



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE.
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU.**



FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS.

**Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master en sciences de la
Terre et de l'Univers.**

Option: Ressources Minérales et Environnement.

Thème :
**SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE
APPLIQUE A LA GEOLOGIE ET AUX
MINERALISATIONS DE LA FEUILLE AU 1/500.000 DE
TAZROUK (HOGGAR).**

Encadré par :
M. ZEGHOUANE.H

Réalisé par :
HAMMAS Izzeddine

Soutenu le : 11/12 /2016 Devant le jury composé de :

Dr. BENNABI .M.S	Maitre de conférences (UMMTO)	Président
Mlle. YAHIAOUI .S	Maitre assistant (B) (UMMTO)	Examineur
Dr. ZAGHOUANE.H	Docteur (UMMTO)	Rapporteur

Promotion : 2015/2016

Remerciements

Louange à dieu, seigneur de l'univers qui ma doté de sa miséricorde jusqu'à la réalisation de se modeste travail.

Alors je me prosterne à mon dieu le tout puissant

*J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus vifs à mon encadreur monsieur **Hocine Zaghouane**.qui à bien voulu me diriger et me conseiller afin de mener ce labeur. J'apprécie sa bienveillante attention et les encouragements qu'il n'a pas cessé de me prodiguer*

*Je tiens à remercier les membres de jury qui ont accepté d'examiner et de juger mon travail Mr : **BENNABI.M.S.** Et Mlle **YAHIAOUI.S***

*Je tiens à remercier aussi mes chers professeurs de département **STU** du l'**UMMTO**, **Mr Sami**, **Mr Hamis**, **Mr Amrouche** .**Madame Izzeri** par qui j ai été entouré durent le cursus pour leur bienveillance, leur encadrement et leur dévouement, je tiens exprimer ma grande gratitude*

*Je remercie également toute l'équipe pédagogique des Sciences de la terre de l'**UMMTO***

*je tiens a remercie aussi mes chers amis ;**Mahmoudi Ali** .**Khabou Blaid**,**Saidani Tahar**,**Laamari Idir** ,**Abdi Madjid** ,**Amour Sofiane** ,**chachour Sofiane***

*Sans oublier de remercier l'aide précieuse de mes chers camarades étudiants promo **RME 2015/2016** qui vont se reconnaitre*

A tous et à toutes, je dirai : « T a n e m m e r t H o u l l a n e ».

Dédicace

Avec l'aide de dieu le tout miséricordieux le très miséricordieux, j'ai réalisé ce modeste travail à qui j'offre les fruits des études qui m'ont été inculquées par mes chers professeurs et surtout mon encadreur à qui je dois tout le labeur, donc je dédie ce mémoire à :

Ma gentille mère qui en complètement de sa moitié a toujours existé sans mes pensées mon cœur par les petits soins et conseil infinis qui m'ont soigné et ont éclairé le chemin que j'ai parcouru jusqu'à ce jour

Mon père qui fut depuis toujours le guide de souveraineté, de l'éducation et l'affection paternelle dans laquelle j'ai baigné dans toute sécurité

A mes frères, Nacer, Hakim, Djamel et Aziz

A mes nièces adorables, Kenza, Katia, Djouhar et Samira

A ma belle-sœur adorable Yamina

Citation

Malgré toutes les déceptions et obstacles de la vie, rester toujours debout et le simple fait d'être juste, preuve de la force et le courage qui sont la clé pour tenir tête et s'en sortir indemne

Sommaire

Titre	Page
Introduction générale	
Chapitre I : Généralités	
I-But et objectif du travail	01
II-Situation géographique	01
III-Climat	02
IV-Historique des travaux	03
V-Méthodologie du travail	03
Chapitre II : Géologie du Hoggar	
I-Introduction	05
II-Subdivisions structurales du Hoggar	05
II1. La première subdivision.....	05
II2. La seconde subdivision.....	05
II3. La troisième subdivision.....	06
III-Notion de terranes	08
III-1- LES TERRANES OCCIDENTAUX	08
III-1-1 Les terranes de Kidal - Tirek (Ki-Tr).....	08
III-1-2 Le terrane de Tassendjanet.....	09
III-1-3 Le terrane de Tassendjanet.....	09
III-1-4 Terranes Iforas – In Ouzzal UGO / UGI.....	09
III-1-5 Le terrane d’Ahnet.....	10
III-1-6 Les terranes Tin Zaouatene – In Tedeini.....	10
III-1-7 Terrane d’Iskel.....	10
III-2 - LES TERRANES CENTRAUX	11
III-2-1 La LATEA	11
III-2-2 Le terrane de Serouenout.....	12
III-2-3 Les Terranes Assodé – Issalane.....	12

III-3– LES TERRANES ORIENTAUX.....	13
III-3-1 Le terrane Barghot.....	13
Le bloc Tafassasset-Djanet.....	14
III-3-2 Le terrane d’Aouzegueur (domaine occidental)	14
III-3-3 Les terranes Edembo-djanet.....	14
Chapitre III- Géologie du secteur d’étude	
I-Introduction.....	15
II-Litho-stratigraphie	15
1 - SERIES DE COUVERTURE POST-PANAFRICAINES.....	15
1-1-Le Quaternaire.....	15
1-1-1 Dépôts éoliens.....	15
1-1-2 Dépôts alluvionnaires.....	15
1-1-3 Dépôts de pénéplanation	15
1-2 Le Cénozoïque-Quaternaire.....	16
1-3 Le Paléozoïque	16
1-3-1-Le Cambro-ordovicien.....	16
1-3-2 SERIES INTERMEDIAIRES (MOLASSES PANAFRICAINES)	17
2- Hoggar central.....	18
2-1 Eo-Cambrien.....	18
3-Hoggar oriental.....	18
a - Série molassique supérieure ; Série Arokam : Ak.....	19
b – Série molassique inférieure ; Série de Tiririne Tr.	19
c– Socle précambrien.....	20
3-1- Eburnéen (Paleoproterozoïque)	21
3-1-1. Ensemble paragneissique supérieur (PP1-2b)	21
3-2-2. Ensemble orthogneissique inférieur (PP1-2a)	21
II – Magmatisme.....	23

A- Le magmatisme dans le Hoggar central et môle Issalane.....	23
1A – Les granites de type « Taourirt » :G₄.....	23
B – Les granites dits « Post-tiriniens » G _{pt}	23
2- Les complexes tardi à post-tectoniques G ₃	24
3 - Les granites syn à tardi tectoniques G ₂	24
4- Les granitoïdes prés à syn-tectoniques G ₁	24
B - Le magmatisme dans le Hoggar oriental.....	25
1 - Les granites tardi à post-tectoniques de type Touffok G _{3tu}	25
2 - Complexe pré à syn –tectoniques (G _{2ar}).....	26
III – Tectonique et Metamorphisme	26
1-Les déformations antépanafricaines (éburnéennes)	27
2. Les tectoniques panafricaines.....	27
2.2. La tectonique cassante d'âge panafricain.....	28
3-Les accidents SE-NW et SW-NE.....	29
IV-Minéralisation.....	30
1-selon la nature de la minéralisation.....	30
1-1 les éléments aurifères.....	30
1-2 les métaux rares	30
2-selon l importance de la minéralisation.....	31
2-1 Gisement.....	31
2-2 Indice	31
2-3- Point de minéralisation.....	31
2-4 Anomalie géochimique.....	31
2-5 Anomalie minéralogique.....	31
Chapitre IV : Généralité sur SIG	
I-Introduction	32
II-Définition de SIG.....	32
III- Composants du SIG.....	34
III-1 Les logiciels.....	34
III-2 Les données.....	34

III-2-1- Données attributaires	35
III-2-2- Les objets géographiques.....	35
III-2-3- Les métadonnées.....	36
IV-Fonctionnement d'un SIG.....	37
IV-1-couche.....	37
IV-2-Référence géographique.....	37
V-Mode de représentation de l'information géographique dans un SIG...37	
V-1 Le mode RASTER.....	37
V-2-Le mode VECTEUR.....	38
V-3 Comparaison entre les modes vecteurs et rasters.....	39
VI-Structure de l'information géographique dans un SIG.....	40
VII-Que peut-on faire avec un SIG.....	41
VIII-Les domaines d'application.....	42
 Chapitre V : Elaboration du SIG Tazrouk	
I- le SIG sous ArcGIS.....	43
II- Présentation du logiciel ArcGIS 10.....	43
II-1ArcCatalog	43
II-2ArcMap	44
II-3ArcToolbox.....	44
III-application à la géologie et la minéralisation.....	45
III-1 Géoréférencement.....	45
III-1-2 les étapes de Géoréférencement d'une carte a l'aide d' ArcGIS.....	45
a)Démarrer ArcCatalog.....	45
b) Se connecter à un dossier.....	46
c) Choix du système de coordonnées dans ArcCatalog.....	46
e) Importation de la carte à caller d' ArcCatalog vers ArcMap.....	46
f) Ajouter les points de contrôle	47
III-2 la vectorisation.....	47
III-3-1 les étapes de la vectorisation d'une carte à l'aide d' ArcGIS	48
IV- l'information surfacique (la lithologie).....	49
IV-1 Quaternaire.....	49
IV-2-Magmatisme.....	50
V- l'information linéaire (tectonique).....	51

VI- L'information ponctuelle (minéralisation).....	52
Conclusion générale	59

Résumé

La région du Hoggar se présente par un socle panafricain composé de formations métamorphique, magmatique et une tectonique très complexe

La région de la feuille 1/500.000 de tazrouk dispose de nombre de données géologique et minéralisation a fait l'objet dans cette étude un système d'information géographique complet

Les SIG actuellement des outilles technologiques nouveaux indispensables pour les domaines de la science de la terre, le SIG utilisé pour nous aider à localiser l'information géologique, dans ce travail nous voulu réalisé un SIG géologique et minéralisation de la feuille 1/500.000 de tazrouk.

