



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI OUZOU

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES

**MEMOIRE**

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

**MASTER EN GEOLOGIE**

Option : Ressources Minérale et Environnement

**SUJET**

**Cartographie SIG au 1/200.000 de la région de Tafassasset-Djanet,  
(Hoggar Oriental, Algérie); Géologie et Minéralisations associées**

Réalisée par : LAMARI Idir

**MAHMOUDI Ali**

Soutenu publiquement le 25.09.2018

Devant le jury composé de :

|                     |     |             |             |
|---------------------|-----|-------------|-------------|
| M. AMROUCHE Farid   | MAA | FSBSA/UMMTO | Président   |
| M. MAKHLOUF Ali     | MCB | FSBSA/UMMTO | Examinateur |
| M. ZEGHOUANE Hocine | MCB | FSBSA/UMMTO | Promoteur   |

Année universitaire 2017/2018

# Remerciements

Au terme de ce travail, nous voudrions exprimer notre reconnaissance et nos remerciements.

Il nous est agréable de remercier en premier lieu et très particulièrement notre promoteur **Monsieur H. ZEGHOUANE** pour nous avoir proposé d'abord ce thème, puis nous dirigé et conseillé tout au long de ce travail il n'a pas cessé de nous faire profiter de sa grande expérience en nous réservant toujours un moment pour discuter et suivre l'évolution de notre travail malgré ses multiples responsabilités. La qualité de ses exigences scientifiques, la confiance qu'il nous a témoignée et les moyens qu'il a mis à notre disposition nous a permis de mener à bien ce travail, qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Un grand merci à **Monsieur F. AMROUCHE** qui a accepté de présider ce Jury, on a beaucoup appris à son contact. On espère qu'il trouvera ce travail à la hauteur.

Nous Sommes très content que **Monsieur A.MAKHLOUF** a accepté d'examiner ce travail. Il à toujours fait preuve d'une grande générosité envers tout le monde et n'a jamais hésité à nous tendre la main.

Nous voudrions aussi remercier nos chers professeurs de département des sciences géologiques par qui on a été entouré durant tout notre cursus pour leur bienveillance, leur encadrement et leur dévouement.

Nous remercions également toute l'équipe pédagogique du département des sciences géologiques U.M.M.T.O ainsi que nous camarades.

## Dédicace

*Je tiens tout d'abord à Dédier ce modeste travail à mes chers parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leur prières tout au long de mes études ;*

*A mes chers petits frères, Lyes, Menad, Karim ;*

*A ma chère et adorable petite sœur Chahra ;*

*A toute ma grande famille ;*

*A mon très cher binôme Idir Lamari ;*

*A mon ami proche ainsi qu'un frère pour moi Belaid Khabou ;*

*A mes amis, J.Mohammed, S.Fahar, M.Sadek, O.Mokran, L.Nacer, C.H.Lysa, K.Radia, K.Imene, A.Nabila, B.Abir, H.Thiziri, K.Amar, K.Arezki, H.Izzedine, J.Yanis, Ch.Said, A.Chafaa, B.Mounir, Ch.Foufik, L.Kiki, K.Karim, J.Amine, D.Amazigh, M.Nacer, Kh.Karim, B.Skoura, D.Tinhinane, O.Farah, K.Dihia, M.Salah, M.Youcef, O.Yougourthen, Z.Azzedine, M.Rafik, A.Lyes, A.Mahdi, S.Kamilia, S.Menad, D.Farhat, B.Fatma, L.Yazid, B.Katia, F.Ouzna, M.Sonia .*

*A tous ceux et celles dont les noms n'ont pu être cités.*

## Dédicace

*C'est avec profonde gratitude et un grand bonheur que je dédie ce travail à la mémoire de la femme la plus chère à mon cœur ma grand-mère, que Dieu te grâce par son paradis, je ne suis que le fruit de ton éducation et tes principes.*

*A mes très chers parents, merci d'être un exemple de courage, de force et d'indépendance pour moi, je ferai de mon mieux pour être et rester une fierté à vos yeux, je vous doit ce que je suis aujourd'hui ;*

*A mes adorables, frère Salim et ma sœur Élissa ;*

*A toute ma grande famille ;*

*A mon très cher binôme Ali Mahmoudi ;*

*A mes amis, Belaid, Tahar, Azzedine, Mohammed, Said, Sabrina, Abir, Yanis, Farid, Lyes, Sofiane, Samir, Thiziri, Youyou, Ghanou, Mhena, Dalila, Chafaa, Mounir, Rafik, Lysa, Nabila.*

*A tous ceux et celles dont les noms n'ont pu être cités.*

*Idir*

## Résumé

Depuis l'avènement de l'outil informatique, les SIG (système d'informatique géographique) sont de nos jours des outils technologiques incontournables d'affichage, d'analyse, de mise à jour des données géoréférencées. Ce qui permet une meilleure compréhension des phénomènes qui se produisent à la surface du globe terrestre.

Dans le présent mémoire, on se propose de réaliser une cartographie SIG en utilisant le logiciel ArcGIS portant sur la géologie, et les minéralisations dans la région Tafassasset-Djanet (Hoggar oriental). Cette région est constituée de cinq cartes au 1/200 000 (Tafassasset, Djanet-Tin Alkoun, In Afelahlah, Edembo et Emi Lulu). Le travail consiste à extraire et à mettre sous forme de couches d'informations vectorielles, l'ensemble des entités géologiques et géologiques (lithologie, magmatisme, tectoniques, minéralisations). à fin de mieux appréhender et comprendre la répartition des minéralisations de la région étudiée.

Dans le but d'atteindre notre objectif nous avons travaillé sur ArcGIS, un logiciel SIG développé par ESRI et composé essentiellement de trois interfaces (ArcMap, ArcCatalog et ArcToolbox).

La vectorisation de l'ensemble des feuilles constituant notre région d'étude permet de mettre en évidence la relation entre la lithologie et la géologie des différents affleurements ainsi facilite l'étude ciblée des minéralisations.

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

**Mots clefs** : Hoggar, système d'information géographique, géologie, minéralisation, ArcGIS, SIG.

# Sommaire

## **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

|   |   |
|---|---|
| 1. But et objectif du travail.....        | 1 |
| 2. Présentation de la région d'étude..... | 2 |

## **CHAPITRE I : GÉOLOGIE RÉGIONALE**

|   |   |
|---|---|
| I.1. Introduction.....                                    | 4 |
| I.1.1 Géologie de la région du Hoggar.....                | 4 |
| I.1.2 Les trois grand domaines structuraux du Hoggar..... | 5 |
| a) Hoggar oriental.....                                   | 7 |
| b) Hoggar central.....                                    | 7 |
| c) Hoggar occidental.....                                 | 8 |

## **CHAPITRE II : GÉOLOGIE DE LA RÉGION D'ÉTUDE**

|   |    |
|---|----|
| II.1. Introduction.....                         | 10 |
| II.2. Lithostratigraphique.....                 | 11 |
| II.2.1 Protérozoïque.....                       | 12 |
| II.2.1.1 Protérozoïque inférieur.....           | 12 |
| II.2.1.2 Protérozoïque supérieur.....           | 13 |
| II.2.2 Paléozoïque.....                         | 18 |
| II.2.2.1 Cambro-Ordovicien (Série d'Ajjer)..... | 18 |
| II.2.2.2 Silurien (Série de Tahouit).....       | 19 |
| II.2.2.3 Dévonien (Série de Tamadjert).....     | 19 |
| II.2.3 Cénozoïque.....                          | 20 |

|   |    |
|---|----|
| <b>II.2.3.1</b> Système quaternaire.....  | 20 |
| <b>II.2.3.2</b> Dépôt quaternaire Moyen.....  | 20 |
| <b>II.2.3.3</b> Dépôts quaternaires Supérieurs.....                                 | 20 |
| <b>II.2.3.4</b> Dépôts quaternaires Actuels.....                                    | 20 |
| <b>II.2.3.5</b> Dépôts Actuels.....   | 21 |
| <b>II.3.</b> Magmatisme.....  | 22 |
| <b>II.3.1</b> Formation intrusives du Protérozoïque Inférieur.....                  | 22 |
| <b>II.3.1.1</b> Complexe Ultrametamorphique de granitoïde anatectiques (u PR1)..... | 22 |
| <b>II.3.1.2</b> Complexe d'Issalane (PR i).....                                     | 23 |
| <b>II.3.2</b> Formation intrusives du Protérozoïque Supérieure.....                 | 24 |
| <b>II.3.2.1</b> Complexe des intrusions subvolcaniques de Touffok (PR2 tu).....     | 24 |
| <b>II.3.2.2</b> Complexe d'Arirer (PR2 a).....                                      | 26 |
| <b>II.3.2.3</b> Complexe intrusif Post-Tiririn (PR2 p).....                         | 27 |
| <b>II.3.2.4</b> Complexe magmatique du Crétacé Supérieure-Quaternaire (K2-Q).....   | 30 |
| <b>II.4.</b> Tectonique.....  | 30 |
| <b>II.4.1</b> Étage structural inférieur.....                                       | 30 |
| <b>II.4.2</b> Étage structural moyen.....   | 31 |
| <b>II.4.3</b> Étage structural supérieur.....                                       | 32 |
| <b>II.4.4</b> Les accidents cassants.....   | 32 |
| <b>II.5.</b> Minéralisation.....  | 33 |
| <b>II.5.1</b> Minéralisations Aurifères (Métaux Nobles).....                        | 33 |
| <b>II.5.2</b> Métaux rares.....   | 34 |
| <b>II.5.3</b> Platinoïdes.....  | 34 |

|  |    |
|--|----|
| II.5.4 Polymétaux.....                           | 34 |
| II.5.5 Terres rares et éléments radioactifs..... | 34 |

## **CHAPITRE III : SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE**

|  |    |
|--|----|
| III.1. Introduction.....                                 | 35 |
| III.2. Définition de SIG.....                            | 35 |
| III.3. Les composantes d'un SIG.....                     | 36 |
| 1) Logiciels.....  | 36 |
| 2) Matériel.....   | 37 |
| 3) Données.....  | 37 |
| 4) Les utilisateurs.....                                 | 37 |
| 5) Méthodes.....   | 38 |
| III.4. Mode de présentation des données dans un SIG..... | 38 |
| 1) Mode raster.....                                      | 38 |
| 2) Mode vecteur.....                                     | 39 |
| 3) Comparaison des Modes vecteur et raster.....          | 40 |
| III.5. Les domaines d'application du SIG.....            | 41 |
| III.6. Que nous permet de faire un SIG ?.....            | 42 |
| III.7. Les SIG et la Géologie.....                       | 42 |
| 1) Construction du SIG géologique.....                   | 42 |
| 2) Architecture du modèle spatial.....                   | 42 |
| 3) Méthode de construction d'un SIG.....                 | 43 |
| III.8. SIG SOUS ArcGIS.....                              | 44 |
| 1) Définition du logiciel Arc Gis.....                   | 44 |

|  |    |
|--|----|
| 2) Présentation du logiciel Arc GIS 10.....    | 44 |
| a) Présentation de l'interface ArcMap.....     | 44 |
| b) Présentation de l'interface ArcCatalog..... | 45 |
| c) ArcToolbox.....                             | 47 |
| 3) Le document MXD.....                        | 59 |

## **CHAPITRE IV : SIG APPLIQUÉ A LA RÉGION D'ÉTUDE**

|   |    |
|---|----|
| IV.1. Application à la région d'étude.....                          | 51 |
| Introduction.....   | 51 |
| IV.1.1 Étapes suivies pour la réalisation du travailles.....        | 51 |
| IV.1.2 Géoréférencement.....  | 54 |
| IV.1.3 La vectorisation des différentes formations géologiques..... | 60 |
| ❖ Les étapes de la vectorisation d'une carte à l'aide d'ArcGIS..... | 60 |
| IV.2 La vectorisation des formations géologique.....                | 63 |
| IV.2.1 Vectorisation l'information surfacique (Polygone).....       | 63 |
| 🚧 Lithostratigraphie.....   | 63 |
| 🚧 Magmatisme.....   | 66 |
| IV.2.2 Vectorisation l'information linéaire (Polyligne).....        | 66 |
| 🚧 Tectonique.....   | 66 |
| IV.2.3 Vectorisation l'information Ponctuelle (Point).....          | 69 |
| 🚧 Minéralisation.....   | 69 |
| IV.3 Mise en page.....  | 74 |

## **CHAPITRE V : CONCLUSION GÉNÉRALE**

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Conclusion Générale..... | 76 |
|--------------------------|----|

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| <b><u>BIBLIOGRAPHIE</u></b> .....     | VII  |
| <b><u>LISTE DES FIGURES</u></b> ..... | VIII |
| <b><u>LISTE DES ANNEXES</u></b> ..... | X    |

**INTRODUCTION  
GENERAL**

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

## 1. But et objectif du travail:

Le processus d'édification d'une carte géologique à l'aide d'un Système d'Information Géographique est beaucoup plus souple qu'une production manuelle ou automatisée. Il débute par la création de la base de données. Les informations existantes sur support papier peuvent être digitalisées et toutes les autres sources informatiques sont intégrées dans un SIG.

L'information contenue dans le SIG est continue sur l'ensemble du territoire d'étude et totalement indépendante des problèmes d'échelle.

Notre SIG appliqué à la géologie et la minéralisation des feuilles de Tafassasset, Djanet-Tin alkoun, In afelahlah, Edembo, Emi lulu. à 1/200.000 a été établie à partir des cartes géologiques du Hoggar qui étaient réalisées par l'Office National de la Recherche Géologique et Minière (O.R.G.M).

L'objectif essentiel de notre étude est la création d'un système d'information géographique réunissant et conservant un large ensemble de données quantitatives et qualitatives relatives à la géologie et la minéralisation de notre région d'étude dont l'utilisation nous permettra la présentation des informations collectées et organisées sous forme d'entités thématiques, mettre en application nos connaissances fondamentales et pratique acquises au cours de notre cursus universitaires.

Le but de notre travail consiste à moderniser et informatiser les données sur la géologie et la minéralisation de la zone étudiée. La cartographie SIG va rendre la gestion facile et une meilleure connaissance de la distribution de la minéralisation et de faire une mise à jour pour la géologie à partir de ces informations on peut réaliser un système d'information géographique (SIG) facilite la tâche aux entreprises minières, aux géologues miniers et aussi aux étudiants.

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

## 2. Présentation de la région d'étude :

### a) Situation géographique de la région d'étude :

Djanet fait partie du Hoggar oriental, située au Sud-Est algérien entre la latitude 23° et 26° nord et entre la longitude 5° et 11° à la bande frontalière Algero Libyenne à l'Est. Ce territoire appelé aussi les Ajjers peut être assimilé à un vaste rectangle orienté Nord-Ouest et long de quelques 700km dont la largeur varie de moins de 100 km à plus de 200km. Mais les limites sont bien marquées physiquement, dans la partie Nord par le lit de l'oued Ighargharen, qui sépare des ergs Tifernine et Ghirarene, au Sud-Est, la falaise du massif, long de 400km domine les ergs et Tihoudaine l'oued. Il est limité dans sa partie Nord par le massif de l'Ahellakane et au Sud par le grand oued Tafessasset. A l'Est et au Sud, il est limité par les frontières libyennes et nigériennes.

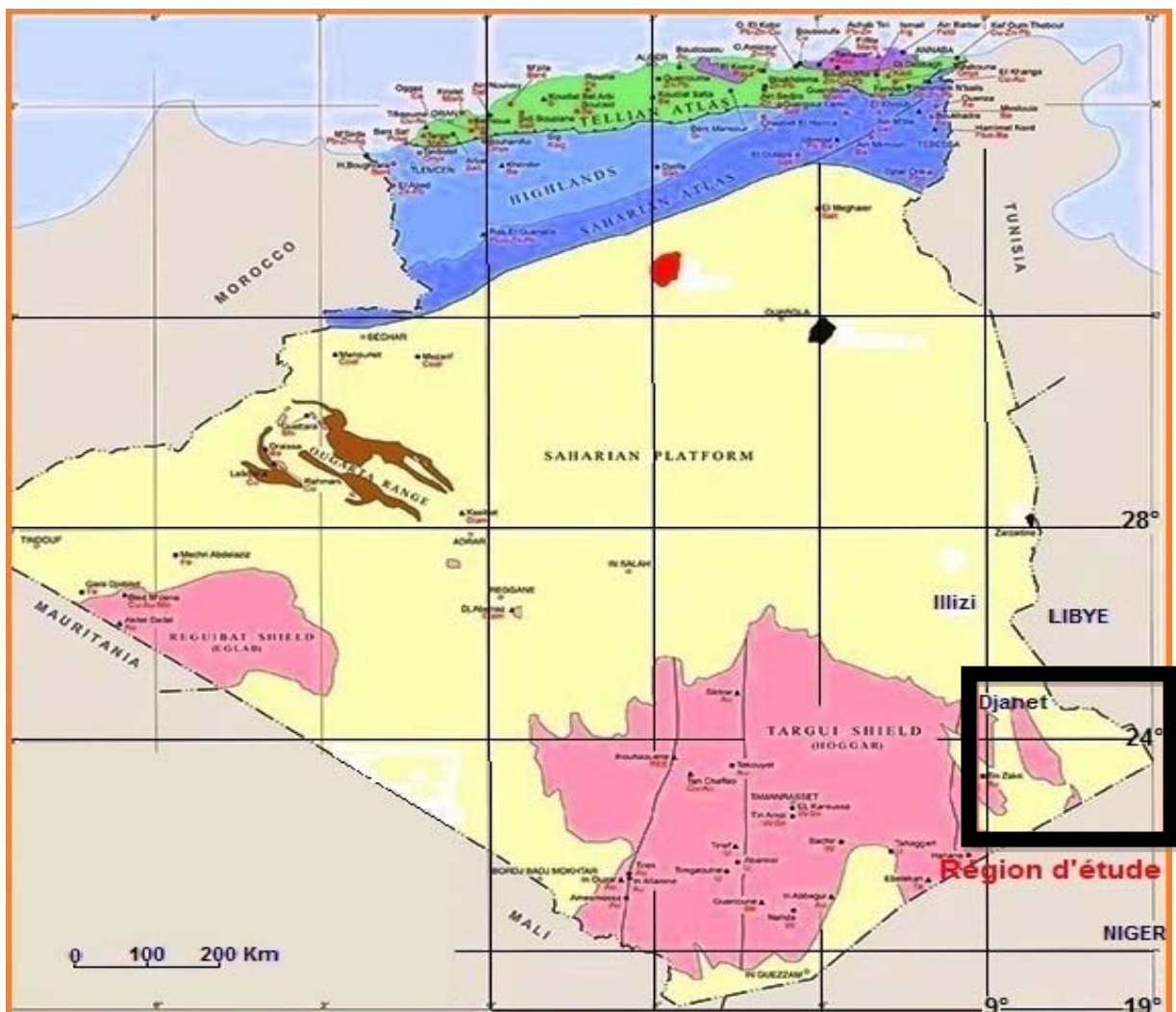


Figure 1: Situation géographique de la région d'étude

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

### **b) Climat, faune et flore :**

La région de Djanet est une partie intégrante du Hoggar qui est caractérisée par un climat de type hyperaride et désertique, la quantité de pluie annuelle est très faible avec une moyenne annuelle de 25mm. Néanmoins en raison de l'altitude du plateau (1100m) il existe quelques zones plus abrités et humides, la température moyenne annuelle est de 20 à 21°C avec un pic de 50°C en été et 1°C en hiver.

La densité de population de la région est extrêmement basse, ce n'est que vers le centre qu'une localité est présente avec environ 9000 habitants; Le Fort Charlet (Djanet) centre administratifs de l'Ahaggar oriental. Partout ailleurs le territoire est parsemé par de rares campements provisoires des indigènes touarègues.

Parmi la faune, on découvre que 230 espèces animales sont encore vivantes et se trouve notamment dans la partie élevée du plateau comme les grands mammifères: le mouflon à manchette qui se maintient bien dans les régions les plus escarpées, de nombreuses gazelles dans les grands oueds; On note la présence du guépard qui est en voie de disparition, le fennec, le renard, le chat des sables, le goundi du Sahara. Quant à l'avifaune elle est représentée par la chouette, le buse féroce et l'aigle royal.

La flore qui comprends des espèces typique de la région saharienne comme le cyprés du Tassili, l'acacia, le tamaris ainsi que des plantes médicinales.

# **CHAPITRE I : GÉOLOGIE RÉGIONALE**

## I.1. INTRODUCTION :

### I.1.1. Géologie de la région du Hoggar :

Le Hoggar est le plus important massif précambrien de l'Algérie, il constitue la partie centrale du bouclier "Touareg", segment de la chaîne panafricaine dite "trans-saharienne" (Cahen et al., 1984). Il se prolonge, au sud-ouest, au Mali, par le massif des Iforas et à l'Est, au Niger, par le massif de l'Aïr.

Le Hoggar est composé de terrains d'âge allant de l'Archéen au Néoprotérozoïque. Il est recouvert en discordance par les grès cambro-ordoviciens des Tassilis, leur arasions est dû à un bombement lithosphérique à grand rayon de courbure, formé au cours d'une phase dispersive fini-jurassique et liée à l'ouverture de l'Atlantique. Ce bombement s'accompagne d'une activité volcanique, de type "point chaud", à caractère tholéitique à alcalin connue depuis l'Eocène supérieur jusqu'au Quaternaire récent (Girod, 1976 ; Dautria, 1988 AitHamou, 2000).

Des Shear-zones majeures orientées Nord-Sud séparent le Hoggar en trois blocs cristaux à la géologie contrastée. Afin d'établir les différentes corrélations existantes entre ces différents blocs, de nombreux auteurs ont été amenés à concevoir le bouclier "Touareg" comme un ensemble de complexe de blocs exotiques pour aboutir au concept "d'amalgamation de microcontinents" et enfin à la notion de "terranes" pris en tenaille entre le Craton Ouest Africain et le Craton Est Saharien durant l'orogénèse panafricaine de 750 à 550 Ma ( Liégeois et al 2000). (**Fig 2**)

Cette phase se termine par la formation de suites post-orogéniques d'affinité alcaline connues sous le nom des granites "Taourirt" qui se met en place le long de shear zones en régimes de transpression transtension, plus ou moins contemporains de la pénéplation et du développement de bassins molassiques intracontinentaux contrôlés par les failles (Bonin et al, 1998).

### I.1.2. Les trois grands domaines structuraux du Hoggar :

Le Hoggar est composé de trois principaux domaines géologiques (oriental, central et occidental) séparés par des accidents tectoniques majeures et dans lesquels s'individualisent des terrains spécifiques en terme de lithologie, de métamorphisme, de magmatisme et de tectonique (black et al, 1994 ; liégeois et al, 1994).l'ossature globale du Hoggar s'intègre dans un modèle géodynamique caractérisé par une orogénèse panafricaine à deux stades successifs

(Caby et al, 1981 ; black et al, 1994). Le premier stade, précoce (750 - 660 Ma), reflète une collision qui succède à une subduction à plongement vers l'Ouest du Craton Est – Saharien.

Cette collision a généré un métamorphisme de haute pression, une anatexie de la croute inférieure, des chevauchements à l'échelle régionale et un magmatisme calco-alcalin faiblement à moyennement potassique. Le second stade (650 -580 Ma) a eu comme effet des batholites calco – alcalins fortement potassiques, suite à une subduction à plongement vers l'Est du craton Ouest africain. ( Semiani A, et Al , 2004 )

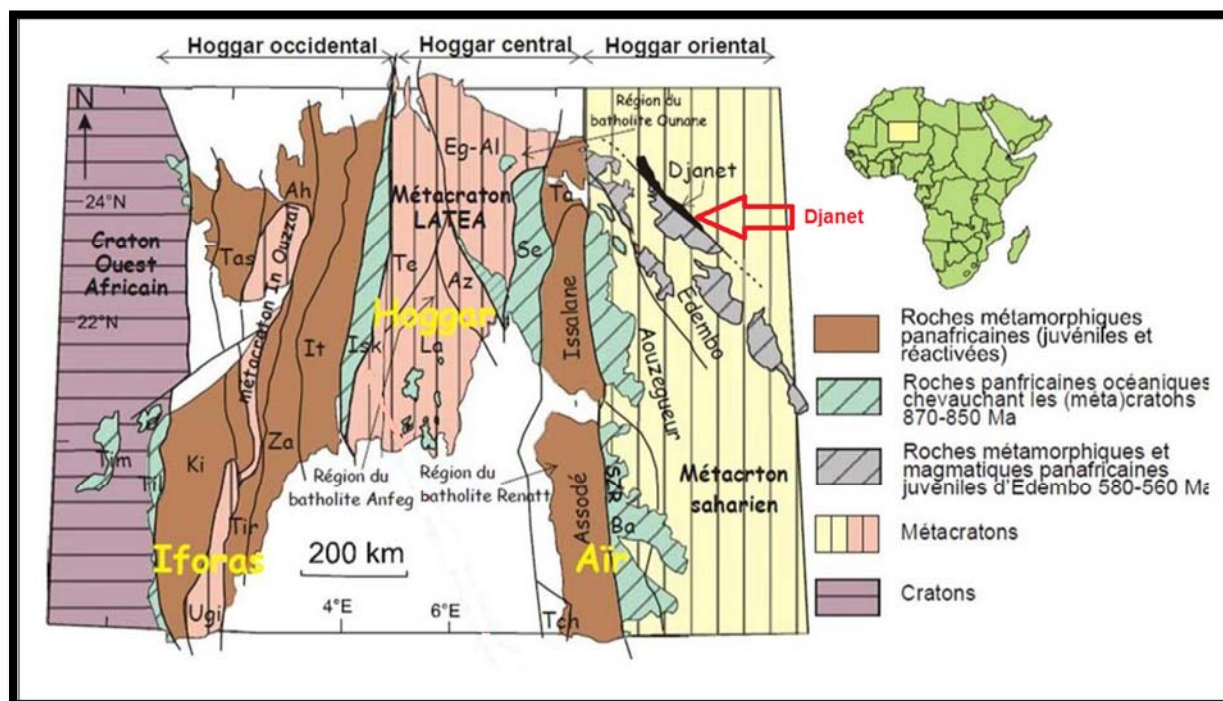


Figure 2: Le schéma montrant les subdivisions du Hoggar (Liégeois et al. 2000)

- **Hoggar Oriental** : Dj (Djanet), Ed (Edembo), Ao (Aouzegueur).
- **Hoggar Central** : As-Is (Assodé-Issalane), Se (Serouenet), Eg-Al (Egré-Aleksod), Az (Azou-n-Fad), Te (Tefedest), La (Laouni).
- **Hoggar Occidental** : Isk (Iskel), Te (In Tedeini), Za (Tin Zaoutine), Tir (Tirek), Ou (In Ouzzal), Ugi (Iforas), Tas (Tassendjanet).

**a) 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. (Semiani A. *et al*, 2004) Il s'agit des terranes de

- **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 (Bertrand et al., 1978). 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 grés 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 fluviatile, dénommée localement série Arokam.

**b) Le Hoggar central :**

Limité à l'Est et à l'Ouest par les cisaillements  $8^{\circ}30'$  et  $4^{\circ}50'$ . Les formations d'âge paléoprotérozoïque et prédominant 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 ; (Semiani et *al*, 2004) il s'agit de :

- **Môle Issalane**: d'allongement N-S, mis en contact avec le cisaillement  $8^{\circ}30'$  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 mésoprotérozoïque et des granites calco-alkaline fortement potassiques d'âge 580 Ma ;

- **Egéré-Aleksod:** comportant des gneiss granulitiques archéens 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-alkalins 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.

