

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULoud MAMMERI DE TIZI OUZOU



FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master
en sciences de la Terre et de l'Univers.

Option : Ressources Minérales, Géomatériaux et Environnement.

Thème :

Cartographie SIG au 1/200 000 de la région
de l'Amador (Hoggar Central, Algérie):
Géologie et minéralisations associées.

Réalisé par : Mr Chalal Said

Encadré par : Dr. ZEGHOUANE Hocine.

Soutenu publiquement le : 04/10/2018. Devant le jury composé de :

Mr AMROUCHE.F

MAA, U.M.M.T.O

President

Mr ZEGHOUANE.H

MCB, U.M.M.T.O.

Promoteur

Mr.Hamis

MAA, U.M.M.T.O.

Examineur

Promotion : 2017/2018

Remerciements

Tout d'abord je remercie le bon Dieu de m'avoir donné la santé, le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens à remercier mon promoteur Monsieur ZAGHOUANE Hocine qui m'a proposé ce sujet et qui m'a encadré, et qui m'a aidé à réaliser ce travail. Je suis tellement honoré d'avoir profité de sa grande expérience.

Je tiens aussi à remercier l'ensemble de jury ; un grand merci à Monsieur F. AMROUCHE qui a accepté de présider ce jury, c'est un grand honneur pour moi et Mr A. Hamis d'avoir accepté d'examiner ce travail, j'espère qu'il l'a trouvé à la hauteur.

Je remercie tous mes enseignants et toute l'équipe pédagogique pour tous leurs efforts soit à l'université de Sétif et surtout à l'université de Tizi-Ouzou.

Et en fin, un grand merci pour Monsieur KACIMI MOUHAMED (enseignant à l'université de Constantine), qui m'a beaucoup aidé durant tout mon cursus universitaire.

Dédicace :

Je dédie ce travail a tout ma grande et surtout ma petite famille ; ma mère et mon père, je les remercie infiniment pour tous leurs aides durant tout ma vie, mon petit frère Lounis et mes deux sœurs Célia et Noria ; je vous souhaite que de la réussite durant toute votre vie, mon oncle Brahime et sa femme, Azzedine et sa femme, le petite Karim et surtout le grand, Hamida, Djoudjou et Faiza, mes grands père et toute la famille CHALAL et ATMANI.

Je dédie aussi ce travail pour tous mes meilleurs amis qui mon aider de loin au du pré ; S.M. Oumar, R.M.Akli, B.Idhir, M.Salem, Ch.A.Rahim, A.Gania, D.N.Meriem, D.Nadjet et sa sœur D.Amina. Mes amis ; M.Rinas, B.Lounis, S.Yahya. Mes collègues de travail ; B.Bilal, M.Mabrouk, Ch.Bahia, Ch.Fatima et surtout H.Kahina. Et toutes les personnes dont les noms n'ont pu être citées.

Je dédie et je remercie mes amis et mes frères ; M. Ali, I. Mohamed, Kh.Belaid, L. Idir, I.Yanis, B.Mounir, L.Kiki A.Chafaa, Ch.Toufik, K.Karim, T.Amine, Ch.Khaled, T.Aziz, Ch.Ali, B.Bilal, L.Yazid, O.Koceila et tous les étudiants M2 RME, M2 GBS et tous les étudiants de département des sciences géologiques dont les noms n'ont pu être cités.

Je dédie ce travail et je remercie M.Rafik pour la confiance et l'aide qui m'a donné ; c'est comme un grand frère pour moi.

Je dédie ce travail et je remercie L.Youcef qui m'a beaucoup aidé.

Résumé :

Depuis l'avènement de l'outil informatique, les SIG sont devenus actuellement une puissance de stockage, mise à jour, affichage des données cartographiques géoréférencées. Ces données qui sont aujourd'hui éditées en format vecteur permettent une meilleure gestion des ressources minérales de notre région d'étude.

Dans un SIG, l'information géographique est représentée selon deux modes : le raster et le vecteur. Ce dernier est composé de données graphiques et de données alphanumériques.

Dans ce mémoire on se propose de réaliser une cartographie SIG de la région de l'Amador. L'extraction d'information a été réalisée à partir d'une base de données géologique et géologique complète et récente des feuilles 1/200 000 constituant la région de l'Amador (Erg Tihoudaine et In Sakane) qui fait partie du Hoggar Central. Le travail consiste à extraire et mettre sous forme de couches d'information vectorielles l'ensemble des entités géologiques et géologiques (lithologie, magmatisme, tectonique et minéralisations) à fin de mieux appréhender et comprendre la répartition des minéralisations de la région étudiée.

Pour atteindre l'objectif, j'ai travaillé sur ArcGis ; un logiciel SIG développé par ESRI et composé essentiellement de trois interfaces (ArcMap, ArcCatalog et ArcToolbox).

Le SIG obtenu représente une nouvelle forme de données numériques, susceptibles d'être mises à jour, améliorées et enrichies et qui permettra une meilleure gestion de richesses géologiques de la région d'étude.

Mots clefs ; Hoggar Central, Amador, système d'information géographique, géologie, minéralisation, Carte géologique, ArcGis.

Abstract:

Since the appearance of data-processing tool, GIS became a powerful storage, update and georeferenced mapping display data. Today these data, edited in vector format, allows a best mineral resources management of our study area.

In GIS, geographic information is represented in two modes: raster and vector. The latter mode is composed of graphical data and alpha-numerical data.

In this research, we propose to establish a GIS mapping of the Amador region. The extraction of geo-information has been took from geological and complete recent catalog mineralization databases of the 1/200 000 map of the Amador region (Tihoudaine Erg and In Sakane) that belongs to the central Hoggar.

The work consists of extracting and transforming into layers vector information of the whole geological and geological entities (lithology, magmatism, tectonic and mineralization) in order to understand the extension of the mineralization of our study area.

In order to reach our objective, ArcGis software has been used. This GIS software, developed by ESRI, is composed of three main applications (ArcMap, ArcCatalog and ArcToolbox).

The GIS Obtained represent a new form of numerical data that can be updated, improved and enhanced in the future and which allows a best management of geological geo-information of our region.

Keywords: central Hoggar, Amador, Geographic Information System, geology, mineralization, geological map, ArcGis.

Table des matières :

Introduction générale.

I-But et objectif du travail :.....	1
II-Présentation de la région d'étude :.....	1
II-1-Situation géographique :.....	1
II-2-Climat :.....	2
II-3-Faune et Flore :.....	3

Chapitre I: Géologie régionale.

I-Introduction :.....	4
III-La structuration du Hoggar :.....	4
III-1-Le Hoggar oriental :.....	6
III-2-Le Hoggar central :.....	6
III-3-Le Hoggar occidental :.....	7
III-3-1-Le rameau oriental:.....	8
III-3-2-Le rameau occidental :.....	8

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

Introduction :	12
I-Litho-stratigraphie :.....	13
Introduction :.....	13
I-A-Protérozoïque (PR) :.....	13
I-A-1-Proterozoïque inferieur (PR1) :.....	13
I-B-Le paléozoïque (PZ) :.....	14
I-B-1-Les formations Cambro-Ordovicienne :.....	14
I-B-2-Formations Siluriennes :.....	15
I-B-4-Formation Dévonienne (Tassilis externe) :.....	16
I-C-Formations Mésozoïques (MZ) :.....	17
I-D-Formations Quaternaires :.....	19
II-Magmatisme :.....	20
I-Introduction :.....	20
II-Résultats d'observations géologiques et pétrographiques des massifs magmatiques étudiés :.....	21

II-1-Massif de Tiski :.....	21
II-2-Massif de Tiheli :	21
II-3-Massif Est Eheghene :.....	22
II-4-Massif SE Telghetebba et Est inouhaouène :	22
III-Tectonique et Métamorphisme :	22
III-1-Métamorphisme :	22
III-1-1-Étage structuro-métamorphique du Protérozoïque précoce (PR1) :.....	22
III-1-2-Etage structural du Protérozoïque :	23
III-2-Tectonique :	23
III-2-1-Failles profondes :	24
III-2-2-Failles régionales :	24
III-2-3-Failles secondaires :	24
III-2-4- Chevauchements :.....	24
III-2-1-Système sub-meridien (N à NNO) :.....	24
III-2-2-Système NE-SO :	24
III-2-3-Système NO-Se à W-E :.....	24
IV-Minéralisation :	25
IV-1-Description des indices minéralisés :.....	25
IV-1-1-Métaux rares :.....	25
IV-1-1-A-Indice de Ce-La :.....	25
III-3-1-Données géographiques:.....	30
III-3-2-Données attributaires :.....	30
III-3-3-Métadonnées :	30
III-3-4-Les utilisateurs :.....	31
III-3-5-Méthodes :.....	31
III-4-Présentation des données dans un SIG :	31
III-4-1- Mode raster :.....	31
III-4-2- Mode vecteur :.....	32
III-5-Comparaison des Modes vecteurs et rasters :.....	32
III-6-Les domaines d'application :.....	34
III-7-SIG sous Arcgis :	34
III-7-1-Définition du logiciel Arc Gis :.....	34
III-7-2-Présentation du logiciel ArcGIS 10 :.....	35

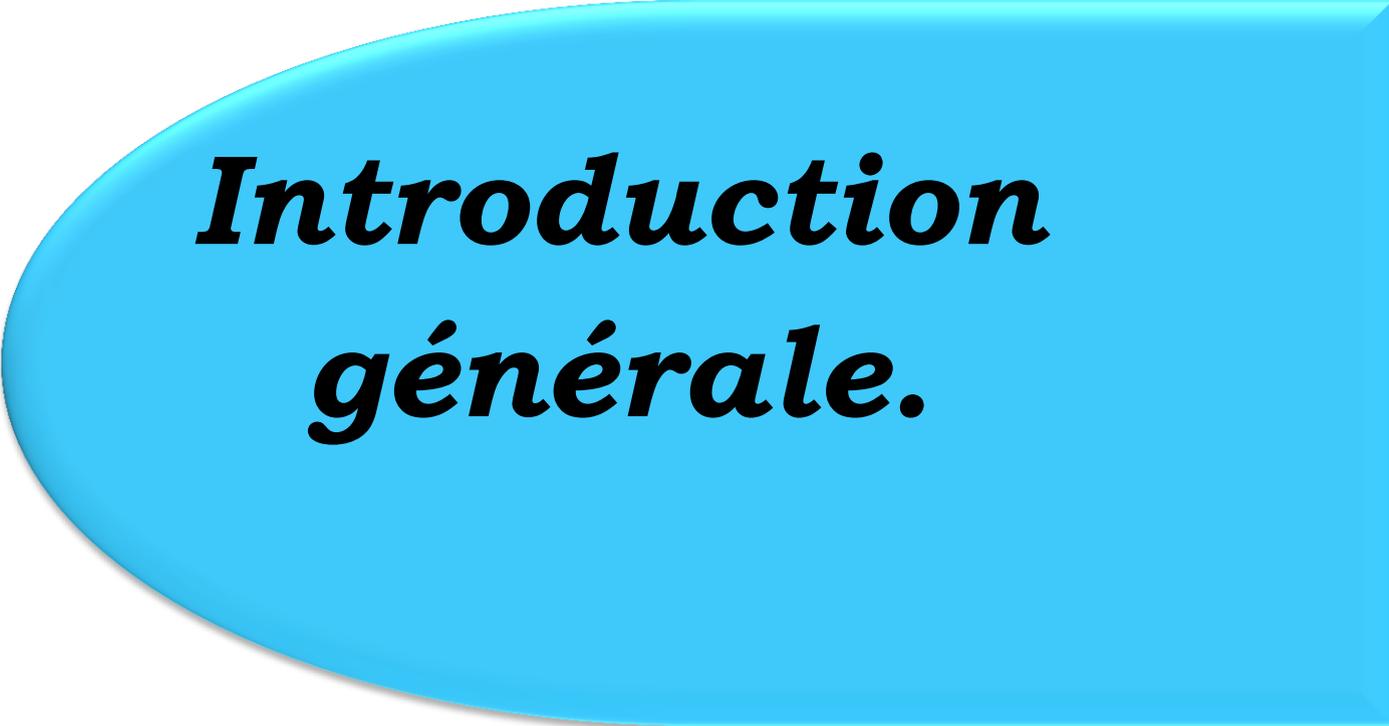
Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

I-Introduction :.....	38
II-Les étapes suivies pour la réalisation du projet (exemple : carte In Sakane) :.....	38
Les étapes suivies pour le géoréférencement d'une carte à l'aide d'ArcGIS 10 :.....	38
II-2-La vectorisation des différentes formations géologiques :.....	43
II-2-1-Les étapes de la vectorisation d'une carte à l'aide d'ArcGIS :.....	43
II-2-1-1-Vectorisation de l'information surfacique (Polygone) :.....	46
II-2-1-2-Vectorisation de l'information linéaire (Polyligne) :.....	49
II-2-1-3-Vectorisation l'information Ponctuelle (Point) :.....	51
II-5- Mise en page de la Carte :.....	56
Conclusion générale :.....	59
Liste des figures :	60
Bibliographie :	61
Liste des annexes :	62

Liste des figures.

Figure I-1 : Situation Géographique de la région d'étude.....	3
Figure I-2 : Carte des terranes du bouclier touareg avec les trois rameaux.	5
Figure I-3 :Subdivision structurale de bouclier Touareg.....	6
Figure I-4 : Carte schématique des terranes de bouclier Touareg.	11
Figure II-1 : Présentation de la région d'étude.....	12
Figure II-2 : colonne stratigraphique de la Série de Serouanout	17
Figure II-3 : Colonne stratigraphique de la série volcanique de Taharaq	18
Figure II-4 : la colonne stratigraphique de la région d'étude.....	20
Figure III-1 : Base de données géographiques	28
Figure III-2 : Composants d'un SIG.	29
Figure III-3 : Taille/dimension de la représentation de la donnée.....	31
Figure III-4 : Exemple de quelques données Raster	32
Figure III-5 : mode de représentation de l'information géographique dans un SIG.	33
Figure III-6 : Présentation de fenêtre ArcMap.	35
Figure III-7 : Présentation de fenêtre ArcCatalog.....	37
Figure III-8 : ArcToolBox à travers ArcMap.....	37
Figure IV-1: Une présentation d'interface d'ArcCatalog montrant icone connexion a un dossier.....	39
FigureIV-2 : Montrant le chemin à suivre pour modifier les références spatiales.....	41
FigureIV-3 : Carte In Sakane géoréférencier.	42
Figure IV-4 : Carte In Sakane Découpée.....	43
Figure IV-5 : comment Ouvrir un nouveau fichier de formes.	44
Figure IV-6: forme Fenêtre de fichier de forme	45
Figure IV-7: Outil Éditeur.....	46
Figure IV-8: Présentation des dépôts alluvionnaires de la feuille In sakane.....	47
Figure IV-9 Présentation des formations Pédiments et pédiplaines de la feuille In Sakane.....	47
Figure IV-10 : Présentation de l'information lithologique vectorisée de la feuille In Sakane.....	48
Figure IV-11: Vectorisation des formations magmatisme de la feuille In Sakane.....	49
Figure IV-12 : Présentation des différentes failles de la feuille In Sakane.	50
Figure IV-13 : Présentation des différents filons de la feuille In Sakane.....	50
Figure IV-14 : exemple du rapport du l'ORGGM avant la transformation en fichier Excel.	51
Figure IV-15 : exemple du rapport du l'ORGGM après la transformation en fichier Excel.	52

Figure IV-16 : Vectorisation de la couche «Anomalie Géochimiques» de la feuille In Sakane.	54
Figure IV-17 : Vectorisation de la couche «Points Minéralisés» de la feuille In Sakane.	54
Figure IV-17 : Vectorisation de la couche «Métaux Nobles» de la feuille In Sakane.	55
Figure IV-18 : Vectorisation de la couche «Polymétaux» de la feuille In Sakane.	55
Figure IV-19 : Mise en page et habillage de la carte In Sakane.	57



***Introduction
générale.***

I-But et objectif du travail :

La cartographie SIG permet de transformer des cartes sous format raster en format vecteur passant par une série d'applications : numérisation, géoréférencement, vectorisation et analyse des données.

Le SIG appliqué à la géologie et les minéralisations associées a été établie à partir des cartes géologiques au 1/200.000, dans le but de moderniser et informatiser les données sur la géologie et les minéralisations de la région de l'Amadrour.

Dans le présent mémoire, j'ai utilisé des cartes, et des rapports géologiques élaborés par l'ORGM sur la région de l'Amadrour, pour enfin créer un SIG sur la région, ce qui simplifie d'avantage la gestion et l'aide de la prise de décisions durant les futurs projets géologiques dans cette région du Hoggar.

L'objectif essentiel de ce travail est donc d'appliquer les connaissances théoriques et pratiques acquises durant notre cursus universitaire dans le but de réaliser une cartographie SIG appliquée aux formations géologiques (lithologiques et magmatiques), tectoniques et gîtologique. L'étude concerne deux feuilles au 1/200.000 du Hoggar central qui sont les suivantes :

- Erg Tihoudaine.
- In Sakane.

II-Présentation de la région d'étude :

II-1-Situation géographique :

La région de l'Amadrour est située au côté NNE de Tamanrasset, elle est représentée par deux (02) feuilles à l'échelle (1/200 000) (**Figure I**) avec des coordonnées géographiques suivantes :

- Erg Tihoudaine : Long. 6°-7°, Lat. 25°-26°.
- In Sakane : Long.6°-7°, Lat.24°-25°.

La limite Ouest de la feuille In Sakane est à 20Km du village communal d'Idlès, qui est une localité électrifiée avec une grande réserve en eau potable, à 150Km de ce village on trouve la base centrale d'In Eksr.

Introduction générale.

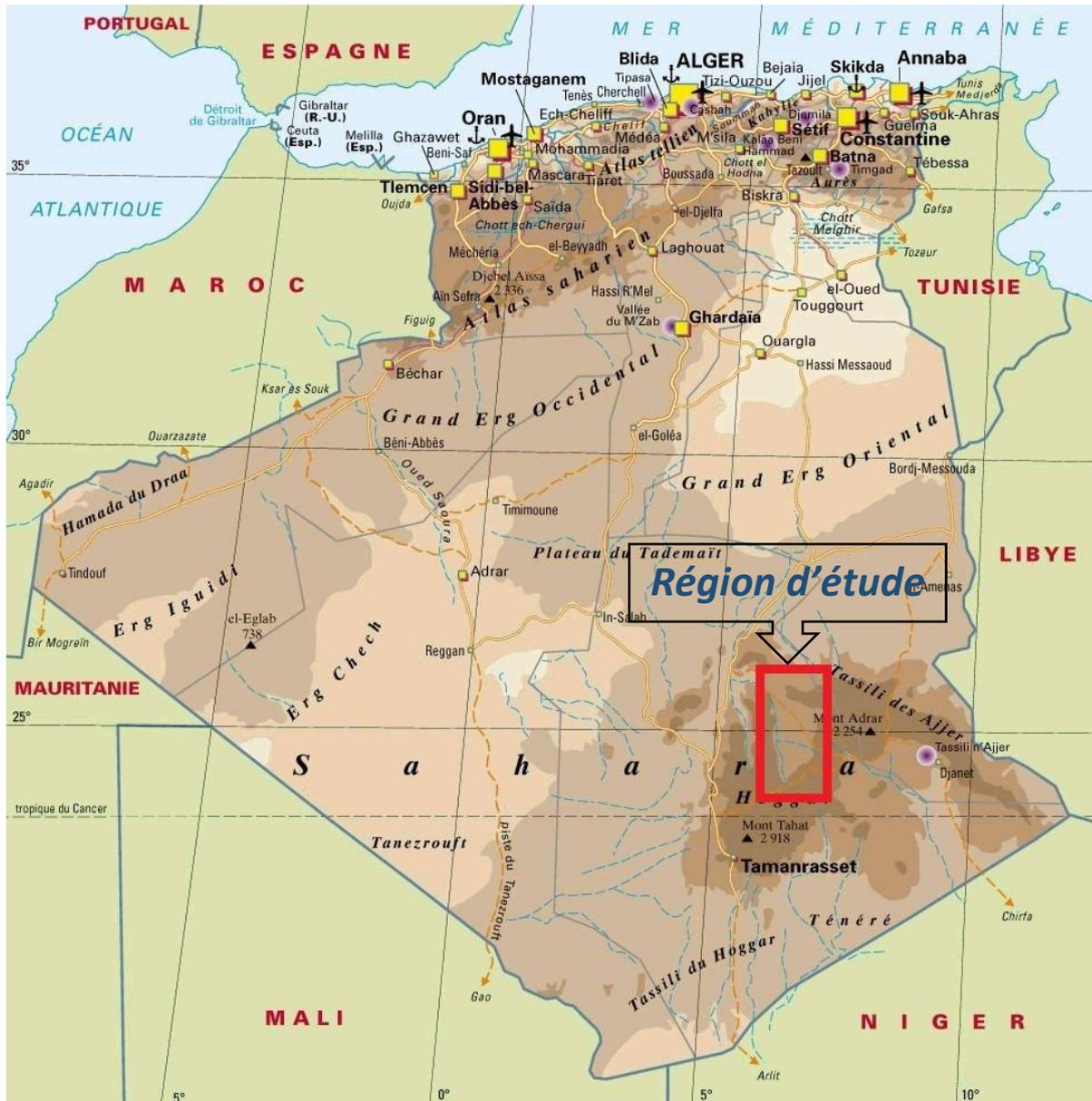


Figure I : Situation Géographique de la région d'étude (Centreblog).