Cette feuille dispose on occurrence d'un grand nombre de données géologiques, tectonique, stratigraphie et minières .en se basant sur ces différentes données nous avons réalisé un SIG complet pour cette feuille

-Le SIG il contient dix-sept (17) couches qui représentent la lithologie de la feuille 1/500.000 de tazrouk

-Il contient vingt-six (26) couches caractérisant les formations magmatiques

-Il contient aussi cinq (5) couches caractérisant la tectonique

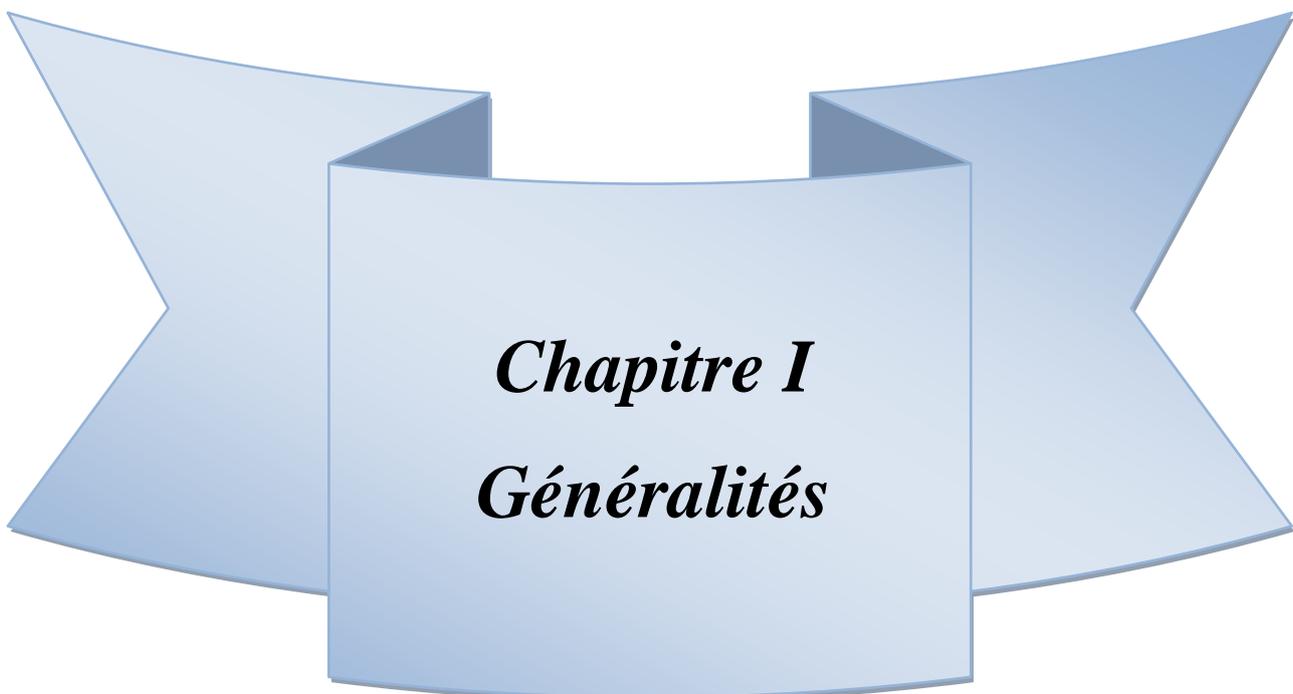
-Enfin sept(7) couches qui caractérisent les minéralisations, elles sont réparties comme suit :

-Selon l'importance de la minéralisation

-Selon la nature de la minéralisation

-la carte SIG est une carte interactive sur laquelle peut être réalisé des mises a jour facile, un bon affichage et peut faire l'objet d'un traitement automatique, se qui permet d'une meilleur analyse de l'information géologique

Mots clés : Hoggar, feuille 1/500.000 Tazrouk, système d'information géographique, SIG, information géologique et minéralisation, Argis, cartographie



Chapitre I
Généralités

Introduction générale

Il y a peu de temps encore le Hoggar désert au cœur de désert comptait parmi les points les plus inaccessibles du globe, aujourd'hui cet isolement est rompu grâce à une route asphaltée nord-sud permettant des communications rapides et sûres

Le Hoggar, fait partie du bouclier Targui formé durant l'orogénèse panafricain (750-525Ma) s'étend au Sud dans l'Adrar des Iforas (Mali) et au Nord dans l'Air (Niger). Il est caractérisé par un large développement de formations paléo-protérozoïques et néo-protérozoïques, recouverte en discordance par des séries molassiques et de dépôt phanérozoïque

Le Hoggar est limité à l'ouest par le craton ouest africain et par une ligne de suture qui va de Bou Azzer (Maroc) et se prolonge au sud jusqu'au Mali passant par le désert de Tanezrouft pour se terminer dans le golf de Guinée.

Le Hoggar est caractérisé par la présence de plusieurs gisements et indices aurifères (or et argent), de métaux rares (niobium, tantale, lithium, rubidium etc.) et autre (plomb, cuivre, zinc), ces minéralisations font l'objet de plusieurs études géologiques et géologiques

Le but de et l'objectif de notre présente étude est d'appliquer le logiciel ArcGIS en vu d'établir un SIG caractérisant la géologie et la minéralisation de la feuille au 1/500.000 de Tazrouk

Cette étude comporte plusieurs chapitres qui sont les suivants :

-Le premier chapitre : comprend des généralités sur la région, l'objectif et le but de notre travail, la situation géographique et climatique avec des différentes méthodes utilisées

-le deuxième chapitre : est réservé à la géologie du Hoggar décrivant les différentes subdivisions du Hoggar

-Dans le troisième chapitre : description de la géologie du secteur d'étude .la description portera sur la lithologique, tectonique, magmatisme et minéralisation

- Le quatrième chapitre : présentation des généralités sur le système d'information géographique (SIG)

-le cinquième chapitre : portera sur l'application du logiciel ArcGIS pour élaborer un système d'information géographique sur la géologie et la géologie de la feuille 1/500.000 de Tazrouk

I-but et objectif de travail.

Le but de notre travail est d'effectuer une compilation des données existante sur la minéralisation, la géologie du Hoggar de la feuille de 1/500.000 Tazrouk et d'arriver à une meilleur connaissance de la distribution de la minéralisation et de faire une mise à jour pour la géologie .De ce fait la conception et la réalisation d'un système d'information géographique (SIG) en intégrant ces informations peuvent répondre aux besoins des gestionnaires dans le domaines minière et faciliter la tâche aux étudiants et aux chercheurs en générale d'exploiter ces données qui seront stockées dans un environnement permettant une représentation spatiale en mode vectoriel

L'intégration de ces données dans un système d'information géographique (SIG) devient de plus en plus une nécessité, en raison de sa capacité de stockage et la possibilité, de traitement et d'extraction d'informations utiles.

Le système d'information géographique résultant de ce travail nécessite les informations sur l'ensemble de territoire, il permet aussi de rendre compte de la répartition dans le temps et dans l'espace de ces minéralisations, et la géologie.

L'objectif de notre travail : est d'élaborer une synthèse géologique, géologique et compilation de toutes les données disponibles.