### c) 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) séparés par le môle In-Ouzzal (terrine 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.(Semiani et al,2004)

➤ **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 stromatolites (décrite in 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, généralement riches en chromite, sont associés aux niveaux inférieurs des formations volcano-sédimentaires. Les formations mésoprotérozoïques

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

Dans ce rameau, il a été distingué quatre terraines :

- **Iskel:** comprenant surtout des sédiments de plate-forme à faciès schistes verts avec des marbres à stromatolites et des sills de roches basiques et ultrabasiqes 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.

➤ **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 paléoprotérozoïques 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 ;

- **Tassendjanet:** comprenant des gneiss éburnéens recouverts en discordance par la série à stromatolithes (Néoproterozoïque) 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 (Semiane et Al , 2004).

**CHAPITRE II :**  
**GÉOLOGIE DE LA**  
**RÉGION D'ÉTUDE**

II.1. Introduction :

La région Djanet-Tafassasset (zone d'étude) est composée de cinq feuilles de 1/200 000, nous les avons classé en une seule partie.

D'après les rapport de travaux de recherche géologique systématique par l'équipe de Djanet (centre) et avec l'auteur I.Doronkine (1978-1979 et 1980-1982) on aboutit sur les mêmes caractéristiques géologique (lithostratigraphie, tectonique, minéralisations) pour les cinq feuilles; Djanet-Tin alkoun, In afelahlah, Edembo, Tafassasset et Emi lulu.

Le territoire étudié appartient au Hoggar oriental, il est délimité par les coordonnées de 9° a 11° de longitude et de 22° a 25° de latitude nord; Du point du vue orographique la partie principale du territoire possède un relief heurte a dénivellation faible; Dans la partie Est du territoire il ya une élévation en forme de plateau constituée de formations du Tassili; La partie Sud-Est est occupée par un plateau de basalte; La partie Ouest du territoire est couverte par les dunes des ergs d'Admer et de Killian; Le réseau fluvial appartient en général au bassin de l'oued Tafassasset; Les cotes absolues varient entre 700 et 1000m, le point culminant est de 1571m, les dénivellations sont de 100 a 200m.

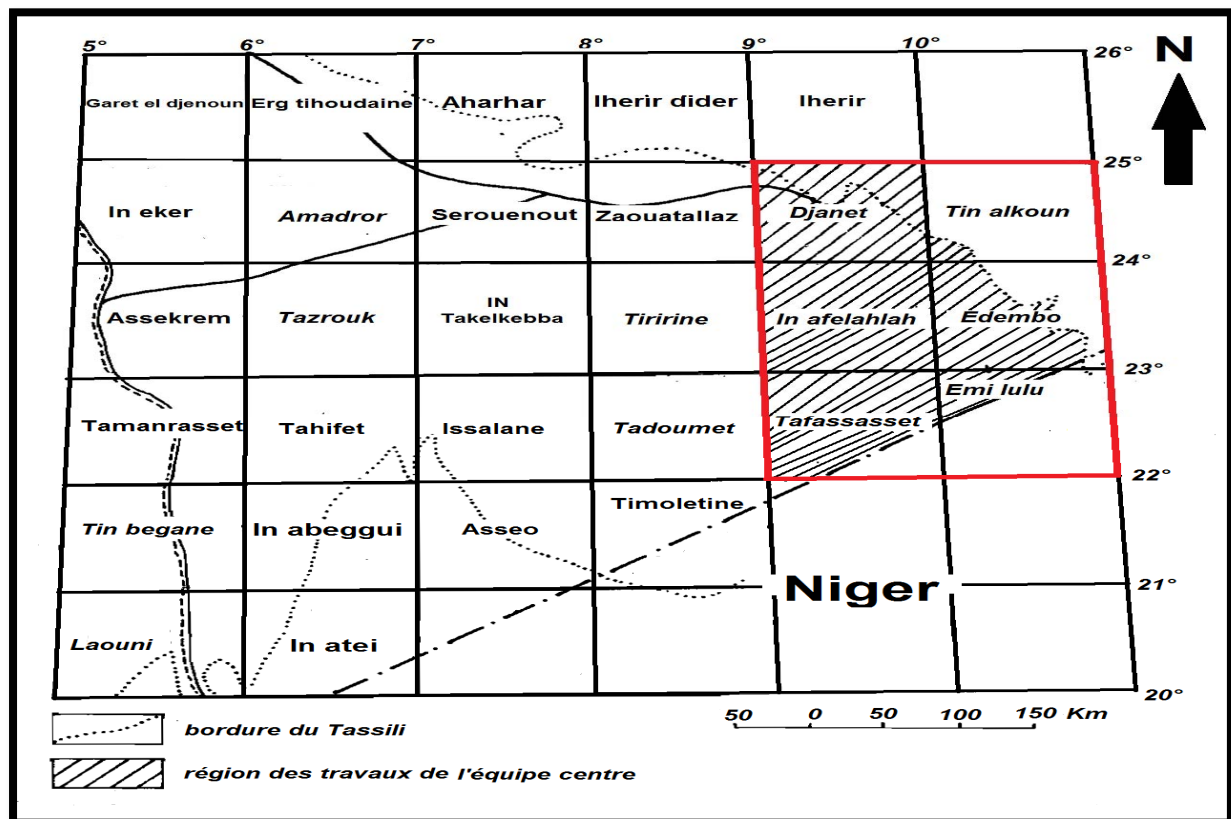


Figure 3: Cartogramme de la région d'étude

**II.2. Lithostratigraphie :**

Les formations lithostratigraphiques couvrent près de 85% du territoire étudié, leur subdivision stratigraphique d'après I. Doronkine est la suivante :

**➤ Protérozoïque:****❖ Protérozoïque inférieur:****• Complexe métamorphique suggarien:**

- ✓ Série de l'Arechchoum
- ✓ Série de l'Aleksod

**❖ Protérozoïque Supérieur:**

- ✓ Série de Djanet
- ✓ Série volcanogène
- Complexe de Tiririne:
  - ✓ Série de Tiririne
  - ✓ Série d'Arokkame

**➤ Paléozoïque:****❖ Paléozoïque inférieur:**

- ✓ Cambro-ordovicien (série d'Ajjer)

**❖ Paléozoïque moyen:**

- ✓ Silurien (série de Tahouit)

**❖ Paléozoïque supérieur:**

- ✓ Dévonien (Série de Tamadjert)

**➤ Cénozoïque:****❖ Système Quaternaire:**

- ✓ Quaternaire moyen
- ✓ Quaternaire supérieur
- ✓ Dépôt Quaternaire supérieur et actuel

**II.2.1 Protérozoïque:****II.2.1.1 Protérozoïque inférieur:****II.2.1.1.1 Complexe métamorphique suggarien:**

Les formations métamorphiques stratifiées du protérozoïque inférieur attribuées au Complexe suggarien constituent les affleurements d'extension assez importante dans la partie Nord du territoire étudié, elles sont peu répandues dans les parties centrales et S.E.

Le complexe suggarien est représenté par une série de roches métamorphiques fortement déformées dont la composition lithologique est caractérisée par la prédominance de plagiogneiss et de plagiogranitogneiss divers. Les corps stratiformes de leptynites, associés au S.E. du territoire au granitoïdes d'anatexie sont moins répandus. Dans toute la coupe, on rencontre des couches intercalées peu puissantes et des lentilles de schistes cristallins. Les roches carbonatées calcaires marmorisées, marbres, ainsi que les intercalations lenticulaires de quartzites et d'amphibolites de faible épaisseur sont plus rares. On constate l'augmentation régulière du nombre de bancs intercalés de schistes cristallins et de Quartzites vers le sommet de la coupe.

Le complexe suggarien des formations stratifiées du protérozoïque inférieur est divisé en deux séries: Série de l'Arechchoum et la Série de l'Aleksod.

**➤ Série de l'Arechchoum (PR1 ar) :**

Les roches de la série de l'Arechchoum ont une extension limitée on constate leurs affleurements dans les noyaux anticlinaux de la partie Nord du territoire, elles se manifestent de même sous forme d'une bande discontinue qui passe par la partie centrale de la partie N.E. de la feuille Tafassasset. En plan, les affleurements des roches de cette série ont une forme parallèle aux plans axiaux des plis et des failles majeures. La composition de la série est pratiquement homogène. Elle est représentée par des plagiogranitogneiss à biotite porphyroblastiques et amphibolitiques parfois à grenat.

Les granitogneiss contiennent localement de très rares intercalations reliques (Skialites) des schistes cristallins et des amphibolites à grenats et à biotites.

**➤ Série de l'Aleksod (PR1 al) :**

La série de l'Aleksod dans les limites du territoire étudié est subdivisée en deux assises: inférieure et supérieure.

**✚ Assise inférieure (PR1 al1):**

Les roches de cette assise sont plus répandues, elles forment les flancs d'une grande structure anticlinale dans la partie Nord du territoire; Elles constituent un ruban des affleurements en direction S.E. dans la partie N.E. de la feuille Emi-lulu pour se manifester en forme d'un relativement petit affleurement dans la partie N.E. de la feuille Tafassasset; La constitution lithologique de cette assise est caractérisée par la prédominance des plagiogneiss à biotites; les variétés à grenats-biotites et à amphibole-biotite sont moins largement développées.

Les intercalations lenticulaires de schistes cristallins et de quartzites de faible puissance sont relativement rares et tendent à la partie supérieure de l'assise; sa partie inférieure contient de petites lentilles d'amphibolites; Le volume Moins important (par rapport au plagiogneiss) de la série inférieure est occupé par les plagiogranitogneiss qui se différencient des gneiss par la granitisation plus forte; Les différents degrés de granitisation des roches semblent quelque peu exprimer l'hétérogénéité des roches de substratum.

**✚ Assise supérieure (PR1 al2):**

Les roches attribuées à l'assise supérieure de la série de l'Aleksod, se laissent observer en affleurements isolés d'extension peu importante dans la partie S.W. de la feuille d'Edembo; Elle sont représentées par des microgneiss et par des schistes cristallins à petites paillettes de biotites (3 km au Sud du massif de Tourndo) d'une part et par des microgneiss et des calcaires purs marmorisés à intercalation lenticulaires de quartzites (à proximité de la bordure méridionale de la feuille Edembo) d'autre part; Les roches ont un pendage monoclinale et plongent à l'Ouest sous un angle de 30 à 50°, la stratification monoclinale est compliquée par des plis mineurs.

**II.2.1.2 Protérozoïque supérieur:**

Les formations stratifiées d'âge protérozoïque supérieur sur le territoire étudié sont irrégulières sous forme d'affleurements relativement peu importants dans la partie centrale et Nord-Ouest de la feuille Djanet-Tin alkoun et dans la partie S.E de la feuille In-Afehleleh, dans les parties S.W. de la feuille Edembo dans les parties Nord et S.W. de la feuille Tafassasset et dans la partie Nord de la feuille Emi-lulu.

Les formations protérozoïques supérieures stratifiées se subdivisent en trois séries (de bas en haut): la série de Djanet constituée par des différents schistes, série volcanogène constituée de roches principalement effusives complexe pharusien et séries de Tiririne et d'Arokkam ayant une composition essentiellement terrigène et regroupées en complexe tiririnien.

➤ **Série de Djanet (PR\_dz):**

Les formations de cette série s'étendent en direction S.E. et N.E. de la ville de Djanet; Elles sont constituées de différents schistes ; l'extension des grès est moins importante les intercalations lenticulaires de quartzites et calcaires sont très peu répandues.

Les roches de la série de Djanet sont recoupées par des intrusions des granites de Taourirt qui provoquent un certain métamorphisme de contact.

➤ **Série volcanogène (PR2 VL):**

Les formations de la série volcanogène ont été reconnues dans la partie Ouest de la feuille In-Afehleleh, dans la partie S.E (plus à l'Est d'Adrar El Barkat) de la feuille Edembo dans la partie N.E. de la feuille Emi-lulu et dans la partie S.W. de la feuille Tafassasset.

La série volcanogène représentée par un complexe des roches effusives hétérogènes est subdivisée en trois assises: inférieure (porphyrites diabasiques), moyenne (tuff, andésites dacites), et supérieure constituée principalement de roches acides.

✚ **Assise inférieure: porphyrites diabasiques (PR2 VL1):**

Les roches de l'assise inférieure sont peu développées et n'affleurent que dans la partie S.W. de la feuille Tafassasset l'assise est représentée par l'intercalation des formations lenticulaires puissantes ( 100 à 200m environ) de porphyrites diabasiques (70%), de porphyres andésitiques, augites et dacites (25%) de brèches volcaniques et de dacites (5%); Parfois on rencontre des intercalations (pres de 6 à 8m) et des lentilles d'andesites brunes et gris-verdâtre et d'aleurolites.

Les roches de l'assise se distinguent par des couleurs gris foncé, sensiblement noires, par des textures ophitiques, des structures fluidales, les variétés faiblement porphyriques des roches basiques sont plus caractéristiques dans la partie inférieure de l'assise, celles fortement porphyriques à plagioclases et à plagioclases-pyroxènes le sont pour la partie supérieure.

**✚ Assise moyenne: tuffs, andesites, dacites (PR2 VL2):**

Les roches de l'assise moyenne de la série volcanogène affleurent dans la partie S.W. de la feuille Tafassasset, dans la partie S.E. de la feuille Edembo et dans la partie N.E. de la feuille Emi-lulu.

La coupe la plus complète de l'assise Moyenne se laisse observer dans la partie S.W. de la feuille Tafassasset où ses roches recouvrent en concordance et en passage graduel l'assise inférieure; L'assise Moyenne est représentée par l'alternance des andesites (40%), des dacites (30%), des rhyolites-felsites (20%), des tufoschistes (10%) et parfois des porphyrites diabasiques.

**✚ Assise supérieur (PR2 VL3):**

Les roches recouvrent en concordance celles de la moyenne et sont représentées principalement par des formations effusives acides, les rhyolites prédominent dans l'assise, elle ont d'habitude une texture porphyrique aux reliquats de la pâte vitreuse felsitique, localement granoblastique.

**➤ Série volcanogène indifférenciée (PR2 VL):**

A la série volcanogène indifférenciée attribuée à un complexe de roches effusives (peut être effusives et sédimentaires) reconnu dans la partie Ouest de la feuille In-Afehleleh; Ces roches constituent un affleurement isolé de 25 Km<sup>2</sup> parmi les dépôts terrigènes de Tassili.

Les roches effusives acides (rhyolites, porphyres quartzeux) prédominent dans la série, la partie inférieure de la série contient des variétés volcanoclastiques (tuffo-gres) et des intercalations de quartzites de faible puissance.

**II.2.1.2.1 Complexe de Tiririne:****➤ Série de Tiririne (PR2 tr):**

Les formations du complexe terrigène de Tiririne se trouvent dans la partie Nord et Sud de la feuille de Djanet-Tin alkoun, au Nord de la feuille Tafassasset et dans la partie S.W. de la feuille In-Afehleleh occupant la bande relativement étroite de direction N.W. subméridienne qui s'observe le long de l'Oued Tafassasset. Elles constituent les dépressions asymétriques dont la largeur varie de quelques kilomètres à 25Km (partie Nord de la feuille Tafassasset). Dans la partie S.W. de la feuille Tafassasset, les roches, du complexe tiririen occupent la partie cordillère Est de la dépression d'Arokkam (KATCHEVSKY et AL, 1980).

La série Tiririnienne du territoire étudié est représentée par des grés (40 a 50%) des aleurolites (30 a 40%), des calcaires récifaux et des calcaires argileux intercalés (5 a 15%), des gravelites et des conglomérats (prés de 10), des quartzite (prés de 5% ). La série est subdivisée en quatre assises de bas en haut:

La première (PR2 tr1 ), La deuxième (PR2 tr2) la troisième (PR2 tr3) et la quatrième (PR2 tr4).

 **Première assise (PR2 tr1):**

Cette assise est représentée par des gravelites, des grés, des conglomérats et par des calcaires massifs récifaux les substituant. L'assise en question est divisée conventionnellement en deux sous assises selon la prédominance des facies de conglomérats ou récifaux. La limite entre elles est floue clissant dans 14 coupe a cause des variations de facies fréquentes et d'un changement brusque des épaisseurs de certaines couches. Cependant l'épaisseur totale de l'assise est assez régulière (prés de 1600m).

✓ **La sous assise inferieure:**

Contient des grés, des gravelites et des conglomérats avec des édifices récifaux. La partie inferieure des conglomérats de base. Dans chaque cas concret la composition des conglomérats de base, leur épaisseur et les caractéristiques de structure et de texture sont fonction du paleorelief et de la composition des roches sous-jacentes.

La marge orientale de la dépression d'Arokkam (partie S.W. de la feuille Tafassaset) comporte des conglomérats récifaux formés sur les pentes intérieures des récifs calcaires. Ils comportent des galets de ces même calcaires et des roches effusives de la série volcanogène principalement basiques et moyens. L'épaisseur totale de la sous assise inferieure est prés de 700m.

✓ **La sous assise supérieure:**

Est composée de gravelites et de grés. Elle affleure au plus dans la partie S.W. de la feuille Tafassasset sur la marge N.E. de la depression d'Arokkam.

La sous-assise est constituée principalement des grés (70 a 80 %) a granulation irrégulière, de gravelites (15 a 20 %) et de lentilles épaisses (12 a 150m ) de conglomérats (15 a 10%) ainsi que des lentilles isolées de faible puissance d'aleuralites. L'épaisseur de la sous-assise superieure est prés de 900m.

**✚ Deuxième assise (PR2 tr2):**

Les roches de cette assise reposent en concordance avec une transition graduelle et nette sur les grès massifs à grains grossiers ou sur les conglomérats de la sous assise supérieure de la première assise.

Dans la partie Nord et S.W. de la feuille Tafassasset, L'assise consiste en alternance de barres d'épaisseur irrégulière d'aleurolites polymictiques-arkosiques et de grès à grains fins (40 à 50%) à passées et lentilles (de quelques millimètres à quelques mètres) d'argilites (30 à 40 %) et de calcaires (10 à 20%) souvent gréseux et argileux, l'épaisseur de la deuxième assise est 600 à 1000m.

**✚ Troisième assise (PR2 tr3):**

Cette assise est répandue dans la partie Nord de la feuille Tafassasset ou elle affleure dans les cœurs des synclinaux et sur les flancs des anticlinaux.

L'assise est à une dominante gréseuse polyimictique finement et moyennement grenue les aleurolites sont en passées lenticulaires peu puissants. La limite inférieure de l'assise est nettement fixée par la présence des intercalations lenticulaires rapprochées de gravelités dont l'ensemble constitue le niveau inférieur de la troisième assise de 150 à 200m d'épaisseur.

Dans certains cas les grès ont une stratification oblique fine qui est marquée par des intercalations obliques, l'épaisseur des intercalations de grès est de quelques mètres.

L'épaisseur de la troisième assise dans la partie Nord de la feuille Tafassasset est de 1200m.

**✚ Quatrième assise (PR2 tr4):**

Les roches de la quatrième assise constituent une bande large de 3 à 7 km de direction subméridienne N.W. le long de la rive gauche de l'oued Tafassasset dans la partie Nord de la feuille Tafassasset. Cette bande se prolonge dans la partie S.W. de la feuille In-Afelehleh le long de la rive droite de cet oued. Ses formations reposent en concordances sur les roches de la troisième assise avec un passage graduel dans les intervalles de 5 à 20m.

L'Assise est représentée par une alternance rythmique des formations d'aleurolites et de grès à grains fins et contient des intercalations lenticulaires de calcaires peu nombreux de quelques mètres d'épaisseur (40 à 50m). L'épaisseur de la quatrième assise est de 1500m minimum.

➤ **Série d'Arokkam (PR2 ak):**

La série d'Arokkam représentée par des grès rouges et les conglomérats barioles reposant en faible discordance stratigraphique et avec l'érosion sur la quatrième assise de la série de Tiririne la série achève la coupe du complexe Tiririnien (Katchevsky et al . . . 1980).

Le complexe des roches a fragments grossiers de la série d'Arokkam constituant deux petits affleurements (près de 1,5km<sup>2</sup> chacun) dans les partie Ouest est S.E. de la feuille Edembo. La coupe la plus représentative de la série d'Arokkam se laisse observer dans la partie S.E. de la feuille Edembo de l'Est de l'Adrar El-barkat la roche de cette série repose en discordance angulaire sur les roches sédimentaires faiblement Métamorphisées de la série de Tiririne indifférenciée.

L'épaisseur de la partie apparente de la série d'Arokkam est de 300m.

### **II.2.2 Paléozoïque:**

Les dépôts paléozoïques connus dans la littérature sous le nom du Tassili occupent près de 50% du territoire étudié. Ils constituent un immense plateau au N.E. et deux grandes structures synclinales dans les parties S.W. et centrale du territoire, et des affleurements isolés du Tassili dans d'autres parties.

Les formations terrigènes du Tassili faisant partie de la couverture sédimentaire recouvrent totalement en discordance angulaire et azimutale les roches magmatiques et métamorphiques sous-jacentes du protérozoïque. Elle reposent très rarement au dessus des croûtes d'altération des roches protérozoïques.

Les formations attribuées au Tassili se compose de roches terrigènes heterogranulaires tout de conglomérats et de gravilites que des grès et d'aleurotites.

L'épaisseur totale du Tassili sur le territoire est de 500 a 550m la composition lithologique que et les lacunes de sédimentation permettent de diviser les dépôts du tassili en Cambro-ordovicien Silurien et Dévonien.

#### **II.2.2.1 Cambro-ordovicien: C-O (Série d'Ajjer):**

Les dépôt Cambro-ordovicien occupent d'environ 25 a 30% du territoire étudié et sont rencontres sur les territoires de toutes les feuilles.

Les roches sont représentées par grés heterogranulaires parfois a starification oblique et de gravelites et des conglomérats a galets. Parmi les formations basales sont distingué par deux types des conglomérats a galets fins d'environ 1 m d'épaisseur (rarement de 2 a 3m) et une alternance des grés a grains grossiers et de gravetites d'environ 10 a 15m d'épaisseurs (rarement de 30 a 35m).

Sur certains territoires, les formations basales du Cambro-ordovicien sont soumises a la kaolinisation et la sericitisation et par la suite a la quartzification et a la ferruginisation.

#### **II.2.2.2 Silurien S (série de Tahouit):**

Les formations du Silurien occupant 5 a 7% du territoire étudié se localisent principalement au N.E. de la feuille Edembo et sur la feuille Tafassasset. Elle sont représentées par des argilites micacées et des aleurolites, moins souvent par des grés gris foncée a grains fins. La partie supérieure des formations contient des aleurolites bariolées argilo-micacées, des argilites a végétaux fossiles et des grés calcaires ainsi que des grés monomictiques a ciment ferrugineux.

Les formations subparallèles de syénites-porphyres en bancs affectant la forme de filon de 1 a 30m d'épaisseurs sont largement développés au N.E. de la feuille Edembo parmi les dépôts du silurien, il y a de nombreux corps stratiformes et lentilles subconcordants de syénites-porphyres de 1 a 3m d'épaisseurs.

#### **II.2.2.3 Dévonien- D (série de Tamadjert):**

Sur les formations du Silurien avec l'érosion profonde et localement avec des lentilles de gravellites a la base reposent les formations attribuées au Dévonien.

Les formations du Dévonien occupant près de 5 a 7% du territoire étudié ont été mis en évidence principalement dans la moitié Sud de la feuille Tafassasset et au N.E. d'Edembo, épisodiquement sur le reste du territoire.

La partie Inferieure de Dévonien est représentée par des grés quartzeux heterogrnulaires de teinte gris claire, brunâtre, a passées d'argilites, et aleurolites de quelques mètres d'épaisseurs. La partie basale est caractérisée par l'augmentation des volumes de grés a grains grossiers et de gravellites. La partie supérieure du Dévonien est caractérisée par une alternance des argiles bariolées, des argilites et des aleurolites, moins souvent des grés.

**II.2.3 Cénozoïque:****II.2.3.1 Système quaternaire Q :**

Les formations Quaternaire stratifiées sont largement répandues sur le territoire étudié. Elles sont subdivisées en Quaternaire moyen, Quaternaire supérieur, Quaternaire supérieur-actuelles et actuels.

Les dépôts quaternaires ont été datés conventionnellement. Il n'est pas impossible que la partie inférieure des dépôts s'avère du quaternaire inférieur.

**II.2.3.2 Dépôts quaternaires Moyens Q II (?):**

Aux formations quaternaires Moyennes (?), constituent par des dépôts Meubles des dépressions inter Montagneuses et des plaines . Ils sont bien repandus et recouvrent près de 20 à 30% du territoire des feuilles Djanet Tin alkoun partie S.W. puis In-Afehleleh et Tafassasset la partie S.W. de la feuille Edembo et la partie Ouest du territoire cartographie de la feuille Emi-lulu.

Ces dépôts recouvrent directement les roches du Tassili. Ils sont parfois surmontés par des alluvions. déposés par des cours d'eau temporaires et par des dépôts éoliens des ergs. Ils sont représentés par des dépôts torrentielles d'éboulis et éoliens: limons, sables, arènes, débris anguleux, blocs, graviers et galets mal arrondis.

**II.2.3.3 Dépôts quaternaires supérieurs Q III:**

Les dépôts Quaternaires supérieurs sont représentés par des alluvions anciennes, les terrains des anciennes terrasses le long de l'Oued Tafassasset sur les feuilles In Afehleleh et Tafassasset , en aval de Oued Tourndo sur la feuille Edembo et le long d'un grand oued dans la partie Sud du territoire de la feuille Emi-lulu. En relief, ils forment souvent de hauts gradins (3 à 5m) au dessus du fond actuel des oueds. La surface des terrasses est couverte de cailloux et de galets elle est horizontale ou légèrement inclinée en direction du fond actuel. Les dépôts sont constitués, de sables, graviers, et cailloux, l'épaisseur atteint 3 à 5m.

**II.2.3.4 Dépôts Quaternaires supérieurs actuels Q III-IV:**

Les dépôts quaternaires supérieurs-actuels du territoire étudié comblent les fonds de grands Oueds et des vallées. Ils sont largement développés dans les chenaux d'écoulements des cours d'eau temporaires (sur les terrains montagneux).

Ils sont représentés par des limons, sables, galets, cailloux alluvionnaires et d'éboulis, ils contiennent parfois des quantités importantes de fragments et de blocs non-arrondis des roches. Les dépôts sont moyennement et mal classés, a stratification subhorizontale ou oblique.

Les depots reposent le plus souvent sur les roches du précambrien ou du Tassili en recouvrant parfois les formations Membres des piémonts et des dépressions intramontagneuses. Dans les bordures des piémonts, se trouve des cônes de déjection des cours d'eau temporaires. L'épaisseur des dépôts est de 2 a 3m.

#### **II.2.3.5 Dépôts actuels Q- IV:**

Les dépôts actuels sont représentés par des formations éoliennes. Ils sont le plus largement répandus sur les feuilles In-Afelahleh et Tafassasset, ou ils forment des ergs d'Admer et Ililian . Sur les feuilles Edembo et Emi-lulu il y a des dunes isolées. ils sont constitués de sables a grains fins bien classés.

les formations éoliennes reposent sur les dépôts quaternaires moyens des piémonts parfois directement sur les roches en place du précambrien ou du Tassili en recouvrant localement des alluvions des Oueds.

**II.3. Magmatisme:**

Les roches magmatiques du territoire étudié sont largement développées et sont très variées. Sur la base des données géologiques, pétrographiques, chimiques, géochimiques, texturo-structurales et compte tenu des relations et du rapport aux phases principales de plissement, toutes les formations magmatiques sont divisées en Six complexes (d'après I.Doronkine) :

**1) Formation protérozoïques inférieures:**

Complexe ultramétamorphique des granitoïdes anatectiques

Complexe intrusif d'Issalane

**2) Formations protérozoïques supérieures:**

Complexe des intrusions subvolcaniques de Touffok

Complexe intrusif d'Arirer

Complexe intrusif post-Tiririnen

Complexe magmatique du crétacé supérieur-quaternaire

**II.3.1 Formations intrusives du protérozoïque inférieur:****II.3.1.1 Complexe ultramétamorphique des granitoïdes anatectiques (u PRI):**

Les granitoïdes anatectiques ont de nombreux affleurements de dimensions différentes sur toute la surface d'extension des formations protérozoïques inférieures du suggarien, elles constituent les corps étirés concordants avec le plan structural général de quelques centaines de mètres à 10km de longueur et plus et des dizaines de mètres à quelques kilomètres de largeur (la partie N.E. de la feuille In-Afelahlah).