La région de l'Amador fait partie du Hoggar central qui a fait l'objet de nombreuses études géologiques, structurales, magmatiques...etc.,

L'étude du bouclier Touareg est l'une des bases de la compréhension de la formation du Gondwana, un site privilégié pour les études géologiques et en particulier la tectonique, en Algérie, il est représenté par le grand massif du Hoggar.

II-2-Climat :

Cette région est caractérisée par un climat désertique, aride et sec,

avec des étés longs et très chauds et hivers courts et modérément chauds. Les précipitations atmosphériques sont en général rares mais parfois dévastatrices, à cause de l'absence de la végétation.

II-3-Faune et Flore :

La faune du Hoggar, typique des régions désertiques, est représentée en général par les dromadaires, antilopes, gazelles et rares mouflons, les gerboises, scorpions, vipères, fennecs, hyènes. La flore est pauvre, elle pousse en général dans les lits d'oueds et autour de certains points d'eaux permanents. Plus fréquemment les tamaris, l'acacia, graminées sauvages, les peupliers et l'armoise.

Le Hoggar est considéré parmi les plus beaux sites naturels au monde et une zone touristique par excellence, avec ces dunes de sable de couleur dorée, gueltas et beaux méandres et canyons creusés profondément dans les lits d'oueds à travers les tassilis, levés et couchers du soleil indescriptible.

Chapitre I :
Géologie régionale.

Chapitre I : Géologie régionale.

I-Introduction :

Le Hoggar se situe au sud du Sahara algérien, sa superficie est de 550 000 Km². Il se situe à 2000 Km au sud d'Alger. Sa capitale économique Tamanrasset a les coordonnées suivantes : longitude 5°27', l'altitude 22°41'. Il est le massif Précambrien le plus important de l'Algérie.

II-La structuration du Hoggar :

Le Hoggar fait partie de la chaîne panafricaine dite *Transsaharienne* (**Cahen et al. 1984**). Il se plonge au sud-ouest, au Mali, par le massif des Iforas et à l'Est, au Niger, par le massif de l'Aïr. Sa structure est effectuée principalement au cours de l'orogénèse panafricaine de 750 à 550 Ma (**Liégeois et al. 1994 ; Black et al. 1994 ; Liégeois et al. 2000**).

Le Hoggar est subdivisé par deux grands accidents le 8°30' et le 4°50' en trois grands domaines : Occidental, Central et Oriental. (**Lelubre 1952**).

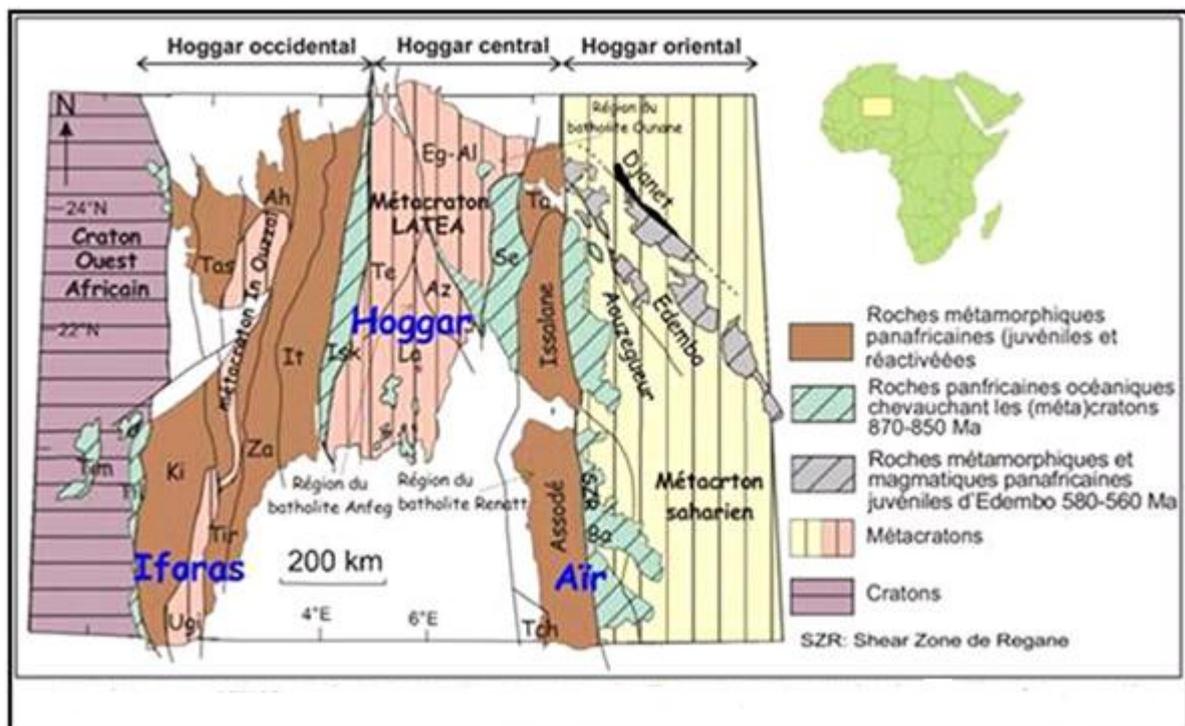


Figure I-1 : Carte des terranes du bouclier touareg avec les trois rameaux.

Il suffit de traverser le Hoggar pour remarquer d'abord la discordance des formations gréseuses des Tassilis, sur un ensemble comprenant des granites et des gneiss, des schistes, des micaschistes, des cipolins, des quartzites et des amphibolites.

Les travaux de **Kilian (1922, 1932)** établirent l'âge Ordovicien de la discordance tassilienne et à partir de l'observation de ce qu'il considérait comme une discordance sous les conglomérats métamorphique de oued

Chapitre I : Géologie régionale.

Sersouf (Sud-Est de Tamanrasset), il divise le Précambrien du Hoggar en deux termes distincts, le Suggarien à la base et le Pharusien au sommet.

Par la suite, **Bertrand et Caby (1978)**, ont établi une autre subdivision du Hoggar basée sur les plans lithologique, structural et l'évolution magmatique, en le séparant en trois grands domaines qui sont de l'Ouest vers l'Est : le Hoggar Occidental, le Hoggar Central et le Hoggar

Oriental, séparés respectivement par les accidents $4^{\circ}50'$ et $8^{\circ}30'$ d'échelle continentale (**Figure I.2**).

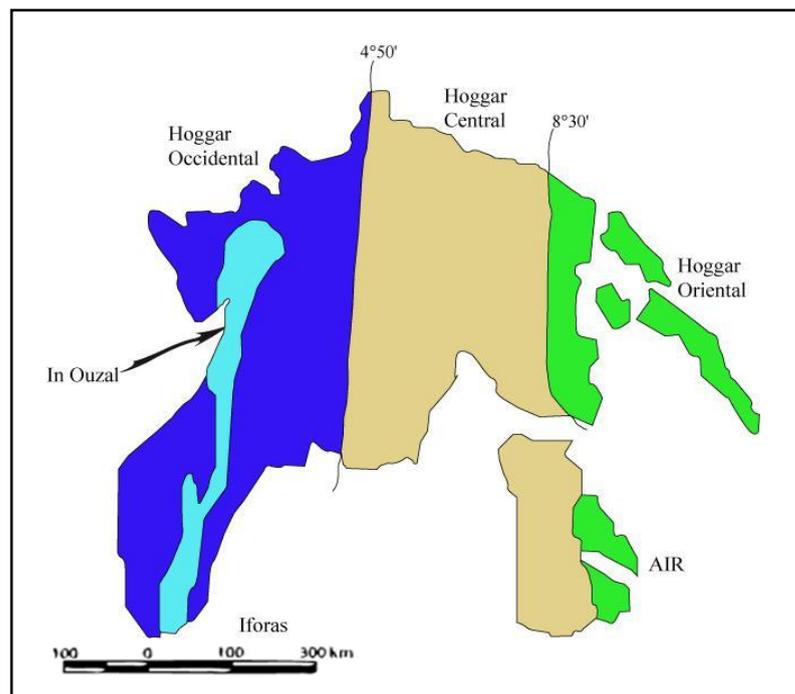


Figure I-2 : Subdivision structurale de bouclier Touareg (Bertrand et Caby 1978).

Black et al (1994) ont introduit la notion de terranes et interprètent le Hoggar comme une amalgamation de 23 terranes mobiles à histoire tectono-métamorphiques différentes et parfois sans rapport génétique les uns avec les autres.

Ces terranes limités par de grandes failles généralement subméridiennes, sont comme suit :

II-1-Le Hoggar oriental :

Constitué de trois terranes partageant comme front commun la zone de cisaillement $8^{\circ}30'$. Ils sont accolés les uns aux autres par l'intermédiaire de failles orientées NNW-SSE. (In.Semiani A. et al, 2004) Il s'agit des terranes de :

Chapitre I : Géologie régionale.

- **Djanet** : caractérisé par des roches volcanoclastiques et sédimentaires, métamorphisées dans le faciès schistes vertes supérieur ;
- **Edembo** : comprenant un socle granito-gneissiques mésozonal, des sédiments épizonaux et des rhyolites ;
- **Aouzegueur** : comprenant des sédiments détritiques, des amphibolites, des ophiolites et un large développement de granodiorite d'âge 725Ma (Caby, 1982) qui supporte en discordance la série détritique de Tiririne, épaisse de plus de 8000m. Cette dernière qui encaisse la plupart des minéralisations d'or de ce domaine structural du Hoggar a été scindée en trois unités lithologiques distinctes (Bertrand et al. 1978). L'unité inférieure comprend des argiles, des dolomites, des grès fins et des jaspes ; l'unité intermédiaire entièrement détritique comprend des conglomérats polygéniques à la base, surmontée par une alternance d'arkoses et de grauwackes et l'Unité Supérieure caractérise un environnement fluvial, dénommée localement série Arokam.

II-2-Le Hoggar central :

Limité à l'Est et à l'Ouest par les cisaillements 8°30 et 4°50. Les formations d'âge Paléoprotérozoïque et Mésozoïque prédominent dans ce domaine. Les premières sont formées de migmatites et gneiss rubanés de composition granodioritique à tonalitique associés à des gneiss ocellés, alors que les formations Mésoprotérozoïques sont caractérisées par la présence d'une alternance de marbres, d'amphibolites, de quartzites et localement de micaschistes. Le matériel volcano- sédimentaire d'âge Néoprotérozoïques se situe le long des zones de cisaillement en formant des ceintures étroites d'allongement subméridien. Toutes ces formations s'organisent à l'échelle du Hoggar central en six terranes séparés par des couloirs tectoniques ; (In. Semiani et al, 2004) il s'agit de :

- **Môle Issalane**: d'allongement N-S, mis en contact avec le cisaillement 8°30' et incluant un vieux socle (Archéen ? et Paléoprotéroïque) granulitique rétro-morphosé en faciès schistes verts, des séquences supracrustales amphibolitiques, des granites d'anatexie (670Ma) et des granitoïdes calco-alclins fortement potassiques (645-580 Ma) ;
- **Sérouénout**: d'allongement NS, comprenant des amphibolites, des micaschistes alumineux graphitisés, des granodiorites foliées, d'âge

Chapitre I : Géologie régionale.

mésoprotérozoïque et des granites calco-alcaline fortement potassiques d'âge 580 Ma ;

- **Egéré-Aleksod:** comportant des gneiss granulitiques archées et Paléoprotérozoïque qui ont subi la double influence de l'Eburnéen (2000 Ma) et du Panafricain, des formations supracrustales Mésoprotérozoïques avec des quartzites à magnétite, des quartzites à fuschite, des marbres, des amphibolites et des éclogites ;
- **Azrou-n-Fad:** au même contenu que le terrane Egéré-Aleksod
- **Tefedest:** qui comprend un socle amphibolitique incluant des séquences supracrustales et des granitoïdes calcoalcalins ;
- **Laouni:** qui se distingue surtout par l'abondance d'intrusions de granites post-tectonique riches en minéralisations de tungstène, d'étain et de béryllium, et de granitoïdes calco-alcalins porphyroïdes dans un socle gneissique et amphibolitique. Les formations volcano-sédimentaires associées à des intrusions de gabbros, affleurent sous forme de bandes linéaires N-S en se surimposant à des failles profondes.

II-3-Le Hoggar occidental :

Limité à l'ouest par le Craton ouest africain et à l'Est par l'accident 4°50'. Il est subdivisé en deux rameaux (oriental et occidental) séparées par le môle In-Ouzzal (terrane d'In-Ozzal) formé de matériaux d'âge archéen structurés et métamorphisés à l'Eburnéen (**Haddoum et al. 1994**). Il constitue un vaste domaine où affleurent essentiellement des formations volcano-sédimentaires. (**In. Semiani et al, 2004**)

II-3-1-Le rameau oriental:

Comprend quatre principales séries d'âge Néoprotérozoïque se distinguant par leur lithologie et leur chronologie relative. Ce sont de bas en haut : la série de plate forme à stromatolithes (**Caby, 1970**), la série volcano-sédimentaire, la série détritique et la série volcanogène. Ces séries sont envahies par des intrusions magmatiques de nature variée constituant l'essentiel des affleurements dans cette région. Plusieurs lambeaux de roches ultramafiques serpentinisées, généralent riches en chromite, sont associés aux niveaux inférieurs des formations volcano-sédimentaires. Les formations mésoprotérozoïques forment une ceinture

Chapitre I : Géologie régionale.

d'allongement N S, localisées en bordure du môle In Ozzal. (**In. Semiani et al, 2004**)

Dans ce rameau, il a été distingué quatre terranes :

- **Iskel:** comprenant surtout des sédiments de plate-forme à faciès schistes verts avec des marbres à stromatolites et des sills de roches basiques et ultrabasiques serpentinisés, des granitoïdes calco-alcalins (870-840Ma), des séries volcano-sédimentaires ;
- **In Tedeini:** comprenant surtout des sédiments détritiques à caractère flyschoidal, des molasses et des granitoïdes leucocrates fortement potassiques (650-550Ma) ;
- **Tin Zaouatene:** comprenant des gneiss à faciès amphibolite, des migmatites et des granites d'anatexie, des granitoïdes calco-alcalins fortement potassiques et des molasses à faciès schistes verts ;
- **Tirek:** comprenant des gneiss et des quartzites attribués au mésoprotérozoïque et des intrusions de granites et de gabbros panafricains.

II-3-2-Le rameau occidental comprend :

- ✓ Des fragments d'un socle gneissique d'âge Pléoprotérozoïque injectés par des granites datés à 2090 Ma (**Allègre et Caby, 1972**).
- ✓ La série à stromatolites telle que définie **R. Caby (1970)** dans le NW du Hoggar, d'âge Mésoprotérozoïque, métamorphisée dans le faciès amphibolite comparable à celle du rameau oriental.
- ✓ La série volcano-sédimentaire, d'âge Néoprotérozoïque, discordante sur cette dernière.

Dans ce rameau, trois terrains d'allongement ont été individualisés :

- **Kidal:** caractérisé par un socle de gneiss du Paléoprotérozoïque à noyaux granulitiques supposés d'âge archéen (similitude avec le môle In Ozzal), qui supporte en discordance, d'une part, des séquences supracrustales de plate-forme du Néoprotérozoïque intrudées par des granitoïdes déformés d'âge 695 Ma et, d'autre part, des formations molassiques sous forme de bassins isolés, recoupées par des batholites de granitoïdes calco-alcalins fortement potassiques vers 570-630Ma ;

Chapitre I : Géologie régionale.

- **Tassendjanet:** comprenant des gneiss éburnéens recouverts en discordance par la série à stromatolithes (Néoprotérozoïque) à laquelle s'associent des lentilles de roches ultrabasiques serpentinisées, elles-mêmes recouvertes par une série volcano-sédimentaire épizonale ;
- **Ahnet:** caractérisé surtout par le développement de quartzite à séricite, deltaïque (post Éburnéen) et de rhyolites datées à 1800 Ma et qui sont surmonté par la série à stromatolithe.
- **La série molassique:** (Eocambrien) est répartie à travers tout le Hoggar sous forme de bassins isolés développés surtout au NW.

Ils contiennent un matériel sédimentaire qui reflète le démantèlement des formations avoisinantes et dans lequel s'intercalent plusieurs niveaux de matériel volcanique essentiellement rhyolitique, daté au NW du Hoggar à 520Ma (**Caby, 1972**). Cette série correspond à l'ultime étape de l'orogénèse panafricaine. D'un point de vue structurel, impliquant les rejeux d'anciens accidents, au cours de la sédimentation de cette série (**In. Semianie et Al. 2004**).

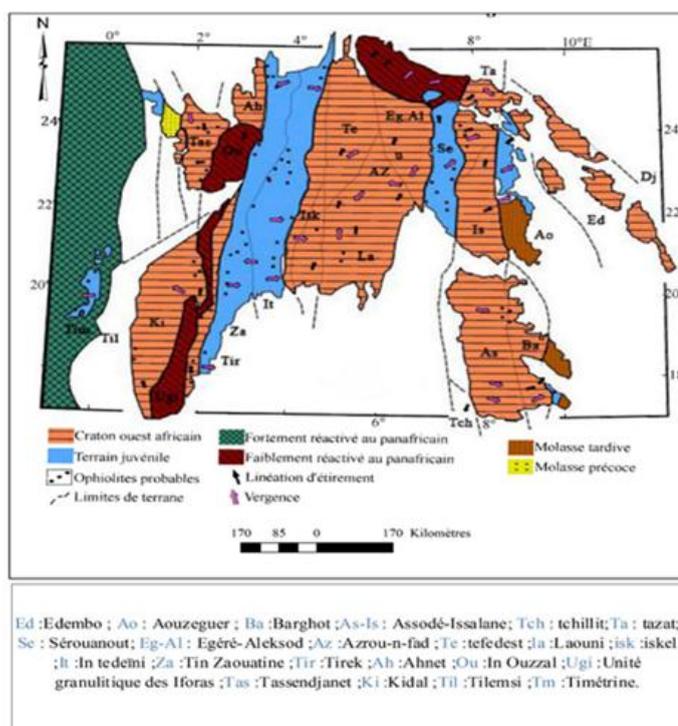


Figure I-3 : Carte schématique des terranes de bouclier Touareg (Black et al, 1994 ; liégeois et al, 2003, modifié).

Chapitre II :

Géologie de la région
d'étude.

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

Introduction :

La complexité du travail et la nature lithologique et tectonique de la région, et l'absence des cartes géologiques éditées, la géologie de la région d'étude a été décrite par les rapports de recherches systématiques et levés géologiques établis par l'ORGM en 1994. Pour sa description géologique, la région d'étude a été subdivisée en une seule partie.

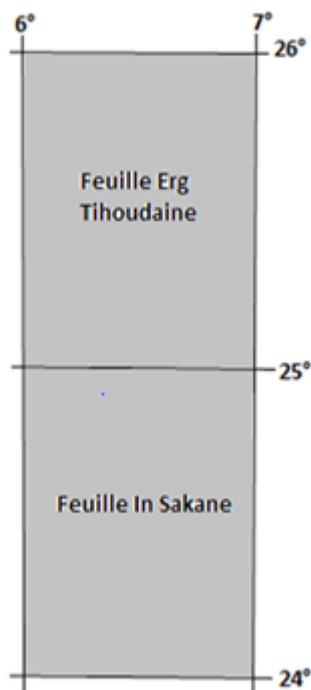


Figure II-1 : Présentation de la région d'étude (coupure régulières à l'échelle 1/200.000).

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

I-Litho-stratigraphie :

1-Introduction :

La région d'Amador (zone d'étude) est composée de deux feuilles de 1/200000, de mêmes caractéristiques géologiques (Lithostratigraphie, tectoniques, minéralisations).

La structure géologique des terrains étudiés est très complexe, les diverses formations géologiques rencontrées sont :

- **Formations protérozoïques** : représentées par la série d'Arechchoum, l'Aleksod et les granitoïdes du même âge. Le protérozoïque occupe près de 50% des deux (02) feuilles.
- **Dépôts de paléozoïques** : rencontrés au N et NE de la feuille Erg Tihoudaine.
- **Les basaltes post-crétacés** : rencontrés à la limite Ouest des deux (02) feuilles, leurs superficies sont estimées à 5%.
- **Dépôts quaternaires** : occupent près de 50% des deux (02) feuilles.

I-A-Protérozoïque (PR) :

Les formations métamorphiques rencontrées, affleurant dans la région sont d'âge protérozoïque inférieur.

I-A-1-Proterozoïque inférieur (PR₁) :

Comporte deux (02) séries métamorphiques, la série de l'Arechchoum, occupe la base, sa limite inférieure n'est pas définie dans la région, elle remonte à 2700 Ma, sa limite supérieure est estimée à 2000 Ma, sa composition est essentiellement gneissique.

En dessus on trouve la série d'Aleksod, sa limite supérieure est datée à 1000 Ma (**J M Bertrand 1994**), elle est gneissique, méta-sédimentaire, dans cette série les bancs de marbres et de quartzites sont assez fréquents, les critères de distinctions entre ces deux séries sont notamment conséquents, les ouvrages géologiques pré-existants montrant la présence d'une discordance structurale. Le caractère de leurs rapports réciproques n'est pas

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

tellement clair. Les différentes phases tectoniques ont touché les deux séries ont compliqué d'avantage leurs individualisation.