Edification d'un SIG géologique et minéralisation à partir des d'anciennes données plus particulièrement « carte géologique du Hoggar ; la feuille 1/500.000 de Tazrouk » et «répertoire des gites métallifères du Hoggar »

II situation géographique

Le massif du Hoggar affleure sur environ 500.000km² dans l'extrême Sud de l'Algérie. Sa capitale administrative et économique Tamanrasset. Elle se situe a 200 km au sud d'Alger, ses coordonnées géographiques sont les suivantes ; longitude 5°27', latitude 22°41'

Tazrouk est un village qui se trouve dans le Tazoulet, région naturelle d'altitude élevée (1850m), à 150km de la ville de Tamanrasset et à 20km au Sud-ouest du village Idles et a 2300 km au sud d'Alger

La région d'étude correspond à la feuille au 1/500.000 de Tazrouk ses coordonnées géographiques sont : longitude 6°-9° Est, latitude 22°-24° Nord. Elle couvre une superficie approximative de 60 000 Km². (Figure 1)

Tazrouk fut jadis, un lieu de campement des pasteurs nomades et un centre de commandement l'Aménokal Hadj Ahmed El Bekri.

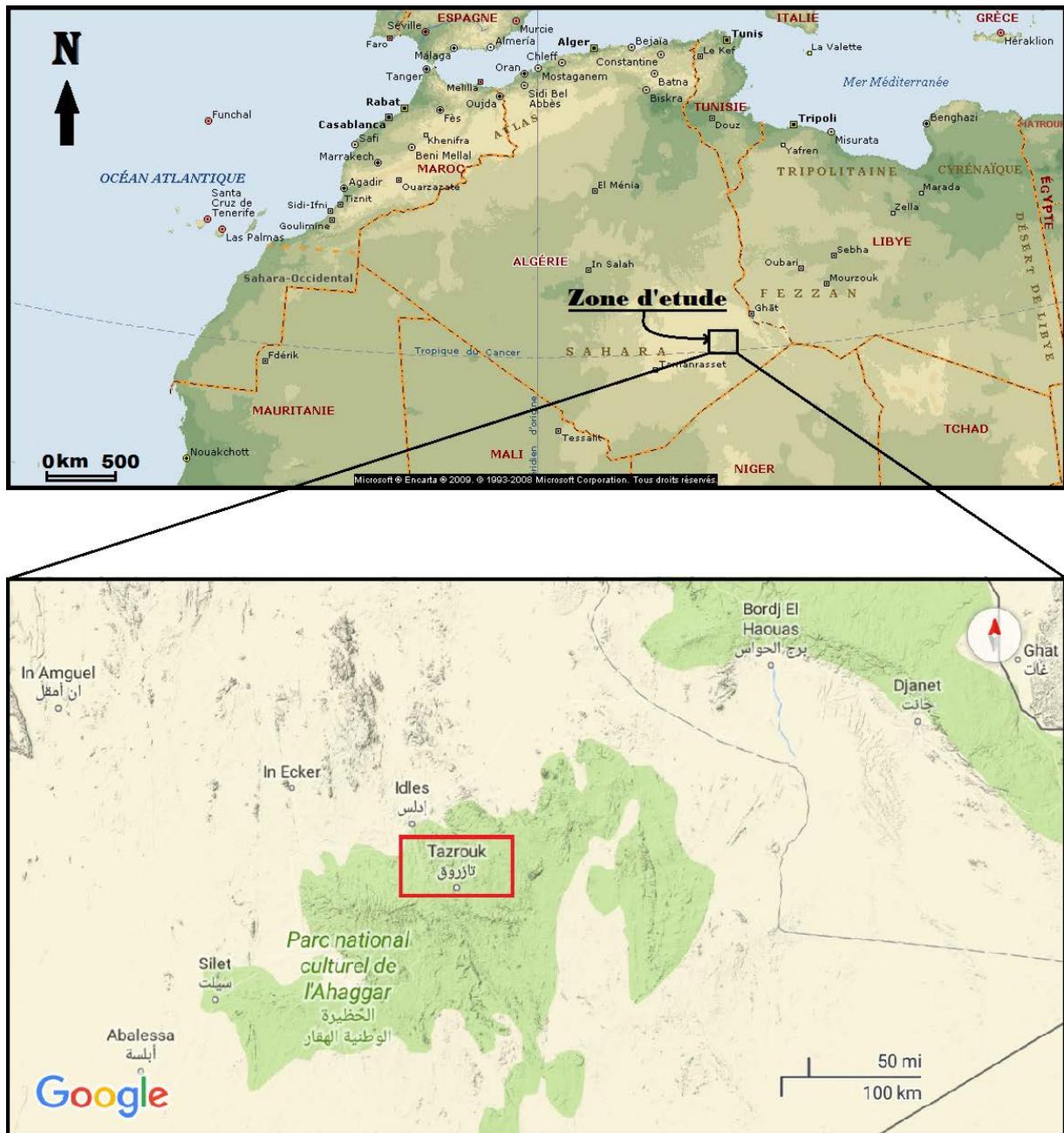


Figure 1 : situation géographique de la région d'étude

III- Climat

L'Ahaggar est très connu par son climat aride et sec avec des fluctuations saisonnières de température, un été relativement chaud avec des températures allant jusqu'à 35°-40° C

(parfois 50° à l'Est) et un hiver moyennement tempéré 20°-25°C le jour et peuvent descendre la nuit jusqu'à 0°C période de novembre et février.

IV-Historique des travaux

Le Hoggar a toujours attiré l'attention des chercheurs et autres explorateurs depuis le XX^{ème} siècle les géologues lui accordent un intérêt particulier.

-1920 et 1930 Deux complexes métamorphiques ont été définis le Suggariens et le Pharusien (C.Killian, 1932)

-1952 Lelubre généralisa la subdivision du bouclier de Targui en horst Suggariens et grabens Pharusien

-1953 Le BRMA établit une carte photo géologique à l'échelle 1/200.000 du Hoggar

-1961 Edition d'une deuxième carte géologique du Hoggar d'échelle 1/500.000 (C.Reboul, 1962)

L'étude géologique moderne du Hoggar est débutée par les travaux réalisés après l'indépendance de l'Algérie. Après la nationalisation des mines 1966, la SONAREM a été chargée de continuer les études et les travaux géologiques sur le Hoggar.

En 1974-1978 Bernard et Caby ont établi une nouvelle subdivision du Hoggar en 03 domaines lithologiquement différents

D'autres auteurs (Black et al.1994) ont proposé une nouvelle interprétation du Hoggar basée sur la notion des terranes. Ces terranes sont séparés par des zones de cisaillement subverticales dites Mega-Shear zones (Black et Al 1978, Liégeons et al .2001). Ces derniers ont joué un rôle important dans la structuration du Hoggar et dans le contrôle de la mise en place des roches magmatiques et des minéralisations associées telque ;Au,Sn,W,Nb,Ta,Be (Aissa et al 2002) .

Suivant cette logique de terranes, Latouche et al (2000) et Liégeons et al (2000) introduisent la notion de microcontinent pour quatre terrains du Hoggar central .Laouni, Azrou-n-Fad, TEfedest et Egéré-Aleksod.

V-Méthodologie du travail

La réalisation d'une carte géologique et géologique sous forme d'une base de données vectorielles nécessite l'utilisation d'un logiciel et SIG. Ce travail a commencé par une

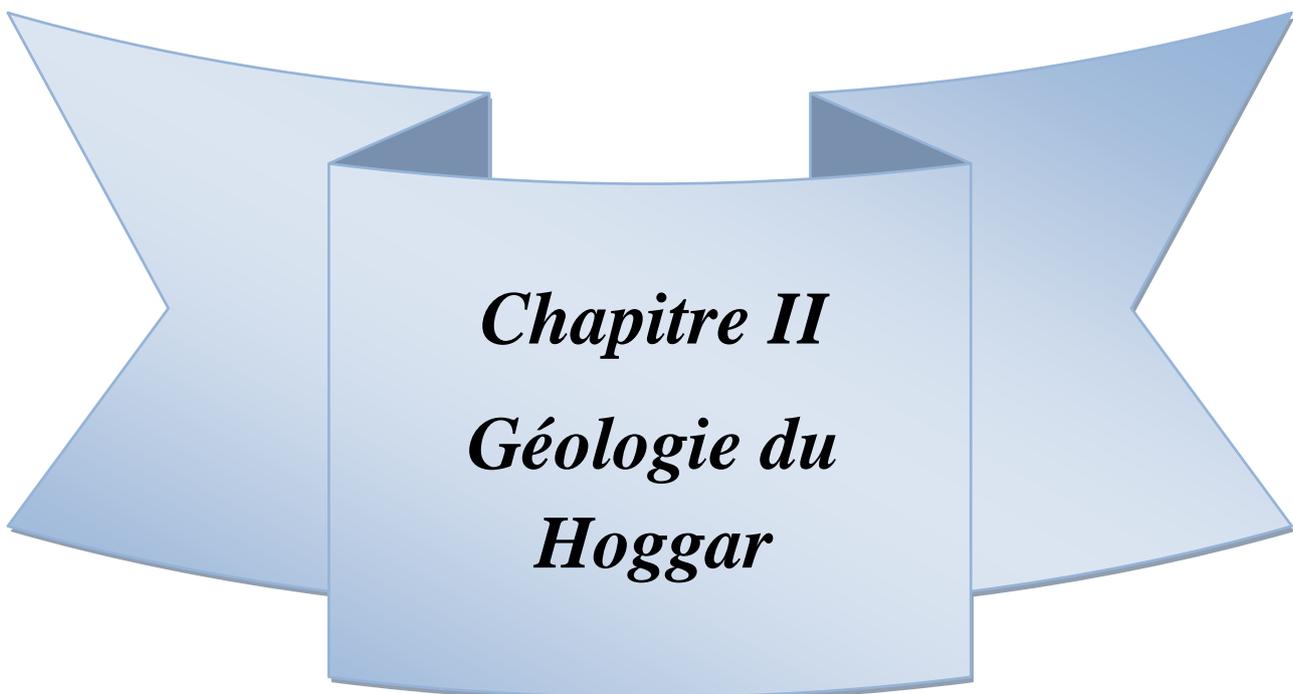
synthèse bibliographique dans la région, concernant la géologie, les documents utilisés proviennent :