Les plus grands corps des granitoïdes anatectiques ont été portés sur la carte dans les parties S.W. de la feuille Djanet-Tin alkoun et la partie centrale et S.W. de la feuille Edembo, dans la partie centrale du territoire étudié de la feuille Emi-lulu elles constituent un immense corps de 200km<sup>2</sup>. Les petits corps anatectiques concordants à l'encaissant ont été reconnus dans le coin N.E. de la feuille Tafassasset. Ils sont représentés par du plagiogranite à amphibole-biotite; Moins souvent à biotite et épisodiquement faiblement gneissoides. Ils sont

liés aux plagiogneiss et aux gneiss encaissants par des passages réciproques et sont due a l'ensembles des processus rapprochant la composition de la roche primitive a la composition du produit fini de la granitisation.

Plagioclase (oligoclase-andésine moins souvent andésine) quartz, biotite et hornblende sont les principaux minéraux pétrogènes des plagiogranites anatectiques.

### **II.3.1.2 Complexe intrusif d'Issalane (PR1 i):**

Le complexe subdivisé en trois phases. Les formations du complexe d'Issalane sont développées le plus complètement dans la partie NW. de la feuille In-Afehleleh sur la rive gauche de l'oued Tafassasset. Elles affleurent en blocs et fenêtre d'érosions isolés parmi les roches du protérozoïque inferieur, mais en général ce sont des affleurements d'un grand batholite (50 x 25km) de direction N.W. Les formations des trois phases ont des relations intrusives nettes dans le batholite. Les phases précoces occupent ses parties périphériques en s'en éloignent parfois considérablement et la dernière phase des granitoïdes porphyroïdes tente aux partie centrale du batholite.

#### **✓ La première phase ( 1 PR1 i ):**

Cette phase est représentée par des diorites et diorites quartzzeuses passant graduellement aux gabbros-diorites. Sur le territoire étudié, les formations de la première phase sont développées de façon limitée et apparaissent en amas. Les plus grands Massifs atteignant. une dimension de (3 X 2 km) ont été mis en évidences dans la partie centrale de la feuille Emi-lulu. Dans la partle N.W. de la feuille In-Afelahlah et dans la partie N.E. de la feuille Tafassasset , elles forment les parties périphériques des massifs polyphasées.

La forme des Massifs est elliptique parfois irrégulièrement isométrique . Les roches encaissantes sont présentées par les formations Métamorphiques protérozoïques inferieures du suggarien et par les granitoïdes anatectiques. Les transformations a l'exocontact s'accompagnent de petites bandes de migmatisation qui se développent localement.

La série filonienne de cette phase est représentée par de rares dykes de microdiorites, des porphyrites microdioritiques étendues en direction N.W. sur quelques kilomètres, l'épaisseur des dykes est de 0,5 a 2m .

**✓ La deuxième phase ( 2 PR1 i ):**

Elle est représentée par des granites bimicacées et a biotite a grains moyens constituant les petits massifs isométriques de 6 x 2 km de dimension ils sont développés dans le champ des formations métamorphiques suggariens du protérozoïque inférieur et des granitoïdes anatectiques dans la partie N.W. de la feuille In-Afelahlah.

**✓ La troisième phase ( 3 PR1 i ):**

Elle est représentée par des granites porphyroïdes a biotite. Ils sont développés seulement dans la partie N.W. de la feuille In-Afelahlah ou ils constituent la partie principale de grand massifs polyphasés de type batholite, mis en place parmi les formations métamorphiques suggariennes du protérozoïque inférieur. La moyenne partie du massif est recouverte par les dépôts quaternaires sur le contact du massif granitique avec l'encaissant a l'intervalle de 500 m, un large développement des migmatites d'injection. Les granites de la troisième phase sont caractérisés par une composition homogène.

La série filonienne des granites est représentée par des dykes différenciés, de direction N.W. sur la surface d'érosion, ils apparaissent en corps caractéristiques linéaires allongés de faible épaisseur (1 a 4m), souvent recoupés par des failles nombreuses. Les dykes sont caractérisés par un changement graduel de composition. Avec des passages des porphyrites dioritiques des granodiorites aux porphyres granitiques et aux grano-syérite-porphyre.


**II.3.2 Formation intrusive du Protérozoïque supérieures:****II.3.2.1 Complexe des intrusions subvolcaniques de Touffok ( PR2 tu ):**

Le complexe de Touffok comprend les intrusions subvolcaniques comblant les appareils de type central et de fissures et les amas et ces dykes les accompagnant. Les intrusions oblongues arrondies inhérente aux appareils de type central sont développées dans les parties centrales et S.E. de la feuille Edembo et dans la partie N.E. de la feuille Emi-lulu dans la partie S.E. de la feuille Tafassasset.

Dans la partie S.E. de la feuille Edembo, la plupart des corps subvolcaniques sont accompagnés à quelques exceptions par des faciès comagmatiques ou d'effusion antérieure dans la partie centrale de la feuille Edembo et dans la partie S.E. de la feuille Tafassasset le niveau d'érosion a atteint la base des faciès.

On constate deux phases principales de l'activité magmatique caractérisées par des groupes déterminés de roches:

- **Première phase:** porphyrites quartzeuses dioritiques, porphyrites quartzeuses syénite-dioritique et porphyres granitiques.
- **Deuxième phase:** Porphyres granitique.

 **Première phase (  $\gamma$   $\zeta$ -  $\delta$   $\pi$  1 PR2 tu ):**

Ils forment des corps en amas dans la partie S.E. de la feuille Edembo et dans la partie N.E. de la feuille Emi-lulu. Les dimensions des corps varient entre les 1km et 2 x 1,5km. Leur forme en plan est arrondie irrégulièrement isométrique allongée. L'encaissant est représenté par des formations métamorphiques et ultramétamorphiques du protérozoïque inférieur, les contacts sont abruptes, discordants avec des zones d'un mètre d'épaisseur maximum.

Les dimensions de certains corps atteignent 8 X 3km. Les massifs sont caractérisés par une structure composée de: la partie centrale est constituée ordinairement de porphyres granodioritiques et le faciès périphérique consiste en porphyrites dioritiques quartzeuses les roches de faciès périphérique sont caractérisées par la pâte mal cristallisée et à phénocristaux moyens. Et souvent des structures orientées: orientation déterminée des phénocristaux du feldspath.

 **Deuxième phase (  $\gamma$ 2 PR2 tu ):**

Ces roches constituent le volume essentiel du complexe de Touffok occupant 70% de surface de ses affleurements. Les formations pareilles forment les massifs dans les parties centrales et S.E. de la feuille Edembo et dans la partie N.E. de la feuille Emi-lulu.

Morphologiquement elles représentent les corps de type de laccolites inhérents aux appareils du type central. Ils sont caractérisés par un toit à pente douce presque concordant

avec des structures plissées des roches encaissantes dans les blocs tectoniques. Les dimensions des massifs sont de 6 x 8 km en moyenne.

Dans la partie S.E. de la feuille Tafassasset, une intrusion linéaire importante comblant l'appareil de type fissure de 20 x 3 km de dimension.

### **II.3.2.2 Complexe intrusif d'Arirer ( PR2 a ):**

Les intrusions du complexe d'Arirer sont développées exclusivement à l'ouest de la zone des failles de Tafassasset: Elles se localisent dans le bord Est de la dépression d'Arokkam (le S.W de la feuille Tafassasset) et contournent du N.E. le dôme d'Ekendouker l'Ouest de la feuille In-Afelahlah. Dans la région de l'Adrar Tin-Bakez, elle constituent les parties périphériques du batholite polyphasé important, d'Arirer dans la partie principale occupe la feuille Tiririne.

Le complexe comprend trois phases.

#### **🚧 Première phase: Gabbros-diorites ( $\gamma$ - $\delta$ 1 PR2 a ):**

Ils constituent les petits corps concordant, et les dykes dans l'Adrar Tin Bakez à l'ouest de la feuille In-Afelahlah. Ils reposent parmi les volcanites du protérozoïque supérieur.

La plupart des corps sont formés de gabbros-diorites zébrés, melanocrates et à pyroxène amphibole avec une proportion à peu près égale de pyroxène, de hornblende et de plagioclase transformé.

Les roches de dykes sont représentées par des diabases amphibolitiques, l'épaisseur des dykes est de quelques centimètres à quelques mètres, le pendage est presque vertical. Les dykes sont de direction subméridienne N.W.

#### **🚧 Deuxième phase : diorites quartziques, tonalites, granodiorites ( $\gamma$ - $\delta$ 2 PR2 a ):**

Ces roches constituent le volume essentiel du complexe et occupent environ 50 à 55 % de la surface de des affleurements. Les roches analogues constituent les massifs dans la partie S.W. de la feuille Tafassasset et dans la partie N.E. du dôme Ekendouker à l'ouest de la feuille In-Afelahlah. En plan, la forme des massifs est allongée. Leurs dimensions sont de (8 x 12km) en moyenne. Les massifs de la deuxième phase sont caractérisés par la position concordante avec les structures plissées des formations encaissantes volcanogènes du protérozoïque

supérieur et par la structures intérieure conforme. Aux contacts avec les intrusions, les roches encaissantes sont transformées en cornéennes. L'épaisseur des zones de transformation en cornéennes atteint des dizaines de mètres.

#### **Troisième phase: granites a amphibole a biotite amphibole ( $\gamma$ 3 PR2 a ):**

Ils se localisent dans la partie Ouest de la feuille In-Afelahlah, ou ils constituent deux massifs de 12 x 3 km et de 5 x 2 km de dimension. Dans la région de l'Adrar de Tin-Bakez ils représentent les corps en amas de forme étirées par des failles. Les roches encaissantes sont représentées par des volcanites du protérozoïque supérieur. Au contact, elles sont transformées en cornéennes. La largeur de la zone du métamorphisme de contact est de quelques dizaines de mètres.

La structure des massifs est homogène. Ils sont constitués de granites a amphiboles, a biotite-amphibole gris rosâtre a grains moyens et gros passant aux granites porphyroïdes, souvent vert gneissoides.

#### **II.3.2.3 Complexe intrusif post-Tiririn ( PR2 p ):**

Le complexe intrusif post-Tiririniens est le plus largement développé sur le territoire étudié, est représenté par des intrusions discordantes de dimensions différentes. Elles forment de grands massifs de type batholite dans la partie Nord de la feuille Emi-lulu. Dans la partie N.E. de la feuille Tafassasset et, dans la partie N.E. et dans la moitié Sud de la feuille In-Afelahlah. Les massifs moins grands sont situés dans l'angle S.W. de la feuille Tafassasset au S.W. et dans la partie centrale de la feuille Edembo. Les relations intrusives des roches du complexe des feuilles Edembo, Emi-lulu, Tafassasset, In-Afelahlah et au S.W. de la feuille Djanet-Tin Alkoun permettent de distinguer dans le complexe quatre phases principales, la quatrième phase terminale représente le groupe d'intrusions qui correspondent à la notion traditionnelle des granites Taourirt du Hoggar central.

#### **La première phase ( $\gamma$ - $\delta$ PR2 p ):**

Elle est représentée par des diorites quartziques, granodiorites, plagiogranites et granites. Les roches de la première phase sont le plus largement répandues sur la feuille Tafassasset ou elle constituent les parties périphériques du batholite polyphasé de même nom

dans la partie N.E. du Territoire et les grands massifs isolés de 8 x 12 km de dimension au S.W. En plan, ils ont une forme isométrique compliquées par des accidents cassants.

Les roches encaissantes sont représentées par des dépôts terrigènes carbonates de la série de Tiririne, moins souvent par des formations métamorphique du suggarien. De petites intrusions ont été cartographiées dans la moitié Sud de la feuille In-Afelahlah ou elles forment de gros xénolites qui se trouvent au sein des granites de la troisième phase et dans la partie S.E. de la feuille Edembo ou les roches encaissantes sont les formations de la série volcanogène.

Dans le plan les massifs ont une forme isométrique allongée. Leurs dimensions varient de 2 x 3 à 6 x 4 km. La mise en place des intrusions de la première phase a été marquée par le métamorphisme des roches encaissantes et par la métasomatose post magmatique avec la formation des quartzites des marbres et de transformation en cornéennes par la naissance des roches propylitoïdes et des scarnes à wollastonite. La largeur des zones métamorphiques de contact varie de quelques mètres aux centaines de mètres et la largeur des zones de roches transformées métasomatiquement, varie de quelques centimètres aux dizaines de mètres.

#### **La deuxième phase ( $\gamma$ 2 PR2 p ):**

Elle est représentée par des granites gris irrégulièrement porphyroïdes. Sur le territoire étudié ils sont peu développés et se localisent principalement dans la partie N.E. de la feuille Tafassasset, où ils forment deux massifs les plus grands parmi les dépôts terrigènes de la série de Tiririne. Dans le plan la forme est isométrique, ellipsoïdale.

Morphologiquement, l'un des massifs représente un amas de 3 x 4 km de dimension, le deuxième est un petit batholite de 12 x 6 km de dimension. Les massifs sont caractérisés par la concordance avec des structures plissées. Dans son ensemble, le caractère des relations des roches encaissantes et des granitoïdes de la deuxième phase permet de considérer les massifs de cette phase comme des corps inter-formationnelles.

Les massifs de la deuxième phase sont accompagnés de faciès filonien représentés exclusivement par des dykes d'aprites associés en espace aux exocontacts. L'épaisseur des dykes est de 0,2 à 1,0 m.

**✚ La troisième phase (  $\gamma$  3 PR2 p ):**

Elle est constituée de granites à biotite porphyroïdes de granulations grossière hétérogène. Les granites de la troisième phase constituent la partie principale du complexe et sont représentés essentiellement par des grands massifs complexes. Sur le territoire étudié, ils sont largement développés dans la partie N.W. de la feuille Edembo (Massifs Taouzerath et Yahia dans la partie centrale de la feuille Emi-lulu (Massif Emi-lulu dans la moitié Sud de la feuille In-Afelahlah) dans le quart N.E. de la feuille Tafassasset (Massifs Tafaasasset) et à la jonction des feuilles In-Afehleleh et Edembo (Massifs Mariaou).

Des Massifs plus petits ont été signalés dans les parties S.W. des feuilles Edembo et Tafassasset. Les dimensions des massifs sont de 9 x 18 km (massifs Yahia) et de 30 x 60 km (Massif In-Afelahlah).

**✚ La quatrième phase (  $\gamma$  4 PR2 p ):**

Réunies le groupe d'intrusions de granites bimacés leucocrates à biotite d'une extension relativement réduite. Morphologiquement, elles représentent les corps en amas de forme isométrique, rarement les corps sont formés de dykes. Elles sont développées dans la partie Ouest de la feuille Edembo, où se forment le massif de Tourndo, et la partie S.E. du massif Mariaou. Dans la partie Nord de la feuille Emi-lulu, dans la moitié Sud de la feuille In-Afelahlah et dans le quart N.E. de la feuille Tafassasset, elles composent les amas appartenant aux batholites polyphasés du même nom. Les dimensions du plus grand massif de Tourndo atteignent 3 x 7 km.

La structure interne des Massifs est homogène. Leur trait caractéristique consiste en un métasomatisme assez intensif:

Microclinisation, albitisation, gresinification. Les massifs sont constitués de granites gris rosâtre, gris clair à grains fins et moyens de texture hypidiomorphe-grenue. Les minéraux pétrogènes principaux sont feldspath potassique (Microcline-Micropertite), plagioclase acide (albite-oligoclase) et quartz en proportions quantitatives égales. Les minéraux colorés font 3 à 5% du volume des roches maximum et sont représentés par biotite et muscovite. (Ce dernier est développé par la biotite). L'albite est développée le long des contacts des grains du feldspath potassique, le plagioclase laisse observer des inclusions de quartz vermicule.

**II.3.2.4 Complexe Magmatique du Crétacé Supérieur-Quaternaire ( K2- Q ):**

Sur le Territoire étudié, est attribué au complexe magmatique du Crétacé Supérieur-Quaternaire les basaltes, diabases, syénites-porphyles travertins et les corps géologiques divers formes de goethite, hématite et de quartz. Les formations en question tendent vers les zones faillées remises en jeu et sont développées aux centre de la feuille Djanet-Tin Alkoun liées avec des ruptures de direction N.W. et le coté N.E. des feuilles Edembo et Emi-lulu et au S.E. de la feuille Edembo.

**II.4. Tectonique:**

Le terrain étudié se trouve dans les limites du mégabloc précambrien du Hoggar Oriental qui fait partie du bouclier Touareg. Le terrain est borné a l'Est par les dépôts du Tassili qui entourent le Hoggar .

L'évolution tectonique de la région a subi trois étapes essentielles à chacune d'elles correspond son étape structurale et formationnelle :

- a) Étage inferieur, formé par les roches du Protérozoïque inferieur.
- b) Étage moyen, formé par les roches du Protérozoïque supérieur.
- c) Étage supérieur, formé par les roches Paléozoïques et Quaternaires.

**II.4.1 Étage structural inferieur:**

Cet étage est formé par les roches protegènes sédimentaires et ultrametamorphjques du complexe suggarien qui correspondent au cycle de sédimentation du protérozoïque inferieur et aux granitoïdes du complexe d'Issalane. Les roches qui appartiennent a l'étage inferieur forment sur le terrain étudié, deux structures importantes anticlinales: celle a Mariaou qui n'est qu'une prolongation de la structure de Djanet (elle est décrite sur la feuille Djanet et celle de Gautier.

Dans la partie Nord du Territoire la structure de Mariaou s'étend au N.W. vers le Sud la direction de la structure change graduellement en méridienne et puis au S.W. Dans la partie Sud de la feuille la structure se traduit en fragments isoles des blocs tectoniques.

La structure est affectée par les failles de direction Est, N.E. et N.W. Dans l'ensemble elle est coupée au Sud-Ouest par une grande fracture (par une zone de failles) .

La longueur de la structure dépasse 170 km. sa largeur (incertaine est proche de 30- 50 km, la pente des roches dans la partie axiale est douce (de 15 a 25°) raide (de 50 a 60°). Les structures secondaires plus petites atteignent 10 a 15 km de longueur, leurs ailes ont de 1 a 3 km de largeur, avec le pendage de 50 a 70° avec plissement tendu, parfois isoclinal et les plis d'étirement le long des grandes dislocations.

#### **II.4.2 Étage structural moyen:**

On distingue ici deux étages : Le sous étage inférieur et le sous étage supérieur.

##### **Le sous étage inférieur:**

Se compose de formations effusives diverses de porphyrites diabasiques jusqu'a rhyolite inclusivement. Elles sont caractérisées par l'alternance fréquente des nappes par les changements de facies, par le biseautage rapide de ces coulées .

Les roches du sous étage forment des plis doux, larges de 3 a 5 km, et aux angles de pendage de 30 a 40°. La longueur des structures n'est pas définie vu la structure en blocs du terrain.

##### **Le sous étage supérieur:**

Est peu développé, Dans les limites de la région de plissement du Hoggar orientale sur le terrain étudié les roches du sous étage supérieur forment deux zones structurales et formationnelles (Djanet et Amer) et la dépression d'Arokkan. Cette dernière a été distinguée par Katchevski (1980) dans la partie S.W. du territoire.

Le sous étage supérieur est compose par les roches terrigène carbonatées faiblement métamorphisées du complexe de Tiririne dont la coupe est généralement transgressive et formée au stade orogénique de sédimentation. Les roches du sous étage supérieur se reposent en discordance angulaire sur le sous étage inférieur et sur les intrusions d'âge différent (Katcheski et al. 1980).

**II.4.3 Étage structural supérieur:**

Deux sous étages y sont unis en relief , le sous étage inférieur présenté par les formations terrigènes paléozoïques et le sous étage supérieur formé de roches magmatiques" post-crétacé et quaternaire.

**✚ Le sous étage inférieur:**

Est composé de formation exclusivement terrigènes couvrant jusqu'a 70% de la superficie étudiée .Ces formations constituent les parties Est et Nord-Est du terrain (bordure du Tassili) ainsi que les synclinaux importants de la région, tels que Tafassasset et Emi-lulu.

Le sous étage fut formé pendant la transgression du bassin marin peu profond qui a cédé la place aux conditions continentales a la fin du Silurien (Chatoroste et Al 1980).

Les roches du sous étage inférieur se reposent en discordance structurale accusée sur les formations protérozoïques avec des conglomérats a la base. Elles se sont formées sur tout le terrain après, la consolidation du géosynclinal du protérozoïque supérieur et après une lacune considérable dans la sédimentation marquée par la formation des croutes d'altérations.

**✚ Le sous étage supérieur:**

Est composé de roches post-crétacées-quaternaires un plateau basaltique au S.W. du territoire étudié par des manifestations du magmatisme au Nord Est de la feuille Edembo, des edifices volcaniques isolés de type central. Le plateau basaltique est formé de nappes de faible épaisseur couvrant les parties basses du relief.

Les trappes se composent de corps stratoides lenticulaires des porphyrites de 2 a 30 m d'épaisseur et de centaines de mètres jusqu'a quelques kilomètres de longueur. Les formations Magmatiques isolées constituent une direction. Nord-Ouest de 45 km de longueur et de 10 a 15 km de largeur.

**II.4.4 Les accidents cassants:**

Les accidents cassants sont très largement répandus sur le territoire étudié et jouent un rôle important dans son évolution et structure géologique la présence tectonique cassante y est témoignée par des faits tels que les variations de facies et l'épaisseur des dépôts, l'orientation irrégulière des plis le déplacement vertical ou horizontal des assises et faisceaux, le cataclase

et la milonitisation. Les dits accidents se laissent identifier par les études géophysiques et les photos aériennes. Plusieurs de ces accidents sont trahis par une abondance de dykes et de formations filoniennes.

Les accidents cassants, a dominante d'extension Nord-Ouest, sont d'une Morphologie et d'orientations très différentes. Dans le plupart des cas, ils ont été rejoués plusieurs fois. Pour la région, la structure en bloc est tres caractéristique dans tous les étages.

Le territoire étudié se situe éventuellement dans les limites d'un horst important d'extension Nord, Nord-Ouest. Les données égologiques et géophysiques témoignent d'une large présence des formations du protérozoïque inferieur dans les limites de la structure étudiée qui a pour frontières les zones de failles profondes.

D'ailleurs, la limite Ouest de la structure en question coïncide avec la rive droite de l'Oued Tafassasset, tandis que celle de l'Est se situe au delà du territoire. A l'extrême Sud-Ouest de la surface étudiée, on observe des formations du protérozoïque supérieur constituant un graben qui se situe un peu loin vers l'Ouest de ladite structure.

## **II.5. Minéralisation:**

La minéralisation de la région d'étude est abondante et très variée, elle est constituée de plusieurs indices selon l'importance économique on peut citer :

- Les indices.
- Les points minéralisés « PM ».
- Les Anomalies, comportant les anomalies géochimiques « AG », minéralogiques « AM » et ponctuelles « AP ».

Selon l'élément recherché, nous avons regroupé les minéralisations comme suit :

### **II.5.1 Minéralisations Aurifères (Métaux Nobles):**

Contenant l'Or et l'Argent, les principales minéralisations aurifères sont observées dans la province aurifère dans les feuilles Tafassasset, Edembo et Emi lulu. Généralement elles sont liées au filons de quartz dans la zone des roches a microclinisation.

**II.5.2 Métaux rares:**

L'Étain est le minéral utile principal de la surface prospectée. La majorité des indices se situent à l'intérieur de la zone structuro-formationnelle de Djanet, sur les feuilles Edembo et Emi-lulu, aussi bien que dans des formations terrigènes de la série Tiririnienne sur la feuille Tafassasset (zone structuro-formationnelle d'Admer).

Les métaux rares sont essentiellement composés par l'Étain (Sn), Tungstène (W), Béryllium (Be), Lithium (Li), Tantale (Ta), Niobium (Nb), Molybdène (Mo) et Yttrium (Y).

**II.5.3 Platinoïdes :**

Les Platinoïdes sont plutôt rares dans notre région d'étude, ils sont représentés essentiellement par le Chrome (Cr), Platine (Pt), Nickel (Ni) et le Cobalt (Co)

**II.5.4 Polymétaux :**

La plupart des indices de Cuivre localisés sur les feuilles Edembo et Emi lulu et dans la zone structurale de Djanet, sont localisés dans les filons de quartz et dans les zones de broyage de quartzification.

Les polymétaux sont abondants dans la région d'étude, et sont représentés principalement par le Cuivre (Cu), le Plomb (Pb), et le Zinc (Zn)

**II.5.5 Terres rares et éléments radioactifs :**

Dans le terrain étudié on trouve toujours le Zirconium dans les placers anciens des couches basales du cambro-ordovicien surtout au Sud de la feuille In-Afelahlah. Il y a une minéralisation de zirconium associée à la zone de quartzification dans les formations pegmatitiques, et les concentrations du Zirconium dans la zone de broyage de grès cambro-ordovicien hematitisés, la teneur en zirconium atteint 0,5 % dans les indices de minéralisation du type magmatiques et d'infiltration.

Les terres rares et éléments radioactifs sont peu abondants dans le périmètre de notre région d'étude, et sont représentés par l'Uranium, le Yttrium « Y », Thorium « Th » et le Zirconium « Zr ».

**CHAPITRE III :**  
**SYSTÈME**  
**D'INFORMATION**  
**GÉOGRAPHIQUE**

### III.1. Introduction :

Le concept SIG est né en 1963, proposé par le topographe canadien R.F. Tomlinson, les SIG ont commencé à pénétrer et s'appliquer dans les différents pays, dans les différents domaines. Avec le support du matériel et logiciel d'informatique, traiter et manipuler les données géo spatiales, utiliser le modèle géographique à analyser les données, cette technologie permet le SIG s'est rapidement implique dans la science informatique, la science de l'information, la télédétection, la géographie, la cartographie, les études environnementales, les études de ressources, devient une nouvelle disciplinaire.

Les SIG couvre une grande variété, donc sa définition a différentes manières.

### III.2. 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.

Les SIG permettent d'acquérir, de stocker, d'organiser, de gérer, de traiter et de restituer des données géographiques sous forme de plans et de cartes (cartographie intuitive et évolutive).

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.

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. Ces cadre Commun sont fixés régulièrement.