I-A-1-a Série de l'Arechchoum (PR1Ar) :

Sa lithologie est essentiellement gneissique ; on y trouve de gneiss à biotite, gneiss à amphiboles, plagio-gneiss, gneiss micassé à grenat, leptinite, gneiss quartziques, ortho-gneiss, migmatite et granite ultra-métamorphiques. Elle occupe de larges superficies de la feuille Erg Tihoudaine, elle se développe au centre et au NE de la feuille.

I-A-1-b-Série de l'Aleksod (PR1Al) : On trouve cette série dans la partie Nord-ouest de la feuille Erg Tihoudaine, son affleurement est dans la partie synclinale de l'Arechchoum. Elle occupe de vastes étendus dans la feuille In Sakane, en formant des plis, allongés et par endroit très déformés.

I-B-Le paléozoïque (PZ) :

Les dépôts paléozoïques sont observés au nord et au nord-est de la feuille Erg Tihoudaine. Les formations Tassiliennes relatives à la région d'étude sont attribuées au Cambro-Ordovicien, Silurien et Dévonien.

I-B-1-Les formations Cambro-Ordoviciennes :

On remarque la présence d'une discordance angulaire entre ces formations et les roches Pré-cambriennes, elle se situe à la base de la coupe du Paléozoïque.

Selon leur position et leur lithologie, on les subdivise en trois (03) formations ;

I-B-1-1-Formation des ajjers (CoAj) :

Cette formation affleure le long de la bordure Tassilienne, elle occupe une bonne partie de territoire Paléozoïque.

Cette formation commence par des conglomérats de base marquant la discordance angulaire avec les formations métamorphiques et magmatiques Pré-Cambriennes avec une croûte d'altération ferrugineuse de 2 à 15 m d'épaisseur. Puis viennent les gravelites et grès quartzeux à gros grains à

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

stratification horizontal et oblique. Son épaisseur est estimée à 130 m **(Gabriel et al 1968)**.

Cette formation marque la présence des fossiles de types VEXULUM et parfois des TIGILITES.

I-B-1-2-Formation d'In tahouite:

Elle s'étend du Nord au NNE de la feuille Erg Tihoudaine, sa limite inférieure suit le contact des grès quartzeux à stratification oblique de la formation des Ajers, sa limite supérieure coïncide avec la surface d'affleurement des grès mentionnés.

Elle est constituée de grès quartzo-feldspathiques à grains fins avec la présence des fossiles(Tigillites). La partie supérieure de la coupe est représentée par des grès quartzeux feuilletés à grains moyens, son épaisseur est irrégulière et atteint au maximum 50m.

I-B-1-3-Formation de Tamadjert (Otj) :

Elle occupe une partie aussi importante que la formation des Ajers et elle est surtout observable au centre de celle-ci. Elle est constituée de grès quartzeux massifs, essentiellement à gros grains et des niveaux leuciculaires de gravelites. Par endroit, on observe les galets. Son épaisseur maximale est estimée à 150m.

I-B-2-Formations Siluriennes :

I-B-2-1-Formation de L'Imirhou (VIM) :

Elle occupe une bande assez étroite (2-4Km) sillonnant latitudinalement le NE de la feuille Erg Tihoudaine sous forme de gradins.

D'après sa position structurale elle forme la dépression intra-Tassilienne séparant les tassilis internes (Ordovicien) des tassilis externes (dévonien). Sa lithologie est argileuse avec des bancs de calcaires argileux (ép. =0.7m) et des marnes.

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

I-B-3-Formations siluro-dévonniennes :

I-B-3-1-formation de l'Atafaitafa (Sd At) :

Elle affleure à l'extrême NE de la feuille Erg Tihoudaine en occupant une faible superficie (<40 Km²). Elle est concordante avec la série de l'Imihou.

Sa lithologie est argilo-gréseux hétérogènes comprenant des facies multiples : argiles siliceuses, grès argileux, grès ferrugineux oolitiques et sable quartziques à sédimentation irrégulière, lenticulaire, traces et pistes de Tigilites. Son épaisseur est de 80 à 150m au maximum.

I-B-4-Formation Dévonienne (Tassilis externe) :

I-B-4-1-Complex des grés du Fadnoun : elle occupe la partie la plus infime des formations paléozoïques. Cette formation est subdivisée en trois (03) formations dont deux (02) seulement affleurent sur le territoire d'étude.

I-B-4-1-a-Formation du Tifernine (DTi) :

Elle repose en discordance sur la formation de l'Atafaitafa. Composée de deux membres distincts.

- **Banc inférieure** : constituée de sable et grès massifs souvent grossiers à conglomératique à stratification oblique qui se développe dans tout la partie supérieure.
- **Talus à Tiglites** : Alternance irrégulière d'argiles silteuses et siltes micassés, de grès quartziques fins et de grès ferrugineux, oolitiques avec de nombreuses surfaces à galets d'argiles, fréquemment on trouve des traces organiques de types Spirophyton et une abondance de Tigilites. Son épaisseur maximale est de 40-50 m.

I-B-4-1-b-Formation de Tamelrik (DT) :

Elle repose en discordance angulaire sur la formation de Tifernine.

- **Barre moyenne** : alternance plus ou moins irrégulière de sable et grès massifs fins à microconglomérats à stratification oblique, son épaisseur est de 40-50 m.

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

- **Trottons** : Alternances répétées et régulières des grès, sable à stratification oblique, des grès ferrugineux, microconglomérats, silts, argiles et grès quartziques à Tigilites ce qui donne naissance à des Cuestas et des grès au trottons, son épaisseur est de 20-60 m.

I-C-Formations Mésozoïques (MZ) :

I-C-1-Crétacé moyen (Cr2) -Série de Serouanout (Ci) :

Son affleurement est à l'Est de la feuille In Sakane sous forme de petites lambeaux isolés, elle appartient au continental intercalaire, cette série forme une discordance angulaire avec les formations métamorphiques du protérozoïque.

La discordance angulaire est marquée par des conglomérats polygéniques surmontés par des grès de composition quartzo-feldspathiques (**Figure II-1**).

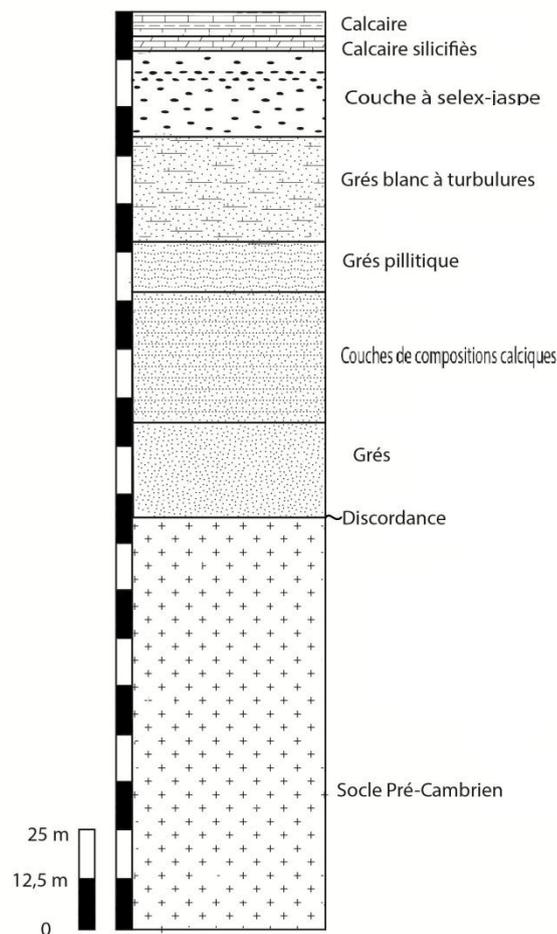


Figure II-1 : colonne stratigraphique de la Série de Serouanout. (Chalal Said 2017).

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

I-C-2-Crétacé Supérieur (Cr3) -Série volcanique de Taharaq :

Elle repose en discordance sur la série de Serouanout, cette série marque l'absence totale des fragments volcaniques. **(FigureII-2).**

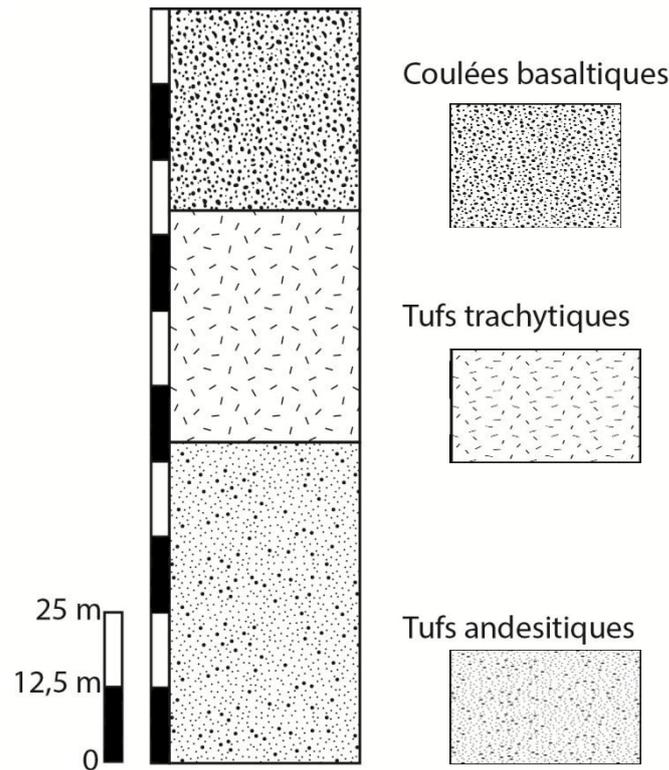


Figure II-2 : Colonne stratigraphique de la série volcanique de Taharaq (Chalal Said 2017).

Les roches de cette série semblent être issues des grands appareils volcaniques, les épanchements trachytiques. L'épaisseur de cette série dépasse 400m et son pendage est 10° SE.

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

I-D-Formations Quaternaires :

Selon leurs origines les dépôts quaternaires sont groupés en quatre (04) catégorie distinctes :

I-D-1-Pediments et pédiplains (Qp) : ils sont des dépôts ayant contribué à la pénéplainisation générale de la région. Ils forment les cônes de déjection et les grands regs.

I-D-1-a-Les cônes de déjections : forment des bandes de matériels détritiques entourant les grandes adras, ce sont des dépôts anguleux, leurs granulometries augmentent en allant vers le lieu d'origine.

I-D-1-b-Plateaux désertiques (Regs et Hamadas) : Leurs épaisseurs dépassant 700m au centre de la dépression de l'Amador avec une grande superficie, sa granulométrie est relativement réduite.

I-D-2-Dépôts éoliens (Qe) : ils sont très développées à l'Est de la feuille Erg Tihoudaine en formant le plus reg de la région (Erg Tihoudaine) et un autre petit erg au SE de Telegteba (feuille In Sakane), ils sont peu développés par rapport aux pédiplains.

I-D-3-Dépôts Alluvionnaires (Qa) : Ces dépôts sont largement développés, ils forment les terrasses fluviatiles et lits d'oueds, ils sont composés de graviers, galets cailloutis, limon et autres fragments plus au moins anordis. La granulométrie est hétérogène, la puissance des alluvions est limitée avec des terrasses étagées.

I-D-4-Dépôts chimiques (Qc) : Ce sont des dépôts empruntant les mêmes voies que les alluvions, mais les lieux de leurs dépositions sont différents.

Ce sont des dépôts salifères de sebkha qui sont précipités dans les cratères volcaniques pénéplanisés, où des dépôts calcaires qui sont observés à l'intersection des grands oueds versant dans les dépressions à pente très douce. Leurs couleurs sont blanches, issus généralement de la destruction et de l'altération chimiques des plagioclases.

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

D'après les informations recueillies par l'équipe prospectrice de l'ORGM (Zeghouane H. et al. 1994), la colonne stratigraphique de la région est comme suite (**Figure II-3**).

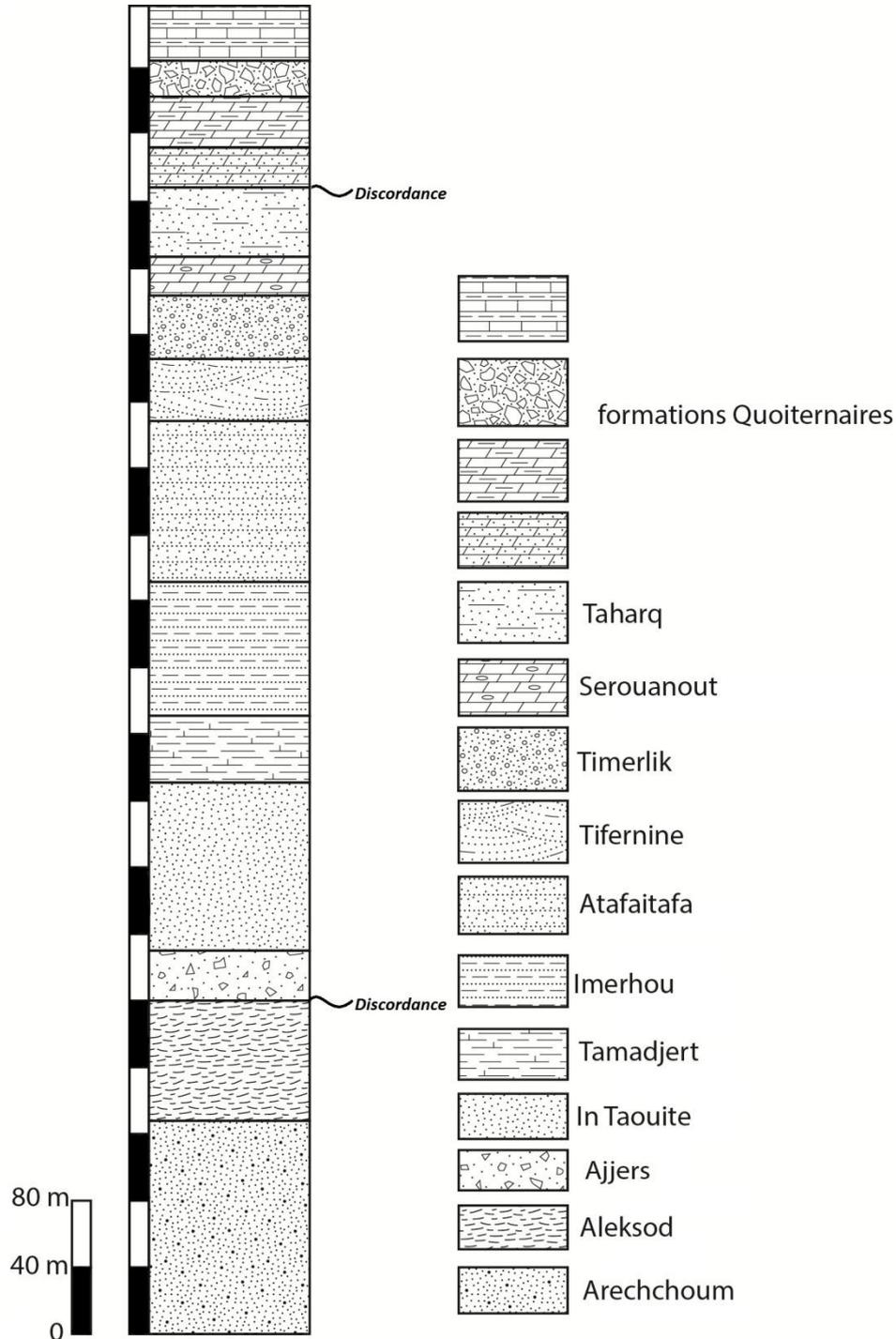


Figure II-3 : la colonne stratigraphique de la région d'étude (Chalal Said 2017).

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

II-Magmatisme :

I-Introduction :

L'étude magmatique de la région d'étude nécessite des opérations bien définies, pour réaliser cette tâche l'équipe prospectrice de l'ORGM en 1994 a adopté la méthode d'observations géologiques des différents corps magmatiques.

Vu l'absence de données pétrographiques et l'observation propre de chaque massif magmatique, ces dernières ne seront caractérisés que par leurs typologie magmatique issue de l'analyse des diagrammes géochimique divers. Ces diagrammes ont été élaborés a partir des résultats d'analyse des silicates de 75 échantillons (d'après l'équipe prospectrice de l'ORGM en 1994), les massifs étudiés sont les suivants :

- Tiski, Tiheli.
- Est Eheghen, Azrou Ounfad et Ouest Eheghen.
- Sud-Est Telghetebba et Est inouhaouène.
- Complexe filonien des deux feuilles.

II-Résultats d'observations géologiques et pétrographiques des massifs magmatiques étudiés :

1-Massif de Tiski :

C'est un massif grano-dioritiques à texture massive et à structure granulaire à grains moyen à gros à porphyre de feldspaths potassique. L'étude des lames minces a montré la composition pétrographique suivante :

- Plagioclase : 40-45%
- Quartz : 30%
- Feldspaths potassique 12-20%
- Biotite et hornblende verte 10-13%
- Accessoires : Oxydes de Fer, Zircon, Sphène, Apatite, Epidote, Chlorite...etc.

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

2-Massif de Tiheli : c'est un corps magmatique bien différencié, au centre on trouve que c'est les granodiorites qui prédominent, en périphérie il est occupée par des roches basiques (diorite et gabbro), donc c'est une différenciation magmatique normale. la description pétrographique des lames minces a donné les résultats suivants :

Gabbro : Plagioclase : 50-60 %, hornblendes verte : 20 %, Amphibole =<8 %, pyroxène : 10-40 %. Minéraux secondaires et accessoires : chlorite, calcite...

Diorite : plagioclase 60-74 %, hornblendes verte 10-37 %, quartz : 3-10 %. Minéraux secondaires et accessoires : chlorite, sphène, apatite...

3-Massif Est Eheghene : c'est un complexe ortho-gneissique avec une composition pétrographique qui montre sa nature grano-dioritique : Plagioclase : 40 %, Feldspath potassique : 20 %, quartz : 15 %, biotite : 12 %, hornblendes verte : 8%. Minéraux secondaires et accessoires : chlorite, sphène, apatite, épidote, zircon...

4-Massif SE Telghetebba et Est inouhaouène : ils n'ont pas été échantillonnés pour analyse pétrographique par l'équipe prospective de l'ORGM.

III-Tectonique et Métamorphisme :

III-1-Métamorphisme :

Il est présenté par deux (02) étage ; étage structuro-métamorphique du Paléozoïque (PR1) et l'étage structuro-métamorphique du Protérozoïque (PR2).

III-1-1-Étage structuro-métamorphique du Protérozoïque (PR1) :

Il est représenté essentiellement par deux séries métamorphiques : série de l'Arechchoum et la série de l'Aleksod ainsi que par les granodiorites anatectiques du complexe ultra-métamorphique et des complexes magmatiques sa composition est gabbro-dioritique plus rependus à l'ouest des deux feuilles et au sud de Teleghtebba. Cet étage est subdivisé en deux sous-étages distincts.

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

III-1-1-a-Sous-étage structural inférieur :

Composé essentiellement par les formations de l'arechchoum (2000 à 2700 Ma), migmatites et des granites d'anatexie du métamorphisme ultazonal. Ces petits massifs sont lenticulaires parfois isométriques orientées sub-méridionnellement. Les corps magmatiques sont antérieurs aux plissements. Les roches métamorphiques de la série de 'Arechchoum sont composées essentiellement par des gneiss ocellés ou migmatitiques. La direction des plis est sub-méridienne à NNO.

Le métamorphisme est caractérisé par un facies amphibolitique avec des rares passages à un début de facies granulitique.

III-1-1-b- Sous-étage structural supérieur :

Il est caractérisé par :

- Formation de l'Aleksod (2000 à 1000 Ma).
- Corps magmatiques.

Du point de vue métamorphique la série de l'Aleksod est métamorphisée dans le même facies amphibolitique. Du point de vue structural, le grand synclinal de la région de Tounha (In Sakane), Gara Aoulerh, Izilutène, (Erg Tihoudaine).

III-1-2-Etage structural du Protérozoïque (PR2) :

Il est observé exclusivement au NE de la feuille Erg Tihoudaine avec une composition sédimentaires stratifiées.

Les Formations sédimentaires sont représentées de haut en bas :

Conglomérats monogéniques, gravelites, grès, calcaires, marnes, argiles et autres roches intermédiaires avec une continuité latérale du facies.

III-2-Tectonique :

La région d'étude est affectée par un large passage tectonique des sédiments anciens (Arechchoum et Aleksod), qui affleure sur les côtés Ouest des deux feuilles avec une large zone de fracture sub-méridienne à NNO accompagnées par deux autres systèmes à savoir le NE et le NO.

Chaque système de faille peut être attribué à une activité tectonique définie et différenciée par les critères suivants :

- Orientations des failles et leurs étendus.

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

- Leur morphologie et puissance.
- Rejet vertical et horizontal.
- Traces d'activité géodynamique (schistosité, cataclasite, mylonite, ...etc.) et présence d'intrusion basiques et ultrabasiques.

D'après tous ces facteurs on définit quatre types de structures disjonctives : failles principales, secondaires et les chevauchements.

1-Failles principales : ce système de failles est issue d'une activité intra-cratonique, ils sont généralement des fissures de cisaillement.