- Des thèses de doctorat et masters
- Des mémoires d'ingénierats
- Des archives de l'ORGM
- Des articles dans les revues nationales et internationales

Pour l'édification d'un SIG géologique et géologique on a édité les documents de base de données et la collecte des données géologique et géologiques

Pour la minéralisation on a consulté les annexes des cartes inventaires des gites métallifères du Hoggar au 1/5000.000e dans le répertoire des gites et indices métallifères du Hoggar établie par l'ORGM

Un fichier Excel a été construit, il représente notre travail de base.



Chapitre II
Géologie du
Hoggar

I-Introduction

Le Massif du Hoggar affleure sur environ 500 000km² dans l'extrême sud de l'Algérie et se prolonge par l'Adrar des Iforas au Mali et par le Massif de l'Air au Niger : ces trois massifs constituent le Bouclier Targui. Sa capitale administrative et économique Tamanrasset, se situe à 2000 km au sud d'Alger. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes: longitude 5°27', Latitude 22°41'

Le bouclier touareg, caractérisé par le développement spectaculaire d'importants accidents mylonitiques majeurs et composé de terrains d'âge allant de l'Archéen au Néo protérozoïque, est subdivisé selon le principe d'assemblage des terranes en 23 terranes (Black et al 1994) rassemblés au cours de l'orogénèse panafricaine (750-520 Ma).

II-Subdivisions structurales du Hoggar.

La structure du Hoggar est caractérisée par la manifestation de grands cisaillements subméridiens d'ordre lithosphérique (4°50' et 8°30') et de décrochements majeurs dextres NNE et senestres NNO qui lui confèrent une structure morcelée dont l'interprétation a évolué précieusement en fonction du temps. Trois grandes subdivisions structurales ont été proposées.

III. La première subdivision

(M Lelubre, 1952): Dans ses travaux pionniers, sur le Hoggar central et occidental, résumés dans sa synthèse monumentale, (M.Lelubre 1952) identifie deux cycles orogéniques séparés par une nette discordance majeure :

- Le cycle suggarien à la base comprenant deux ensembles gneissiques superposés polycycliques et fortement métamorphiques d'âge Paléo protérozoïque.
- Le cycle pharusien au sommet est constitué également de deux ensembles volcano-sédimentaires monocycliques et moins métamorphiques d'âge Néo-protérozoïque.

II2. La seconde subdivision (Bertrand et Caby 1978) :

Les nombreux travaux menés sur l'ensemble du bouclier touareg (1967-1978) ont permis d'établir une véritable subdivision litho-stratigraphique et structurale bien illustrée, toujours d'actualité. Le Hoggar est alors subdivisé en trois grands domaines structuraux séparés par l'accident majeur 4°50' et 8°30' (Figure 2).

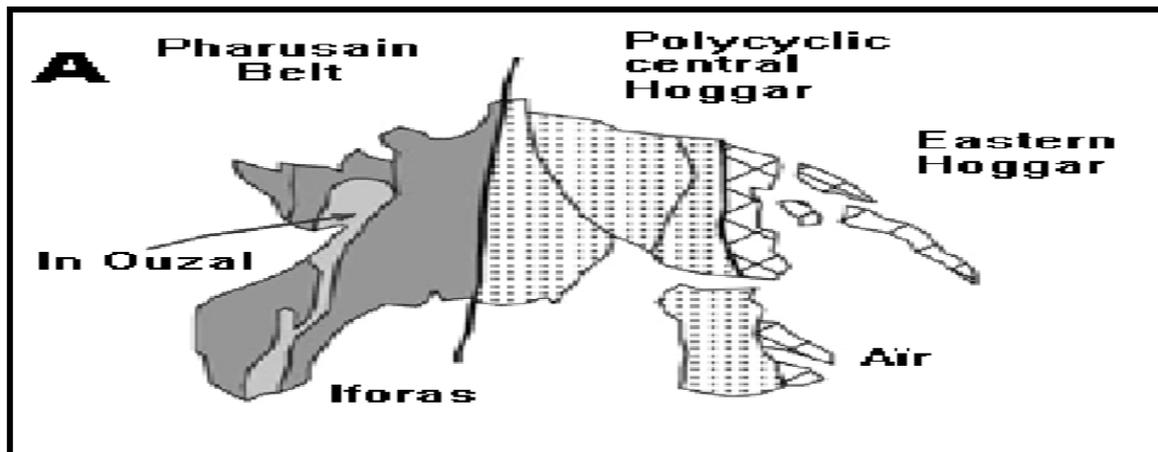


Figure 2 : Subdivision structurale du bouclier Touareg (Bertrand et caby 1978)

- Le Hoggar occidental est constitué de deux branches pharusiennes (néo-protérozoïques); séparés par le môle granitique d'In Ouzal d'âge Archéen longeant l'accident 2°30 (faille de l'Adrar).

- Le Hoggar central polycyclique, à dominance de terrains paléo-protérozoïques, est séparé à l'est du môle Issalane par l'accident 7°30 d'âge proche.

- Le Hoggar oriental, situé à l'est du 8°30, est à dominance de formations pluton-volcaniques d'âge Néo-protérozoïque constituant une partie du craton Est saharien.

II3. La troisième subdivision (Black et al 1994):

Cette subdivision basée sur le concept d'assemblage des terranes a été testée avec succès en Air puis extrapolée à tout le bouclier touareg.

Les terranes sont des blocs tectoniques majeurs ayant des caractéristiques litho stratigraphiques, structuro-métamorphiques et magmatiques caractérisant des micros plaques tectoniques qui donneraient naissance par leur assemblage à une chaîne orogénique (figure 3)

➤ Le test modèle

L'idée du modèle a germé en Air. Les études menées dans cette région (Black et al 1967, Boulier 1991, Liégeois 1993, Black et al 1994...etc.) ont permis de mettre en évidence trois grands blocs de différente lithologie et structure. Cette subdivision a été intégrée dans un modèle géodynamique précis baptisé principe d'assemblage des terranes (Liégeois et al 1994). Ces trois blocs constitueraient selon ce modèle trois terranes qui donneraient naissance par leur assemblage au Panafricain, à la chaîne panafricaine de l'Air