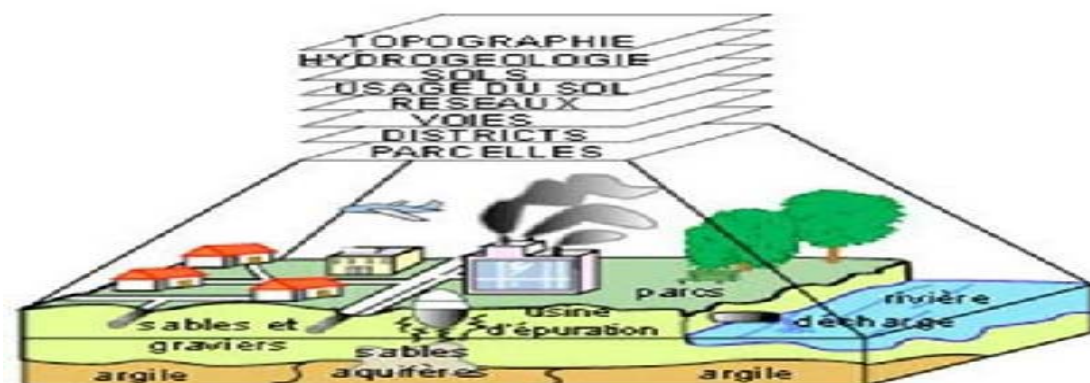


Figure 4: Base de données géographiques

### III.3. Les composantes d'un SIG:

Un système d'information géographique est constitué de cinq (5) Composants majeurs, qui sont : (Fig 5)

1-Logiciels 2- Matériels 3- Données 4- Utilisateurs 5-Méthodes

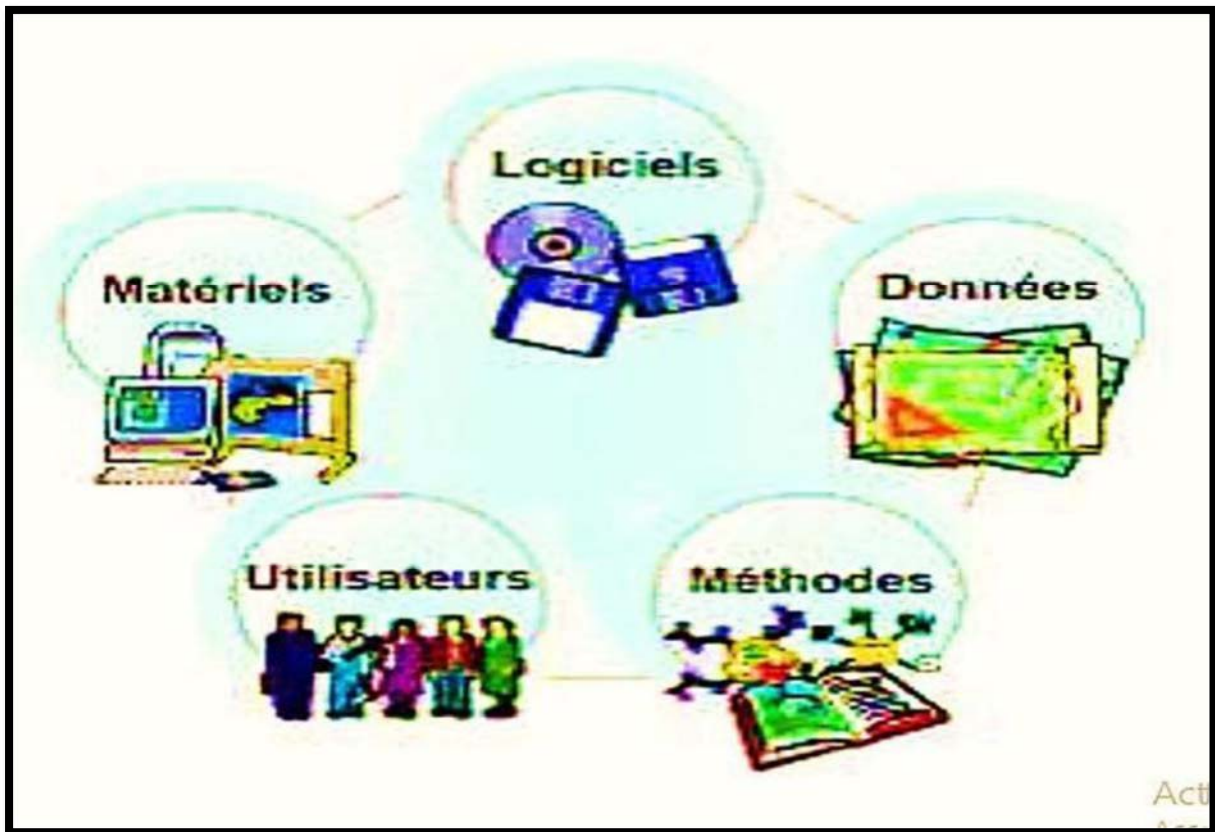


Figure 5: Les 5 Composante d'un SIG

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).

**2) Matériel :** Les SIG fonction 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...

**3) Données :** Les données sont les composants les plus intéressantes du SIG :

➤ **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). Elle sont deux composantes:

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

➤ **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.

➤ **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.

**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).

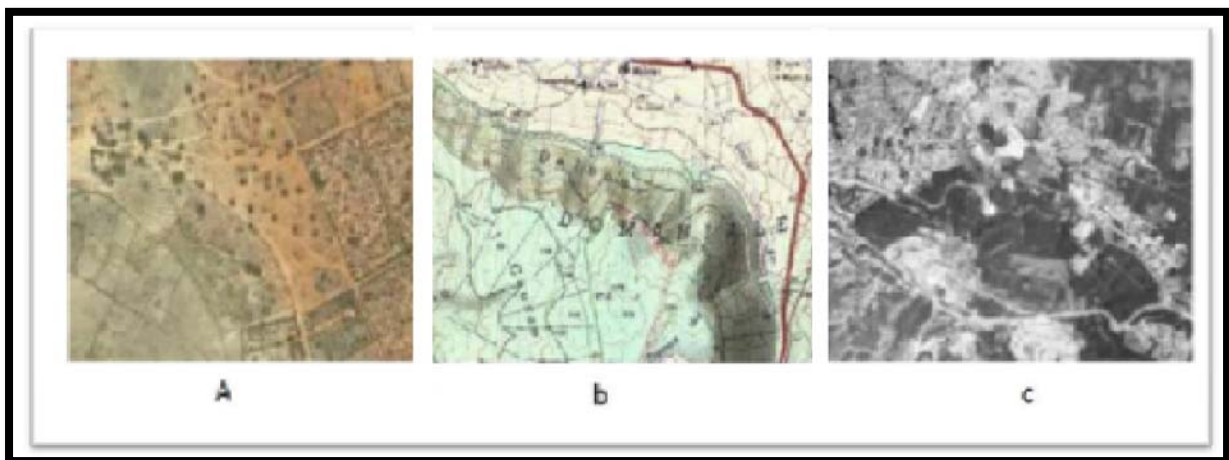
### 5) Méthodes :

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 a modélisation SIG.

### III.4. Mode de présentation des données dans un SIG :

#### 1) Mode raster:

Les données raster ont comme élément essentiel de pixel (Picture Elément). Elles proviennent soit d'un scannage d'une carte, soit d'une image Numérique telle que les photos satellitaires (Fig 6 ). Les pixels sont répartis Dans un raster de façon régulière. Les lignes et les surfaces ne peuvent être représentées que par L'enchaînement de 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 6: Exemple de quelques données Raster (a: image satellitaire, b: image scannée, c: ortho photo aérienne)(BONNET M.2012)**

### 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 surfacer elle 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.

#### ✓ Les polygones:

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

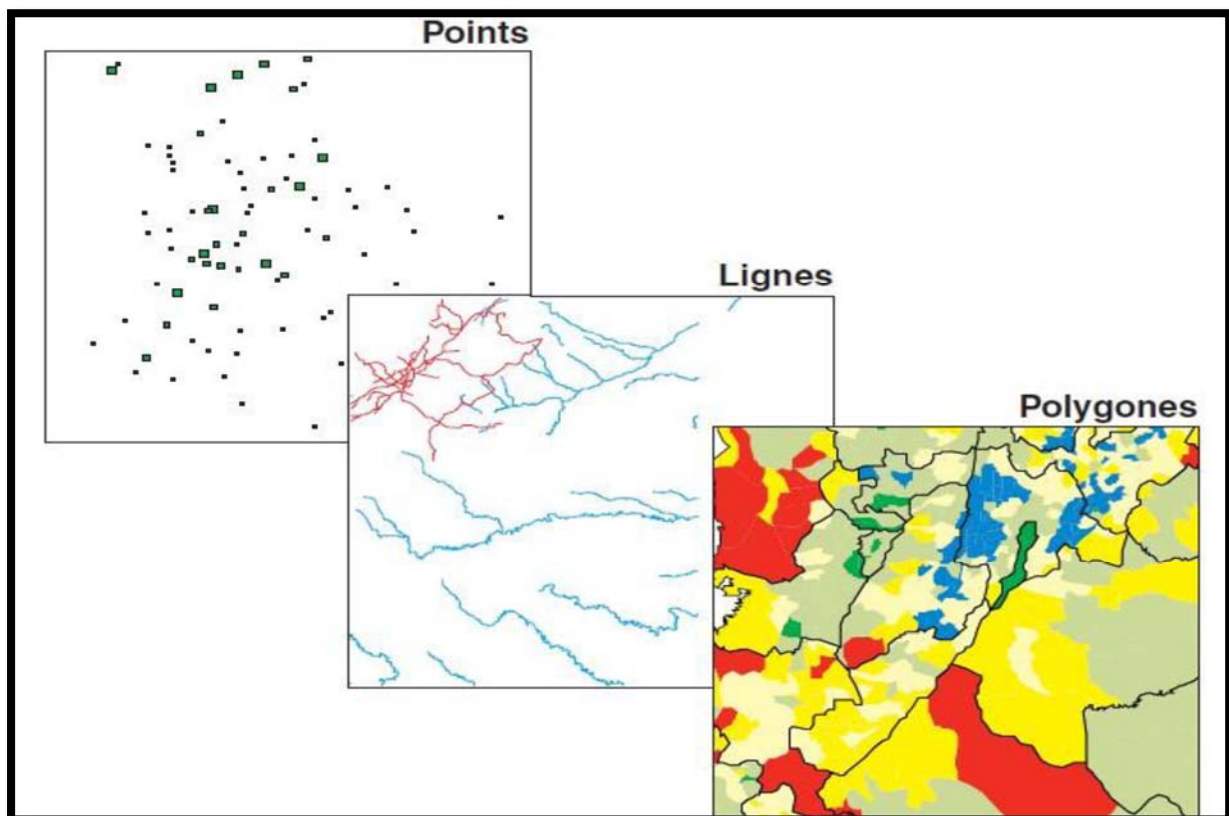


Figure 7: Exemple de données vecteurs

### 3) Comparaison des modes vecteur et raster:

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 (**tableau 1**) [CLARMUNT G.1991 in OUHTIY].

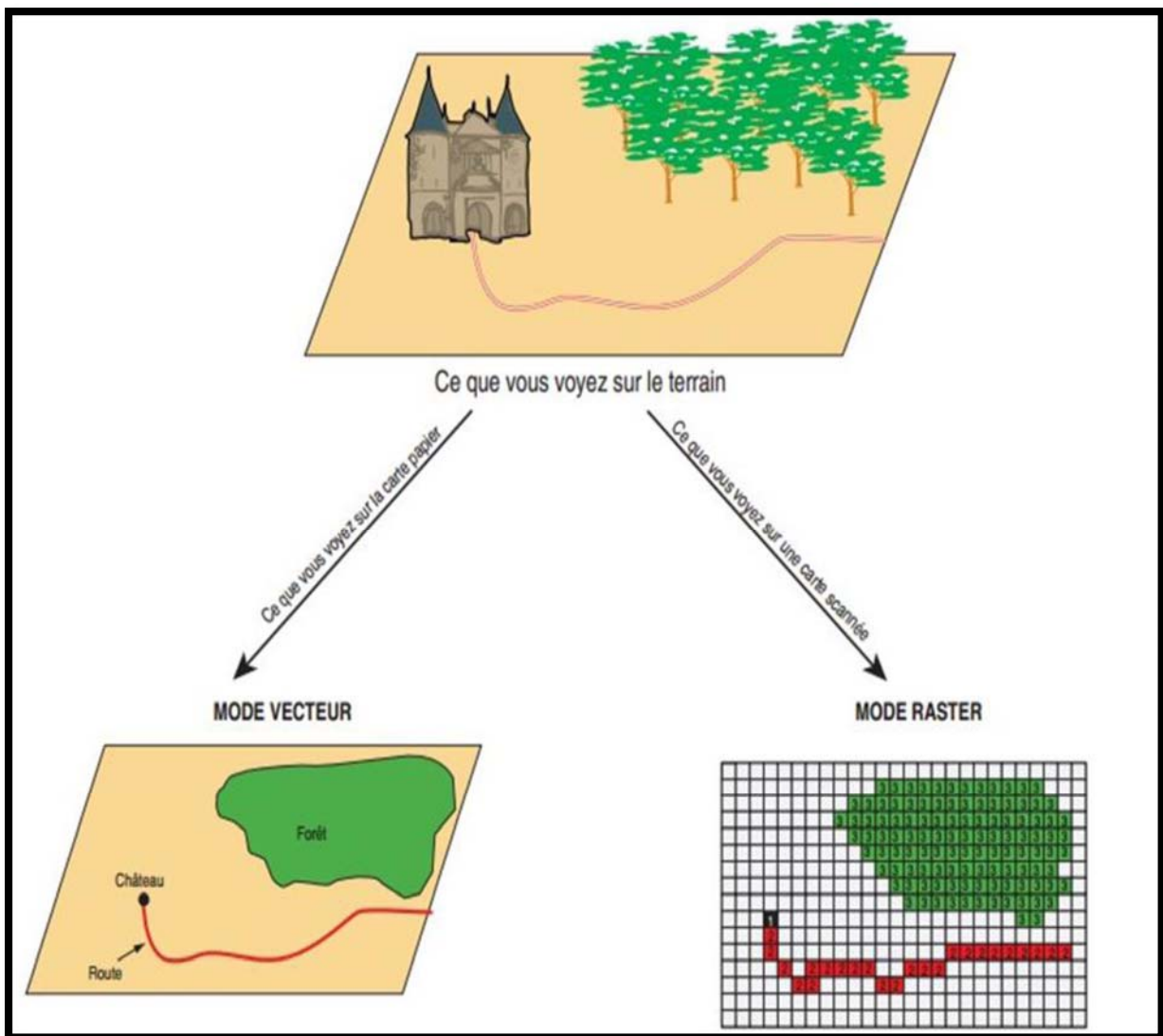


Figure 8: Mode de représentation de l'information géographique

|                      | <b>Mode Raster</b>   | <b>Mode Vectoriel</b>  |
|----------------------|--|--|
| <b>Avantages</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure simple de stockage des données ;</li> <li>- Superposition et combinaison des données faciles ;</li> <li>- Analyse multi variable et modélisation spatiale faciles.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure de données compacte (une grande base de données pour un espace réduit);</li> <li>- Efficacité de stockage ;</li> <li>- Possibilité de décrire la topologie à l'aide des liens en réseau ;</li> <li>- Mesures spatiales précises ;</li> <li>- Recherche, mise à jour et généralisation des graphiques et des attributs possibles.</li> </ul> |
| <b>Inconvénients</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'utilisation de pixels de grande taille est une perte de précision ;</li> <li>- Mesures spatiales approximatives ;</li> <li>- Cartes produites de qualité inférieure.</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure de stockage des données complexes ;</li> <li>- Analyse multi-variable et modélisation spatiale complexes.</li> </ul>  |

**Tableau 1: Avantages et inconvénients des deux modes raster et vecteur**

### III.5. Les domaines d'application du SIG :

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).
- ✓ Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles).

### **III.6. Que nous permet de faire un SIG ?**

Il nous permet de :

- ✓ Disposer les objets dans un système de référence géoréférencé.
- ✓ Convertir les objets graphiques d'un système à un autre.
- ✓ D'extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée d'une route.
- ✓ Fusionner des objets ayant une caractéristique commune (par exemple: toutes les maisons raccordées à un réseau d'eau potable).
- ✓ Déterminer l'itinéraire le plus court pour se rendre à un endroit précis.
- ✓ Définir des zones en combinant plusieurs critères (par exemple : définir les zones inondables en fonction de la nature du sol, du relief, de la proximité d'une rivière).

### **III.7. Les SIG et la Géologie:**

#### **1) Construction du SIG géologique :**

Le modèle de données sous-jacent au SIG géologique se doit de répondre à un certain nombre de contraintes fortes, notamment :

- Décrire fidèlement et de manière exhaustive le contenu de la carte géologique.
- Associer les différents objets constitutifs de la carte dans des thèmes conformes à leur signification géologique.
- Mettre à disposition un outil à potentiel d'analyse optimum.
- Le potentiel d'analyse du SIG peut être amélioré si le levé géologique et la préparation des données sont effectués en prévision de la construction d'un modèle spatial SIG complet.

#### **2) Architecture du modèle spatial :**

Le modèle de données proposé consiste en une base de données spatiale multicouche permettant l'élaboration de la carte géologique par superposition de différentes couches d'informations.

Cette approche implique la séparation de l'information géologique de base en différents thèmes c'est-à-dire en un ensemble d'objets géologiques homogènes ayant un même type spatial et une information unique.

L'information « pseudo-3D » contenue dans la carte géologique et dans l'écorché tectonique est rendu par la superposition de thèmes de type polygones (« substratum rocheux » et « formations superficielles », par exemple). Des thèmes de type lignes (« éléments structuraux », « éléments morphologiques ») et de type points (« symboles orientés », « symboles non orientés », « forages », etc.) complètent l'information.

### **3) Méthode de construction d'un SIG :**

Schématiquement, une carte géologique est constituée de surfaces auxquelles sont attribués des codes de couleur permettant de distinguer les différentes unités de terrains. La réalité est cependant plus complexe.

Chaque surface est circonscrite par des segments de lignes qui sont les « objets élémentaires » de la carte. Certaines de ces lignes cumulent plusieurs significations géologiques (limite d'affleurement, niche d'arrachement et limite de tassement rocheux par exemple).

Dans un SIG chaque ligne appartiendra à un ou plusieurs thèmes. Comme élément constructif de polygones ou comme élément linéaire) signification structurale ou morphologique. La méthode développée consiste à numériser toutes les lignes de la carte géologique dans un seul thème de construction. Chacune de ces lignes reçoit une attribution simple ou multiple en fonction de son appartenance aux différents thèmes constitutifs de la carte géologique.

Ces attributs reflètent la ou les fonctions géologiques de chaque objet levé par le géologue sur le terrain.

L'attribution discriminante des lignes dans le thème de construction permet d'extraire de manière semi-automatique les éléments de base des différents types de ligne et polygones.

Une opération topologique est encore nécessaire pour générer les surfaces et leur conférer une attribution spécifique.

Une procédure itérative intégrant tests de validation, correction et reconstructions géométriques permet par ailleurs de garantir la cohérence topologique et sémantique du SIG.

### III.8. SIG SOUS ArcGIS :

#### 1) Définition du logiciel Arc Gis :

ArcGIS est un logiciel permettant d'exploiter un système d'information géographique élaboré par ESRI, 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.

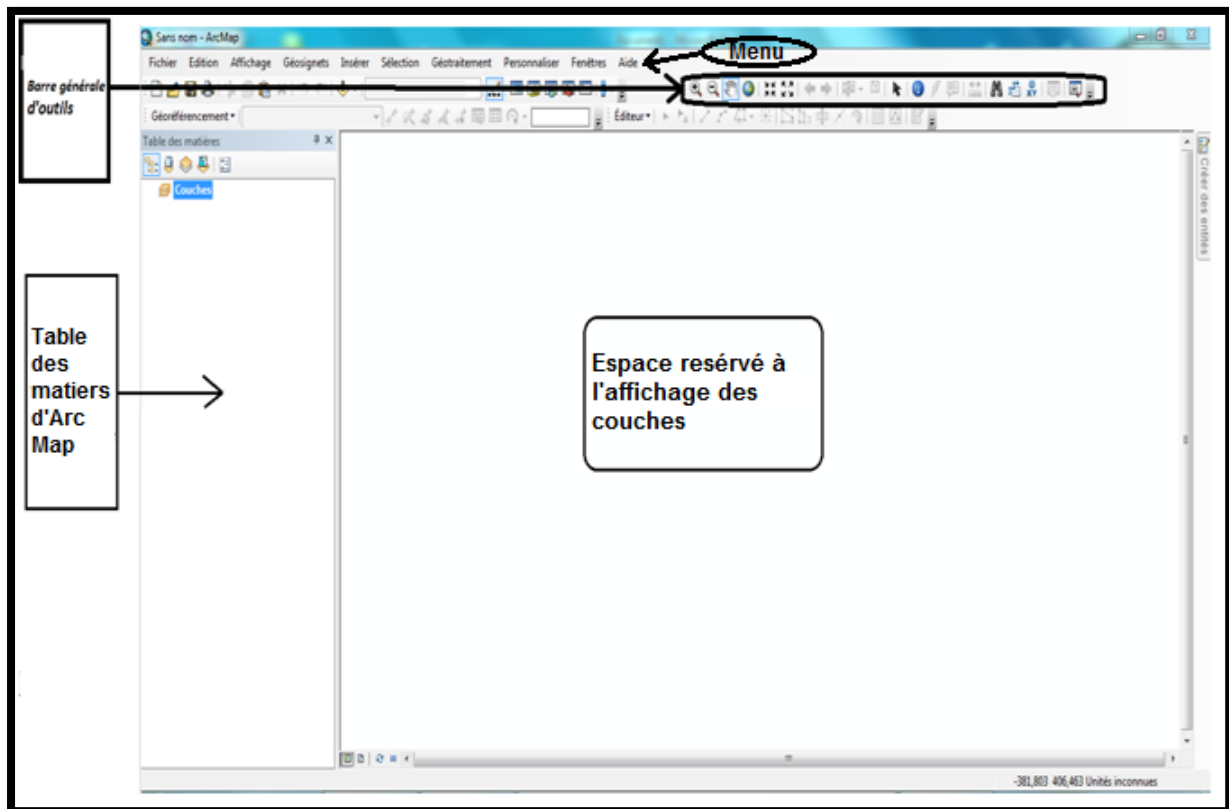
#### 2) Présentation du logiciel Arc GIS 10 :

Le logiciel ArcGIS10 comprend trois applications principales : **ArcMap**, **ArcCatalog** et **ArcToolbox**.

##### a) Présentation de l'interface ArcMap :

ArcMap montre, questionne, édite, crée ou analyse des données, sous forme de tables ou de cartes.

ArcMap 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 sur **(Fig 9)**.



**Figure 9: Présentation de fenêtre ArcMap**

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.

### **b) Présentation de l'interface 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.

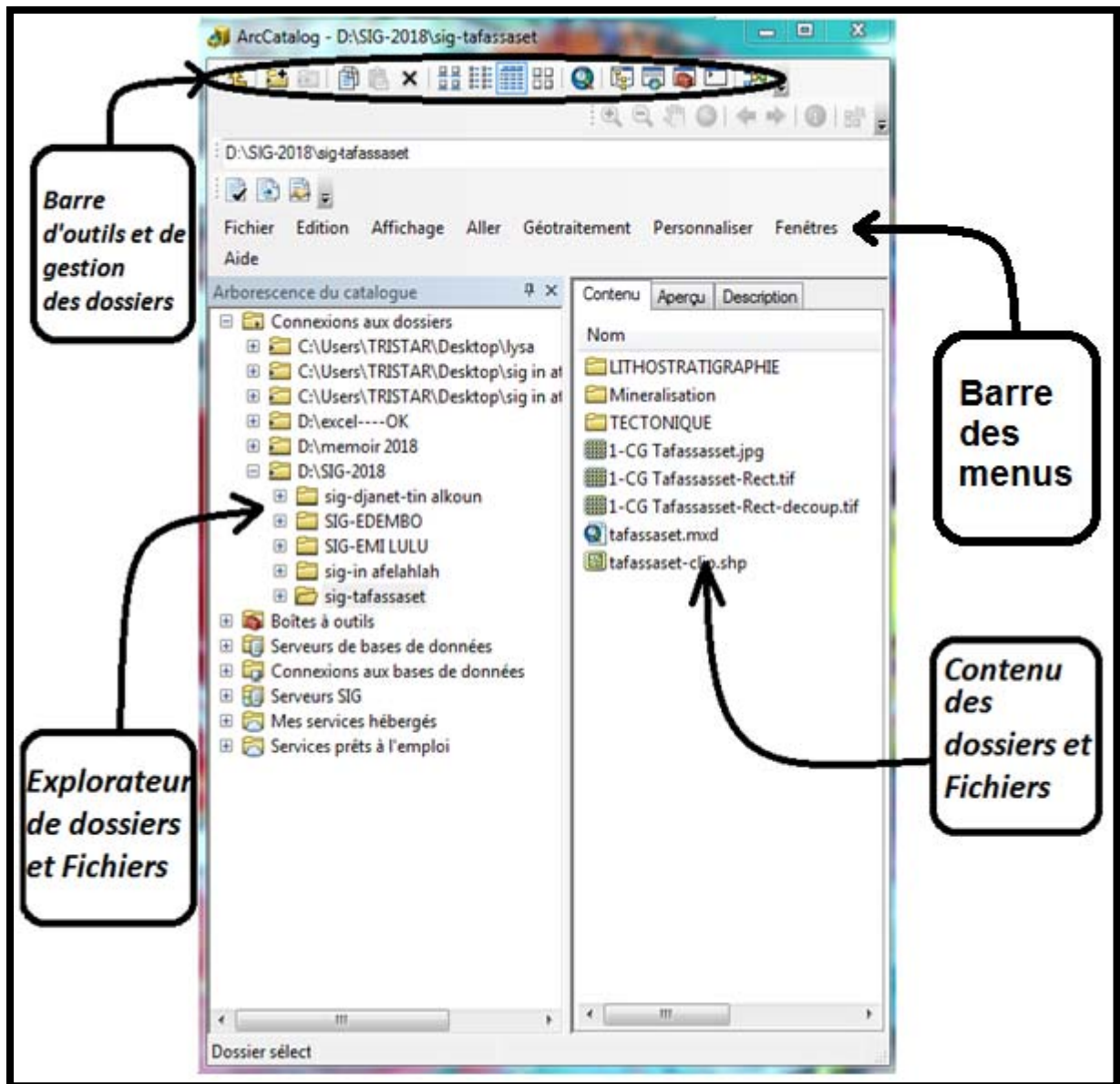


Figure 10: Présentation de la fenêtre ArcCatalog

C'est idéalement dans cette interface que l'on exécute les actions suivantes :

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

Précisons qu'ArcCatalog est aussi disponible au travers d'ArcMap, ce qui facilite grandement la gestion des fichiers.(Fig 11 )

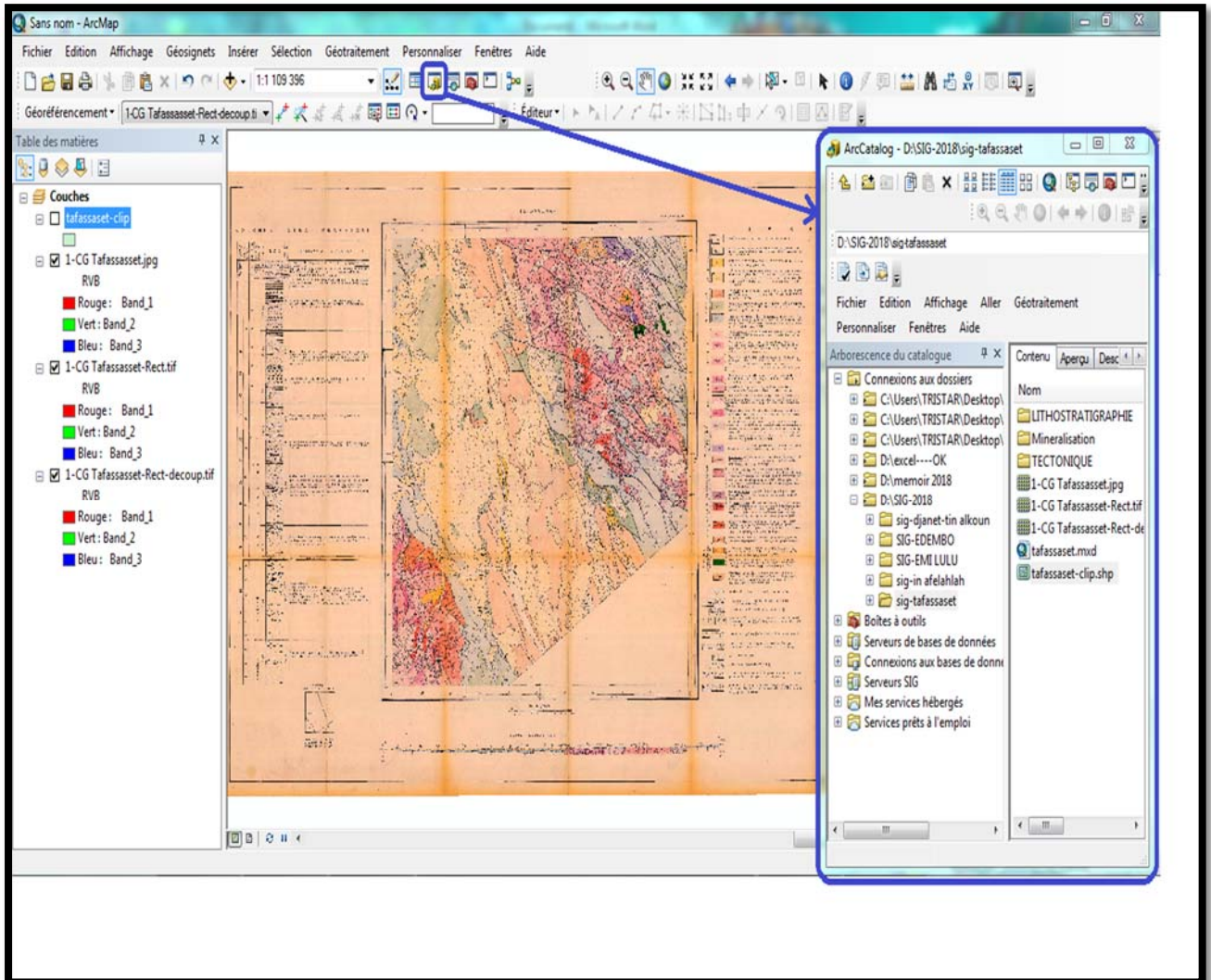


Figure 11: Fenêtre ArcCatalog au travers ArcMap

### c) 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.

Il convertit aussi les formats de données pour l'importation ou l'exportation de fichiers, ainsi que les changements de projection.

