferroviaire et écoulement d'eau a été établie (figure 20).

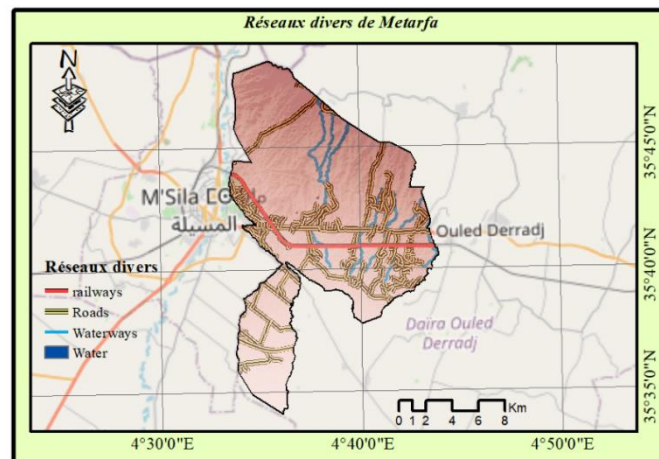


Figure 20. Carte du réseau routier, ferroviaire et écoulement d'eau

4.3.4. Cartes thématiques

Les données cadastrales sont disponibles, mais elles sont payantes, et comme nous n'avons pas besoin d'un relevé complet, nous avons décidé, pour plus de précisions, de créer un extrait du plan de cadastre de la commune de Metarfa, qui comprend quelques parcelles (figure 21).

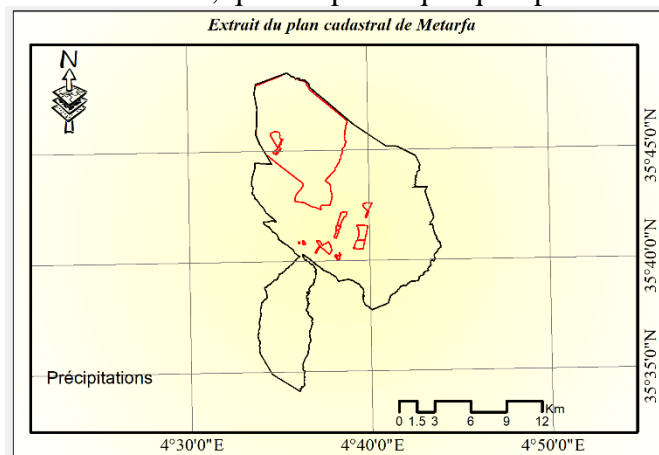


Figure 21. Extrait du plan de cadastre de la commune de Metarfa

4.3.5. SGBD de Metarfa

A partir des cartes thématiques réalisées à la même projection UTM WGS84 zone 31N, et la même résolution 30x30 pixels. D'un extrait cadastral de quelques lots à titre d'exemple de la commune de Metarfa actualisé en 2018.

En utilisant l'outil zonage surface "zonal Statistics as table", figure 21, on a créé des tables attributaires pour chaque paramètre selon le zonage cadastral.

En joignant les tables selon un attribut commun on a pu développer une base de données contenant toutes les informations pour chaque lot et qu'on peut développer selon les besoins des autres secteurs agricole, sanitaires, éducatives, recherches scientifiques etc.

La lecture de la base se fait graphiquement par simple clic de souris ou sous forme de tables ArcGIS, fichiers Excel ou Access.

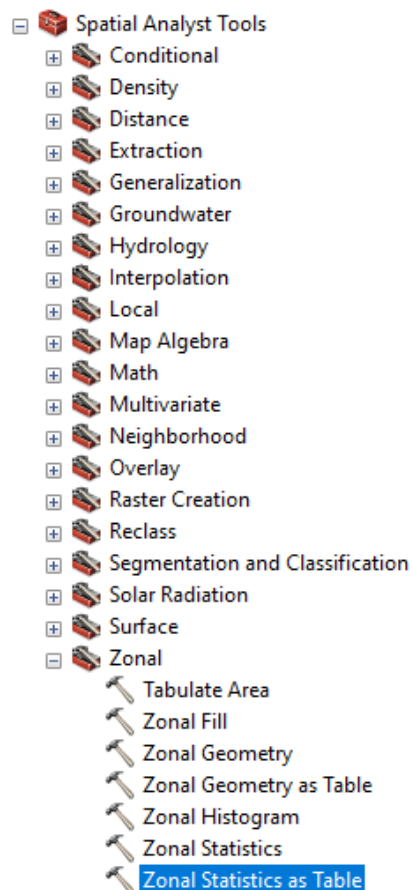


Figure 22. L'outil zonage surface "zonal Statistics as table"