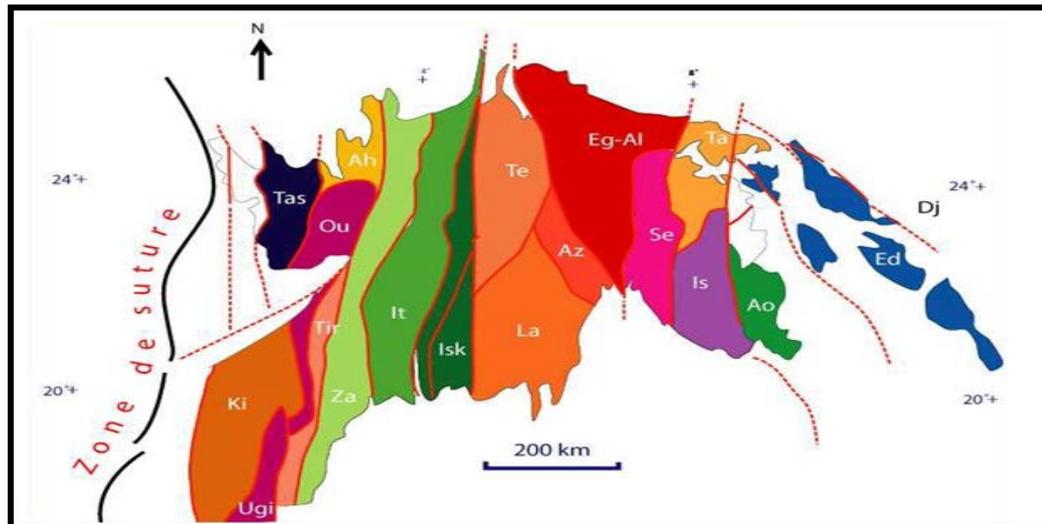


Figure 3 : Subdivision structurale du bouclier Touareg ((Black et al 1994

➤ Extension

Le modèle a été ensuite appliqué à tout le bouclier touareg en tenant compte des nombreux travaux antérieurs effectués sur la région: Boulier et al 1991, Liégeois et al 1994 (Aouzegueur, Assodé et Bargot, Air), Caby et al 1987 (Djanet, Edembo et Aouzegueur Au Hoggar oriental, (Sauter 1985, Latouche et Vidal 1974, Bertrand et al 1986, Cottin et al 1990 (Tefedest, Tazat et Laouni, Hoggar central) (Caby et al 1982 et autres, Iskel, Ahnet, Tassendjanet et In Ouzzal (Hoggar occidentale), Caby et 1989, Liégeois 1987 (Kidal, Tilemsi et Timetrine , Adrar des Iforas...etc.). 23 terranes ont été identifiés .

➤ Application:

Ce concept semble répondre aux problèmes posés dans diverses régions du bouclier touareg. Black et al (1994) interprètent ce dernier comme étant un assemblage de blocs préalablement fragmentés puis assemblés de nouveau durant l'orogénèse panafricaine en deux phases successives distinctes; la collision du bouclier Touareg a eu lieu tout d'abord à l'Est avec le craton Est Saharien (aux environ de 700 Ma) puis à l'Ouest avec le craton Ouest Africain (600 Ma).

Stade tardif est marqué par une fracturation NS caractérisée par d'importantes méga shear zones communes à tout le bouclier Touareg.

➤ Notion de méta cratons

Suite aux travaux récents menés sur le Hoggar central, la notion de métacraton fut introduite (Abdessalam et al 2002 et Liégeois et al 2003). Le métacraton LATEA, formé de quatre terranes ; Laouni, Azrou n'fad, Tefedest et Egéré-Aleksod, est défini comme étant un

ensemble de terranes paléoprotérozoïques du Hoggar central affectés par l'orogénèse panafricaine mais qui sont restés reconnaissables. Ce méta craton est partiellement déstabilisé et faillé durant le Néoprotérozoïque supérieur suite à l'orogénèse panafricaine.

III-Notion de terranes

III-1- LES TERRANES OCCIDENTAUX

Ces terranes correspondent au Hoggar occidental limité à l'est par l'accident mylonitique majeur 4°50. Ils forment la chaîne «pharusienne» interprétée comme étant un cycle complet de Wilson (Black et al 1979, Caby et al 1981).

Cette portion de la chaîne panafricaine est constituée de deux branches; occidentale et orientale, séparées par les unités granulitiques Iforas - In Ouzal d'âge Archéen.

➤ La branche occidentale

Elle est située entre la zone d'accrétion de Tilemsi et l'accident majeur 2°30 (faille de l'Adrar) et comprend les terranes In Ouzal - Iforas (IOGU - IGU) Kidal - Tirek (Ki - Tr), Tassendjanet (Tas) et Ahnet (Ah).

III-1-1 Les terranes de Kidal - Tirek (Ki-Tr)

Sont situés en grande partie en Adrar des Iforas. Ils sont formés essentiellement d'assemblages gneissiques hautement métamorphiques (assemblage «kidalien », Boulier et al 1978) formant, au nord de l'Adrar des Iforas, le socle de Tissandjanine (Caby 1973) et d'une séquence supracrustale à quartzite et marbre d'âge Paléoprotérozoïque, profondément réactivé au Panafricain. Ils sont recouvert successivement en discordance par deux formations de type plate-forme; une formation de base à quartzite alumineux associée à des ortho-gneiss alcalins datés à 1837 Ma (Caby et al 1983) comparable à la série d'Ahnet et une formation supérieure à quartzite, schistes et marbre datée à 793 Ma (Clauer 1976) plus ou moins comparable à la série à stromatolithes de Tassendjanet.

Les deux formations sont recoupées par des granites et tonalites déformées datées à 696 Ma (Caby et al 1985) et surmontées en discordance par des séries volcano-clastiques à caractère orogénique contenant des grauwacke, tillite et volcanisme andésitique de type série verte (Groupe Taféliant, formations d'Oumassene... etc.). Elles sont recoupées par des batholites calco-alcalins hautement potassiques datés à 634-570 Ma (liégeois et al 1987) et des complexes annulaires datés 540 Ma.

III-1-2 Le terrane de Tassendjanet

Occupe la partie NW du Hoggar occidental et comprend un socle formé d'une série gneissique (série de Tassendjanet) intubée par le granite de Tassendjanet daté à 2090 Ma (Allègre et Caby 1972) et d'une couverture composée de:

- Un ensemble méta-sédimentaire de type plate-forme représenté par la série des quartzites alumineux de type Ahnet datée à 1755 (Caby et al 1983) surmontée par la série des dolomies et calcaires à stromatolithes avec d'importants corps basiques et ultrabasiques datés à 1145 Ma

- Un ensemble orogénique à dominance volcanoclastique à faciès de schistes verts (série verte; R.Caby, 1970) intubé par le complexe plutonique d'Ougda daté à 676 Ma (Caby et Monié 2003).

Les molasses panafricaines à large extension recouvrent l'ensemble des formations précitées.

III-1-3 Terranes Iforas – In Ouzzal UGO / UGI:

Ils sont formés de deux unités structurales à bordures mylonitiques épaisses représentant une importante nappe de socle (Boullier 1979 et 1981) à structure et métamorphisme polyphasés et complexes (Ouzegane 1987, Haddoum 1992, Bertrand et al 1992, Peucat et al 1996).

Leur lithologie est caractérisée par une série supracrustale à métasédiments, interprétée comme des vestiges d'une ceinture de roches vertes archéennes déposée sur un socle à gneiss et granitogneiss anciens d'affinité TTG (Haddoum et al 1994), associées à des lèptinites et gneiss syénitiques datée à 2700-3300 Ma (Ferrara et Gravelle 1966, Caby et al 1972, Lancelot et al 1976),

Ces roches sont recoupées par des intrusions charnockitiques tardi-cinématiques datées à 2000-2100 Ma (Lancelot et al 1976, Ben Othman et al 1984, Haddoum et al 1994, Peucat et al 1996). Elles sont mises en place peu avant le métamorphisme granulitique et l'emplacement des corps de carbonatites datés 1900-2000 Ma (Bernard-Griffiths et al 1988, Ouzegane et al 1988, Semiani 1995).

L'empreinte de la tectonique panafricaine souvent négligeable (Maluski et al, 1990) est marquée par un ensemble d'intrusions granitiques calcoalcalines panafricaines (Liégeois et al 1987, Fezaa 2001).

III-1-4 Le terrane d'Ahnet

Est situé au nord du terrane In Ouzzal. Il est caractérisé par la prédominance de formations de type plate-forme (série des quartzites d'Ahnet) intercalées de rhyolites datées à 1755 Ma (Caby et al 1983) et recouvertes par les formations de la série à stromatolites. Cette dernière est constituée de calcaires et dolomies à stromatolites (Caby 1970, Moussine-Pouchkine 1988) corrélées avec le groupe Attar (bassin de Taoudeni, Craton ouest africain; Bertrand-Sarfati 1972) et déposées entre 998 et 695 Ma (Clauer et al 1982).

Des sills prétectoniques mis en place dans cette série sont datés à 793 Ma (Clauer 1976).

- **La branche orientale:**

Elle est située entre la faille de l'Adrar (2°30) et l'accident 4°50 qui sont jalonnés par de puissantes bandes de mylonites subverticales. Cette branche correspond aux terranes de Tin Zaouatene - In Tedeini (Za-It) et Iskel (Isk).

III-1-5 Les terranes Tin Zaouatene – In Tedeini:

C'est un domaine caractérisé par des formations paléoprotérozoïque (série de type Tékouyate) polyphasées à abondance de gneiss, migmatites, métasédiments et de granites d'anatexie panafricains trouvant une large extension dans le terrane de Tin Zaouatene. Elles sont surmontées en discordance par des reliques de formations orogéniques volcano-détritiques d'âge panafricain à faciès des schistes verts associées à un plutonisme calco-alcalin panafricain (650 – 550 Ma) relativement abondantes dans le terrane d'In Tedeini.