2-Failles secondaires : ce sont des cassures résultantes des mêmes processus tectoniques qui ont mis en place les failles régionales mais de moins étendus.

3- Chevauchements : représentent des déplacements importants du deux ensembles métamorphiques suivant le même plan de foliation.

Selon les orientations les fractures sont sub-divisées en trois système bien distincts :

1-Système sub-meridien (N à NNO) : se caractérise par :

- Bonne extension sur de longues étendues.
- L'existence d'une zone de failles profondes.
- Une manifestation fréquente de la mylonisation.

2-Système NE-SO : il forme avec le premier système un réseau plus ou moins régulier et bien observable sur les deux feuilles. Les fractures appartenant à ce système sont généralement décrochantes et assez souvent jalonnés par des filons de quartz bréchiques.

3-Système NO-SE à W-E : il est visible que dans la partie centrale de la feuille Erg Tihoudaine en formant un ensemble de cassures plus ou moins serrés affectant toutes les formations métamorphiques ainsi que les granites de Tiski et Tiheli (centre et Est de la feuille Erg Tihoudaine.

Ce système est bien caractérisé par les dykes acides (Rhyolites et dacites) ainsi que les filons de quartz bréchiques à plusieurs générations.

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

IV-Minéralisations :

A l'issue des recherches systématiques, menées sur les deux feuilles par l'équipe de l'ORGM en 1994, ont mentionnés les indices métallifères utiles qui ont été divisés en trois catégories suivantes : Anomalies géochimiques, Points minéralisés et Indices minéralisés.

IV-1-Description des indices minéralisés :

D'après le traitement géochimique, ces indices sont répartis en quatre groupes :

- Métaux rares : Sn, W, Be, Nb, Y, Ce, La, Li, Zr (31 métaux rares).
- Métaux non ferreux : Cu, Pb, Zn, Bi.
- Métaux ferreux : Ni, Cr, Mn.
- Métaux nobles : Au, Ag.

IV-1-1-Métaux rares :

D'après les observations géologiques et les résultats des analyses spectrales ont mis en évidence :

- Un indice de Ce-La.
- 08 points minéralisés : Zr : 05 point, Mo : 01 point, W :01 point, Ce-La :01 point.
- 65 anomalies géochimiques.

Les éléments lithophiles (Sn, Mo, Zr) forment le plus grand nombre d'anomalie dans ce groupe, le W, Be, Ce et La forment un nombre réduit.

A-Indice de Ce-La : situé au SSE de la feuille In Sakane au Sud de l'oued Tidjerifine limitant les feuilles In Sakane-Tazrouk. Il est lié à un filon de pegmatite, ses teneurs : Ce >1 %, La >1 %.

B-Points minéralisés : situé au NO de la feuille Erg Tihoudaine, il est lié aux roches métamorphiques du Paléozoïque inférieur, leurs teneurs : Ce=0.1 %, La=0.1 %, Y=0.06 %, Sn=0.002 %.

a-Zircon (Zr) : 04 points minéralisés et 13 anomalies géochimiques sur la feuille Erg Tihoudaine, un point minéralisé et 10 anomalies géochimiques sur la feuille In Sakane.

b-Tungstène (W) : dans la feuille Erg Tihoudaine, il est signalé uniquement par un point minéralisé et 05 anomalies géochimiques.

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

c-Etain (Sn) : signalé dans 35 anomalies géochimiques dispersé à travers le territoire des deux feuilles, suivant la bordure Tassilienne. L'étain forme des anomalies isolées ou associées à quelques éléments (Pb-Sn, Zr-Sn, Mo-Sn et rarement W-Sn).

d-Niobium (Nb) : cet élément forme 10 anomalies géochimiques liées généralement aux roches volcaniques. Les teneurs sont entre 0.001% et 0.004%.

e-Lithium (Li) : cet élément forme 08 anomalies géochimiques qu'elles sont liées aux formations gneissiques et aux filons de quartz, les teneurs sont de 0.001 % à 0.02 %.

IV-1-1-C-Les métaux non ferreux : les minéralisations détectées sont réparties comme suit :

A-Dans la feuille In Sakane :

- Un indice de cuivre (Cu).
- 04 points minéralisées en Cu.
- 13 anomalies géochimiques en Cu.
- 03 anomalies géochimiques en Pb.

B-Dans la feuille Erg Tihoudaine :

- 02 point minéralisés en Pb.
- Un point minéralisé en Cu.
- 06 anomalies géochimiques en Cu.
- 03 anomalies géochimiques en Pb.
- 05 anomalies géochimiques en Bi.

IV-1-1-D-Les métaux ferreux : forment les éléments suivants : Ni, Cr, Mn. 04 points minéralisés et 12 anomalies géochimiques ont été détectées réparties comme suit :

A-Dans la feuille Erg Tihoudaine :

- 02 points minéralisés en Ni, Cr.
- 07 anomalies géochimiques en Ni-Cr.

B-Dans la feuille In Sakane :

- 02 points minéralisés en Mn.
- 03 anomalies géochimiques en Ni.
- 02 anomalies géochimiques en Mn.

Chapitre II : Géologie de la région d'étude.

IV-1-1-E-Les métaux nobles : généralement, l'or et l'argent sont paragénétiquement en liaison étroite, ils forment avec d'autres sulfures de Pb, Zn, Cu, Bi, Mo des associations minérales très remarquables. Les minéralisations aurifères ne sont pas visibles par l'observation visuelle du terrain, mais un indice d'or et plusieurs autres anomalies géochimiques sont recensées par le groupe Wolfram dans la région en 1977-1979.

IV-1-1-E-Substances utiles :

A-Sel gemme : exploité d'une manière artisanale par les locaux, ce gisement est situé au Nord de la feuille In Sakane (Tissemt) avec un diamètre de deux kilomètres, l'analyse chimique a donné les résultats suivants : NaCl= 96,98, KCl= 0.1 à 1 %, CaSo₄= 1 à 3 %.

B-Marbre : cette substance est fréquemment observée, elle utilisée comme pierre décorative. L'anticlinal de Tala Melet avec ses deux flancs présente des bancs dont l'épaisseur peut attendre 5 à 35 m.

Chapitre III :
Généralités sur les
SIG.

Chapitre III : Généralités sur les SIG.

I-Introduction :

Le concept SIG a été établi en 1963, proposé par le topographe canadien R.F. Tomlinson. Le SIG a commencé à pénétrer et s'appliquer dans différents pays et différents domaines. Avec le support matériel et logiciel de l'informatique, il traite et manipule les données géo spatiales, utilise le modèle géographique pour analyser les données, sa définition donc est différente.

II-Définition de SIG :

Un Système d'Information Géographique (SIG) est un système d'information capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées. Le SIG permet d'acquérir, de stocker, d'organiser, de gérer, de traiter et de restituer des données géographiques sous forme de plans et de cartes pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale. On décompose le territoire en couches thématique (lithologie, magmatisme, tectonique...) structurées dans des bases de données numériques. **(Figure III-1).**

Les bases de données qui alimentent les SIG doivent être géoréférencées, c'est-à-dire partager un cadre commun de repérage appelé système de projection.

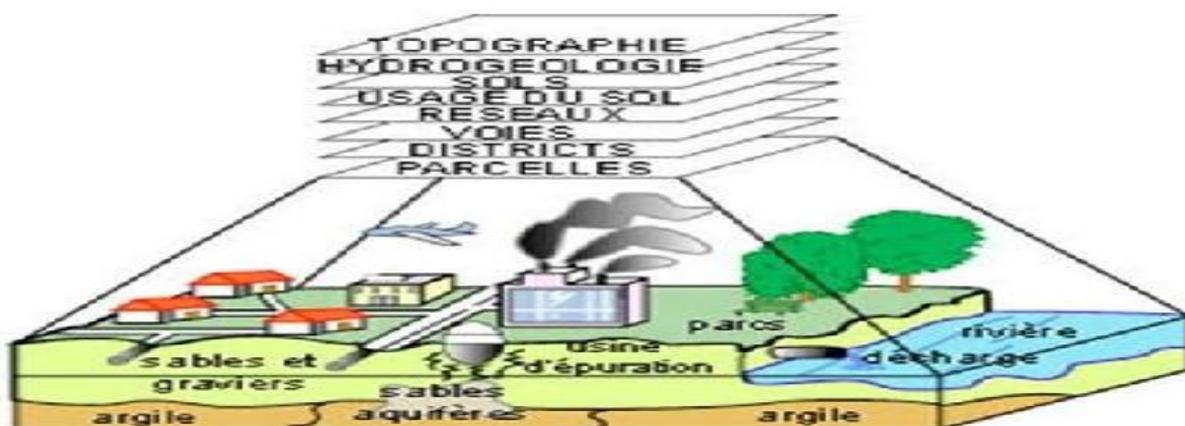


Figure III-1 : Base de données géographiques.

Chapitre III : Généralités sur les SIG.

III-Les composants d'un SIG :

Un système d'information géographique est constitué de cinq composants majeurs, représentés au niveau du schéma de la (Figure III-2) ci- dessous :



Figure III-2 : Composants d'un SIG.

III-1- Logiciels : les logiciels qui offrent les fonctions élémentaires suivantes :

- ✓ Acquisition : saisie, intégration et échanges des informations géographiques sous forme numérique.
- ✓ Archivage : structuration et stockage de l'information géographique sous forme Numérique.
- ✓ Analyse : manipulation et interrogation des données géographiques (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématiques...)
- ✓ Affichage : représentation et mise en forme, notamment sous forme Cartographique avec la notion d'ergonomie et de convivialité.
- ✓ Abstraction : représentation du monde réel. (RAVALET & PANET, 2001).

Chapitre III : Généralités sur les SIG.

III-2-Materiel :

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...

III-3- Données :

Les données sont les composants les plus intéressants du SIG :

III-3-1-Données géographiques:(Our spéciales) ; les données géographiques sont importées à partir de fichiers ou saisies par un opérateur. Une donnée est dite « géographique » lorsqu'elle fait référence à un (ou plusieurs) objet(s) localisé(s) à la surface de la Terre. Ses coordonnées sont définies par un système géodésique (ou système de référence spatiale).

Elles sont deux composantes :

1. Les données géométriques : renvoient à la forme et à la localisation des objets.
2. Les données graphiques : elles renvoient aux paramètres d'affichage des objets (type de traits, couleurs, épaisseurs, etc....).

III - 3 - 2 - Données attributaires :

Il s'agit de données associées à un objet ou une localisation géographique, soit pour décrire un objet géographique, soit pour localiser des informations: nom d'une route, type d'un bâtiment localisé par son adresse, nombre d'habitants d'un immeuble localisé par ses coordonnées Lambert, débit d'un cours d'eau, tension d'une ligne de transport d'énergie, type d'arbres dans un verger localisé par sa parcelle, etc. Les données attributaires sont reliées à la géométrie de l'objet.

III-3-3-Métadonnées :

Ce sont les données associées telle que la date d'acquisition, le nom du prioritaire, la méthode d'acquisition, les limites d'utilisation ...etc.

Chapitre III : Généralités sur les SIG.

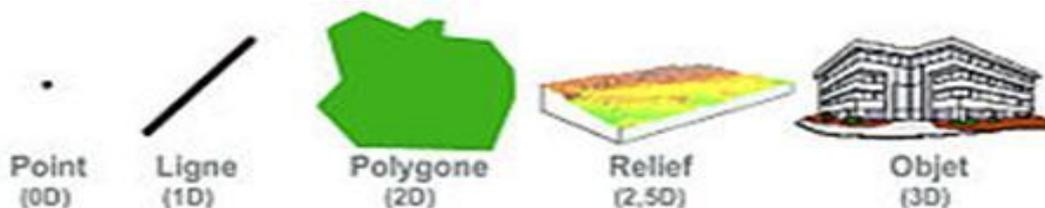


Figure III-3 : Taille/dimension de la représentation de la donnée.

III-3-4-Les utilisateurs :

Les utilisateurs des systèmes d'information géographiques ne sont pas forcément des spécialistes. Un tel système propose une série de boîtes à outils que l'utilisateur assemble pour réaliser son projet. N'importe qui peut, un jour ou l'autre, être amené à utiliser un SIG.

Le niveau de compétences requis pour la conduite des opérations les plus basiques est, généralement, celui du technicien supérieur. Mais afin d'assurer une bonne qualité d'interprétation des résultats de l'analyse des données et des opérations avancées, celles-ci sont généralement confiées à un ingénieur disposant d'une bonne connaissance des données manipulées et de la nature des traitements effectués par les logiciels. Enfin, des spécialistes sont parfois amenés à intervenir sur des aspects techniques précis (Martin, 2004).

III-3-5-Méthodes :

Les méthodes de travail englobent les processus d'utilisation du SIG mais également les méthodes de conception et mise à jour des données géographiques et alphanumériques ainsi que les méthodes à modélisation SIG.

III-4-Présentation des données dans un SIG :

III-4-1- Mode raster :

Les données raster ont comme élément essentiel le pixel (Picture Élément). Elles proviennent soit d'un scannage d'une carte, soit d'une image numérique telle que les photos satellitaires (**Figure III-3**).

Les pixels sont répartis dans un raster de façon régulière. Les lignes et les surfaces ne peuvent être représentées que par l'enchaînement de

Chapitre III : Généralités sur les SIG.

pixels uniques.

Un objet ne peut donc être représenté que de façon approximative, c'est ainsi que la taille du pixel conditionne l'exactitude de la représentation.

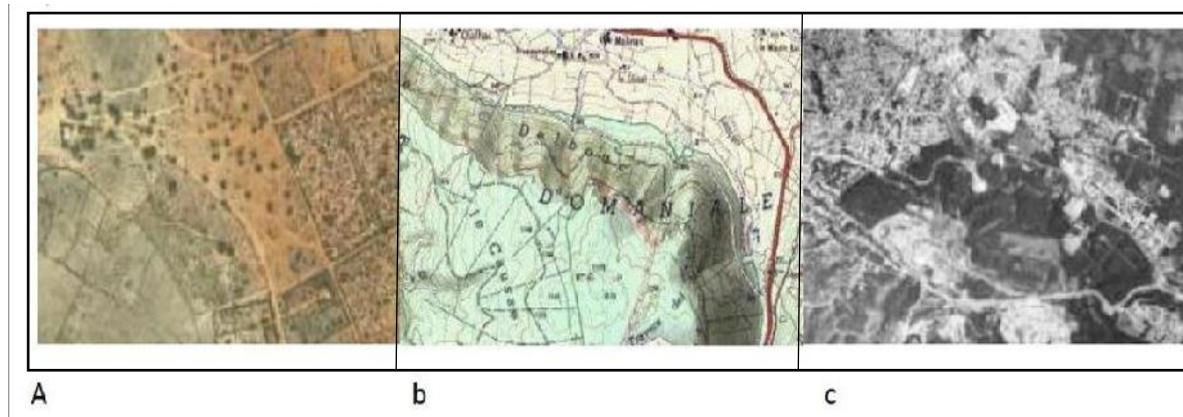


Figure III-3 : Exemple de quelques données Raster (a : image satellitaire, b : image scannée, c : ortho photo aérienne) (BONNET M.2012).

III-4-2- Mode vecteur :

Il permet de représenter le monde réel sous forme des points, lignes ou polygones et chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.

➤ Les points :

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des polygones, ou par des éléments qui n'ont pas de surface comme les points cotés.

➤ Les lignes :

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui n'ont qu'une longueur, comme les courbes de niveau.

Chapitre III : Généralités sur les SIG.

➤ Les polygones :

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols...

III-5-Comparaison des Modes vecteurs et rasters :

Bien que les deux modes se distinguent par une organisation différente de données, ils restent cependant complémentaires en permettant à l'utilisateur d'élargir le champ de son investigation pour des applications et des traitements très variés.

Chaque mode a ces avantages et ces inconvénients et le recours à l'un ou à l'autre n'est pas toujours une tâche facile, car ce sont les objectifs et surtout les sources de données du projet qui orientent le choix de l'utilisateur. Certaines applications peuvent même faire appel aux deux modes. **(Figure III-4).**

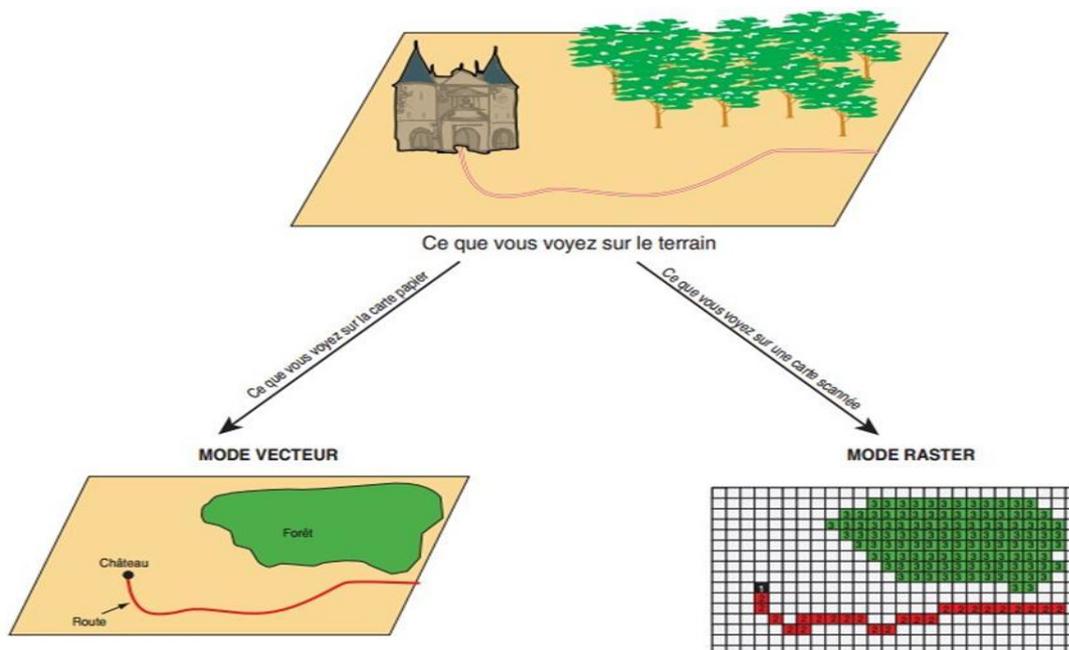


Figure III-4 : mode de représentation de l'information géographique dans un SIG.

Chapitre III : Généralités sur les SIG.

III-6-Les domaines d'application :

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés, Citons cependant :

- Géologie (prospection minière)
- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques).
- Marketing (localisation des clients, analyse du site).
- Planification urbaine (cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement).
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes).
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires).
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture).
- Biologie (études du déplacement des populations animales).

III-7-SIG sous Arcgis :

III-7-1-Définition du logiciel Arc Gis :

ArcGIS est un logiciel permettant d'exploiter un système d'information géographique.

Arc GIS est un logiciel SIG qui offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales.

Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres.

Le seul lien entre cette différente couche est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées.

Chapitre III : Généralités sur les SIG.

III-7-2-Présentation du logiciel ArcGIS 10 :

Le logiciel ArcGIS10 comprend trois applications principales : ArcMap, Arc Catalog et ArcToolbox ;

1-ArcMap :

Montre, questionne, édite, crée ou analyse des données, sous forme de tables ou de cartes et facilite la disposition des cartes lors de la mise en page pour l'impression, l'intégration dans d'autres cartes et l'édition de documents électroniques. L'application est présentée ci-dessous (**Figure III-5**).

La barre d'outils renferme les outils de navigation sur les données graphiques des couches, ainsi que les outils d'affichage rapide de données sémantiques (attributaires) liées aux entités graphiques.

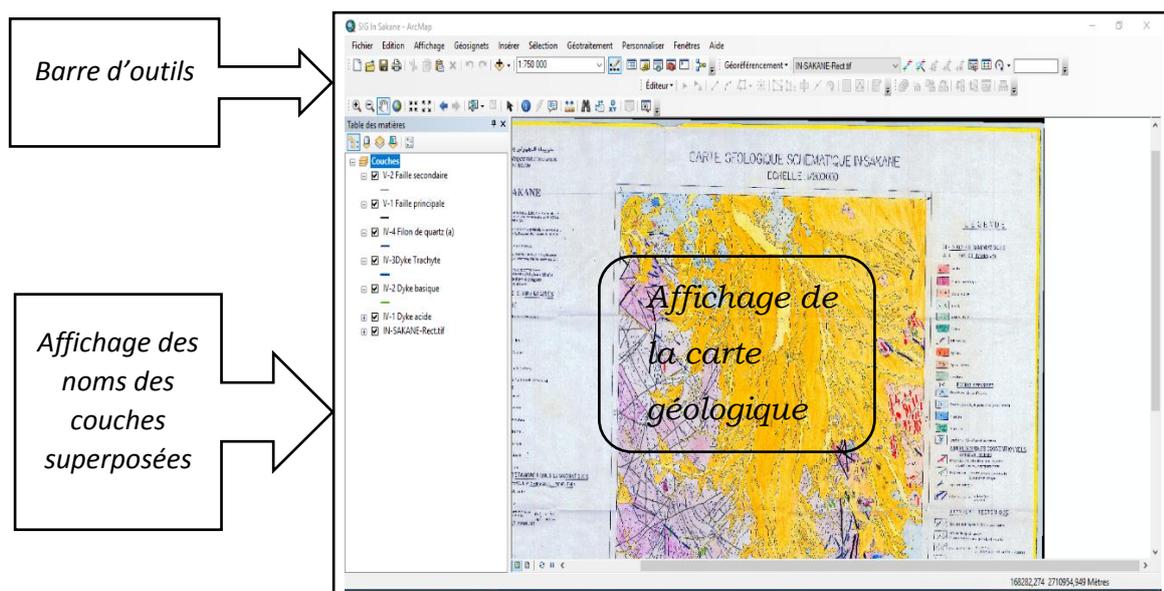


Figure III-5 : Présentation de fenêtre ArcMap.