Les renseignements pour chaque lot sont : N°, Nature juridique, propriétaire, coordonnées géographique, surface, périmètre, occupation de sols, type de sols(FAO), géologie, précipitations, l'altitude, la pente, l'exposition des pentes, les distances aux réseaux divers etc. sont regroupés dans une base structurée type SIG dite SGBD (figure 22).

Field	Value
FID	827
Shape	Polygon
se_no	27
il_no	55
shape_area	16207.730549
nom_fr	AQUINA
prenom_fr	SAMIR
prenom_per	SMAIL
nature	Privée
Precipitat	300
Altitudes	0
Pentes	
Routes	
Chemin_Fer	
Cours_eau	0
Type_Sols	
Geologie	

Figure 23. Type de base de données

5. Conclusion

La télédétection est une technique qui permet de collecter des informations sur la surface terrestre à partir de photographies aériennes ou de satellites.

Les systèmes d'information géographique (SIG) et la télédétection sont des outils précieux pour la caractérisation des sols et la planification urbaine.

L'utilisation des SIG et de la télédétection pour la caractérisation des sols est une approche efficace pour comprendre notre environnement et protéger notre sécurité. Les cartes produites peuvent être utilisées pour la planification territoriale, la gestion des risques environnementaux et la protection de la sécurité des citoyens. Il est important que les autorités locales, les décideurs et les incubateurs comprennent l'importance de la caractérisation des sols pour leur travail et leur responsabilité envers les citoyens. La qualité des données et l'exactitude des analyses spatiales doivent être garanties pour une utilisation efficace.

6. Références

- ANIREF. (s.d.). *Monographie de la wilaya de M'SILA*. Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière/Ministère de l'Industrie.
- Bakir, Y. (2019). *L'intégration des principes du développement durable dans les opérations d'urbanisme-Etude d'évaluation Cas d'étude POS 05 M'sila*. Institut De Gestion Des Techniques Urbaines-University of Msila.
- Benacchio, V. (2017). *Etude par imagerie in situ des processus biophysiques en milieu fluvial: éléments méthodologiques et applications*. (Doctoral dissertation, Université de Lyon).
- Brunet, R. (1987). *La carte mode d'emploi*. Récupéré sur <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=6397082>
- Charre, J. M. (1991). *Pratique des systèmes d'information géographique raster*. GIP RECLUS/Maison de la géographie.
- Coudoux, J. (1985). Pour une initiation: à la Télédétection... *Hommes et Terres du Nord.*, 3, pp. 240-241. Récupéré sur https://www.persee.fr/doc/htn_0018-439x_1985_num_3_1_2008_t1_0240_0000_8
- DAHOU, A. D. (2022). *Développement de la base de données des Foggaras au sud de l'Algérie par un système d'information géographique*. Doctoral dissertation, Université Ahmed Draia Adrar.
- Kergomard, C. (1990, Kergomard, C. (1990). La télédétection aérospatiale: une introduction. Cours de télédétection, Ecole Normale Supérieure Paris). *La télédétection aérospatiale: une introduction*. Cours de télédétection, Ecole Normale Supérieure Paris.
- wikipedia. (s.d.). Récupéré sur <https://fr.wikipedia.org/wiki/M%27Tarfa#/maplink/1>
- Wikipédia. (s.d.). *wikipedia*. Récupéré sur <https://fr.wikipedia.org/wiki/M%27Sila>
- Zeitouni, K., & Yeh, L. (1999). Le Data Mining Spatial et les bases de données spatiales. (R. i. géomatique, Éd.) 9(4).