III-1-6 Terrane d'Iskel:

Deux ensembles volcano-sédimentaires d'âge Néoprotérozoïque, séparés par une discordance majeure, sont distingués (Bertrand et al 1966) ;

- Un ensemble inférieur (série de Timeslarsine), à dépôts de plate-forme et de volcanites basiques à ultrabasiques interprétées comme étant de potentielles ophiolites (Abed 1983) préluant un stade de rifting au Néoprotérozoïque I, métamorphisé et plissé avant la mise en place des batholites calco-alcalins datés à 868-839 Ma (Caby et al 1982) caractérisant selon Caby (2003)) l'arc magmatique d'Iskel.

- Un ensemble supérieur grésopélitique à la base (formation d'Amded) et volcanique au sommet (série d'Ighellouchem) est interprété comme des dépôts de marge active (Dupont 1986) datés à 680 Ma (Liégeois in Dupont et al 1987).

Le métamorphisme anchi à épizonal est recoupé par deux familles de plutonites: le granitoïde pré cinématiques de type Aouilène datés à 630 Ma (Bertrand et al 1986 a) et les granites tardi tectoniques de type Immezzarène datés à 580 Ma (Bertrand et al 1982).

Les granites anorogéniques de type Taourirt, mis en place pendant la phase de décompression sont datés entre 570 à 520 Ma (Cahen et Snelling 1984, Cheilleitz 1993, Caby et al 2003, Azzouni-Sekkal et al 2003) marquent la fin de l'orogénèse panafricaine.

III-2 – Les terranes centraux

Ils correspondent au Hoggar central polycyclique et môle Issalane, limités par les deux accidents mylonitiques 4°50 et 8°30. Ils englobent les terranes formant le métacrâton LATEA (Laouni, Azroun'fad, Tefedest, Egéré et Aleksod) et les terranes de Serouenout, Tazzat, Issalane et Assodé.

III-2-1 La LATEA :

Cet ensemble de terranes est caractérisé par l'abondance des granitoïdes d'anatexie panafricains associés aux formations gneissiques polystructurées du socle paléoprotérozoïque, à faciès amphibolite et granulite souvent frais (Belhai et Ouzegane 2000 et Ouzegane et al 2001) et plus ou moins abondants datés à 2000 Ma (Peucat, 2003). Ce socle contient des reliques d'âge Archéen (Gour Oumellalen, Latouche 1978) et des bassins panafricains restreints formés d'assemblages volcano-sédimentaires à faciès des schistes verts

Deux grands ensembles métamorphiques d'âge paléoprotérozoïque, plus ou moins distincts et séparés par une discordance tectonique sont reconnus (Bertrand, 1974)

Ensemble gneissique inférieur est à dominance d'orthogneiss de lèptinites et de gneiss quartzo-feldspathiques associés à de rares méta-sédiments métamorphisés dans le faciès amphibolite à granulite (série Arechchoum).

- Ensemble gneissique supérieur, formé essentiellement de paragneiss et méta-sédiments (quartzites, marbres et amphibolites) est à faciès amphibolite (série Aleksod ou Egéré).

- **Trois familles de granites intrudent ces deux ensembles:**

- Les granites anatextiques pré à syn-tectonique de type "Anfeg" (615 Ma).
- Les plutonites tardi-tectoniques de type Tiferkit (580 Ma).
- Les granites post-tectoniques de types Taourirt (520 Ma)

Les formations néo-protérozoïques sont peu développées, elles constituent des bassins restreints et isolés (Aghefsa, Témassint ...etc.) et forment deux ensembles volcano-sédimentaires séparés par une discordance interprétés comme des dépôts de marge active (Briedj 1994).

- L'ensemble inférieur, à dominance de micaschistes et marbre avec des niveaux d'amphibolites, repose en discordance angulaire et structurale sur toutes les formations du socle paléoprotérozoïque (séries In lefsaouene, Amadit).

- L'ensemble supérieur, à dominance terrigène à la base (série de Tit nAfara, Imededghene) et volcanique au sommet (série Assendjef, Tinouig), repose en discordance sur le premier ensemble

Les dépôts détritiques de type molassiques, formant de nombreux lambeaux isolés, recouvrent l'ensemble des terrains précambriens.

III-2-2 Le terrane de Serouenout:

Cette unité chevauchée au nord sur le terrane Egéré-Aleksod est constituée essentiellement d'un assemblage de gneiss divers et orthogneiss à faciès amphibolite profond associé à des schistes alumineux et métasédiments polystructuré d'âge inconnu. Au sud, ce terrane renferme des reliques de roches ultrabasiques (Imzaden) suspectées comme étant de potentielles ophiolites.

III-2-3 Les Terranes Assodé – Issalane:

situés entre deux accidents majeurs (7°30 et 8°30), sont caractérisés par des assemblages gneissiques à faciès amphibolite profond à dominance de gneiss, migmatites et d'anatexites, de large extension, associés à des séquences supracrustales à métasédiments d'âge inconnu et un socle d'âge probablement Archéen (terrane Issalane).

Deux familles de plutonites intrudent ces formations; les granites potassiques d'âge 670 Ma et les granites calco-alcalins High K datés à 645-580 Ma (Black et 1994).

➤ Raghane–8°30 shear zone (zone de suture Est):

Constitue un accident majeur d'ordre lithosphérique jalonné par d'épaisses bandes de mylonites et ultramylonites (Bertrand et al 1978). Une zone de subduction à plongement Ouest, caractérisée par des assemblages de roches basiques et ultrabasiques d'affinité tholeïtique, interprétées comme de potentielles ophiolites, sont bien exprimées en Air (Assemblage d'Agalen, Liégeois et al 1994; Boullier et al 1991) et le long de la bordure ouest

du terrane d'Aouzegueur (région de Timolétine, structure dite «en coin»; Fomine, Erem 1990 rapport inédit) , ce sont les roches métabasiques d'affinité tholéïtique d'Arirer (Caby et al 1987).

III-3– Les terranes orientaux:

L'évolution géodynamique de ce segment de la chaîne se résume en deux phases successives (Black et al 1994): La phase précoce (750-660 Ma): correspond à la mise en place d'une socle étroitement lié au fonctionnement d'une zone de subduction à plongement ouest suivie d'une forte collision ayant généré un métamorphisme HP, une anatexie crustale, des chevauchements régionaux et un plutonisme calco-alcalin moyennement à hautement potassique..

La phase tardive (650-580 Ma) est marquée par de grands déplacements horizontaux le long des méga shears zones et par la mise en place des batholites calco-alcalins hautement potassiques et le dépôt de formations molassiques de couverture.

Quatre terranes (Barghot, Aouzegueur, Edembo et Djanet) formant un bloc crâtonisé à 730 Ma (Caby et al 1987) ont été identifiés et rattachés au craton Est saharien (Liégeois et al 1994 et Liégeois al 2000)

III-3-1 Le terrane Barghot (Aïr):

Est un socle ancien caractérisé par deux assemblages gneissiques hautement métamorphiques; le groupe inférieur d'Azenguerene à structure complexe, à dominance de gneiss migmatitiques et d'amphibolite surmonté des formations supracrustales essentiellement méta sédimentaires mono à polycycliques (groupe de Tafourfouzet), intrudées par des batholites post cinématiques calco-alcalins de large extension (Boullier et al 1991, Liégeois et al 1991).

➤ Le bloc Tafassasset-Djanet :

C'est un segment du socle de la ceinture plissée pré-panafricaine de direction NO-SE, subdivisé en trois domaines séparés par des accidents mylonitiques verticaux et dont les relations stratigraphiques sont inconnues (Caby et al 1987).

III-3-2 Le terrane d'Aouzegueur (domaine occidental) :

Est représenté au Hoggar oriental par un socle à dominance de granites et de roches volcano-détritiques à marbre, pyroxénites à grenat et d'une formation flyschöide à schiste, grauwacke, tuf, andésite et diabase, intrudé par diverses familles de plutonites. En Aïr, des

formations similaires ont été réparties en trois unités lithologiques chevauchantes faiblement pentées vers l'ouest (Boullier et al 1991); l'unité orientale d'Eberjegui à dominance de roches plutoniques d'affinité TTG, intrudant un socle à orthogneiss d'âge pré panafricain suivie de l'unité ophiolitique d'Aouzegueur à écailles ultrabasiques qui se prolongent au Hoggar oriental (structure en coin de Timoletine , Black et al 1967 et Est Aghigher, Caby et al 1987) puis par l'unité supérieure d'Areï à dominance de roches grésopélitiques et méta sédimentaires

Ces trois unités sont recouvertes par des dépôts molassiques du proche Ténéré corrélés à la série de Tiririne .datés à 660 Ma.