2-ArcCatalog :

ArcCatalog nous permet de passer en revue, d'organiser, de distribuer et de modifier les éléments de propriétés des données géographiques et cela en employant des méthodes graphiques ou textuelles (**Figure III-6**).

Dans cette interface qu'on exécute les actions suivantes :

- Créer de nouvelles données (couches/shapefiles, géodatabases...) où
- Supprimer une couche (soit l'ensemble des fichiers correspondants ou

Chapitre III : Généralités sur les SIG.

shapefile).

- Attribuer un système de coordonnées lorsqu'il n'est pas reconnu par le logiciel, ou non renseigné.
- Avoir un aperçu géographique ou attributaire d'une couche donnée.

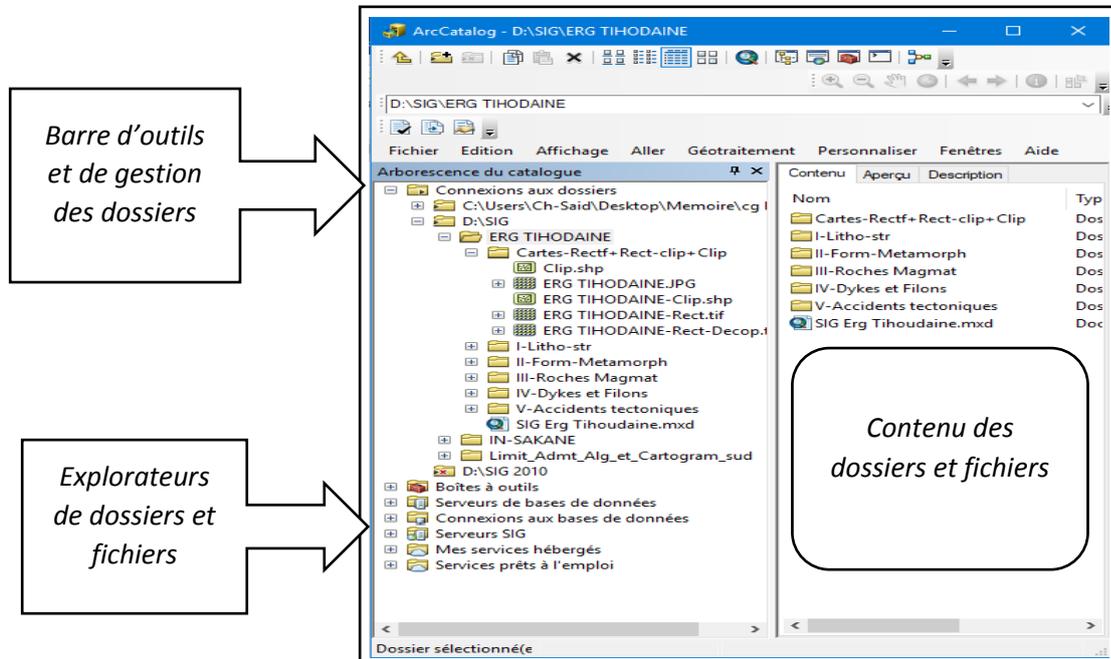


Figure III-6 : Présentation de fenêtre ArcCatalog

3-ArcToolbox :

ArcToolBox est le module qui nous permet d'accéder à toutes les fonctionnalités de traitement et d'analyse.

La boîte à outils fournit un ensemble très riche de fonctions de géotraitement (**Figure III-7**).

Chapitre III : Généralités sur les SIG.

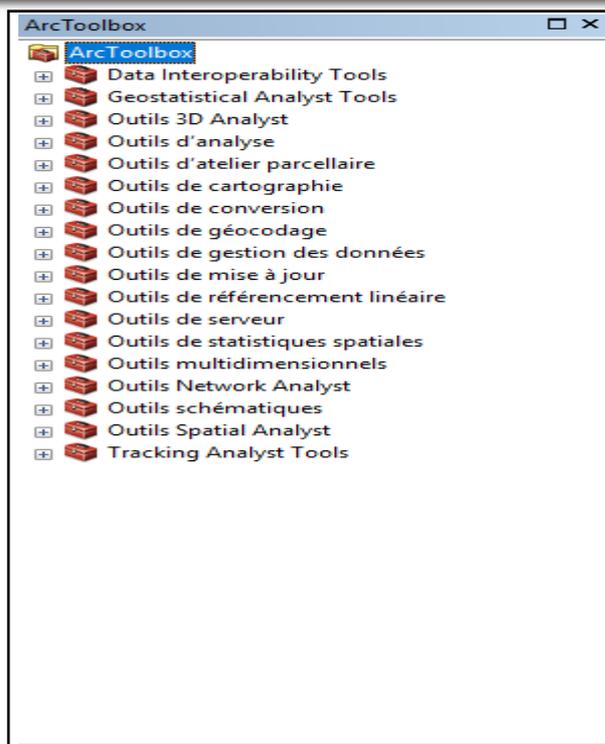


Figure III-7 : ArcToolBox.

On peut ouvrir la fenêtre ArcToolBox à l'aide du bouton Afficher/Masquer la fenêtre ArcToolBox qui se trouve sur la barre d'outils standard, ou en sélectionnant Géotraitement>ArcToolBox.

En cliquant sur un outil, une fenêtre correspondant à ce dernier s'ouvre, nous permettant de le paramétrer (**Figure III-8**).

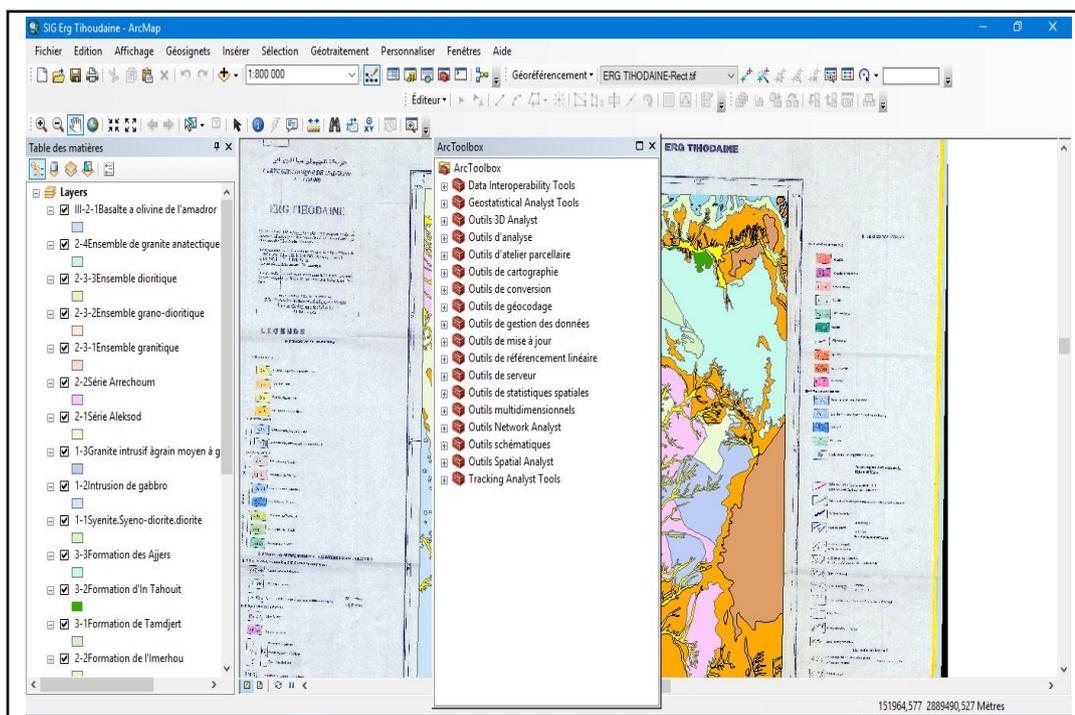


Figure III-8 : ArcToolBox à travers ArcMap.

*Chapitre IV : SIG
de la région
d'Etude.*

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

I-Introduction :

La cartographie SIG de la région d'Amadrour (Hoggar central), Géologie et Minéralisations associées est faite par le logiciel ArcGis afin d'atteindre l'objectif principal ; qui est le traitement des cartes géologiques faites par l'ORGM.

La méthode consiste à numériser les cartes, puis les vectorisées, ensuite la préparation d'un fichier Excel qui contient les diverses informations sur les minéralisations de la région d'étude, pour ploter chaque point du fichier Excel sur les cartes à l'aide du logiciel ArcGIS, pour finalement imprimées les cartes exportées.

II-Les étapes suivies pour la réalisation du projet (exemple : carte In Sakane) :

II-1-Géoréférencement :

Le géoréférencement est l'opération d'attribution des coordonnées géographiques à un fichier image raster. Sur ArcGIS ceci est aussi appelé « Calage », il faut noter qu'il est indispensable de caler chaque carte raster avant de pouvoir l'utiliser dans une base de données.

Pour faire correctement ce travail, il faudrait opter pour un système de projection unique de la mesure du possible, pour éviter les déformations sur les entités ainsi que les erreurs lors des calculs d'analyses spatiales.

Pour mes cartes je vais utiliser le système de projection « **UTM** » **Nord Sahara 32**.

Les étapes suivies pour le géoréférencement d'une carte à l'aide d'ArcGIS 10 :

A) Démarrer le logiciel ArcGis :

Il faut ouvrir ArcCatalog ainsi qu'ArcMap.

Ouvrir tout d'abord une carte SIG vierge. (Projet SIG)

B) Se connecter à un dossier :

Sur la fenêtre ArcCatalog s'affiche sur notre écran par clique gauche sur la flèche jaune de la barre d'outils ou Clique gauche sur Fichier après

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

Connexion à un dossier : C'est pour se connecter avec le dossier ou la carte géologique en format raster est stockée dans l'ordinateur, il s'ouvre une interface qui montre tous les disques dans l'ordinateur donc c'est à l'utilisateur de chercher le dossier où il a stocké ses cartes scannées dans l'ordinateur (**Figure IV-1**).

Sur la fenêtre ArcCatalog le dossier choisi apparaît à gauche en première position dans l'arborescence du Catalogue, Cliquez gauche : on voit à droite la liste des cartes contenues dans ce dossier ainsi que leur extension (ici en format raster ; jeu de données raster).

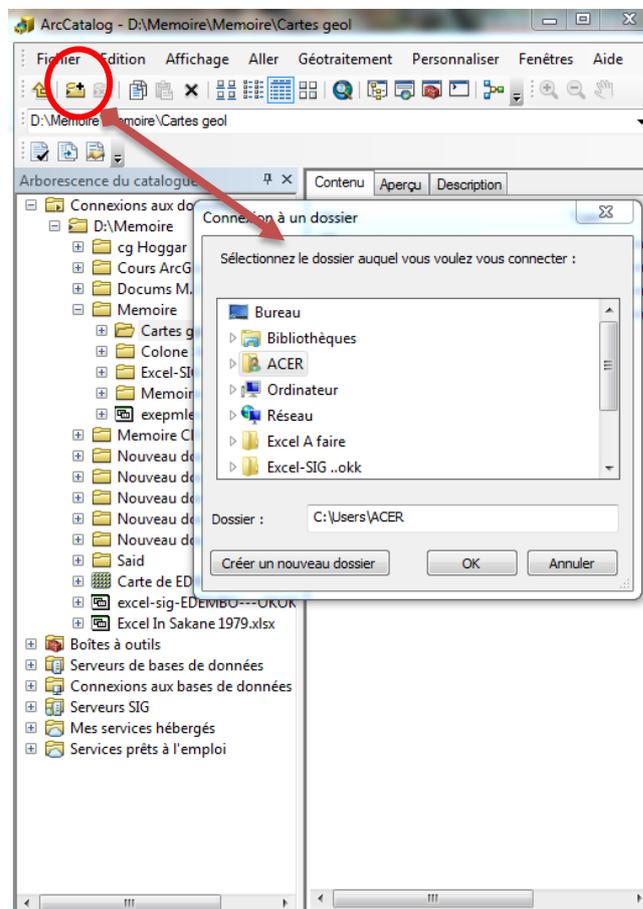


Figure IV-1: Une présentation d'interface d'ArcCatalog montrant icône connexion a un dossier.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

C) Attribution de la référence spatiale :

Après avoir connecté au dossier la carte en format image, on procède à l'attribution de la référence spatiale par cliquer droite de l'image de carte pour obtenir les options puis cliquer propriétés pour obtenir une interface propriétés du jeu de données raster pour la référence spatiale.

Les cartes géologiques de la région d'étude sont classes dans la zone 32 (Nord Sahara 1959UTM Zone 32N) Dans ArcCatalog :

Clique droit sur la carte à Géoréférencier → Propriétés Références spatiales → Modifier → références spatiales → Projected Coordinate system → UTM → Africa puis on va choisir le système qui convient à la carte → Appliquer → OK (**Figure IV-2**).

D) Géoréférencement de la carte :

C'est une manipulation qui consiste à caler la carte dans ArcMap, en cliquant l'outil « Géoréférencement » localisé à la barre d'outils ensuite décocher "Ajustement automatique".

On ajoute 4 (quatre) points de contrôle en utilisant l'outil « Ajouter des points de contrôle », ce sont des coordonnées géographiques en Degrée Minutes Secondes (DMS), Longitude et Latitudes à chaque point (**FigureIV-3**). Ces points sont ajoutés par ordre, dans le sens des aiguilles d'une montre.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

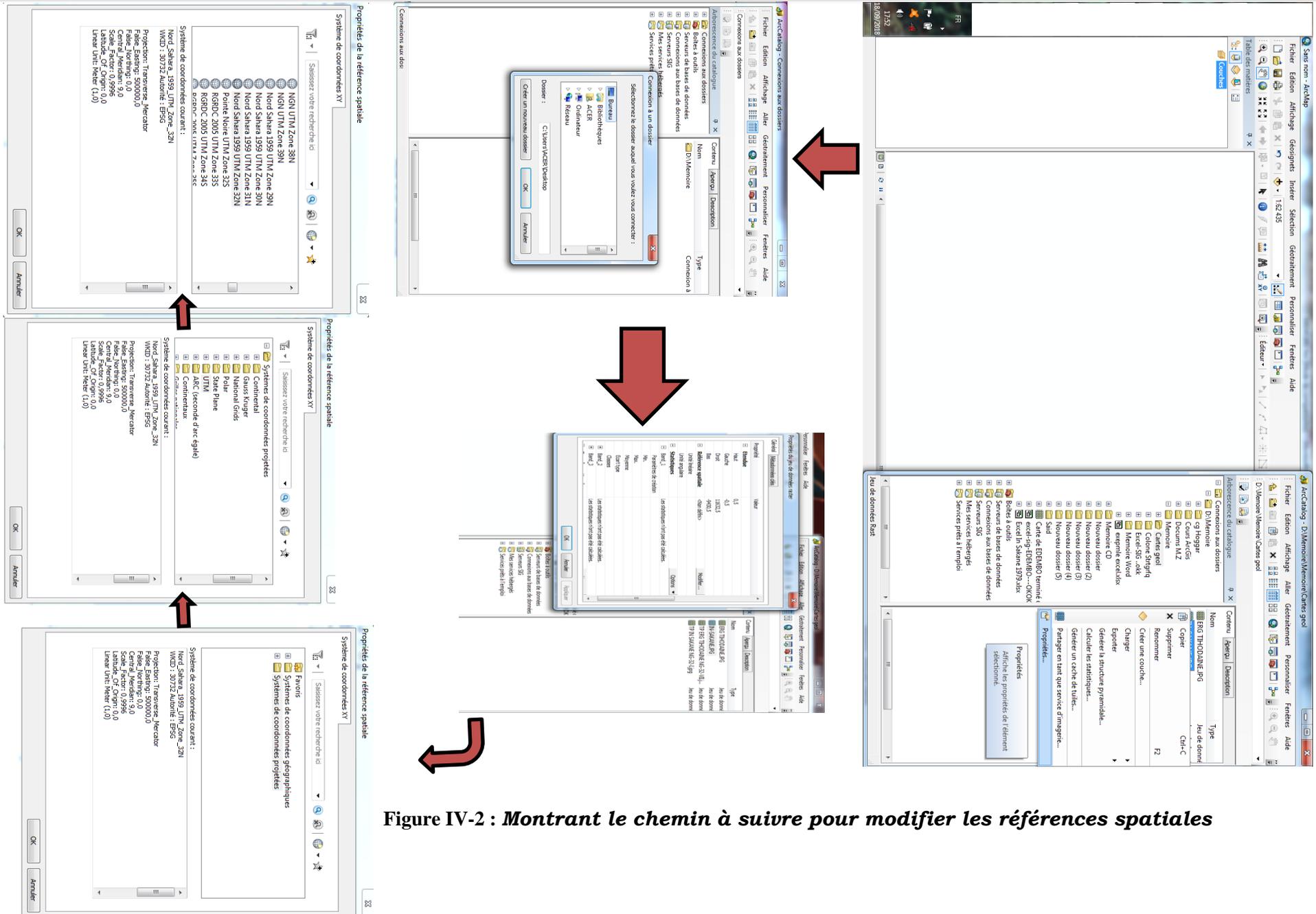
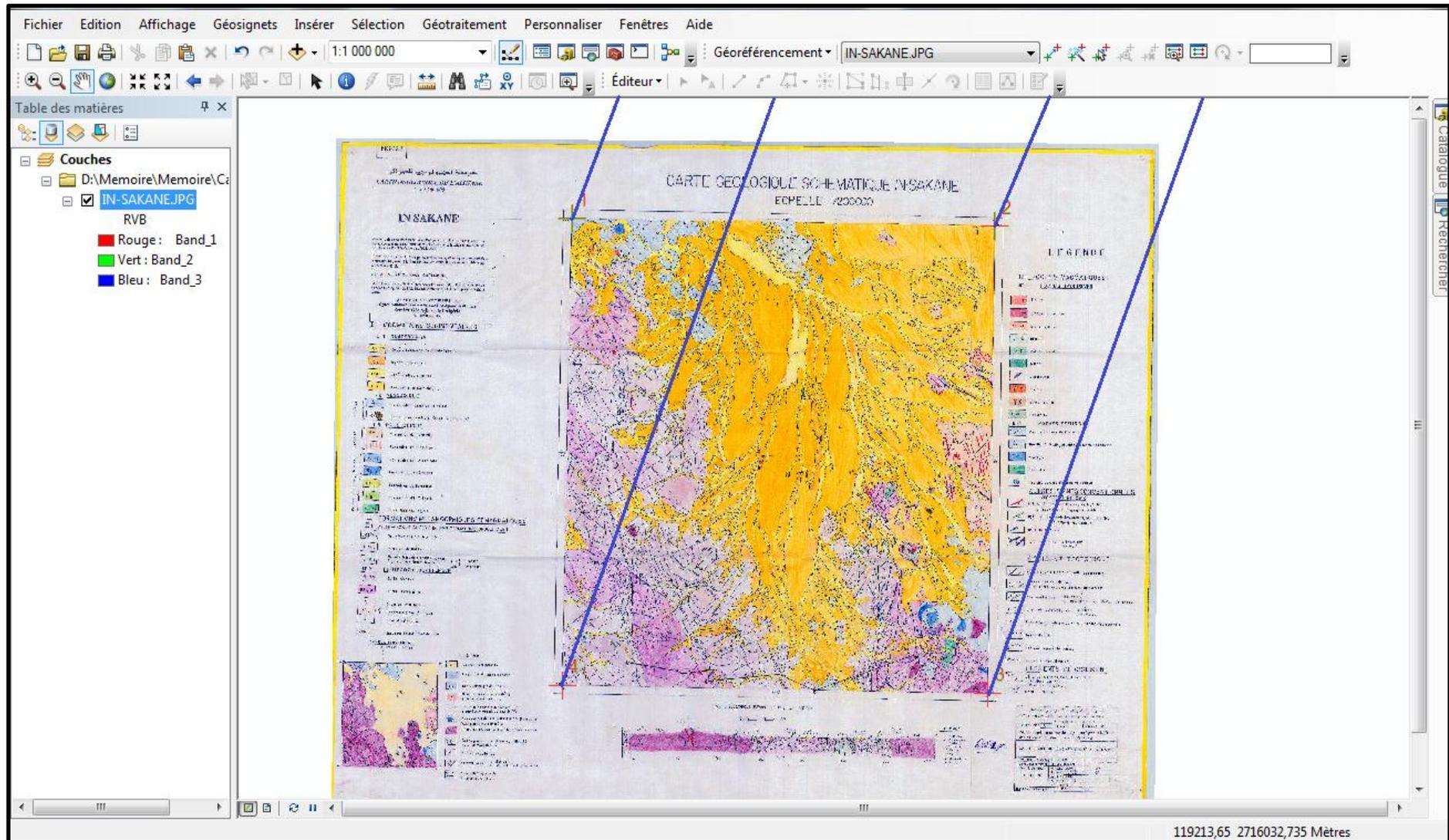


Figure IV-2 : Montrant le chemin à suivre pour modifier les références spatiales

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.