## CHAPITRE III SYSTEM D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

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.

Le contenu de la fenêtre ArcToolBox est enregistré avec notre document, ceci est peut-être la caractéristique la plus utile de la fenêtre, elle nous permet de personnaliser le contenu pour inclure seulement les boîtes à outils dont nous avons besoin pour notre projet en cours.

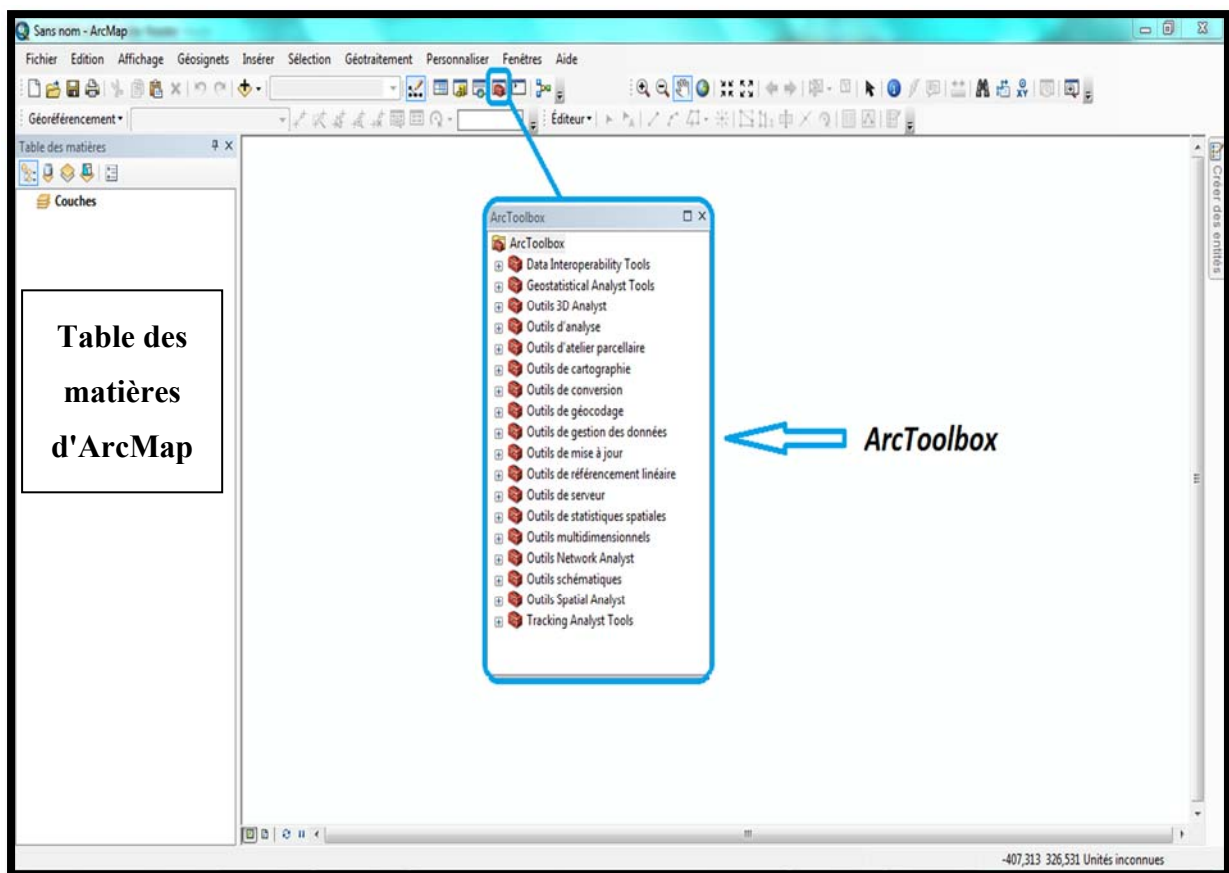


Figure 12: Fenêtre ArcToolBox

## Le document MXD :

La mise en forme des fenêtres, la mise en page, le choix des styles pour les objets cartographiques, le positionnement des étiquettes, etc... sont autant d'opérations qu'on aimera sauvegarder pour ne pas avoir à les reproduire à chaque ouverture d'ArcMap.

Le document de travail (. MXD) nous permet de sauvegarder une session de travail.

Afin d'enregistrer l'état d'avancement de notre travail, il suffit d'aller dans le menu > Fichier > Enregistrer sous... (Entrer le nom du fichier). (Fig 13)

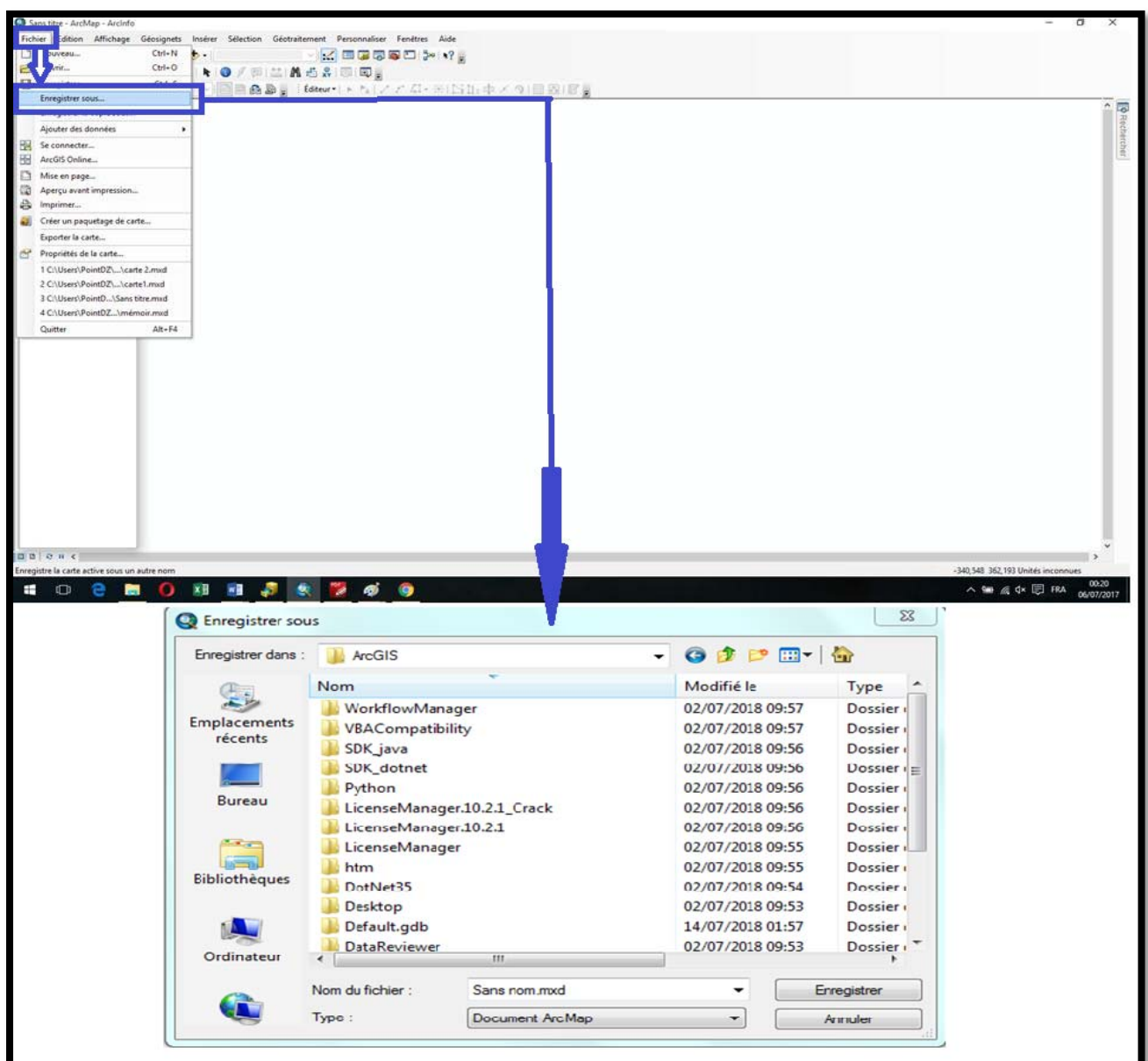


Figure 13: Fenêtre d'enregistrement du document ArcMap

## CHAPITRE III SYSTEM D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Il est aussi possible d'enregistrer le « chemin relatif » des couches utilisées. (Fig 16). Ceci nous permet de déplacer tout notre dossier de travail et de pouvoir rouvrir notre document après le déplacement, sans encombre. Le document et les couches utilisées doivent rester à la même place car le logiciel ne prend pas en compte les modifications.

Pour ça il faut aller dans le menu fichier > propriétés de la carte > puis cocher – Enregistrer le chemin relatif aux sources de données > Ok.

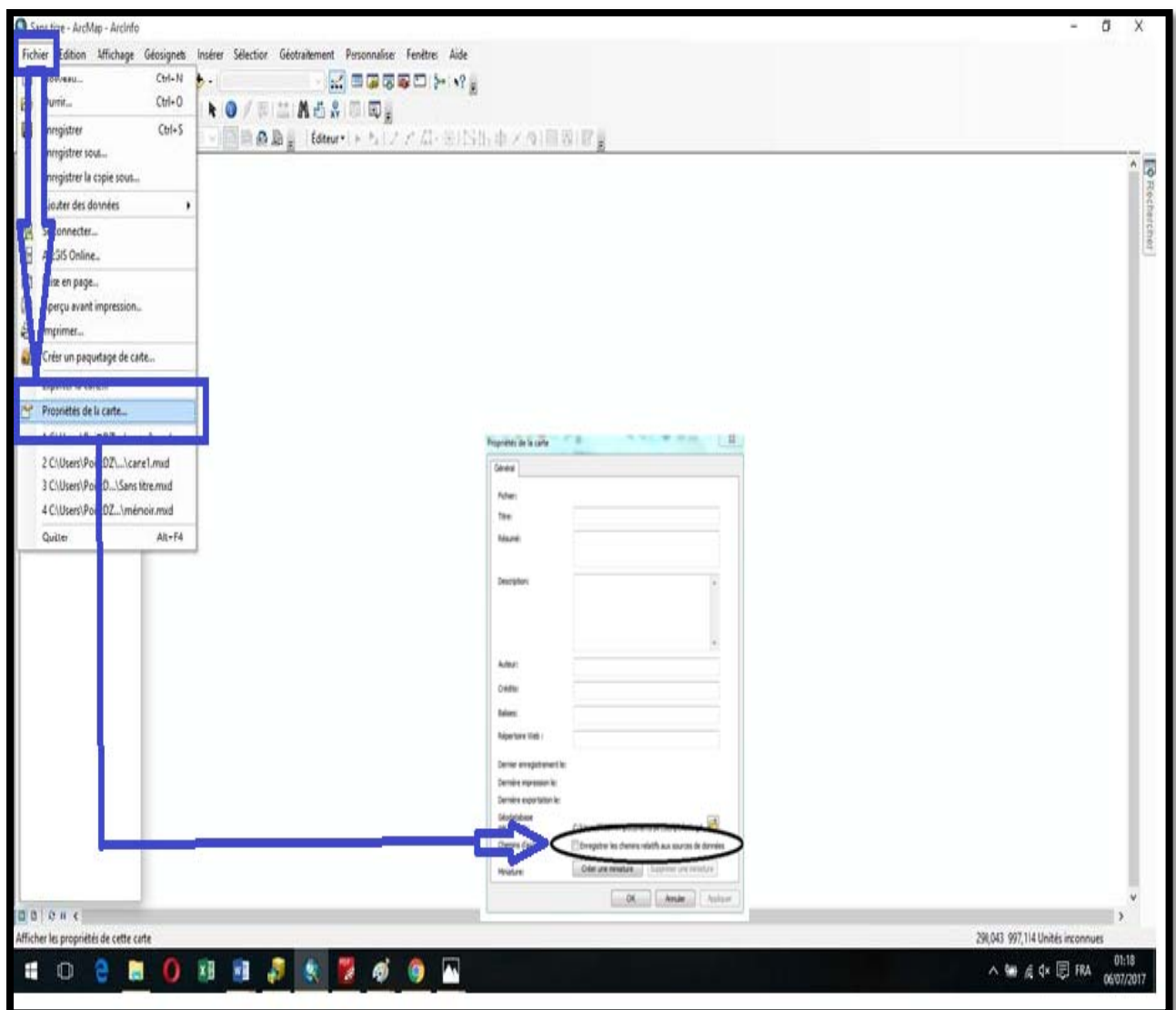


Figure 14: Fenêtre des propriétés de la carte

**CHAPITRE IV :**  
**SIG APPLIQUÉ A LA**  
**RÉGION D'ÉTUDE**

**IV.1. Application à la région d'étude :****INTRODUCTION:**

ArcGIS est un logiciel que nous avons utilisé dans ce travail à fin d'atteindre l'objet principal, qui est la cartographie SIG des cartes géologiques de la région de Tafassasset Djanet. Ce travail a été fait à partir des images des cartes géologiques de l'ORGM numérisées.

La région d'étude Tafassasset-Djanet est subdivisée en trois parties renferment six cartes géologiques à l'échelle 1/200 000.

En résumé, la méthode consiste à numériser les cartes, puis vectorisation de chaque carte, préparation d'un fichier Excel pour les minéralisations, intégration du fichier Excel dans le logiciel ArcGIS, sa transformation en une couche d'information vectorielle, et finalement impression des cartes géologiques.

Les données sur la minéralisation sont obtenues par compilation de nombreuses rapports et thèses (Synthouk 1984...)

**IV.1.1 Étapes suivies pour la réalisation du travail :*****Rappels:*****• Système de Coordonnées de Référence :**

Il y a deux types de « Système de Coordonnées de Référence », Systèmes de coordonnées géographiques et Systèmes de coordonnées projetées.

**• Systèmes de coordonnées géographiques :**

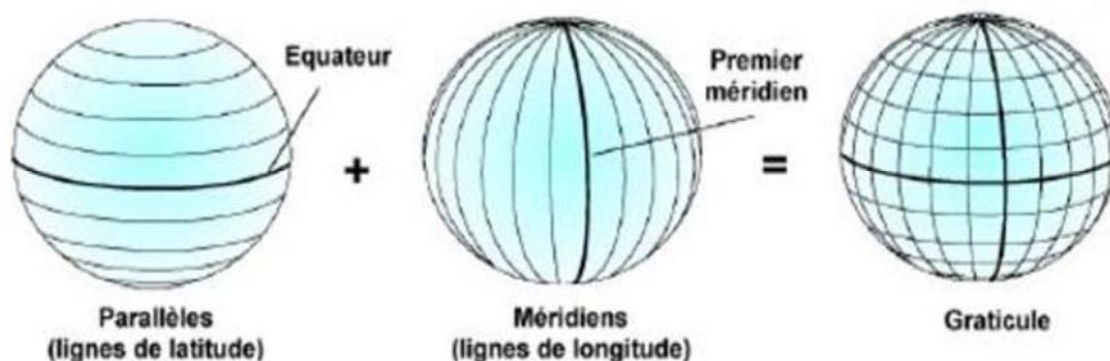
Un système de coordonnées géographiques (GCS, geographic Coordinate System) utilise une surface sphérique à trois dimensions pour définir des emplacements sur la Terre.

Un GCS est souvent confondu avec un DATUM, lequel n'est en fait qu'une partie d'un GCS, ce dernier comprend une unité angulaire de mesure, un méridien principal et un DATUM (basé sur un ellipsoïde).

Il en existe plusieurs pour des raisons historiques, techniques et d'usage, cependant le système de coordonnées le plus utilisé est le WGS 84.

Les projections cartographiques ne sont en aucun cas une représentation précise de la terre. A chaque projection.

Pour nos cartes nous avons utilisés le système de coordonnées UTM « Transverse Universelle de Mercator » ce système de coordonnées a son origine sur l'équateur a une longitude spécifique. Maintenant, les valeurs Y augmentent vers le sud et les valeurs X augmentent vers l'Ouest.



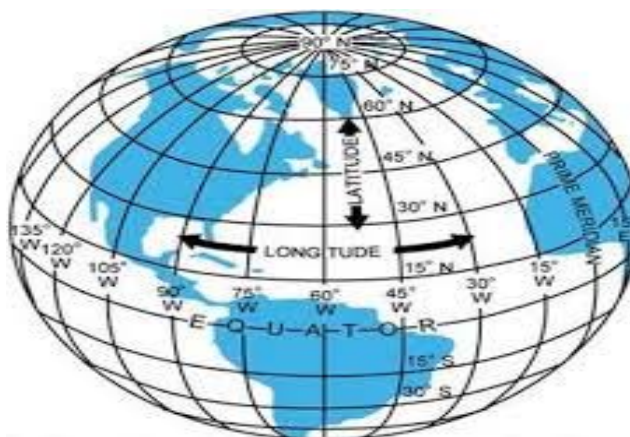
**Figure 15: Les parallèles et les méridiens constituant un graticule.**

On appelle DATUM, le système de coordonnées géographique défini par :

- ✓ Une unité angulaire.
- ✓ Un méridien de référence.
- ✓ Un ellipsoïde.

Une même position aura donc des coordonnées différentes selon son DATUM.

L'illustration suivante projette le monde sous forme d'un globe avec les valeurs de longitude et de latitude.



**Figure 16: Globe terrestre avec les valeurs de longitude et de latitude**

- **Systèmes de coordonnées projetés :**

Un système de coordonnées projetées se définit sur une surface plane, a deux dimensions. Contrairement à un système de coordonnées géographiques, un système de coordonnées projetées possède des longueurs, des angles et des surfaces constants dans les deux dimensions. Un système de coordonnées projetées est toujours basé sur un système de coordonnées géographiques, lui-même basé sur une sphère ou un ellipsoïde.

La projection UTM découpe la terre en 60 fuseaux de 6° de part et d'autre de l'équateur. L'Algérie se situe en zone 31N, mais aussi 29,30 et 32.

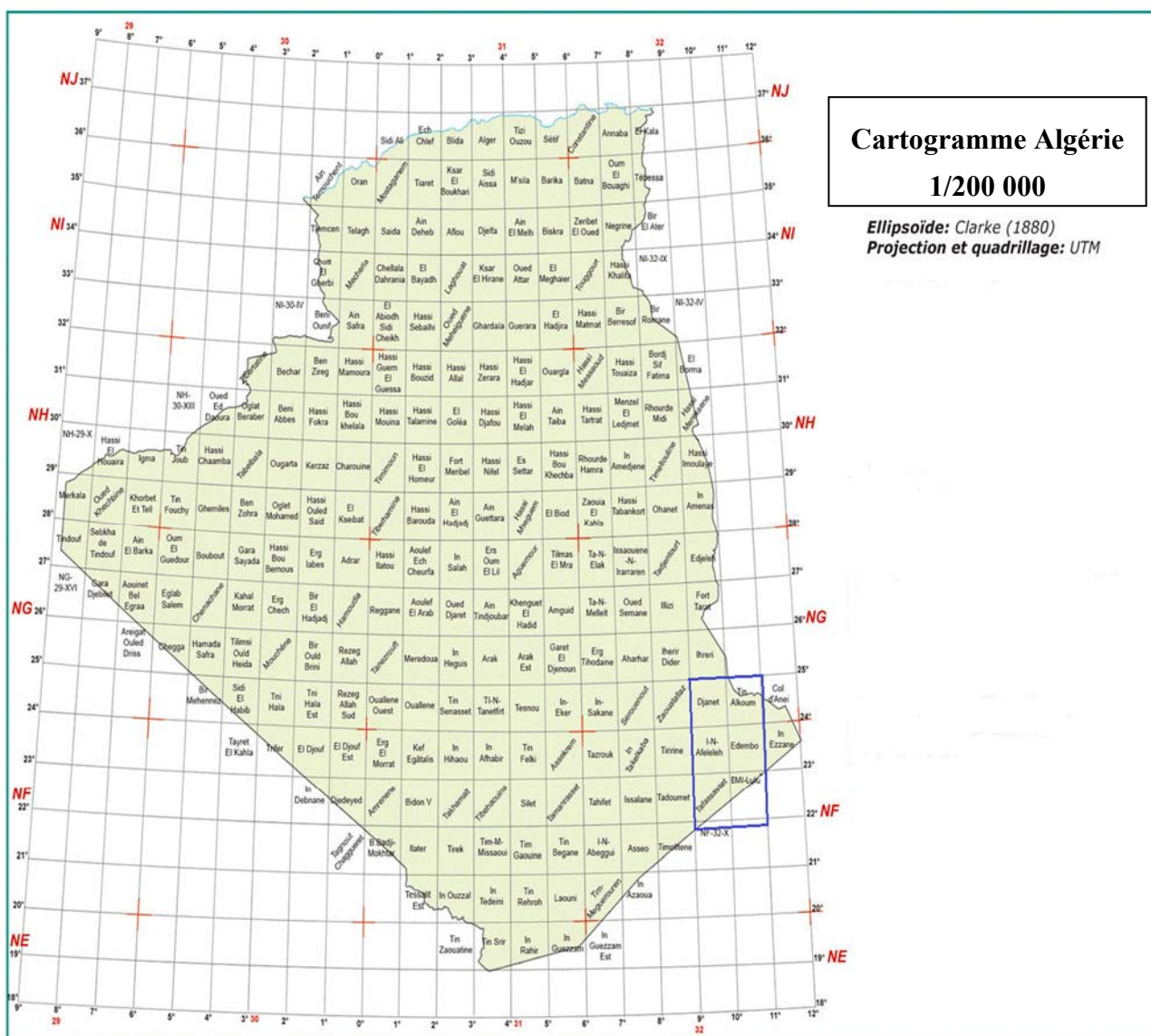


Figure 17: Fuseaux horaires de l'Algérie.

**IV.1.2 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 que le travail soit correct et précis, 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 nos cartes on a utilisé 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 âpre 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 ordinateur.

Sur la fenêtre ArcCatalog le dossier choisi apparait à gauche en première position dans l'arborescence du Catalogue, Clique 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).

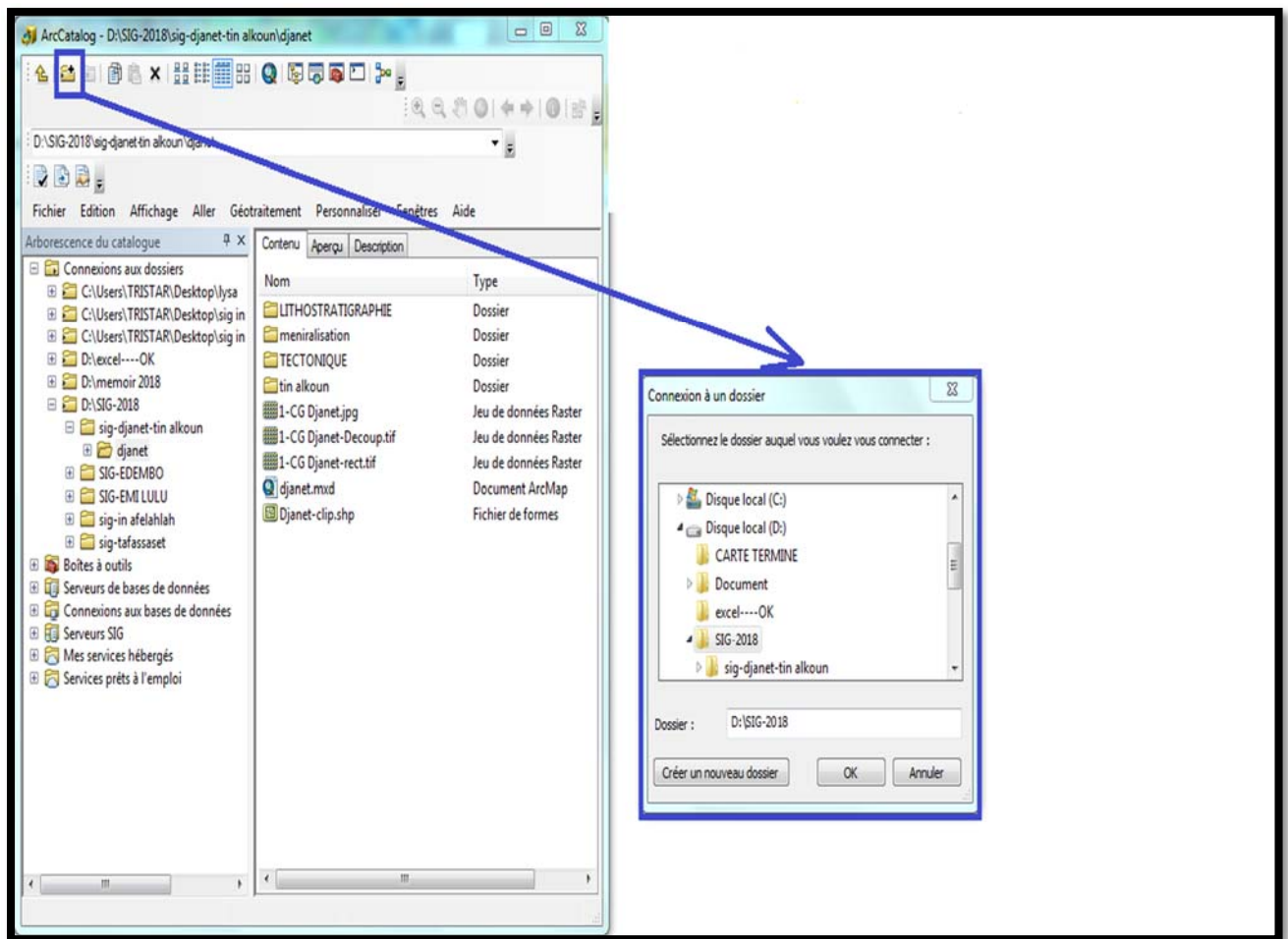


Figure 18: Une présentation d’interface d’ArcCatalog montrant icone connexion a un dossier.