III-3-3 Les terranes Edembo-djanet :

Juxtaposés à la faveur d'un grand cisaillement subvertical. Le terrane Edembo correspond à une ceinture de roches sombre déformées et mylonitiques formée d'un assemblage à micaschistes, métagrauwackes, de rares lentilles de marbres et d'importants corps concordants de méta basaltes, intrudé d'orthogneiss et sills rhyolitiques.d'âge inconnu. Le terrane de Djanet est caractérisé par des formations terrigènes à siltstones shales, conglomérats et métagrauwackes faiblement métamorphiques et peu déformées intrudés par plusieurs corps granitiques panafricains



Chapitre III
Géologie du
secteur
d'étude

I-Introduction

Notre région d'étude (Tazrouk) est à cheval sur deux compartiments du Hoggar ; le Hoggar central occupe la majeure partie de la feuille, le Hoggar oriental qui affleure dans la partie Est, selon la subdivision de Black et al (1994) la feuille comprend six(6) terranes de différentes lithologies et structurales qui sont : les terranes Azrou N'fad, Egére-Alksoud, Sérouanout, Temassint, Tiririne et Issalane

II-Litho-stratigraphie

1 - SERIES DE COUVERTURE POST-PANAFRICAINES

1-1 Le Quaternaire :

Les formations Quaternaires occupent une partie restreinte de la feuille, elles sont observées principalement à l'Est (Taffassasset, Erg Kilian) et au Sud Ouest (plateau de Tin-Siririne). Selon leur origine, on les a subdivisées en trois types de dépôts, Éoliens (ergs et dunes), alluvionnaires (terrasses anciennes et récentes) et de pénéplanation (regs et plateaux)

1-1-1 Dépôts éoliens :

Ce type de dépôts forme généralement des dunes isolées et des cordons de dunes (ergs) parfois de grande extension (erg Kilian). Ce sont des sables fins de composition globulaire quartzo-feldspathiques

1-1-2 Dépôts alluvionnaires :

Ils sont rencontrés le long des oueds (Tin Tarabin, Toufok, Taffassasset, etc) et forment les terrasses alluvionnaires anciennes et récentes. Ces dépôts sont de granulométrie très variées : blocs, graviers, sable graveleux, sable argileux et argiles. Les épaisseurs sont plus ou moins variables, généralement décimétriques.

1-1-3 Dépôts de pénéplanation :

Ce sont des dépôts les plus anciens dans la coupe du Quaternaire et remplissent les grandes dépressions tectoniques récentes. La lithologie est également variable : des blocs énormes constituent une bonne partie de la coupe.

L'épaisseur de ces dépôts est importante et peut atteindre plusieurs dizaines voir même centaines de mètres.

1-2 Le Cénozoïque-Quaternaire :

Ces formations constituent des massifs volcaniques importants isolés et alignés selon la direction ENE, ce sont du WSW à ENE :

Le massif de la Tahalgha (feuille Silet-Tamanrasset), l'Atakor-Manzaz (feuilles Tamanrasset-Assekrem-Tahifet, Serounet) et les massifs Anahef – Egere de l'Adrar n'Adjer.

Cet alignement appartient à un linéament dit Guinéo-Nubien qui traverse l'Afrique de l'Atlantique à la mer rouge et a joué en permanence depuis le Lias jusqu'à l'Oligocène (Guiraud et al 1985). L'emplacement de ces complexes volcaniques sont donc contrôlés par ce linéament d'après Girod (1971), Rognon (1983), Dautria et Lesquer (1985) et Dautria (1985-96).

Deux grandes phases d'émissions sont distinguées

➤ Première phase :

Emission basaltique de type Strombolien en coulées assez répandues exemple type Atakor

➤ Deuxième phase :

Moins intense, avec des laves plus ou moins différenciées de composition basique (basaltes et andésites) à alcalin (trachytes, phonolites) et parfois acide (Rhyolites) ce sont généralement des extrusions dont les vestiges actuelles sont représentées par des necks et des pitons.

Les formations (β) d'âge Cénozoïque-Quaternaire qui affleurent à l'Ouest de la feuille dans la région de Tazrouk sont constituées essentiellement par des coulées de basaltes et d'andésites d'âge Mio-Pliocène (Girod 1971, Dautria 1998) recoupés par des extrusions phonolitiques et trachytiques d'âge Plio-Quaternaire et d'extension très restreinte .

Ils forment des pitons et necks bien caractéristique dans le massif de l'Atakor, Tinahou, Tagnout, Neysan, In tezout, etc, ces extrusions percent également le socle gneissique et dessinent de beaux pitons à volcanisme basique d'origine mantellique de type anorogénique et en étroite relation avec les grandes failles profondes récentes d'orientation ENE et avec le bombement du Hoggar durant le cénozoïque

1-3 Le Paléozoïque :

1-3-1-Le Cambro-ordovicien :

Les dépôts Paléozoïques appelés également dépôts Tassiliens sont très développés à l'Est dans les régions de Tiririne et de Tadoumet et au Sud de Tahifet.

Ils forment un complexe terrigène transgressif sur l'ensemble des formations Protérozoïque

.La discordance de base est observée partout et marquée par des conglomérats à galets quartzeux subhorizontaux reposant parfois sur une croûte d'altération superficielle pouvant atteindre une épaisseur de 10 m.

Ce complexe est constitué en général par des formations terrigènes stratifiées appelées « Tassili interne »,

1-3-2 SERIES INTERMEDIAIRES (MOLASSES PANAFRICAINES)

Séries intermédiaires, séries pourprées, molasses Panafricaines ou Nigritiens (Karpoff 1960), sont autant de termes pour désigner cette ou cette série molassiques.

Ces formations rassemblent tous les terrains récents situés sous la discordance Tassilienne.

Leurs dispositions discordantes entre les séries orogéniques Panafricaines et les séries de plate forme Paléozoïque (Tassili) a conduit à leur appellation sous le terme « séries intermédiaires ».

Ces formations molassiques ont fait l'objet de plusieurs études, Boucart et Monod 1932, Follet 1948-1952, Lelubre 1952-57, Fabre et Freulon 1952, Caby et Moussu 1967, Caby 1970, Karpoff 1960. Elles sont conservées dans des bassins résiduels et grabens et proviendraient du démantèlement de la chaîne panafricaine

On distingue deux grandes séries intermédiaires difficilement corrélables, la première appartient au Hoggar Central polycyclique et désignée par **Ec** et représente les dépôts molassiques de la chaîne panafricaine d'âge Eocambrien (520 Ma R.Caby et R.Caby et Moussu 1967) . Elle est également appelée série pourprée et ont été désignées sous différentes appellations.

La série Arokam (**Ar**) est une série purement détritique de couleur rouge pourpre, de type également molassique que nous désignons par le terme de molasse supérieur, affleure exclusivement au Hoggar Oriental et repose en pseudo discordance sur un autre complexe détritique de couleur gris vert (complexe tiririen) classé également molassique (J.M.L. Bertrand et al 1978, R.Caby et al 1987).

La corrélation entre ces deux formations molassiques pourprées (Ec et Ar) est très difficile à établir c'est pour cela qu'ils ont attribué deux sigles différents

2- Hoggar central :**2-1 Eo-Cambrien :**

Elle est décrite dans différentes régions, région de Tamanrasset - Silet(M.Gravelle 1969), Ouallen (R.Caby1967,1970), Adrar des Iforas (R.Karpoff 1960), sur la feuille Tazrouk cette série détritique qui n'affleure que dans le bassin de l'Aghéfsa a été étudié en détail par M.Briedj 1996, (feuille Tahifet 1/200 000 éditée).

C'est une unité lithologique purement détritique reposant en discordance angulaire très nette sur l'ensemble des formations volcano-sédimentaires Panafricaines de ce bassin , elle est faiblement déformée par les plis NS .Une coupe à travers l'Adrar Issouagh (M.Briedj 1996), montre la composition lithologique suivante , de bas en haut :

- Conglomérats polygéniques plus ou moins arrondis peu déformés à galets hétérogènes associés à des brèches volcaniques de composition hétérogène à pendage subhorizontal.

-Grès lithiques à stratifications entrecroisées.

-Brèches volcaniques parfois très épaisses (n x 100 m) interstratifiées dans des conglomérats, l'épaisseur apparente de la coupe est estimée à 1000 m .

En dehors du bassin Panafricain de l'Aghéfsa, les formations molassiques sont totalement absentes sur la feuille.