FigureIV-3 : Carte In Sakane géoréférencier.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

Après le Géoréférencement on procède à l'étape «Découpage de la carte ».c'est une opération qui consiste à enlever l'habillage et garder que le fond de la carte (**Figure IV-4**).

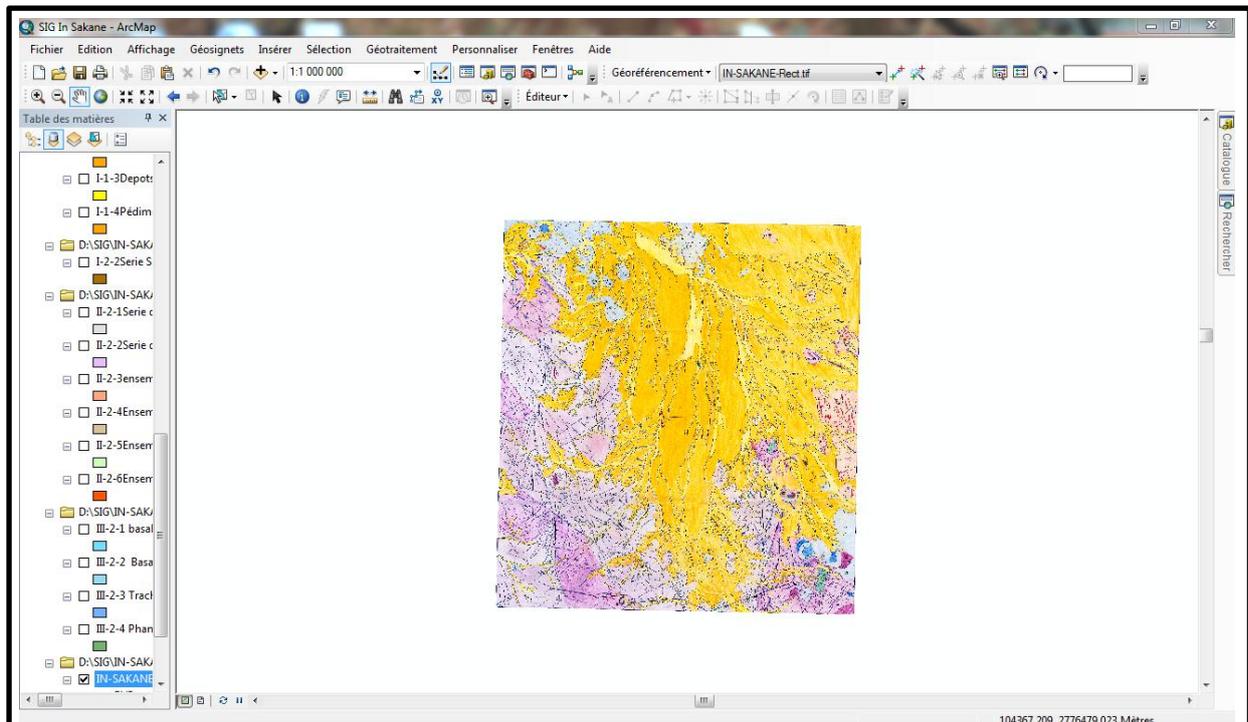


Figure IV-4 : Carte In Sakane Découpée.

II-2-La vectorisation des différentes formations géologiques :

La vectorisation consiste à la reproduction du contenu d'une carte géologique à partir d'éléments géométriques simples sous forme de polygone, point ou ligne, à l'aide d'ArcGIS.

Les éléments géométriques utilisés diffèrent selon les types d'objet à vectorisés :

- Une faille par une ligne.
- Un affleurement représenté par un polygone.
- Une minéralisation mentionnée par un point.

Les résultats seront une image en mode Vecteur.

II-2-1-Les étapes de la vectorisation d'une carte à l'aide d'ArcGIS :

A) Création d'une couche « fichier de formes » via ArcCatalog:

D'abord on va ouvrir ArcMap ensuite on fait un clic droit sur la couche puis on Choisi le système de coordonnées adéquat.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

Puis ouvrir ArcCatalog et on cherche la carte raster qu'on veut vectorisée. On glisse la carte raster vers ArcMap, un clic droit sur blanc d'ArcCatalog on va créer un nouveau fichier de forme.

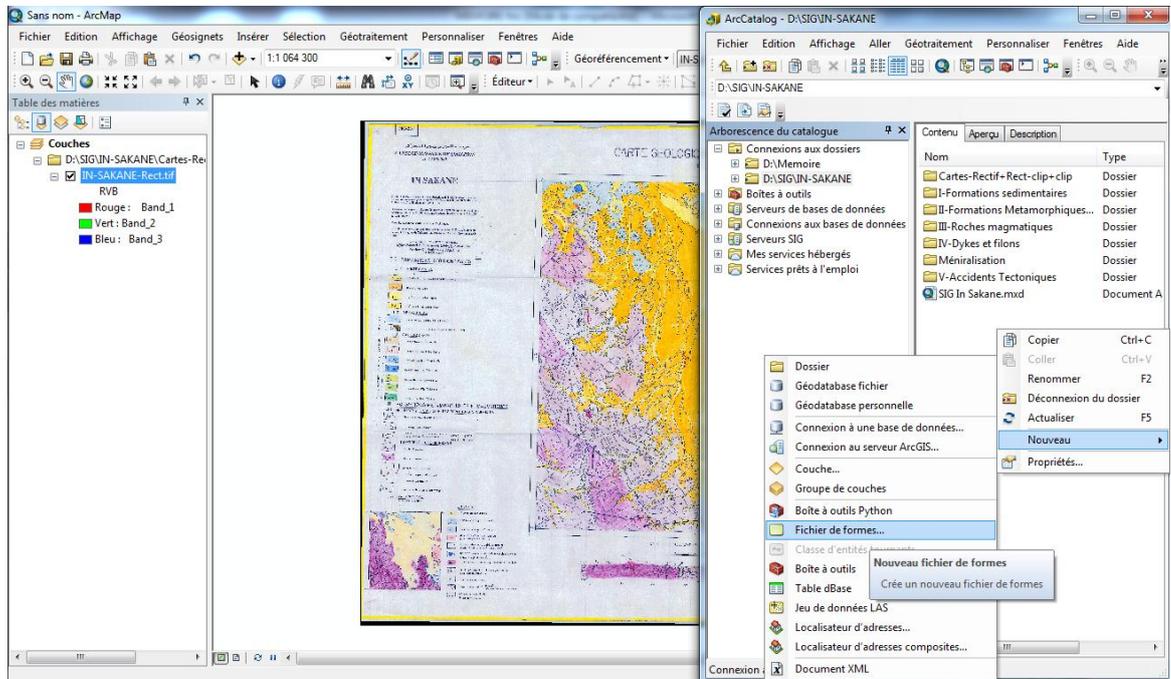


Figure IV-5 : comment Ouvrir un nouveau fichier de formes.

Ensuite :

- Donner un nom à ce fichier de forme.
- Spécifier le type de couche (Polygone, Polyligne ou bien Point).
- Attribuer le même système de coordonnées que nous avons donné à la couche dans ArcMap.
- Copier et glisser le fichier de forme.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

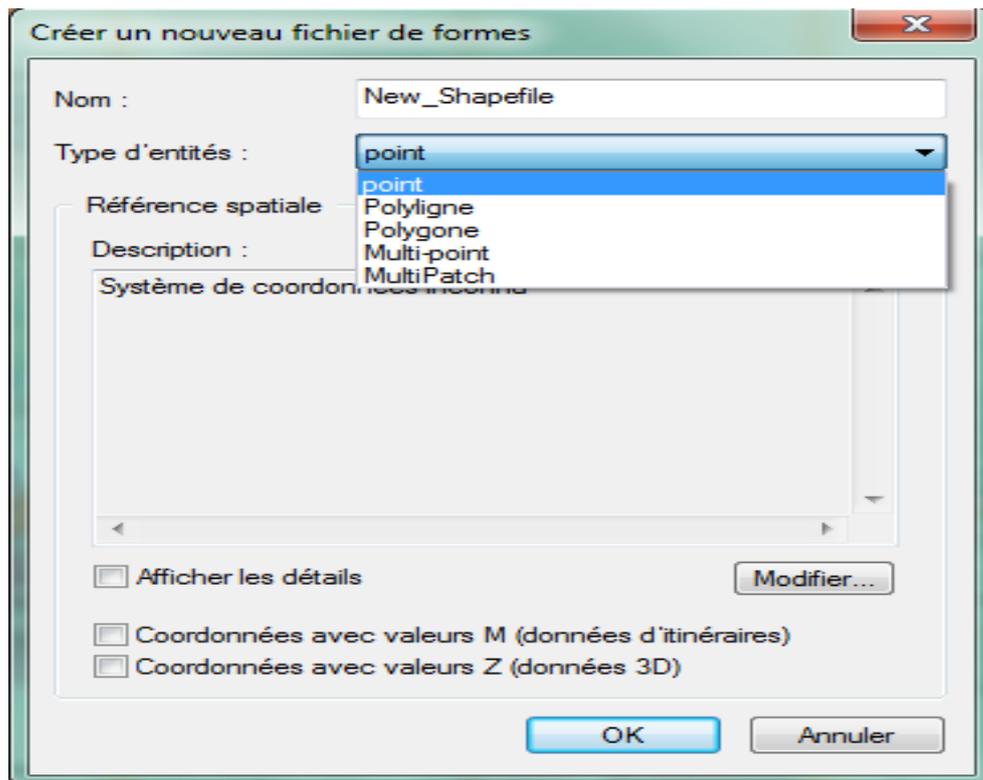


Figure IV-6: forme Fenêtre de fichier de forme.

B) La vectorisation :

D'abord on commence la vectorisation après avoir activé la barre d'outil *éditeur*. Suivie par un clic droit sur le blanc de la barre d'outil ArcMap et on va cocher Éditeur, l'outil apparait et on va le mettre dans la barre d'outil ArcMap.

Aller à "Éditeur" et ouvrir une session de mise à jour et on prend l'outil segment et vectorisé l'entité polygonal voulue. Après on dessine (on zoome sur la carte Géologique pour que le dessin soit précis : on peut dessiner tout en utilisant les outils pour que on déplace sur la carte).

Et Pour terminer le dessin d'un polygone, on clique sur l'outil « Terminer la construction » ou on fait un clic droit et de choisir la commande « Finish Sketch » bien on fait un double-clic.

Après avoir terminé la vectorisation (Digitalisation) on va enregistrer le travail, on va aller à "Éditeur" puis enregistrer les mises à jour.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

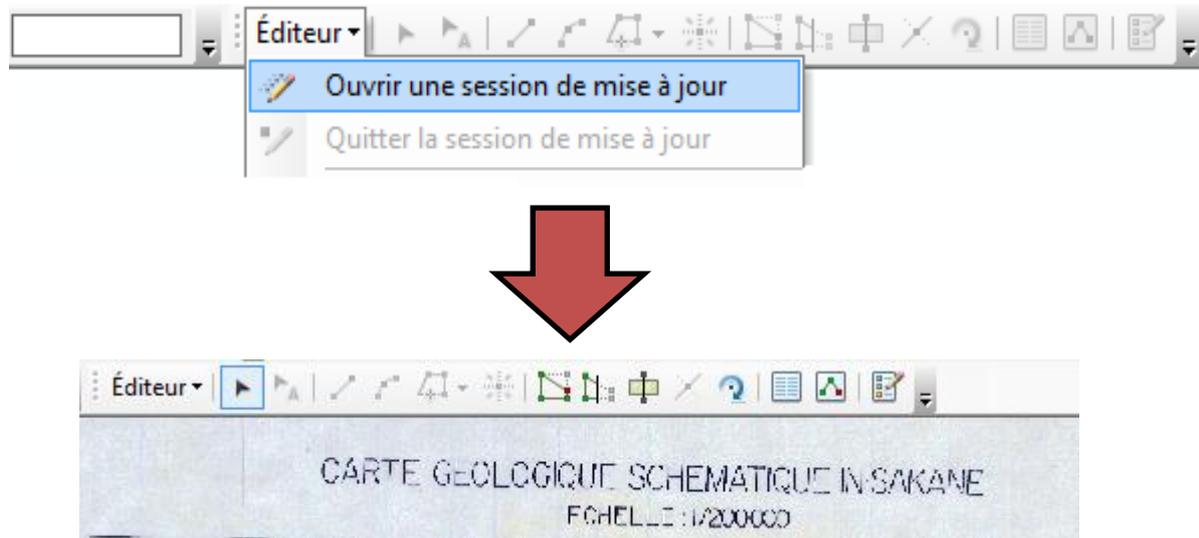


Figure IV-7: Outil Éditeur.

II-2-1-1-Vectorisation de l'information surfacique (Polygone) :

A) Lithostratigraphie :

Pour l'application de ce travail, il faut passer d'une couche à une autre jusqu'à la fin, Toutes les couches sont vectorisées en faisant attention de ne pas oublier de mettre la référence spatiale de chaque couche à vectorisés, correspondant à la référence spatiale de la région de la carte (Amadrar).

Exemple : la vectorisation de l'information lithologique dépôts Alluvionnaires (**Figure IV-8**) et Pédiments et pédiplaines (**Figure IV-9**) (dépôt de quaternaire de la carte In Sakane).

En procédant de la même manière pour toutes les entités lithologiques constituent la région d'études, nous avons obtenu les 15 formations lithologiques, ont été transformés en couches d'informations vectorielles dans la feuille In Sakane. Tout ce travail s'applique sur la carte Erg Tihoudaine.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

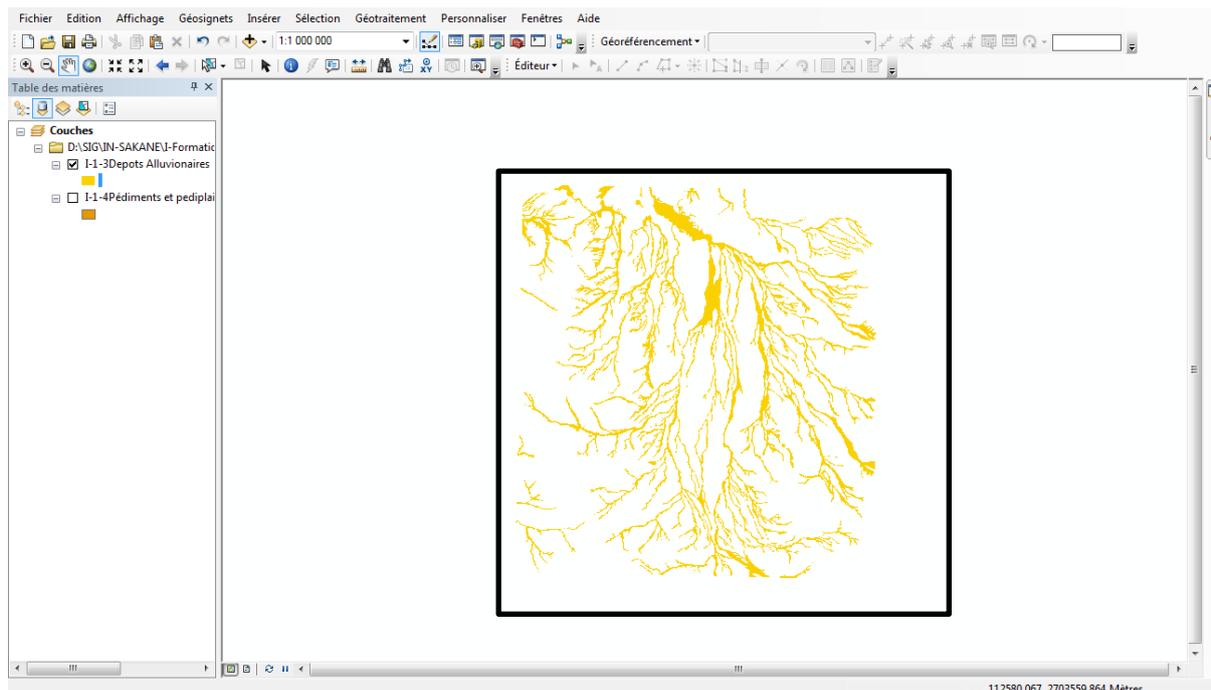


Figure IV-8 : Présentation des dépôts alluvionnaires de la feuille In Sakane.

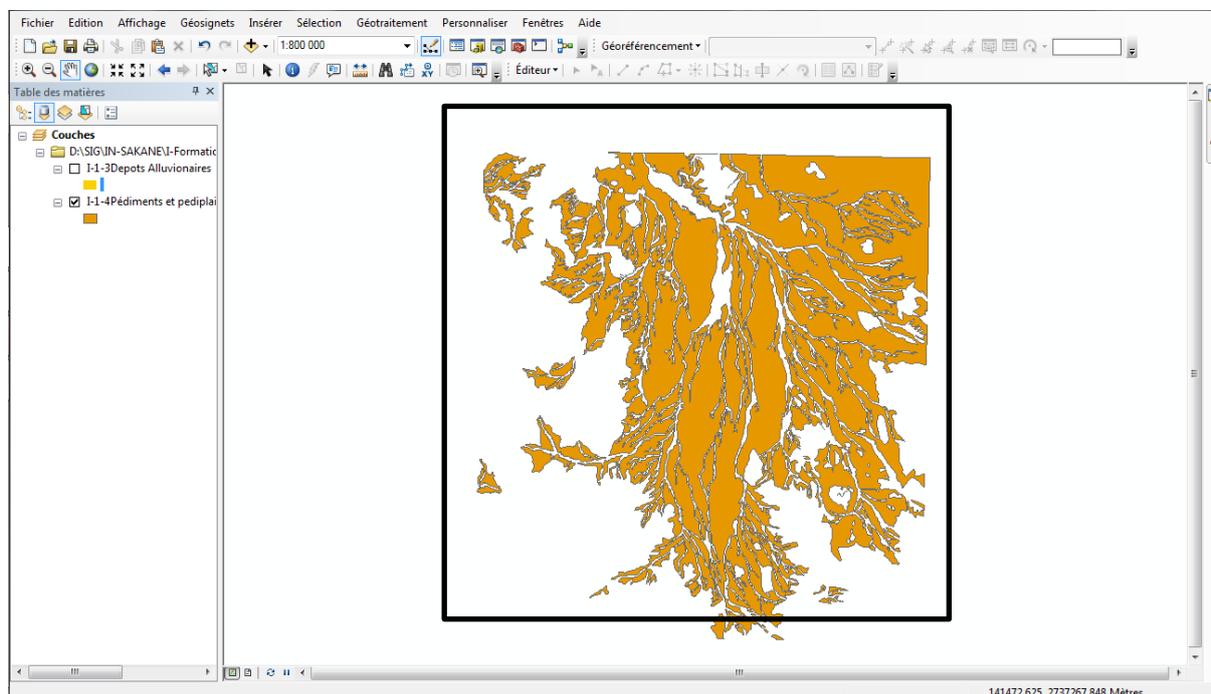


Figure IV-9 : Présentation des formations Pédiments et pédiplaines de la feuille In Sakane.

Après avoir ajouté la référence spatiale, rectifier la carte et effectuer le

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

géoréférencement, On procède à la vectorisation de différentes formations géologiques.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

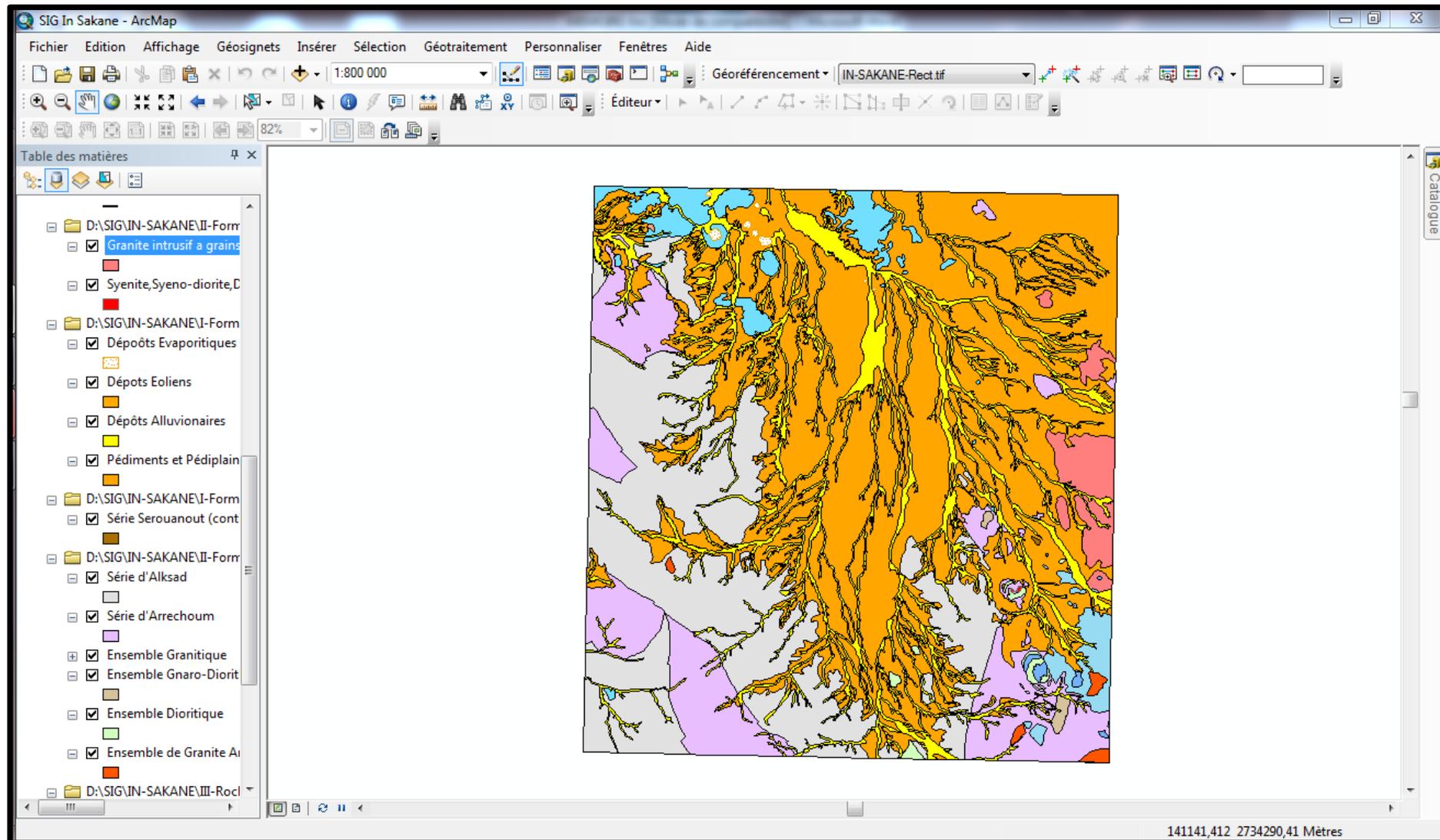


Figure IV-10 : Présentation de l'information lithologique vectorisée de la feuille In Sakane.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

B) Magmatisme et Métamorphisme :

Pour procéder à la vectorisation de l'information sur le magmatisme, j'ai procédé de la même manière pour l'information sur la lithologie puisqu'il s'agit aussi de formations polygonales.