**C) Attribution de la référence spatiale :**

Après avoir connecter au dossier la carte en format image on procède à l’attribution de la référence spatiale par clique 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.

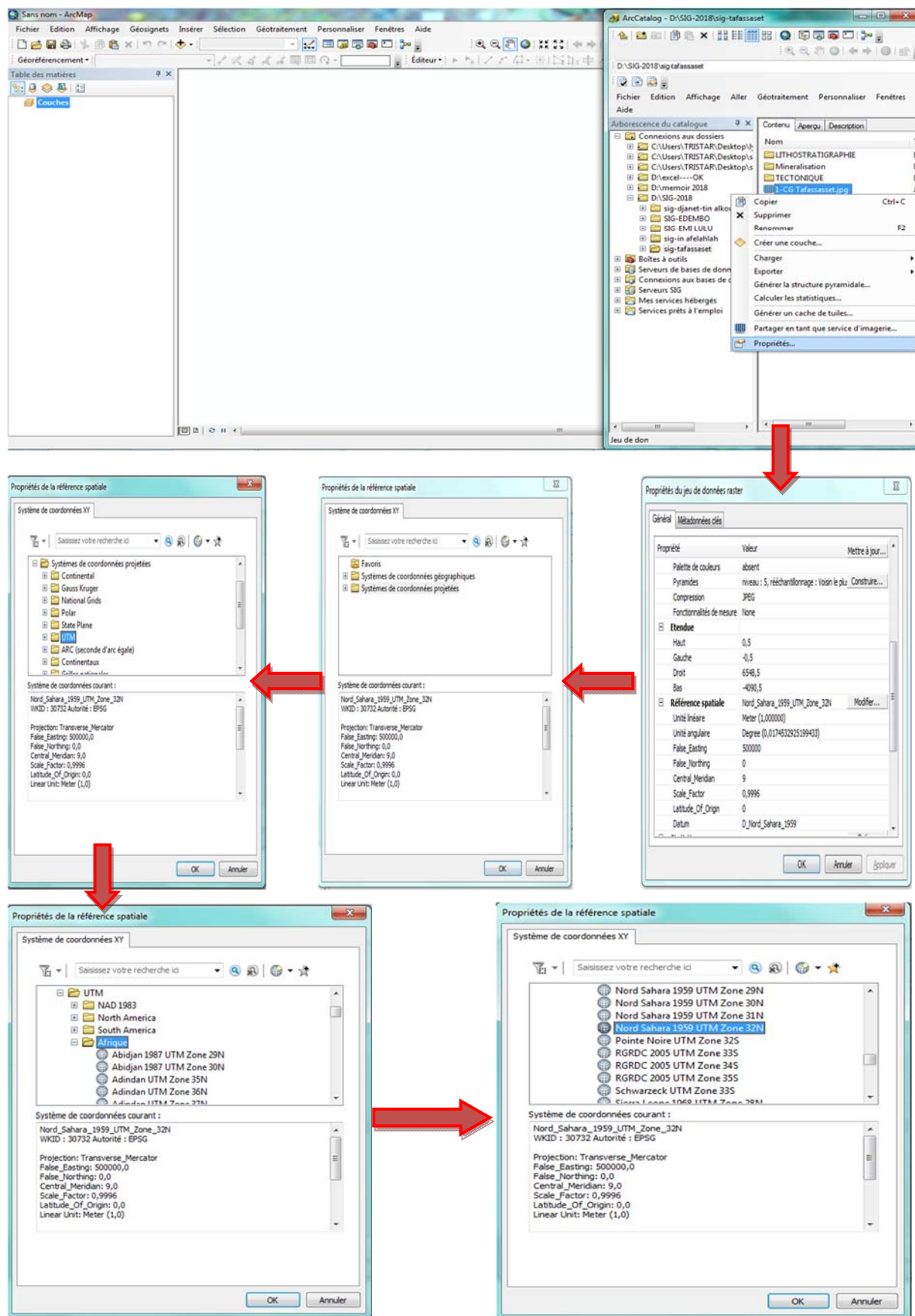


Figure 19: la propriété de la référence spatiale dans ArcCatalog

➤ **Choix du même système de coordonnées dans ArcMap :**

A Gauche apparait le dossier « Couches »

Clique droite sur couche → Propriétés → Système de coordonnées →

Projected Coordinate system → UTM → Africa → Nord Sahara 1959UTM Zone 32N  
→ Appliquer → OK. **(Fig 20)**

Après cette étape d'attribution la référence spatiale, On déposer la carte référenciée d'ArcCatalog vers ArcMap (Copier glisser )(clique G maintenu sur le fichier carte et déplacer la carte dans l'écran d'affichage la page de ArcMap).

Une fenêtre s'ouvre et vous propose la création de pyramides, cliquer sur OK (La création de pyramide permet d'alléger la carte donc de rendre plus rapide les manipulations.)

Après un certain temps la carte que vous voulez Géoréférencier s'affiche dans ArcMap. Dans la partie droite sous forme de carte et dans la partie gauche dans l'arborescence des couches.

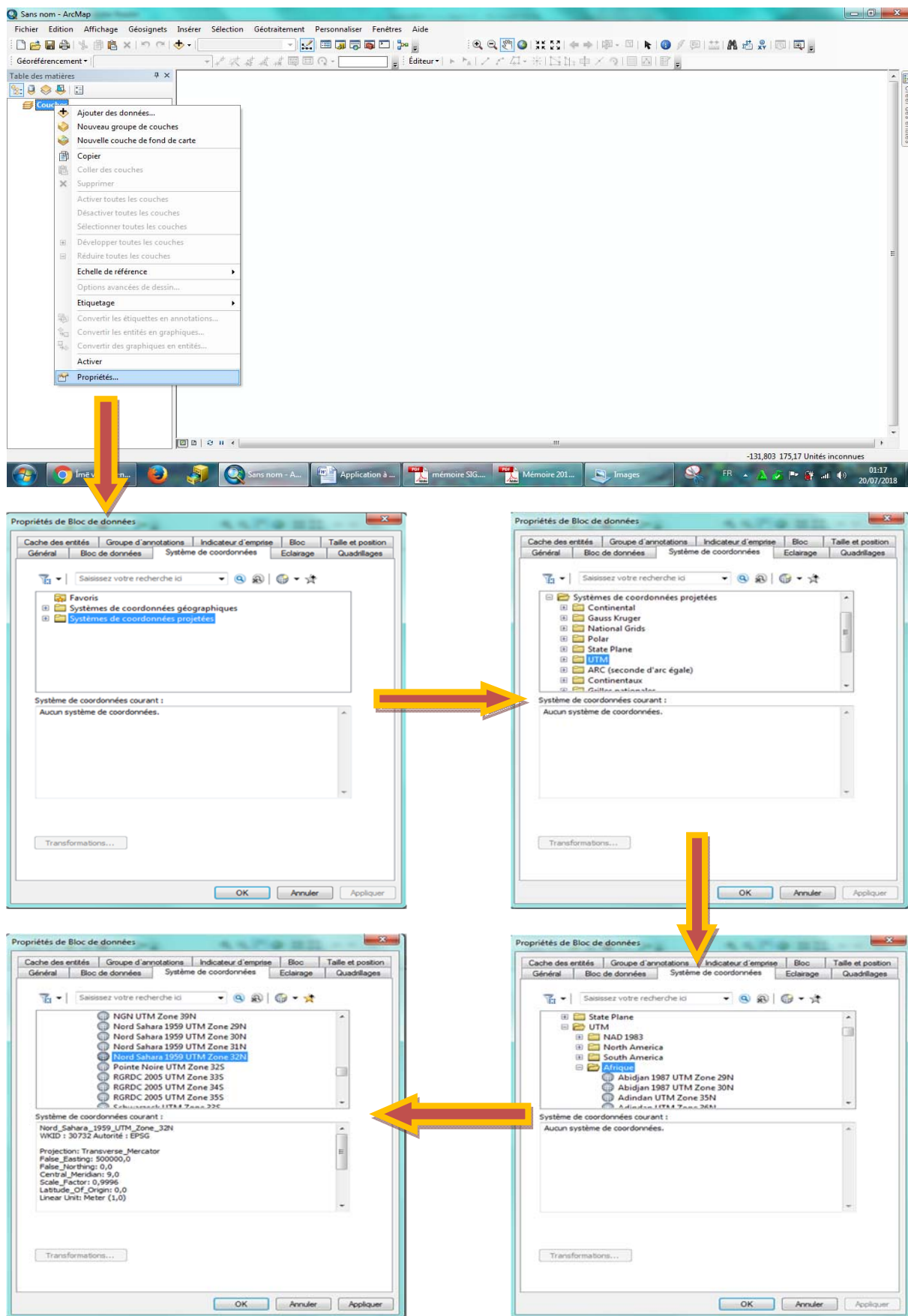
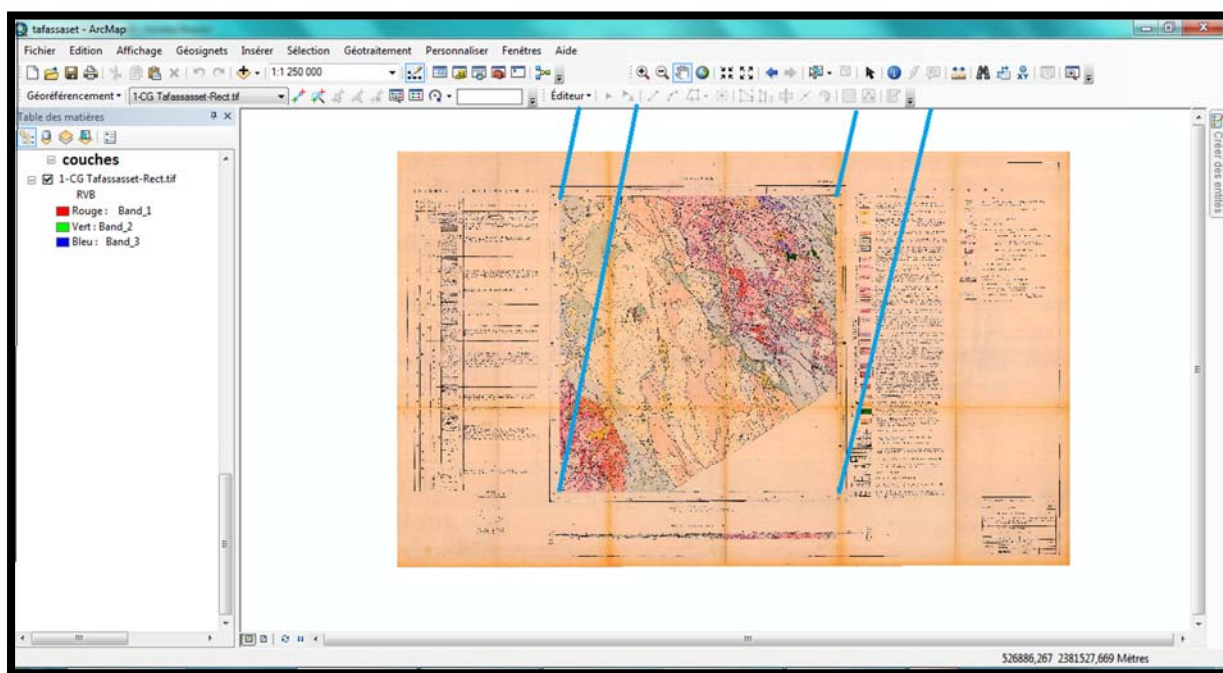


Figure 20: la propriété de la référence spatiale dans ArcMap

**D) Géoréférencement de la carte :**

C'est une manipulation qui consiste à caler la carte en ArcMap, en cliquant l'outil « Géoréférencement » localisé à la barre d'outils puis 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 (**Fig 21**). Ces points sont ajoutés par l'ordre, dans le sens des aiguilles d'une montre.



**Figure 21: calage de la carte géologique**

Après le Géoréférencement on peut procéder à une étape «Découpage de la carte », c'est une opération qui consiste à enlever l'habillage et garder que le fond de la carte.(**Fig 22**).

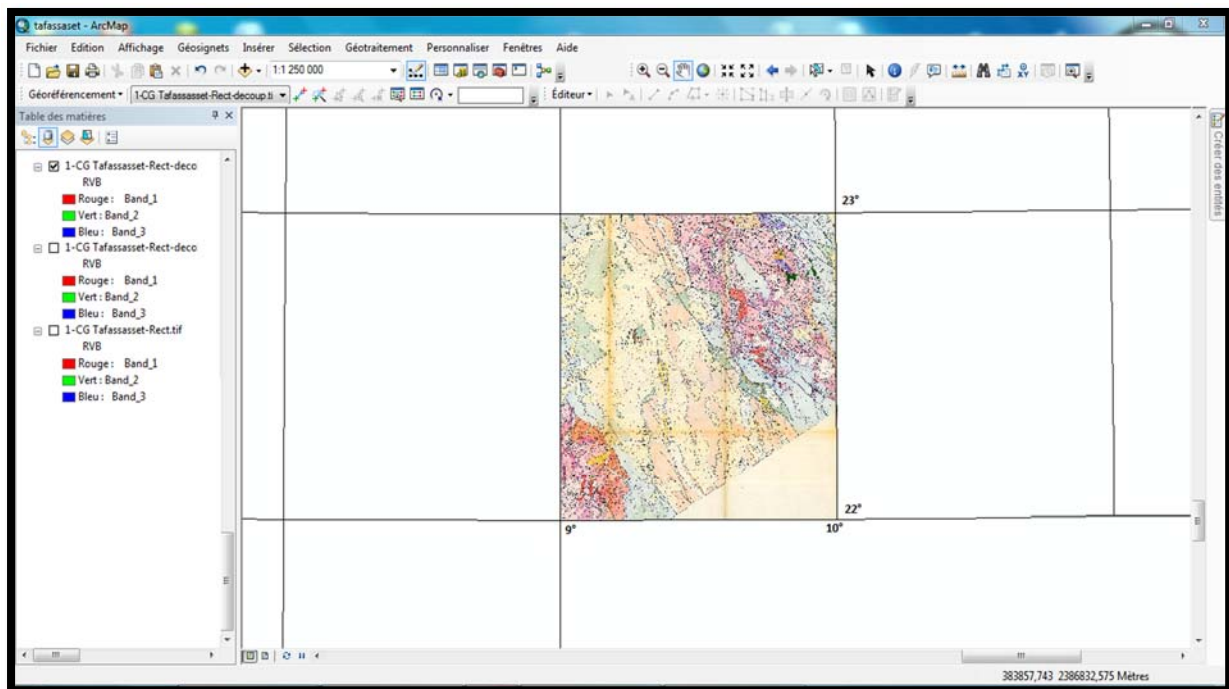


Figure 22: Découpage de la carte géologique

#### IV.1.3 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 :

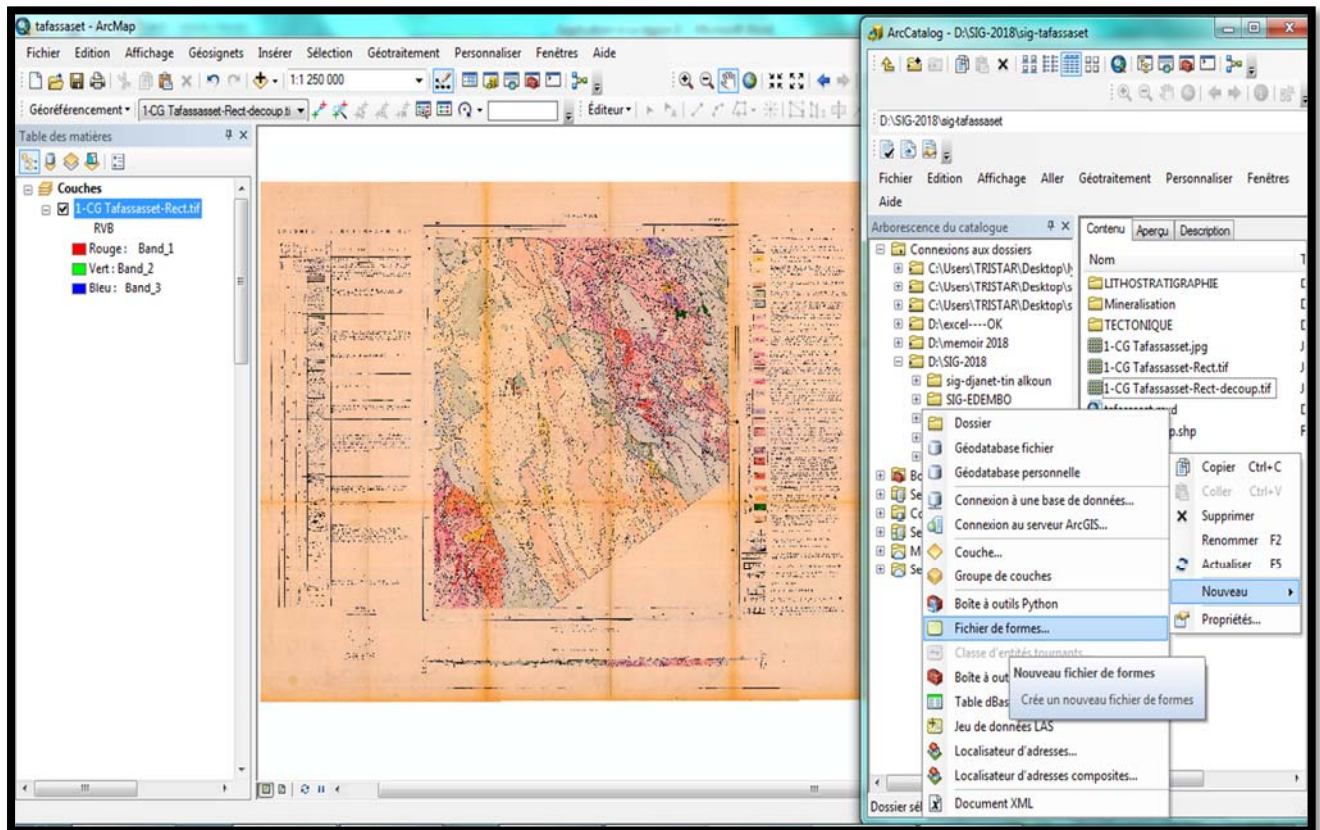
- ✓ Une faille par un trait (ligne)
- ✓ Un affleurement par un polygone
- ✓ Une minéralisation par un point

Le résultat sera une image en mode Vecteur.

#### ❖ Les étapes de la vectorisation d'une carte à l'aide d'ArcGIS

- **Création d'une couche « fichier de formes » via ArcCatalog:**
  - ✓ Tout d'abord on va ouvrir ArcMap et on fait un clic droit sur la couche puis on Choisit le système de coordonnées adéquat.
  - ✓ Ouvrir ArcCatalog et on cherche la carte raster qu'on veut vectorisée.

- ✓ On copie et on glisse cette carte raster vers ArcMap, un clic droit sur blanc de ArcCatalog on va créer un nouveau fichier de forme.



**Figure 23: Ouvrir un nouveau fichier de formes**

- On donne un nom à ce fichier de forme.
- On spécifie le type de couche (Polygone, Polyligne ou bien Point).
- On va attribuer le même système de coordonnées que nous avons donné à la couche dans ArcMap.
- On va copier et glisser le fichier de forme.

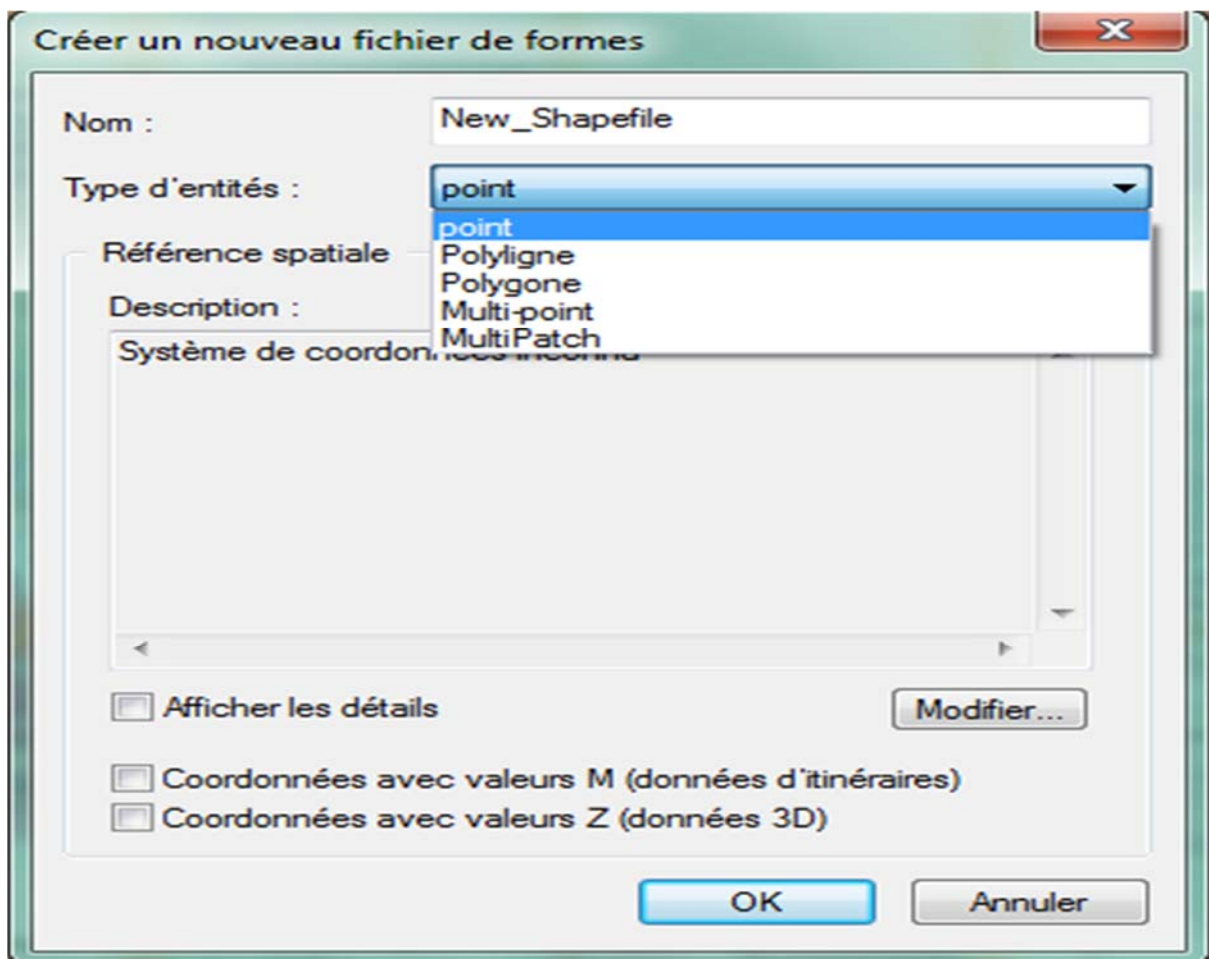


Figure 24: Fenêtre de fichier de forme

▪ **La vectorisation**

- ✓ On commence la vectorisation par l'activation de la barre d'outil \*éditeur\*.
- ✓ 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.
- ✓ On commence à dessiner (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).
- ✓ 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-clique.

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

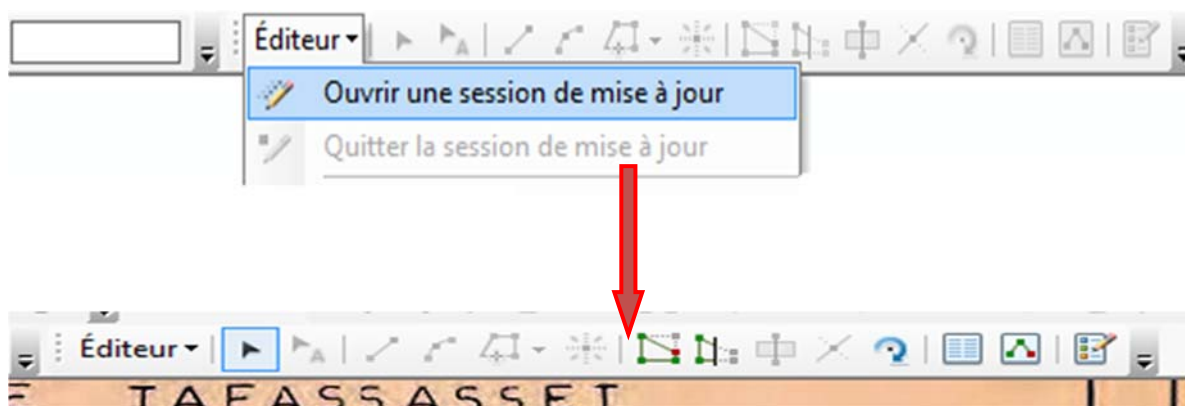


Figure 25: Outil Éditeur

## IV.2 La vectorisation des formations géologique :

### IV.2.1 Vectorisation de l'information surfacique (Polygone) :

#### ✚ 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 (Tafassasset).

**exemple :** la vectorisation de l'information lithologique (Dépôts du Quaternaire moyen (**Fig 26**) et dévonien+silurien (**Fig 27**) de la Feuille Tafassasset)

En procédant de la même manière pour toutes les entités lithologiques qui constituent la région d'étude, nous avons obtenu les 25 formations lithologiques, ont été transformés en couches d'informations vectorielles (**Fig 28**) dans la feuille TAFASSASSET .

Et tous ce travail se fera pour tous les cinq cartes qu'en a :

- La Feuille Djanet-Tin Alkoun
- La Feuille Tafassasset
- La Feuille Edembo
- La Feuille Emi-Lulu
- La Feuille In-Afelahlah

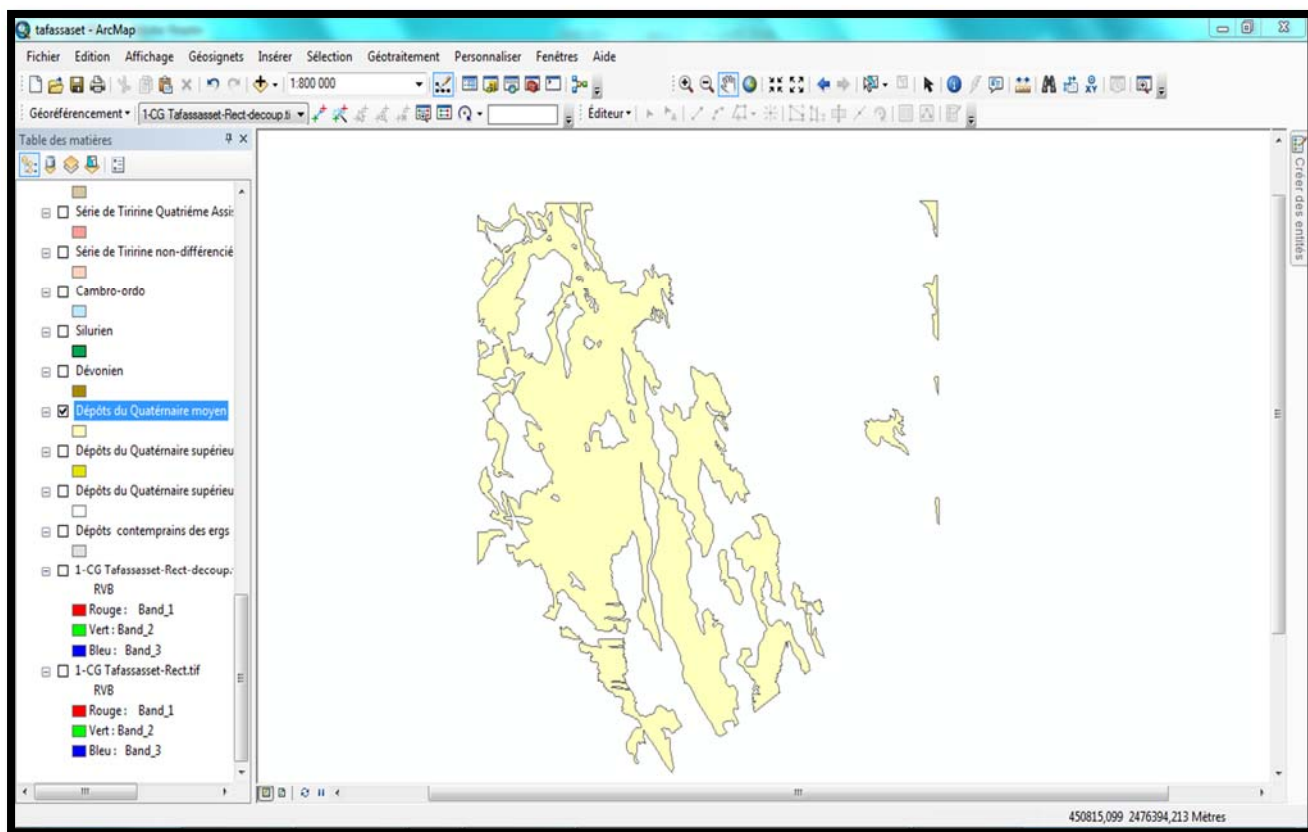


Figure 26: Présentation de Dépôts du Quaternaire moyen vectorisé de la feuille Tafassasset

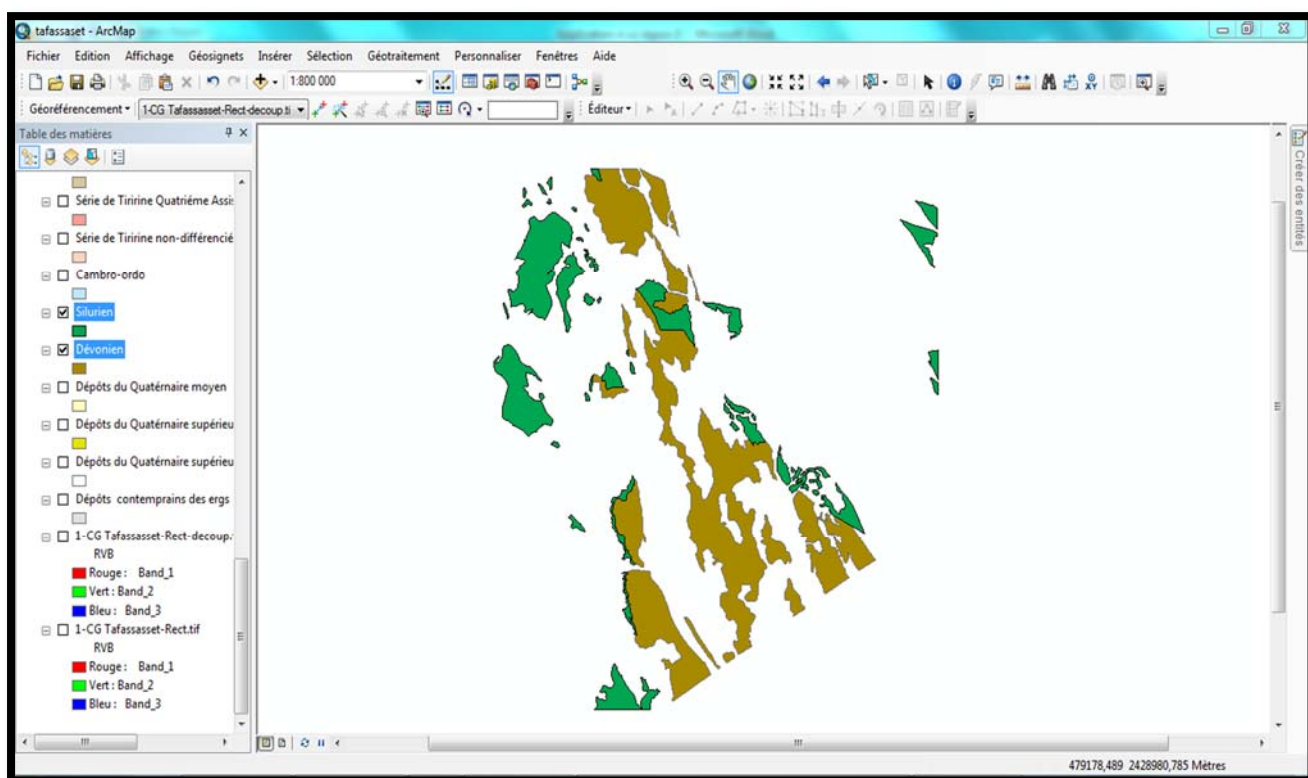


Figure 27: Présentation de Dévonien+Silurien vectorisé de la feuille Tafassasset

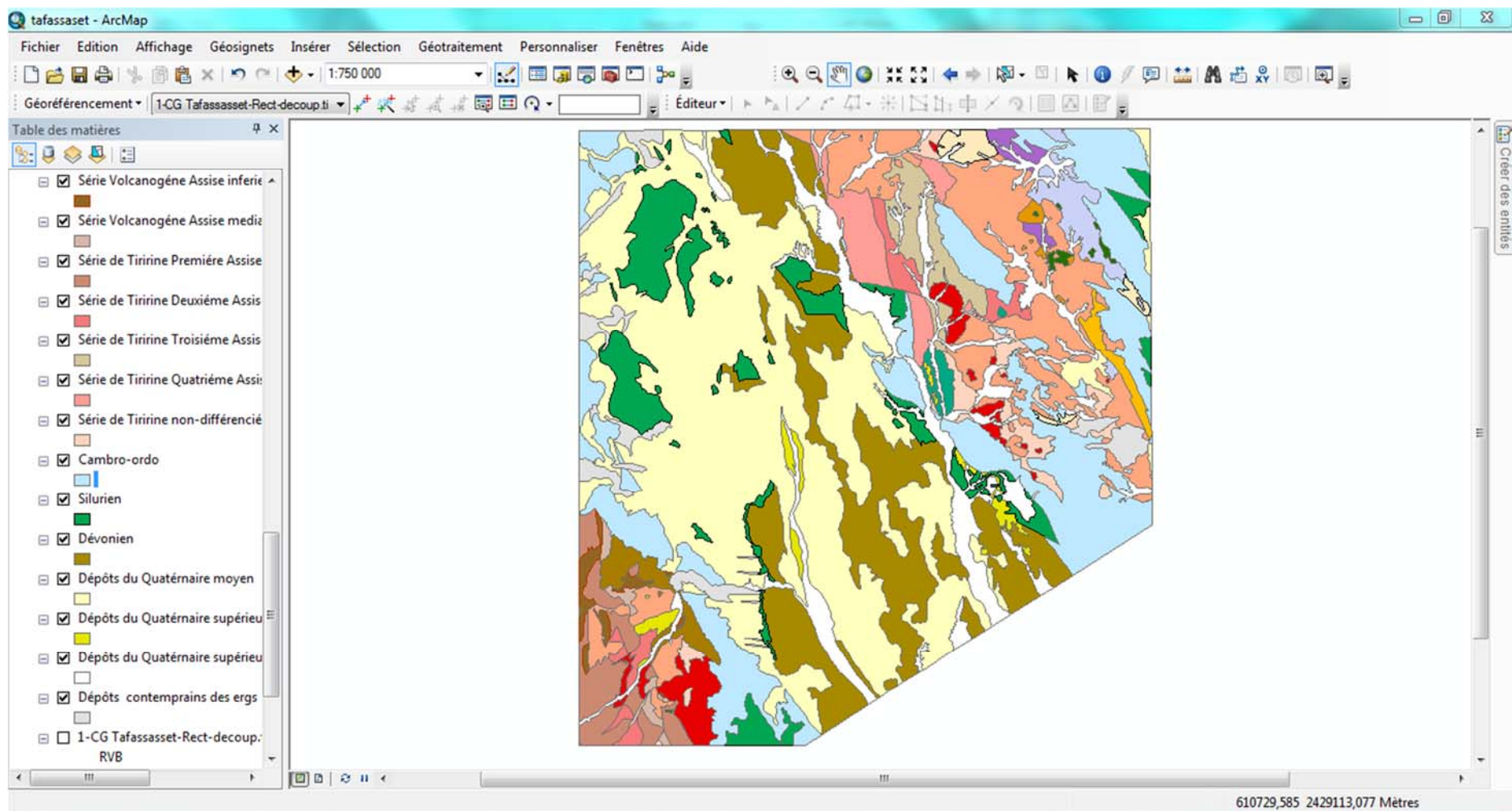
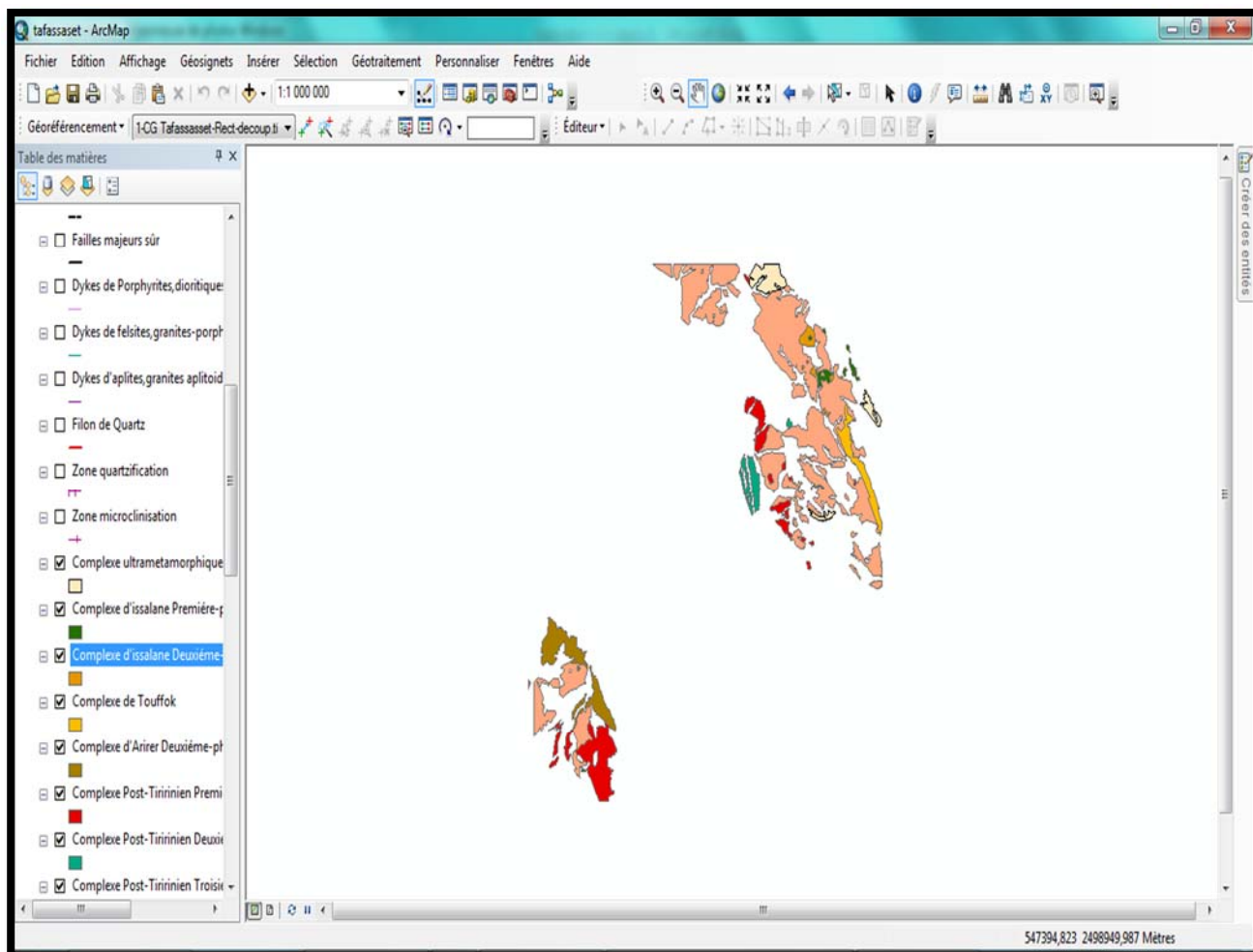


Figure 28: Présentation de l'information lithologique vectorisée de la feuille Tafassasset

## ✚ Magmatisme :

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



**Figure 29: Vectorisation des formations magmatisme de la feuille Tafassasset**

### IV.2.2 Vectorisation l'information linéaire (Polyligne) :

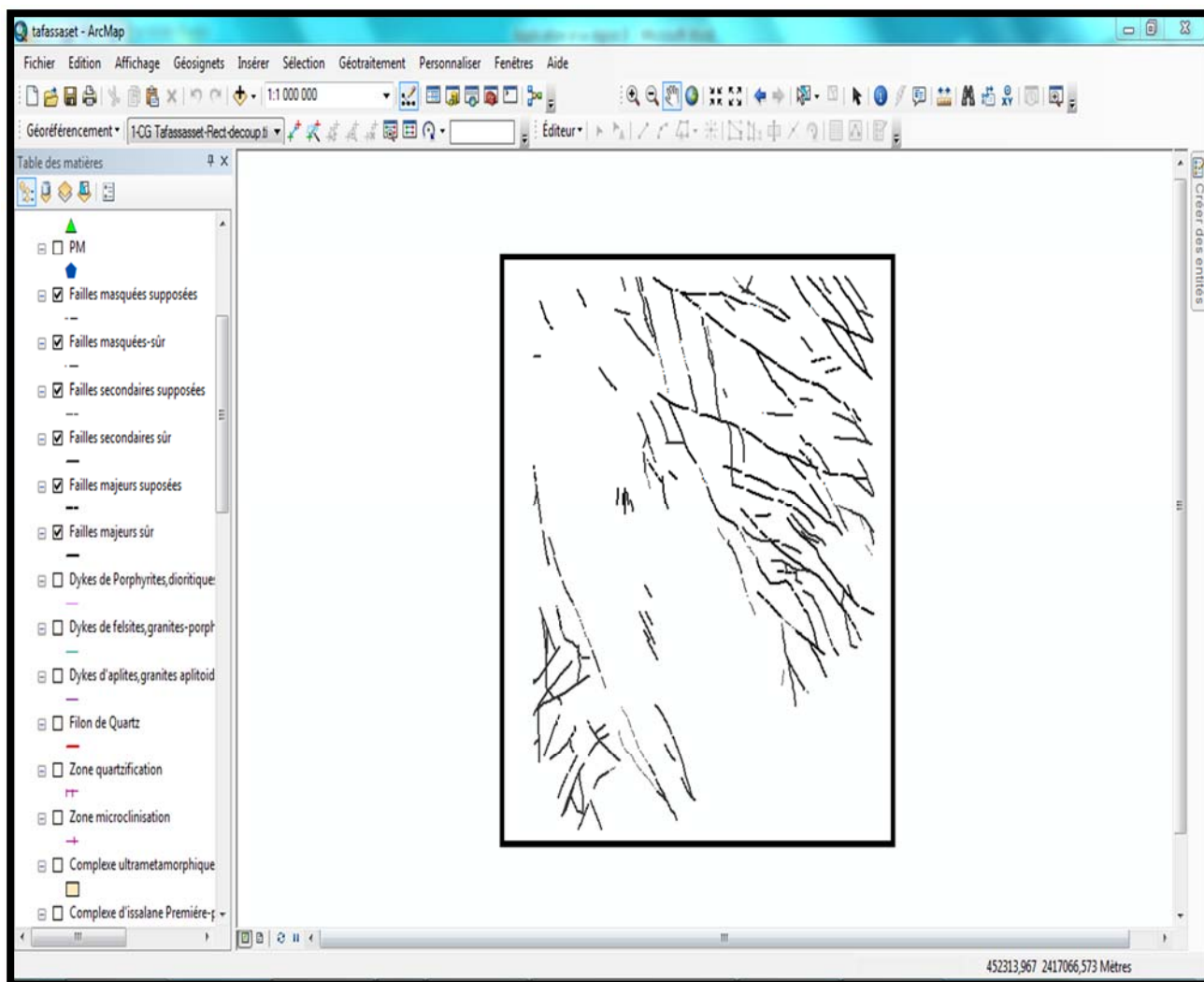
#### ✚ Tectonique :

Dans notre région d'études l'information sur la tectonique est représentée par l'ensemble des failles et des chevauchements et filons et zones schistosités et cataclase.

Nous avons commencé tout d'abord à extraire l'information caractérisant les failles tectoniques qui sont regroupées en trois catégories :

- Failles principales : certaines, supposées et dissimulées sous les dépôts meubles.
- Failles secondaires : certaines, supposées et dissimulées sous les dépôts meubles.
- Failles masquées : certaines, supposées et dissimulées sous des formations plus récentes.

Le résultat est montré sur (Fig 30).



**Figure 30: Présentation des différentes failles vectorisées de la feuille Tafassasset**

En procédant de la même manière pour tous les accidents tectoniques créées, nous avons pu vectorisé 12 couches d'informations structurales transformées en couches d'informations vectorielles comme les entités linéaires (Fig 31).

# CHAPITRE IV SIG APPLIQUÉ A LA RÉGION D'ÉTUDE

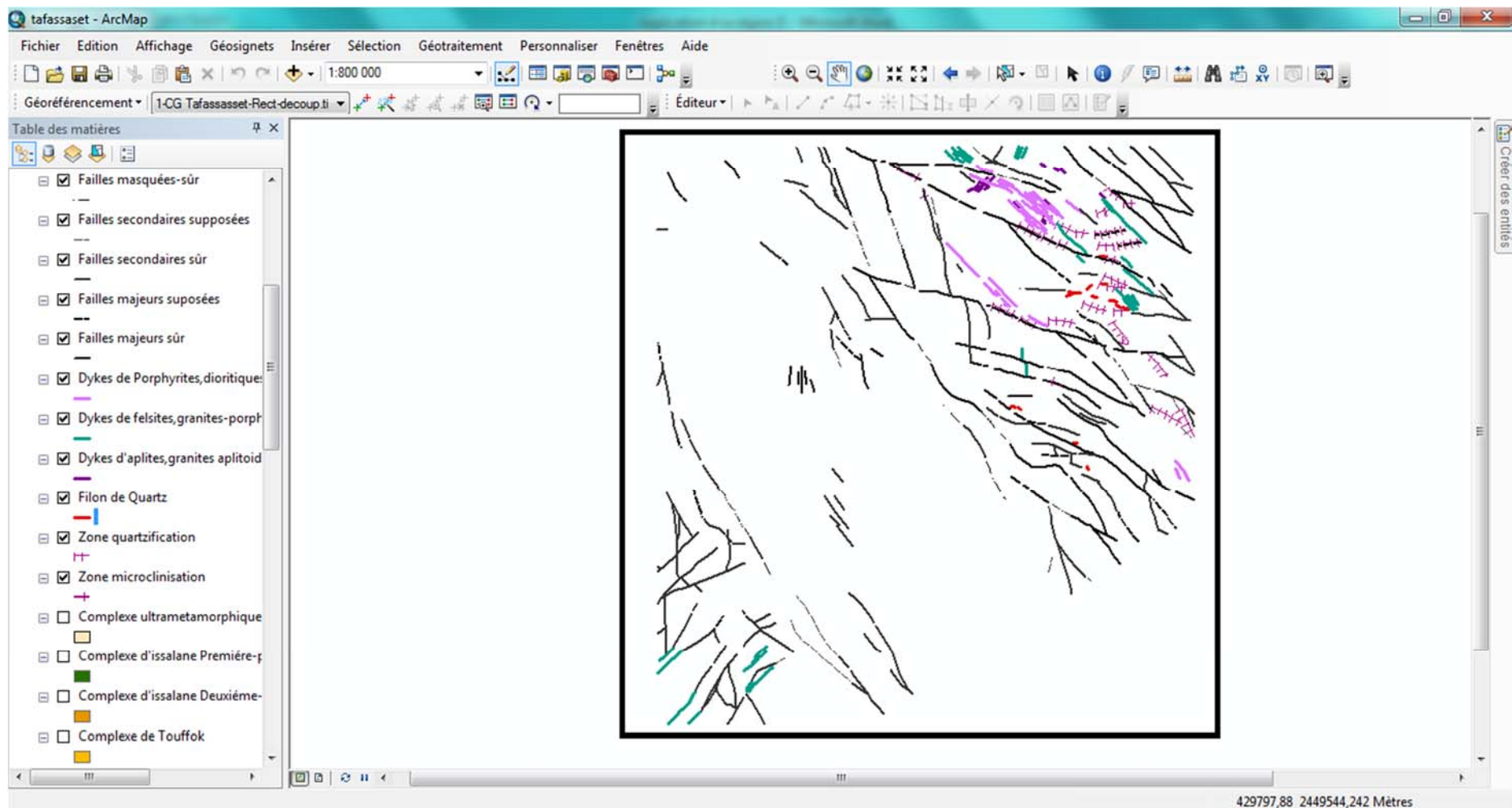


Figure 31: Présentation des l'information linéaire vectorisée de la feuille Tafassasset



|    | A  | B   | C        | D        | E    | F                        | G  | H          |
|----|----|-----|----------|----------|------|--------------------------|--|------------|
| 71 | 70 | AG  | 24,05000 | 9,76667  | Au   | Ag/Pb                    | Série de filons de quartz dans les granites syntectoniques                                       | 200        |
| 72 | 71 | AG  | 24,05000 | 9,26944  | Au   | Ag                       | Filon de quartz ocré   | 100        |
| 73 | 72 | AG  | 24,11667 | 10,01667 | W    |                          | Auréole minéralogique  |            |
| 74 | 73 | AG  | 24,12083 | 10,00139 | W    | Sn                       | Partie de granites porphyroïdes  | plus 1000m |
| 75 | 74 | AG  | 24,12500 | 10,08333 | Ag   | Co,Cr                    | Dyke de felsites   | 1000 m     |
| 76 | 75 | AG  | 24,12500 | 10,13750 | Au   | Mo,W,Sn,Cu,Zn,Be,Ni,Co,V | Conglomérats de base a petite galets   |            |
| 77 | 76 | AG  | 24,09167 | 10,06667 | Ag   | Co,Ni,Cr,In              | Dyke de porphyres dioritique a pts grain   | 10 Km      |
| 78 | 77 | AG  | 24,08472 | 10,06250 | Mo   | Ag,In,Ni,Co,Cr           | Zone microclinisée et silicifiée   |            |
| 79 | 78 | AG  | 24,06250 | 10,06806 | Sn   | Pb                       | Zone mylonitisée ds les granites   | 80 m       |
| 80 | 79 | AM  | 24,83333 | 9,06667  | Au   |                          | Placer enterré   | 20000      |
| 81 | 80 | AM  | 24,82083 | 9,06611  | Au   |                          | Conglomérats de base du Tassili  | 0,3        |
| 82 | 81 | AM  | 24,79361 | 9,08722  | Au   | W/Sn/Ti                  | Conglomérats de base du Tassili  |            |
| 83 | 82 | AM  | 24,76028 | 9,11194  | Au   | W/Nb                     | Conglomérats de base du Tassili  | 2000       |
| 84 | 83 | AM  | 24,63333 | 9,44167  | W    |                          | Auréole minéralogique  | 5000       |
| 85 | 84 | AM  | 24,51667 | 9,53333  | W    |                          | Auréole minéralogique  | 2000       |
| 86 | 85 | AM  | 24,30000 | 9,85000  | W    |                          | Auréole minéralogique  |            |
| 87 | 86 | IND | 24,63750 | 9,44583  | W    | Sn/Cu/Bi/Be/Ag           | Assise sédimentaire métamorphique  | 750        |
| 88 | 87 | IND | 24,64583 | 9,52361  | W    | Sn/Ag/Pb                 | zones linéaires avec filons et filonnets composés de quartz et de quartz à greisen               | 350        |
| 89 | 88 | IND | 24,64444 | 9,51944  | Ag   |                          | Dyke dacitique logé dans les schistes  | 250        |
| 90 | 89 | IND | 24,00000 | 9,78333  | W/Sn | Bi/Be/Cu/Li              | granites à biotite porphyroïdes, comportant des xénolites de gneiss, métadiorites, granodiorites | 400-1500   |
| 91 | 90 | PM  | 24,81889 | 9,01667  | Au   | Mo/Cu/W/Ag               | Zone silicifiée et hématisée   | 10         |
| 92 | 91 | PM  | 24,82083 | 9,32083  | Au   |                          | Niveau de conglomérats basals du Paléozoïque inférieur   |            |
| 93 | 92 | PM  | 24,66944 | 9,15278  | W    |                          | filonnets quartzeux dans la zone de schistification.   |            |
| 94 | 93 | PM  | 24,70194 | 9,46778  | W    |                          | Zone de broyage dans les schistes  | 30         |
| 95 | 94 | PM  | 24,69944 | 9,46778  | W    | Mo/Bi/Cu/Co              | Zone broyée, faiblement silicifiée et ferruginisée   |            |

Figure 33: Exemple de Fiche Excel ( Document fais partie de la base de données SIG )

- Après la préparation des fichiers Excel, il est intégré dans ArcMap suivant les méthodes propres et finale les points de localisation géographiques de chaque élément principal sont affichés en ArcMap.
- Ce dernier doit être exporté sur ArcGIS sous format shapefile, ce qui sera interprété par le logiciel SIG comme des entités vectorielles (points) représentant la minéralisation de la carte au format vecteur réalisée sur une base raster publiée. Dans le but de convertir le fichier Excel en fichier shapefile il faut suivre ces étapes :

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

✚ La minéralisation a été subdivisée en deux groupes principaux :

➤ Selon le type du gîte on peut citer : (Fig 36) (Fig 37)

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

➤ Selon les éléments principaux on peut citer : ( Fig 38) (Fig 39)