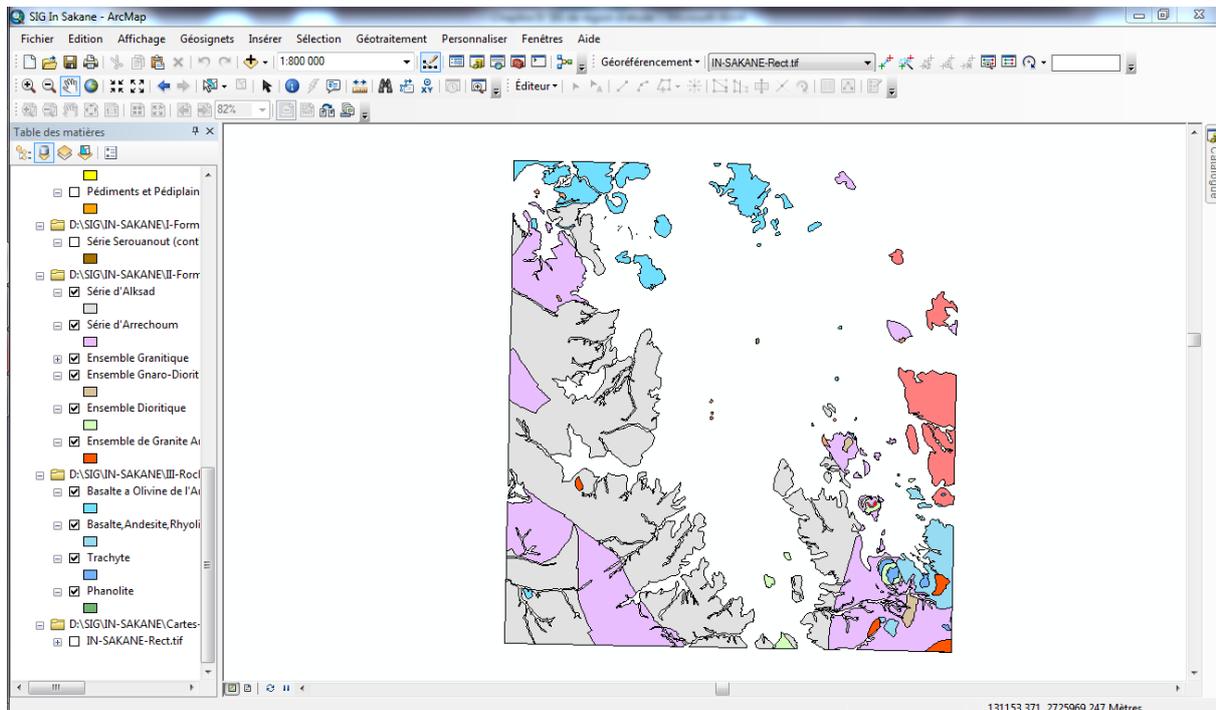


Figure IV-11: Vectorisation des formations magmatisme de la feuille In Sakane.

II-2-1-2-Vectorisation de l'information linéaire (Polyligne) :

A) Tectonique :

Dans notre région d'études l'information sur la tectonique est représentée par l'ensemble des failles et filons. J'ai commencé tout d'abord à extraire l'information caractérisant les failles tectoniques qui sont regroupées en deux catégories :

- Failles principales.
- Failles secondaires.

Les filons on a :

- Filons acides.
- Filons basiques.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

- Filons de quartzs.
- Filons trachytes.

Les résultats sont mentionnés sur la figure IV-12 et la figure VI-13.

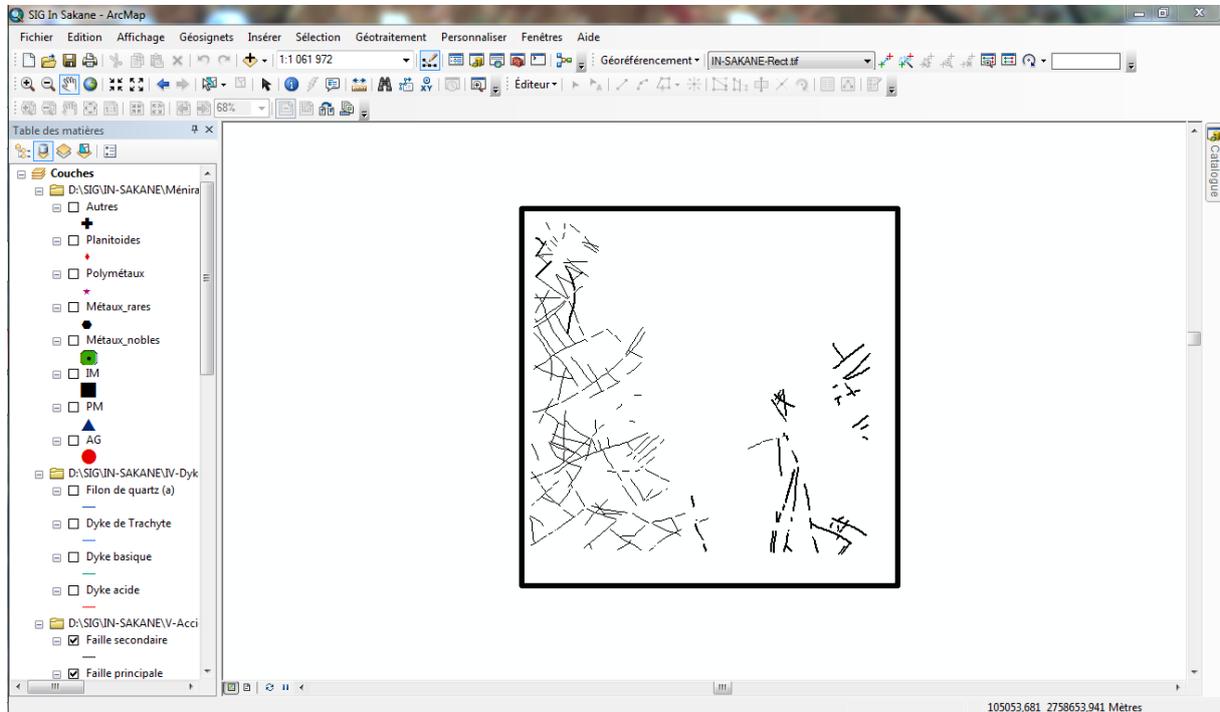


Figure IV-12 : Présentation des différentes failles de la feuille In Sakane.

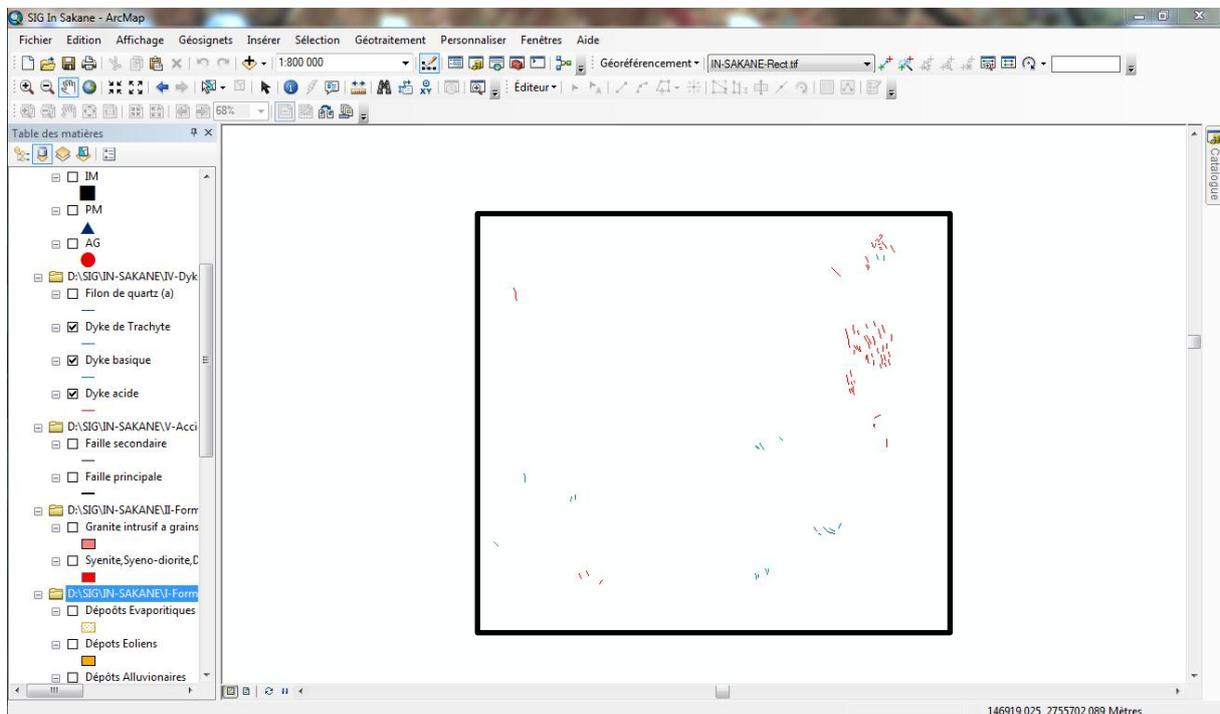


Figure IV-13 : Présentation des différents filons de la feuille In Sakane.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

II-2-1-3-Vectorisation l'information Ponctuelle (Point) :

A) Minéralisations :

Pour réaliser cette étape, je peux procéder par deux méthodes :

Soit par la plotassions des différentes minimalisations qui sont : anomalies géochimiques, indices minéralisés et points minéralisés sur la carte on remplissant la table attributaire pour chaque point. Si je Procède par cette manière qui est très longue et lente, on va gâcher pas mal de temps.

La deuxième manière, c'est avec laquelle que j'ai procédé dans ce mémoire, qui est la création d'un fichier Excel.

Pour réaliser cette étape j'ai d'abord préparé un fichier Excel dans lequel sont mentionnées les positions géographiques des différentes minéralisations de la région d'étude. La préparation consiste d'abord à consulter tous les documents et les rapports élaborés par l'ORGM (Zeghouane.H et al. 1994). Ces documents sont des différents rapports de recherches systématiques et levés géologiques réalisés dans la région d'étude se présentent sous formes de tableaux spécifiques (**Figure IV-14**) qui sont en suit transformé en fichier Excel (**Figure IV-15**) ce qui représente un travail colossal de synthèse gîtologique.

CATALOGUE DES INDICES MINÉRALISÉS (IM) POINTS MINÉRALISÉS (PM) ANOMALIES GÉOCHIMIQUES (AG)		FEUILLE ERG TIHOUDAÏNE	
N° D'après la carte des minéraux utilisés	Coordonnées Lambert	éléments utiles et teneurs	description géologique
AGN°1, Ech 65/2	x : 214 Km y : 2774 Km	Mo: 0.0015%	Trachyte porphyre formant les cratères volcaniques à phénocristaux de Kersantite.
AGN°2, Ech 602	x : 207 Km y : 2776 Km	Nb: 0.02%, Li: 0.1% Sn: 0.0015%	Trachyte porphyre à Sanidine formant les épanchements de laves.
AGN°3, Ech 603	x : 201 Km y : 2776 Km	Nb: 0.03, Zr: 0.25%	Andésite à structure vacuolaire, avec bombes volcaniques formant les pieds des cratères.
AGN°4, Ech 604	x : 201 Km y : 2775 Km	Zr: 0.27, Pb: 0.02%	Andésites porphyriques formant des necks volcaniques.
AGN°5, Ech 2535/1	x : 2286 Km y : 2803.4 Km	Mo: 0.0015%	Filon de quartz sulfuré. Direction N310°. Long: 200m Épaisseur: 4m. encaissé par des granito-gneiss.
AGN°6, Ech 1046/1	x : 228 Km y : 2813.6 Km	Zr: 0.2%	Granito-gneiss à Gros feuilletés de biotite A ₃ D: 330° < P30 NE.
AGN°7, Ech 1047	x : 227 Km y : 2813.5 Km	Zr: 0.3%	Granito-gneiss porphyroblastiques rubanés.
AGN°8, Ech 1048	x : 225 Km y : 2813.4 Km	Sn: 0.0015%	Filon de quartz. Direction N100°, Long: 20m. Épais: 36m Encaissé par des leuco-gneiss à horizons d'amphibolites.
PM N°9, Ech 1048/1	x : 224.5 Km y : 2813.4 Km	Zr > 0.5%	leuco-gneiss à horizons d'amphibolites A ₃ D: 150° < P 60 NE.

Figure IV-14 : exemple de rapport de l'ORGM avant sa transformation en fichier Excel.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

Numéro	Type de gîte	Lat Dec	Long Dec	Nature de gîte	éléments utiles	Elements utiles et teneur (%)	épaisseur(m)	longueur(m)	Dire
1	AG	25,05405	6,15315	Cratères volcaniques	Mo	Mo=0,0015%			
2	AG	25,07207	6,09009	Epanchements de laves	Nb,Li,Sn	Nb=0,02%,Li=0,1%,Sn=0,0015%			
3	AG	25,07207	6,03604	Andisite	Nb,Zr	Nb=0,03%,Zr=0,5%			
4	AG	25,06306	6,03604	Andisite porphyrique(Neeks volcaniques)	Zr,Pb	Zr=0,2%,Pb=0,02%			
5	AG	18,83243	6,28468	Filon de quartz	Mo	Mo=0,0015%	4m	200m	N
6	AG	25,41081	6,27928	Granito-gneiss agros feuilletés de biotite	Zr	Zr=0,2%			
7	AG	25,40991	6,27027	Granito-gneiss	Zr	Zr=0,3%			
8	AG	25,40901	6,25225	Filon de quartz	Zr	Sn=0,0015%	0,6m	20m	N
9	PM	25,40901	6,24775	Leuco-gneiss	Zr	Zr= >0,5%			
10	AG	25,45946	6,43243	Banc de marbre	Sn,W	Sn=0,015%,W=0,020%			
11	AG	25,46396	6,42793	Gneiss a biotite et a grenat	W	W=0,015%			
12	AG	25,45946	6,37297	Zone de feldspathisation	Mo	Mo=0,001%			
13	AG	25,45946	6,34865	Roches ultrabasiques (actinotites)	Ni	Ni=0,06%			
14	AG	25,45946	6,33784	Roches ultrabasiques (actinotites)	Ni	Ni=0,06%			
15	AG	25,45045	6,34955	Gneiss oeilés	Cr	Cr=0,15%			
16	AG	25,10811	6,69369	Filon de quartz	Mo,W	Mo=0,001%,W=0,005%	20m	500m	N
17	AG	25,18216	6,73333	Gabbro a magmatite	N	N=0,006%			
18	AG	25,18919	6,73874	Quartzique	Sn	Sn=0,0015%			
19	AG	25,18919	6,72883	Granito-gneiss	Sn	Sn=0,0015%			
20	AG	25,34234	6,75495	Granite rose	Sn	Sn=0,001%			
21	AG	25,44595	6,75495	Granito-gneiss	Zr	Zr=0,2%			
22	AG	25,46306	6,81982	Filon de quartz	Cu	Cu=0,03%	5m	200m	N
23	AG	25,47027	6,81441	Filon de quartz	Zr,Mo,Bi,Ag	Zr=0,5%,Mo=0,004%,Bi=0,003%,Ag=0,00015%	7m	550m	N
24	AG	25,46847	6,80721	Filon de quartz	Ag	Ag=0,00015%	5m	500m	N
25	AG	25,47658	6,80180	Filon de quartz	Mo,Bi	Mo=0,001%,Bi=0,0015%	10m	500m	N
26	AG	25,47297	6,78829	Filon de quartz	P	P=1%	1,5m	200m	N
27	AG	25,50450	6,77838	Filon quartz	Pb	Pb=0,02%	10m	5m	N
28	PM	25,49550	6,72072	Filon de quartz	Pb,Z,Bi,Ag	Pb=0,4%,Z=0,08%,Bi=0,006%,Ag=0,0001%	3m	250m	N

Figure IV-15 : Exemple de fichier Excel établi à partir du rapport de l'ORGM

Dans ces rapports, nous nous sommes intéressés à divers types d'informations telles que : Type de gîte, Coordonnées géographiques, Eléments Chimiques, Nature de gîte, Encaissant, Epaisseur, Longueur, Direction, Teneur. Chaque information correspond à une colonne dans le fichier Excel (**Figure IV-15**).

Pour les Coordonnées géographiques en ArcMap, fonctionnent en degré décimale donc il est nécessaire de faire la conversion des coordonnées de chaque point, dans les rapports élaborés par l'ORGM (Zeghouane.H et al. 1994), les valeurs sont en coordonnées Lambert, donc il faut d'abord les converties en coordonnées géographiques puis en coordonnées géographiques décimales selon la formule suivante :

$$24^{\circ} + (\text{Point} - \text{la valeur minimal}) * 1^{\circ} / 111 \text{ Km}$$

Point : Point à convertir.

Valeur minimal : 2657 Km.

$1^{\circ} / 111 \text{ Km}$: c'est la valeur d'un kilomètre.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

Après ce dernier doit être exporté sur ArcGIS sous format shapefile, ce qui sera interprété par le logiciel ArcGis comme des entités vectorielles (points) représentant la minéralisation sur la carte. Dans le but de convertir le fichier Excel en fichier shapefile il faut suivre ces étapes suivantes :

Fichier → Ajouter des données → Ajouter des données XY → Choisir la table → modifier la référence spatiale en choisissant « Geographic Coordinate Systems → World → WGS1984.prj ».

La minéralisation a été subdivisée en deux groupes principaux :

A) Selon le type du gîte, on peut citer : (Figure IV-16) et (Figure IV-17) :

- Anomalies Géochimiques (AG).
- Anomalies Minéralogiques (AM).
- Points Minéralisé (PM).
- Indice (IND).

B) Selon les éléments principaux, on peut citer : (Figure IV-18) et (Figure IV-19) :

- Métaux Nobles : Au, Ag.
- Métaux Rares : Sn, W, Be, Li, Ta, Nb, Mo, Y.
- Platinoïdes : Pt, Cr, Ni, Co.
- Polymétaux : Cu, Pb, Zn.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

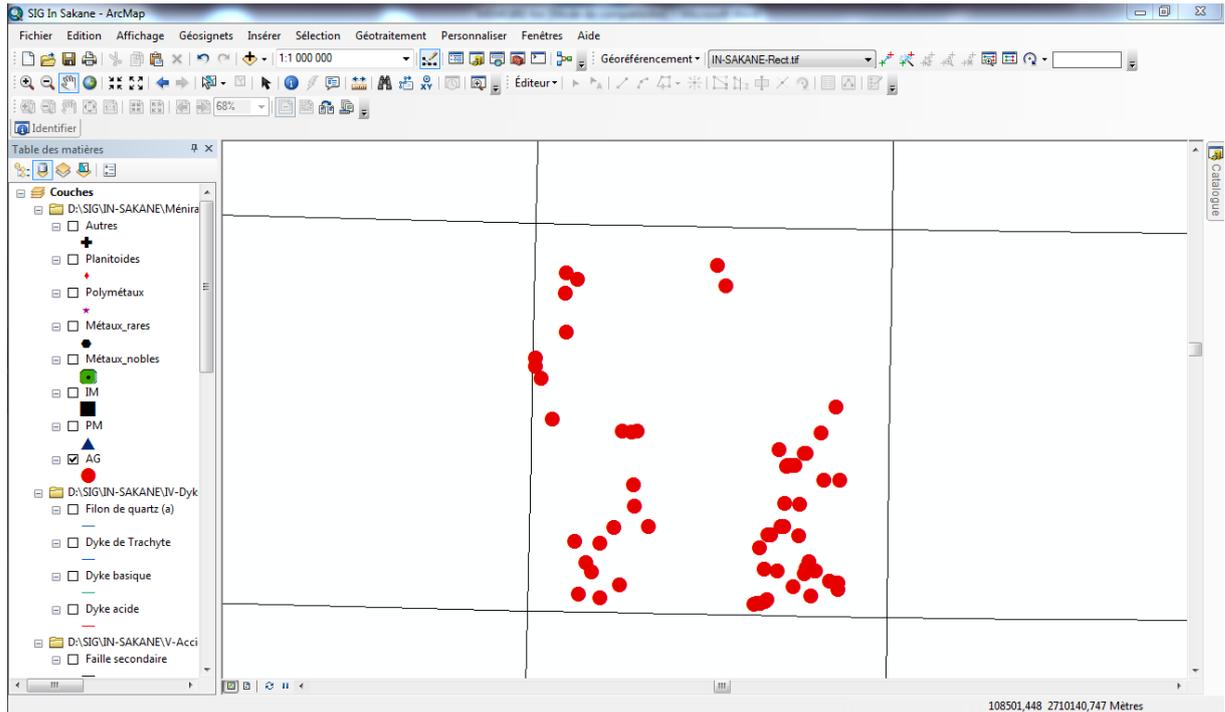


Figure IV-16 : Vectorisation de la couche «Anomalie Géochimiques» de la feuille In Sakane.