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

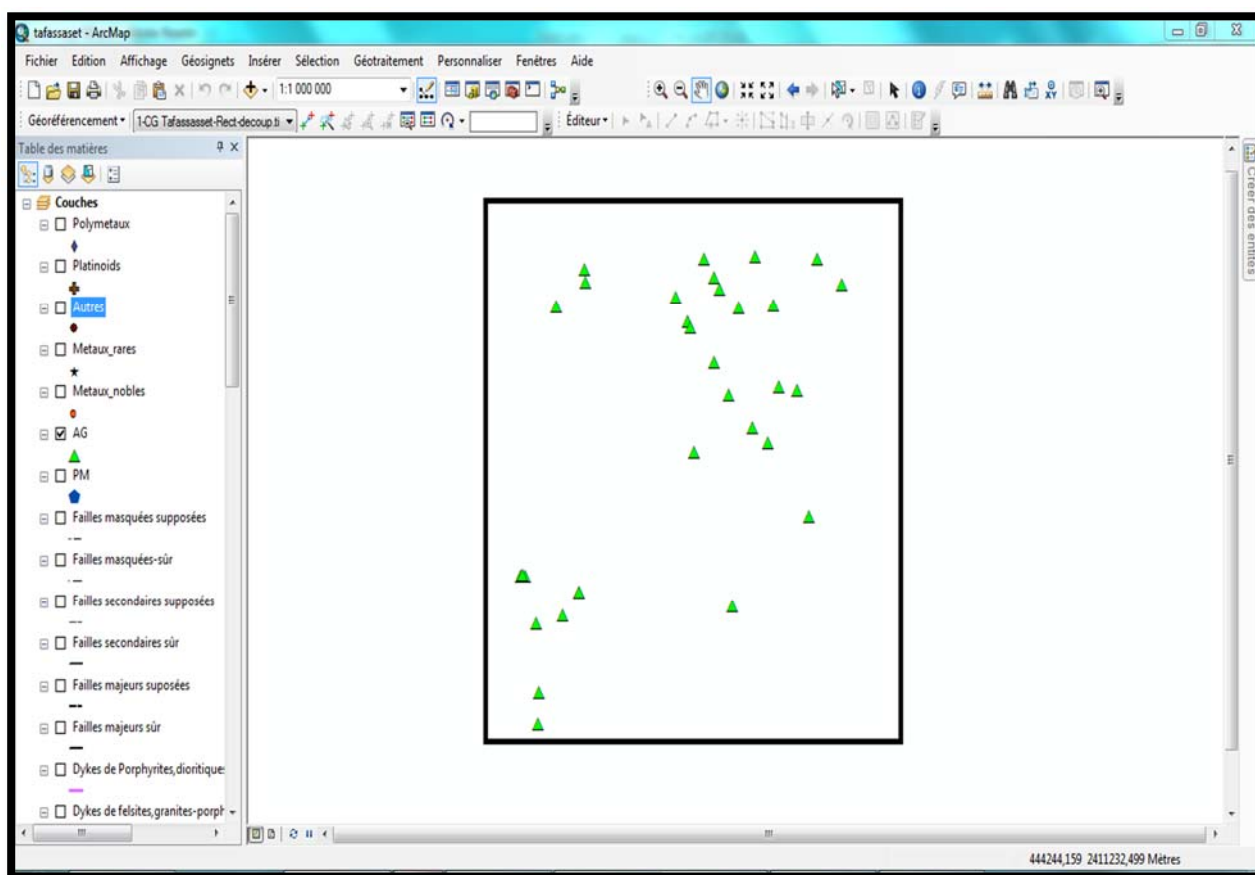
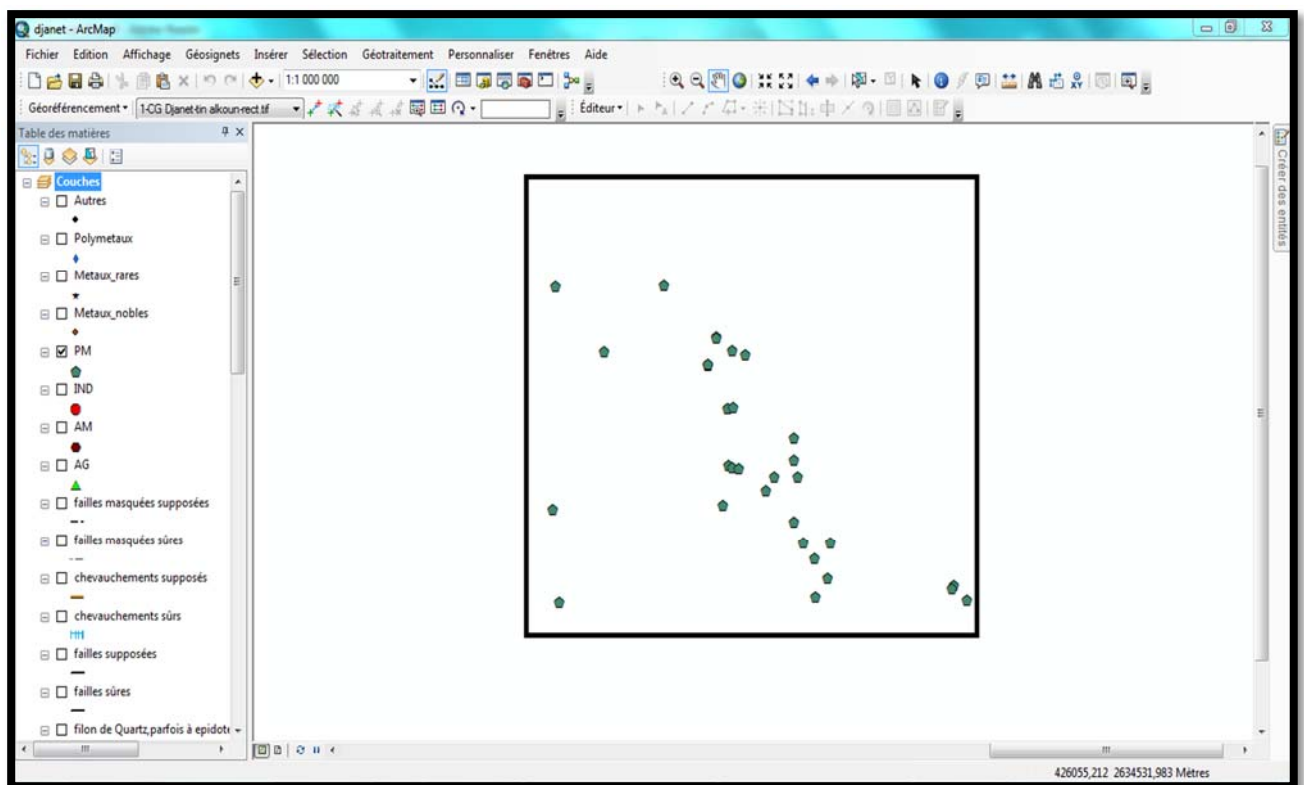
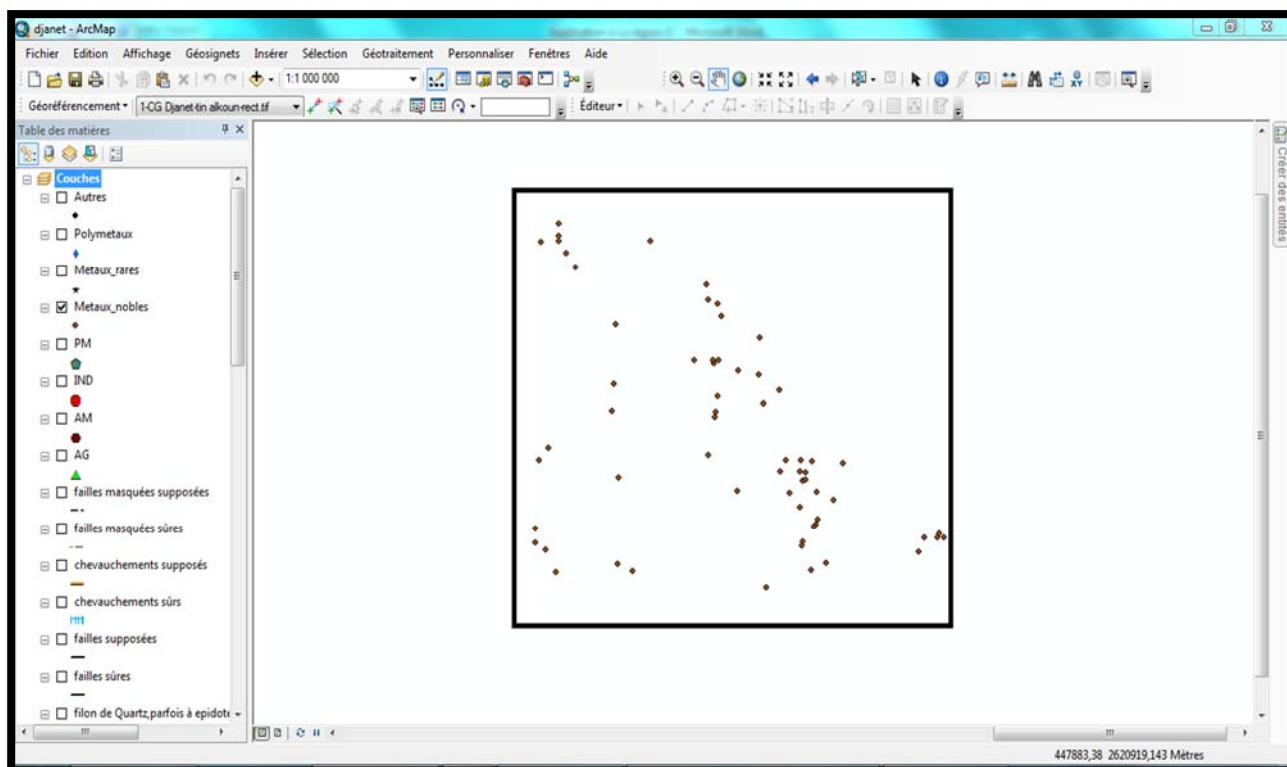


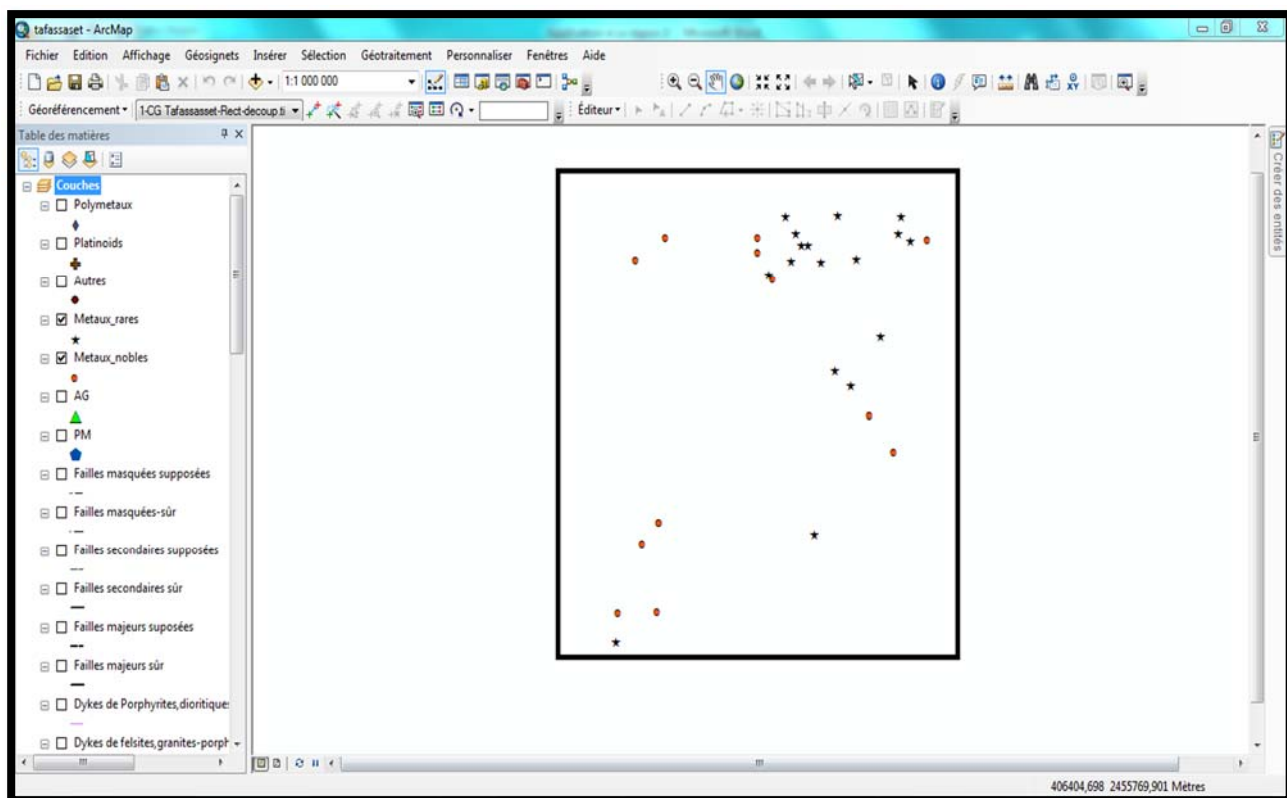
Figure 34: Vectorisation de la couche «Anomalie Géochimiques» de la feuille Tafassaset



**Figure 35: Vectorisation de la couche «Points Minéralisé » de la feuille Djanet-Tin Akoun**



**Figure 36: Vectorisation de la couche «Métaux nobles Au, Ag» de la feuille Djanet-Tin Alkoun**



**Figure 37: Vectorisation de la couche « Métaux rares et Métaux Nobles» de la feuille Tafassasset**

**IV.3 Mise en page :**

- La mise en page est la dernière étape à la réalisation de carte SIG sous ArcGIS.
- Elle consiste à mettre tous les éléments indispensables à une carte.
- La carte doit impérativement contenir ; une légende, un titre, l'orientation, l'échelle, les sources, le nom et la date de réalisation.
- Les mentions légales ne sont pas superflues, ainsi qu'un texte explicatif pour éviter toute mauvaise interprétation de la carte produite.
- Pour la création d'une mise en page permet d'éditer une carte complète pour l'imprimer ou l'exporter dans un format image standard.
- Toute carte se doit de contenir :
  - Un titre, permettant d'identifier et de se référer à la carte
  - Une légende, explicitant les symboles et couleurs utilisées
  - Une échelle
  - Une orientation (flèche du Nord)
  - Une source : auteur(s), année...
  - Le système de projection utilisé
- Pour peaufiner le projet, 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.

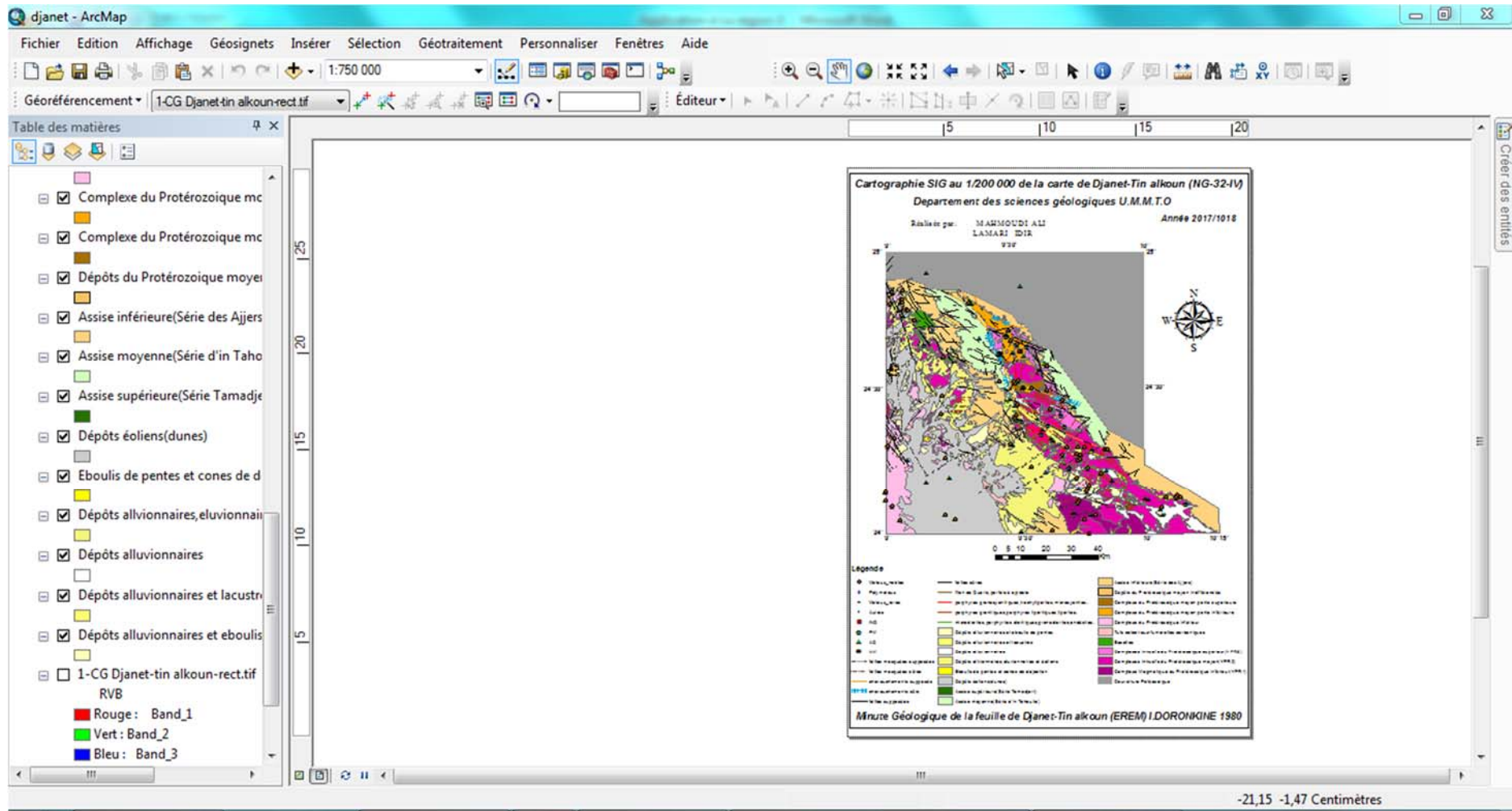


Figure 38: Carte exporté de la feuille Djanet-Tin Alkoun



**CHAPITRE V :  
CONCLUSION  
GÉNÉRALE**

### **Conclusion Générale**

Un SIG est une organisation structurée de ressources permettant d'acquérir les données à référence spatiale, de les conserver, de les traiter et d'en diffuser les résultats.

Dans le présent mémoire dont l'objectif essentiel est la réalisation d'une cartographie SIG des cartes géologiques au 1 /200 000 des feuilles de Djanet-Tin Alkoun, Tafassasset, In Afelahlah, Edembo et Emi Lulu, plusieurs étapes ont été nécessaires pour réaliser ce travail.

La première étape est la phase de recherche bibliographique, c'est la recherche de toute documentation susceptible de contenir des informations nécessaires tel que les minéralisations, leurs positions géographiques (longitude, latitude), ainsi que toutes informations concernant la description géologique de notre région d'étude.

La deuxième étape c'est la réalisation d'une synthèse géologique et géologique de la région d'étude.

La troisième étape, la plus cruciale, c'est la partie pratique où nous avons utilisé le logiciel ArcGIS. Elle commence d'abord par l'importation d'une carte géologique (image scannée) en format raster dans le logiciel et lui attribué sa référence spatiale et enfin procéder à sa vectorisation.

L'élaboration du SIG est achevée quand la vectorisation est terminée. Les données sur la minéralisation sont ensuite intégrées dans le logiciel à partir d'un fichier Excel puis affichées dans ArcMap sous forme de couches d'informations vectorielles.

Les cartes SIG obtenues peuvent être exportées puis imprimées sous forme de document en papier pour être utilisées par une société ou une campagne d'exploration minière. 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 différentes interprétations.

Le Hoggar est caractérisé par la présence de plusieurs gisements et indices par majorité les aurifères (or et argent), les métaux rares (l'étain, Tungstène, Molybdène etc.) et autre (plomb, cuivre, zinc), ces minéralisations font l'objet de plusieurs études géologiques et géologiques qui nécessitent un SIG.

## BIBLIOGRAPHIE :

- **BERTRAND, J.M.L., CABY, R., (1978):** Geodynamic evolution of the Pan-African orogenic belt: a new interpretation of the Hoggar Shield (Algerian Sahara), *Geologische Rundschau* 67, 357-388.
- **Bertrand, J.M., Caby, R. (1965):** Nouvelle observation sur le précambrien du Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara Algérien). Comptes rendus de l'Académie des sciences.
- **Liégeois, J.P, Black, R., Navez, J., Latouche,(1994):** Early and late PanAfrican orogenies in the Air assembly of terranes (Tuareg shield, Niger). *Precambrian Research* 67, 59-88.
- **Sintchouk. Y. A. (1983):** Géologie et métallogénie du Hoggar Volume II, Livre IX.
- **Caby (1970):** La chaîne pharusienne dans le Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara Central, Algérie), sa place dans l'orogénèse du Précambrien supérieur en Afrique; thèse, université de Montpellier.
- **Caby, R.:** Une nouvelle interprétation structurale et chronologique des séries à faciès pharusien et à faciès suggarien dans l'Ahaggar. C. R. Acad. Sc. (1969).
- **Fabre. (1976):** Introduction a la geologie du Sahara Algerien; S.N.E.D. Alger.
- **Arvois. R, Arene. J, (1960):** Rapport de Prospection des feuilles Edembo et Emi-lulu.
- **Doronkine, Baev, Vassilev, Portniaguine, Frolov, (1978-1980):** Rapport sur les résultats des travaux de recherches et du levé au 1/200 000 effectués par l'équipe "Centrale" sur le territoire de la feuille Djanet et sur la partie Sud-Ouest de la feuille Tin-Alkoun.
- **Doronkine, Konev, Portniaguine, Frolov, (1980-1981):** Rapport intermédiaire des travaux de recherches géologiques au 1/200 000 effectués par l'équipe "Djanet" sur une partie du territoire des feuilles Tafassasset, In Afellehleh, Edembo et Emi-lulu (Hoggar).
- **Katchevsky, Lavrichtchev, Kell, Hrebnev, Bendalio, (1979-1980):** Rapport sur les résultats des travaux de recherches et du levé géologique au 1/200 000, effectués par l'équipe "Est sur le territoire de la feuille NF· 32 - XV, XVI.

- **Semiani A., Bendali M. M., Bouzidi O., Bredj M., Moulahoum M., Zibouche M. 1995:** synthese des travaux de recherche sur les minéralisations aurifères dans le Hoggar *rapport de ORGM/DRM inédite*, 54p.
- **Aït Talab, N et Lamali, R., 2003.** Contribution à l'étude géologique et gîtologique de la minéralisation aurifère dans les secteurs d'In-Abeggui et d'In-Ateï (Hoggar central). Mémoire d'ingénieur. FSTGAT-USTHB.
- **Azzouni-Sekkal A. et Bonin B. (1998)** : les minéraux accessoires des granitoïdes de la suite taourirt, Hoggar (Algérie) : conséquences pétro génétiques, *journal of african Earth sciences*, vol.20, N01., pp. 67-87.
- **Liégeois et al. 2000** : pan-african displaced terranes in the Tuareg shield (central Sahara). *Geology*.
- **Antoine. D, 2012.** Travaux Pratiques sur les Systèmes d'Information Géographique.
- **Alexandre. H, 2014.** Université de Lausanne, Systèmes d'Information Géographique (SIG).
- **Hammas.I. (2015-2016):** Système d'information géographique appliqué à la géologie et aux minéralisations de la feuille de Tamanrasset au 1/500 000. Tizi-Ouzou: U.M.M.T.O.
- **Djilali.W, & Hadoualhadj.A. (2015-2016):** Système d'information géographique appliqué à la géologie et aux minéralisations de la feuille de Tamanrasset au 1/500 000. Tizi-Ouzou: U.M.M.T.O.
- **Lahreche.Z. (2014-2015):** Élaboration d'un SIG pour la cartographie de la région de Mekalis-Tirkount. mémoire de master. Tlemcen: Université Abou Bekr Belkaid.
- **Teldja.Y. (2015-2016):** Système d'information géographique appliqué à la géologie et la gîtologie de la feuille à 1/200 000 de Tizi-Ouzou (Région de la grande Kabylie. Tizi-Ouzou: U.M.M.T.O.)

## LISTE DES FIGURES

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 1:</b> Situation géographique de la région d'étude .....  | 2  |
| <b>Figure 2:</b> Le schéma montrant les subdivisions du Hoggar (Liégeois et al. 2000) .....   | 5  |
| <b>Figure 3:</b> Cartogramme de la région d'étude .....   | 10 |
| <b>Figure 4:</b> Base de données géographiques .....  | 35 |
| <b>Figure 5:</b> Les 5 Composante d'un SIG.....   | 36 |
| <b>Figure 6:</b> Exemple de quelques données Raster (a: image satellitaire, b: image scannée, c: ortho photo aérienne)(BONNET M.2012) ..... | 38 |
| <b>Figure 7:</b> Exemple de données vecteurs .....  | 39 |
| <b>Figure 8:</b> Mode de représentation de l'information géographique .....   | 40 |
| <b>Tableau 1:</b> Avantages et inconvénients des deux modes raster et vecteur.....  | 41 |
| <b>Figure 9:</b> Présentation de fenêtre ArcMap .....   | 45 |
| <b>Figure 10:</b> Présentation de la fenêtre ArcCatalog .....   | 46 |
| <b>Figure 11:</b> Fenêtre ArcCatalog au travers ArcMap .....  | 47 |
| <b>Figure 12:</b> Fenêtre ArcToolBox .....  | 48 |
| <b>Figure 13:</b> Fenêtre d'enregistrement du document ArcMap .....   | 49 |
| <b>Figure 14:</b> Fenêtre des propriétés de la carte.....   | 50 |
| <b>Figure 15:</b> Les parallèles et les méridiens constituant un graticule.....   | 52 |
| <b>Figure 16:</b> Globe terrestre avec les valeurs de longitude et de latitude.....   | 52 |
| <b>Figure 17:</b> Fuseaux horaires de l'Algérie.....  | 53 |
| <b>Figure 18:</b> Une présentation d'interface d'ArcCatalog montrant icone connexion a un dossier. ....                                     | 55 |
| <b>Figure 19:</b> la propriété de la référence spatiale dans ArcCatalog.....  | 56 |
| <b>Figure 20:</b> la propriété de la référence spatiale dans ArcMap.....  | 58 |
| <b>Figure 21:</b> calage de la carte géologique .....   | 59 |
| <b>Figure 22:</b> Découpage de la carte géologique .....  | 60 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 23:</b> Ouvrir un nouveau fichier de formes.....  | 61 |
| <b>Figure 24:</b> Fenêtre de fichier de forme.....  | 62 |
| <b>Figure 25:</b> Outil Éditeur .....   | 63 |
| <b>Figure 26:</b> Présentation de Dépôts du Quaternaire moyen vectorisé de la feuille Tafassasset .....       | 64 |
| <b>Figure 27:</b> Présentation de Dévonien+Silurien vectorisé de la feuille Tafassasset.....                  | 64 |
| <b>Figure 28:</b> Présentation de l'information lithologique vectorisée de la feuille Tafassasset....         | 65 |
| <b>Figure 29:</b> Vectorisation des formations magmatisme de la feuille Tafassasset.....                      | 66 |
| <b>Figure 30:</b> Présentation des différentes failles vectorisées de la feuille Tafassasset.....             | 67 |
| <b>Figure 31:</b> Présentation des l'information linéaire vectorisée de la feuille Tafassasset.....           | 68 |
| <b>Figure 32:</b> Exemple de catalogues des minéralisations (Document original établie par I.Doronkine) ..... | 69 |
| <b>Figure 33:</b> Exemple de Fiche Excel ( Document fais partie de la base de données SIG ) .....             | 70 |
| <b>Figure 34:</b> Vectorisation de la couche «Anomalie Géochimiques» de la feuille Tafassasset.               | 71 |
| <b>Figure 35:</b> Vectorisation de la couche «Points Minéralisé » de la feuille Djanet-Tin Akoun              | 72 |
| <b>Figure 36:</b> Vectorisation de la couche «Métaux nobles Au, Ag» de la feuille Djanet-Tin Alkoun .....     | 73 |
| <b>Figure 37:</b> Vectorisation de la couche « Métaux rares et Métaux Nobles» de la feuille Tafassasset.....  | 73 |
| <b>Figure 38:</b> Carte exporté de la feuille Djanet-Tin Alkoun .....   | 73 |

## Liste des Annexes

**Annexe 1** : Cartographie SIG de la feuille au 1/200.000 Djanet-Tin Alkoun.

**Annexe 2** : Cartographie SIG de la feuille au 1/200.000 Tafassasset.

**Annexe 3** : Cartographie SIG de la feuille au 1/200.000 In Afelahlah.

**Annexe 4** : Cartographie SIG de la feuille au 1/200.000 Edembo.

**Annexe 5** : Cartographie SIG de la feuille au 1/200.000 Emi Lulu.