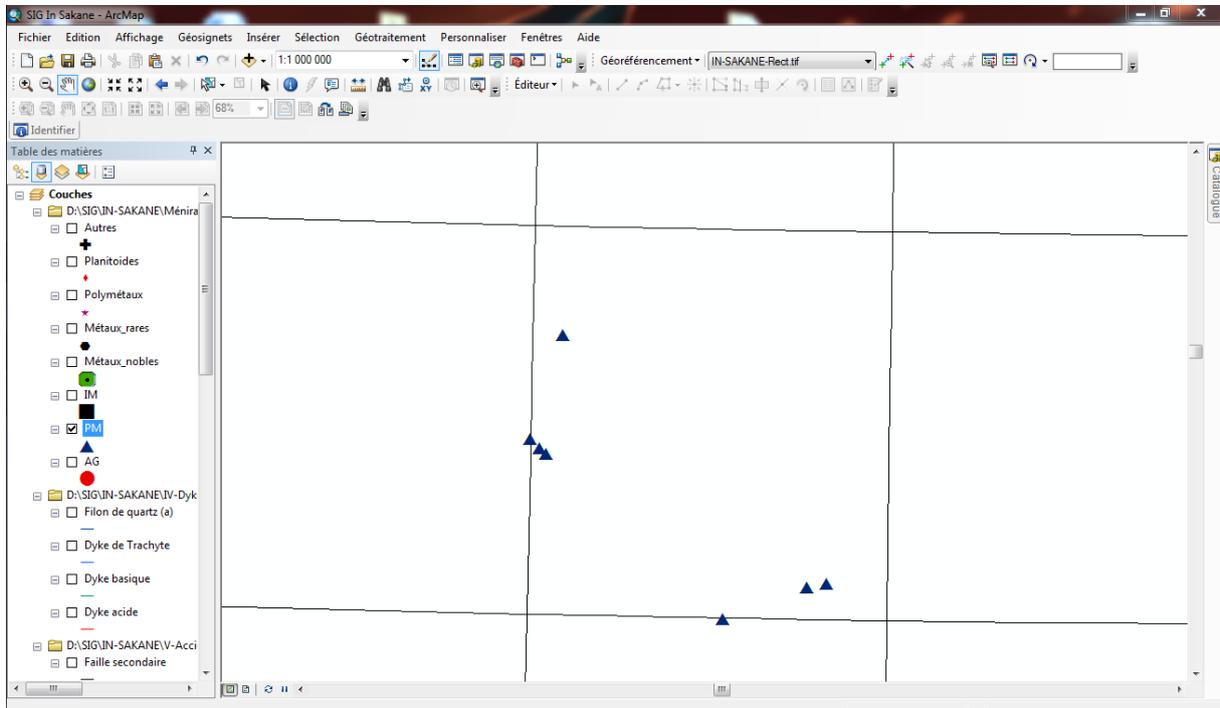


Figure IV-17 : Vectorisation de la couche «Points Minéralisés» de la feuille In Sakane.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

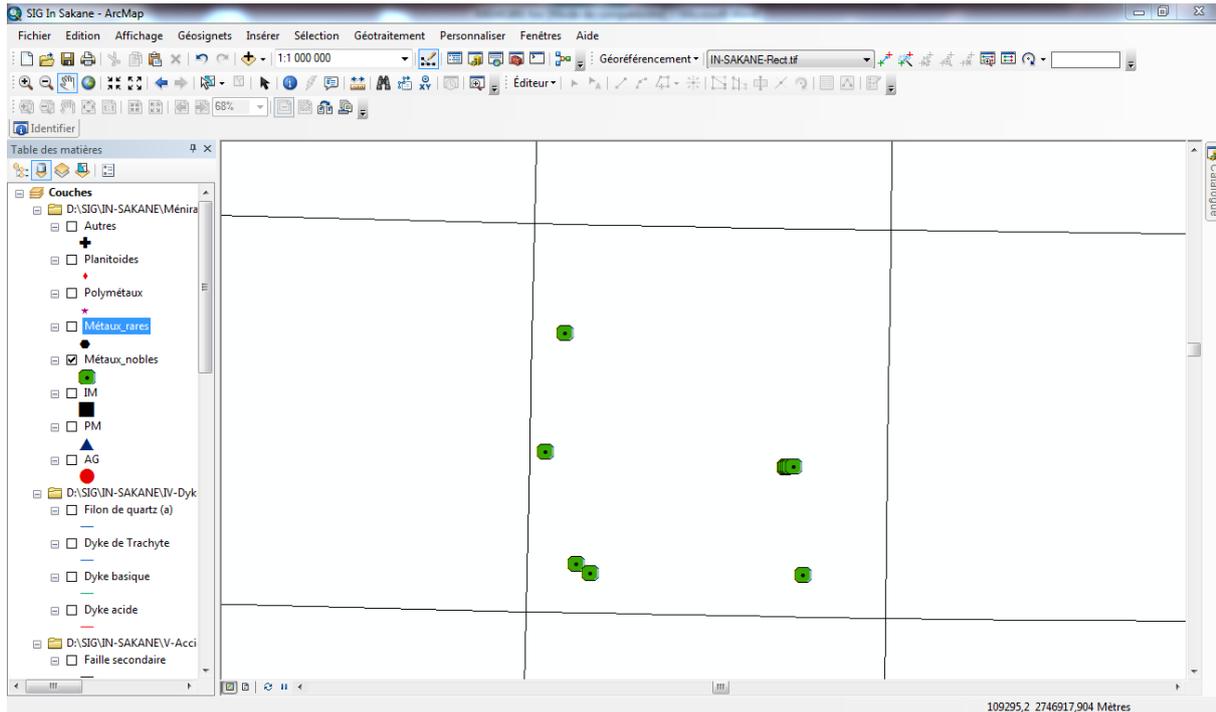


Figure IV-17 : Vectorisation de la couche «Métaux Nobles» de la feuille In Sakane.

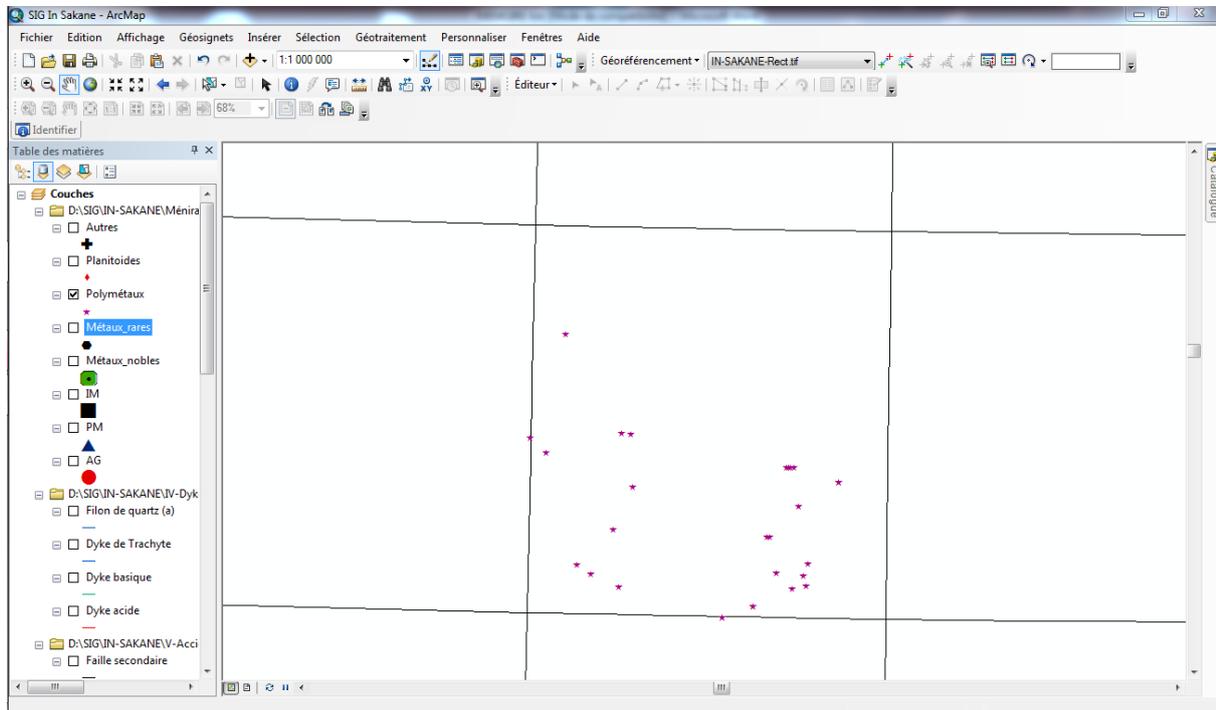


Figure IV-18 : Vectorisation de la couche «Polymétaux» de la feuille In Sakane.

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

II-5- Mise en page de la Carte :

ArcGIS 10 nous permet de créer efficacement des mises en page qui peuvent être présentées à d'autres utilisateurs via une image imprimée ou un document PDF.

La dernière étape d'habillage de la carte sous ArcGIS avant l'impression, nécessite l'ajoute de tous ce qui entoure le fond géologique de la carte.

Les éléments ajoutés sont : nom de la carte, auteur, échelle, légende, le symbole de la direction Nord, ...etc.

Après cette étape la carte peut être imprimée au format selon le choix ou en fonction des besoins demandés.

On sélectionne la mise en page dans le menu **→ Affichage → Mode mise en page →** ou en cliquant sur le symbole de mise en page.

Pour ajouter des éléments indispensables à notre carte on est allé dans le menu puis **→ insérer →** et ensuite sélectionné l'item désiré.

Lorsque la mise en page est terminée, on a le choix entre imprimer (menu fichier **→ Imprimer**) ou bien d'exporter cette mise en page afin de pouvoir l'insérer dans un document.

Pour exporter : menu fichier **→ Exporter la carte.**

Chapitre IV : SIG de la région d'étude.

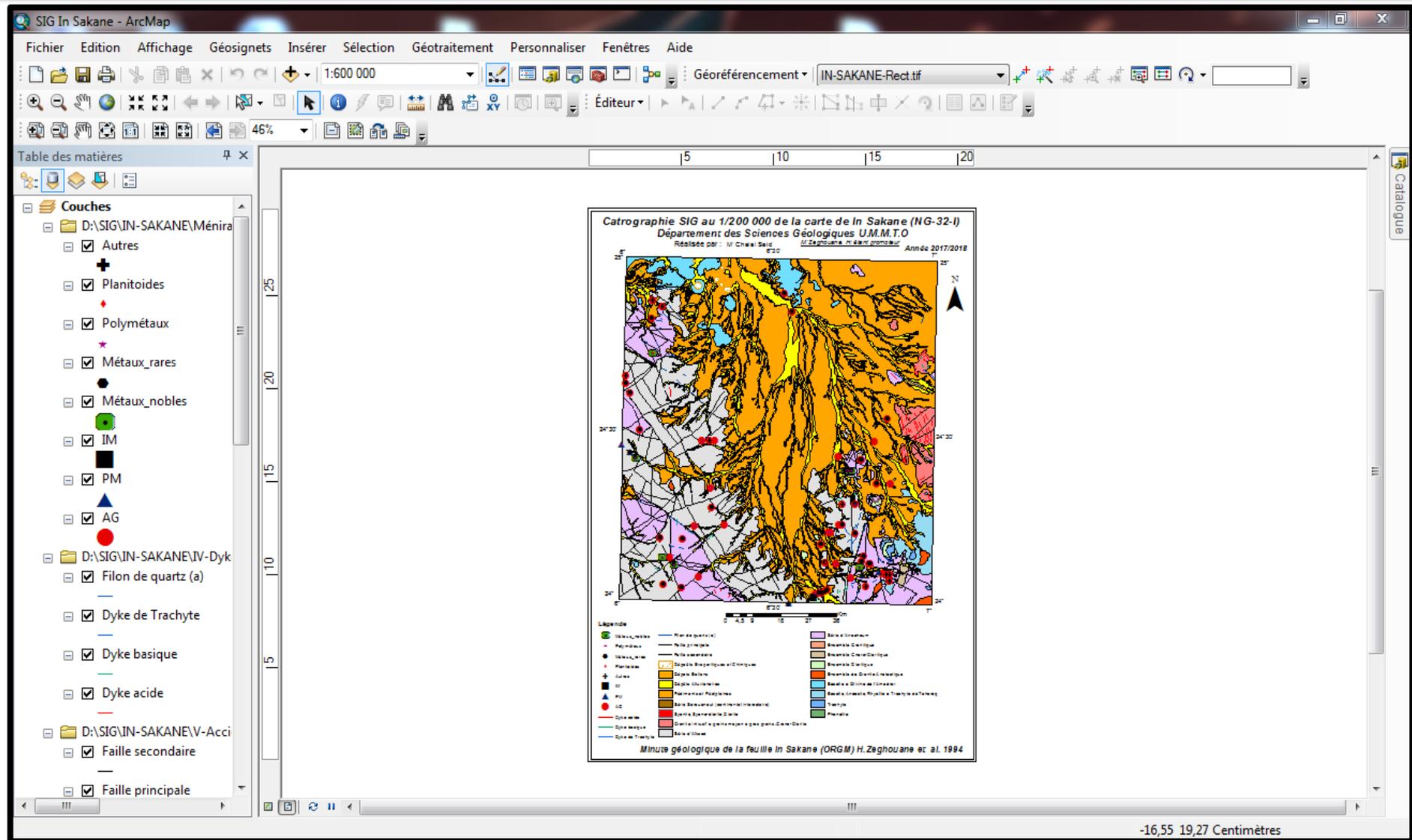


Figure IV-19 : Mise en page et habillage de la carte In Sakane.

*Conclusion
générale.*

Conclusion générale.

Conclusion générale :

Le Hoggar est une vaste région désertique situé au Sud du Sahara algérien, il est subdivisé en trois grands compartiments structuraux par deux grands accidents tectoniques (le 8°30' et le 4°50'), qui sont : le Hoggar occidental, Hoggar central, et Hoggar oriental.

La région d'Amador (zone d'étude) est représentée par deux feuilles de 1/200000, de mêmes caractéristiques géologiques (Lithostratigraphie, tectoniques, minéralisations).

La structure géologique des terrains étudiés est très complexe, les diverses formations géologiques rencontrées sont :

- **Formations protérozoïques** : représentées par la série d'Arechchoum, l'Aleksod qui sont deux séries métamorphiques et les granitoïdes du même âge. Le protérozoïque occupe près de 50% des deux feuilles.
- **Dépôts de paléozoïques** : rencontrés au N et NE de la feuille Erg Tihoudaine.
- **Les basaltes post-crétacés** : rencontrés à la limite Ouest des deux (02) feuilles, leurs superficies sont estimées à 5%.
- **Dépôts quaternaires** : occupent près de 50% des deux (02) feuilles.

Dans ce travail, mené dans le cadre du thème de recherche intitulé « Cartographie SIG de la région de l'Amador (Hoggar central, Algérie) : Géologie et minéralisations associées. ». Le travail qui consistait à l'élaboration d'un SIG de cette région ; transformer la carte géologique de mode raster au mode vecteur qui permet de rendre les informations géologiques facilement manipulables et leur meilleure gestion et organisation.

Ce travail a été réalisé à l'aide du logiciel ArcGis qui permet l'acquisition, le stockage, la mise à jour et le traitement des données géographiques, il est constitué d'une interface ArcMap, ArcCatalog, et ArcToolbox.

ArcGIS est un logiciel principal que j'ai utilisé pour la réalisation de ce projet de fin d'étude.

Après le géoréférencement des deux cartes géologiques (feuille Erg Tihoudaine et In Sakane), puis le découpage de ces deux dernières, la vectorisation de chaque formation géologique (couches, failles, filons... etc.), ensuite la préparation d'un fichier Excel pour ploter tous les points, indice minéralisés et les anomalies géochimiques sur les cartes en mode vecteur à l'aide du logiciel ArcGis.

Conclusion générale.

La dernière étape d'habillage de la carte sous ArcGIS avant l'impression, elle nécessite l'insertion de tous les éléments qui accompagnent le fond géologique de la carte : le nom de la carte, l'auteur, l'échelle, la légende, la flèche nord, ...etc.

Après cette étape les cartes peuvent être exportées puis imprimées sous forme de document en papier pour être utilisées par une société ou une campagne d'exploration minière, selon le choix ou en fonction des besoins demandés.

Quant au SIG réalisé, il représente une nouvelle forme de données numériques susceptibles d'être manipulées par les moyens informatiques pour en déduire en fonction de besoin des différentes interprétations.

Bibliographie

- ❖ **BERTRAND., J.M, CABY., R. (1965)**: Nouvelles observations sur le Précambrien du Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara Algérien). Comptes rendus de l'Académie des sciences, C.R. Acad Sci., Paris, D, 261 : 3845-3848.
- ❖ **BLACK, R., LATOUCHE, L., LIEGEOIS, J.P., CABY, R., BERTRAND, J.M., 1994**. Pan-African displaced terranes in the Tuareg Shield (Central Sahara). *Geology* 22, 641–644.
- ❖ **CABY, R. & BERTRAND, J.M.L. (1977)**: Synthèse des connaissances sur la géologie du Hoggar; in Inv. et Prosp. Des Ress. Min du Hoggar. So.Na.Re.M 1977, Algérie.
- ❖ **CABY, R. (1969)** : Une nouvelle interprétation structurale et chronologique des séries à faciès pharusien et à faciès suggarien dans l'Ahaggar. C. R. Acad. Sc., Paris, 275(1969), pp. 2095-2098.
- ❖ **CABY, R, 1972** : Evolution pré-orogénèse de la Chaîne pharusienne dans le Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara Algérien). Sa place dans l'orogénèse Panafricaine en Afrique Occidentale, actes du colloque international sur les corrélations du Précambrien Volume III, Issue 4, Page 343-362.
- ❖ **Semiani et al, 2004** : Métallogénie de la zone de cisaillement Est-ouzzalienne : structure pétrologie et géochimie des gisements d'or de tirek-amesmessa(Hoggar occidental, Algérie). Sous la direction de S.FOURCADE-Rennes 1.
- ❖ **LIEGEOIS, J.P, LATOUCHE, L., NAVEZ, J., BLACK, R., 2000**. Pan-African collision, collapse and escape tectonics in the Tuareg Shield: relations with the East Saharan Ghost Craton and the West African Craton. In: Wallbrecher, E., Loizenbauer, J., Fritz, H., Unzog, W., Mogessie, A., (Eds.), Special abstract issue, 18th Colloquium of African Geology, Graz. *Journal of African Earth Sciences* 30/4A, Elsevier, pp. 53-54
- ❖ **LIEGEOIS, JP., LATOUCHE, L., BOUGHRARA, M., NAVEZ, J., 2003**. The LATEA metacraton (central Hoggar, Tuareg shield, Algeria):

behavior of an old passive margin during the Pan- African orogeny.
Journal of African Earth Sciences 37, pp. 161-190.

- ❖ **LIEGEOIS. , J.P, BLACK. , R, NAVEZ. J, LATOUCHE. , L (1994):**
Early and late Panafrican orogenies in the Air assembly of terranes
(Tuareg shield, Niger). Precambrian Research n°67, p59-88.
- ❖ **SINTCHOUK. Y. A. (1984) :** Géologie et métallogénie du Hoggar.
Rapport géologique ORGM 1984, Volume II, Livre III et IX.
- ❖ **ZEGHOUANE. H et al. 1994 :** Rapport Final de la recherche
systématique et levé géologique sur les feuilles d'In Sakane (NG-32-I)
et Erg Tihoudaine (NG-32-VII).

Liste des annexes :

Annexe 1 : Cartographie SIG de la feuille au 1/200.000 Erg Tihoudaine.

Annexe 2 : Cartographie SIG de la feuille au 1/200.000 In Sakane.