L'Adrar d'Issouagh (Feuille Tahifet , 1/200 000), constitue un bel affleurement ou cette série peut être étudiée , elle forme également des lambeaux kilométriques dans d'autres régions du bassin de l'Aghéfsa.

L'existence de l'activité volcanique au sein des formations molassiques de l'Adrar Issouagh permet de les comparer avec les formations de la série molassique dite de Tassekut observées au Sud de la feuille de Silet et au Nord de la feuille de Timgaouine ; 1/200 000 (Gravelle 1969) .

Ces formations sont également observées le long de l'accident 4°50 au Sud des basaltes de la Tahalgha (Tinef)

3-Hoggar oriental.

Deux grandes séries molassiques de type flysch et reposant en concordance l'une sur l'autre sont distingués, la série de Tiririne (Tr) à la base et la série d'Arokam (Ar) au sommet.

La première est considérée comme molasse inférieure et la seconde comme molasse supérieure :

a - Série molassique supérieure ; Série Arokam : Ak.

Elle est très bien développée le long de l'oued Arokam et forme un large synclinal constituant la dépression d'Arokam d'où elle tire son nom.

C'est une série typiquement molassique constituée essentiellement de grès rouge (80%), grès graveleux et de conglomérats polygéniques à galets parfois très arrondis .

Elle repose sans discordance visible sur les formations grises de la molasse Tiririnienne inférieure (Tr) selon Katchevsky (Rapport O.R.G.M, inédit). Deux assises peuvent être distinguées :

Assise inférieure à dominance de grès arkosiques plus ou moins monogéniques en grosse dalles finement litées à ciment hématitique avec des niveaux contenant des galets arrondis de quartz , ; felsite, granite porphyre nageant dans les grès fins avec des rares passées de minerai d'hématite.

Assise supérieure : à dominance arkosique également à dominance arkosique mais en dalles plus grossières, finement litées, sans galets et avec de nombreuses intercalations de minerai de fer (hématite).

Selon de nombreux auteurs (Caby et Moussu 1967, J.M.L.Bertrand et al 1978, R.Caby et al 1987), Katchevsky 1978, Fomine 1990 etc. ...) et en se basant sur les caractéristiques lithologiques et structuro-métamorphiques ainsi que son caractère intermédiaire entre les formations de couverture plate forme Paléozoïque , ce complexe molassique représenterait vraisemblablement l'équivalent latéral de la série pourrée du Hoggar Centro-Occidental.

b – Série molassique inférieure ; Série de Tiririne Tr.

L'ensemble terrigène de Tiririne a été longtemps considéré comme appartenant au Pharusien (Vialon, et Guérangé, 1958) ; Aujourd'hui cet ensemble est différencié comme une entité à part, différente du Pharusien

Les formations de cet ensemble terrigène affleurent suivant une bande submeridienne dans la partie centrale de la feuille Tiririne et limitées par l'accident 8°30' à l'Est.

Elles occupent les dépressions au voisinage de cet accident, ces dépressions varient de quelques Km à plus de 30 Km dans la partie centrale.

Ces séries reposent en discordance angulaire sur les terrains métamorphiques, volcanogènes et éruptifs d'âges différents, sont recouvertes à leur tour en discordance stratigraphique par la série d'Arokam.

Selon certains auteurs cette série est composée de cinq assises différentes :

- Assise inférieure arkosique
- Assise gréseuse rythmique
- Assise de siltstone irrégulièrement rythmique
- Assise d'argilites
- Assise supérieure bigarrée.

La Composition lithologique débute par des conglomérats, des grès, gravellites et des calcaires récifaux avec des lentilles de conglomérats composées de matériel non classé.

La série de Tiririne est recoupée par des sills, dykes, filons de Quartz et par le complexe Taourirt qui développe un métamorphisme de contact à cornéennes.

L'épaisseur de cette formation Tiririnienne est d'environ 3000 m et peut atteindre 8000m.

Cette série est datée entre 660 et 585 Ma.

c- Socle précambrien

Les formations de cet âge affleurent dans trois petits bassins distincts dont deux sont situés à l'Ouest de l'accident majeur 8°30', dans le Hoggar Occidental et un à l'Est dans le Hoggar Oriental :

- 1 - le bassin de l'Arefsa.
- 2 - le bassin de Temassint.
- 3 - le bassin « Tiririnien ».

Elles constituent en général de deux séries superposées

-une série volcano-détritique supérieure Panafricain II (Pharusien II ou Neoproterozoïque de type NP2) de type Assendjef, Tinouig, à faciès des schistes verts et à dominance de volcanisme bimodal basique, volcanisme acide, grès versicolor, grauwack, schistes gréseux séparés à la base par les conglomérats de base et un horizon de marbre C_{II}

-un complexe volcano-détritique inférieure Panafricain I (Pharusien I ou Neoproterozoïque de type NP1) à dominance de métagrès, schiste quartzo-pelitique à intercalation

de conglomérats et micro pouding , metabasaltes ,calcschiste ,arkoses et marbre .Ce complexe forme des séries de type Arefsa ,Takizerouet et Amadit à faciès schiste verts-amphibolite et contenant à la base un horizon repère de marbre C₁

3-1- Eburnéen (Paleoproterozoïque) :

3-1-1. Ensemble paragneissique supérieur (PP1-2b) ;

Cet ensemble constitué de formations de type «série Tit n'Afara et Aleksod » est très répandu à l'Ouest de l'accident 8°30' ; Dans la plus part des cas la limite avec la série des gneiss inférieure (Arrechchoum) est tectonique ou méconnaissable à cause de la granitisation.

Du point de vue lithologie, cet ensemble est formé essentiellement de gneiss à micaschistes à gt gneiss feuilletés, quartzite massive et rubanés, amphibolite, calcschiste et marbre. Le métamorphisme est à faciès amphibolite.

Selon les auteurs et suivant les différentes régions cette série est subdivisée en différentes assises.

Sur le territoire des feuilles Tiririne et Tadoumet à 1 /200 000 ,L.Katchevski (1978-80) puis Itskov (1985) ont subdivisé cette série en 03 assises distinctes séparées par l'intermédiaire de conglomérats de base ou de banc de quartzite.Fomine (1980), suggère une subdivision en deux assises concordantes, souligne que la base de l'assise inférieure et le toit de l'assise supérieure n'ont été découvert nulle part sur ces territoires.

L'assise inférieure est constituée de plagiogneiss, d'amphibolites, de quartzites, schistes cristallins et de marbres ; Son épaisseur est de 2600 m.

L'assise supérieure est composée de quartzites, amphibolites plagiogneiss et marbres la puissance de cette assise est d'environ 3400 m.

Les phénomènes d'ultra-métamorphisme sont très fréquents dans les aires d'extension des deux assises avec la formation de granito gneiss, pegmatites, migmatites et granites.

L'âge de la série Aleksod dans cette région n'est pas connu, par corrélation avec des terrains voisins, on rapporte son âge au Paléoprotérozoïque PP1-2b.

3-2-2. Ensemble orthogneissique inférieur (PP1-2a);

Cet ensemble, en général identifié à la série de l'Arrechchoum couvre de grandes étendues (40% de la surface de la feuille). Le contact avec l'ensemble supérieur est en

général tectonique. au Nord de la feuille de Tazrouk cette limite est marquée par une discordance tectonique (Bertrand.1974).

L'ensemble forme de vastes dômes souvent à pendage (schistosités, foliations) sub-horizontale. La structure générale plissée à grands rayons de courbure d'axe méridien à sub-méridien.

La composition lithologique est très variée, Gneiss à biotite, gneiss oeilés, artérites, leptinites, gneiss migmatitiques, migmatites et rares quartzite, amphibolite et marbre. Le métamorphisme est à faciès amphibolite à granulite et/ou éclogite

Dans la région de Tazrouk et Selon J.M.L.Bertrand (1974), la série Arrechoum est composée de trois formations étroitement liées :

1 – Gneiss rubanés plagioclasiques de composition grano-dioritique à tonalitique avec de rares lentilles d'amphibolites. Les gneiss sont recoupés par des filons basiques eux-mêmes déformés et métamorphisés au cours d'un épisode préénéfricain, Ces mêmes filons basiques que J.M.L.Bertrand a daté et utiliser pour démontrer la réalité de la discordance de l'Aleksod sur l'Arrechoum .

2- une formation métasédimentaire peu développée à marbres, pyroxénites, quartzites, micaschistes et gneiss plagioclasiques.

3- Gneiss oeilés à texture souvent amygdalaire passant localement à des orthogneiss roses homogènes d'origine probable plutonique.

Des datations géochronologiques effectuées dans la région de Tazrouk donnent un âge entre 1940 et 2220 Ma.

Dans la région de Tahifet, la série Arrechoum cartée par M.Briedj (1993) comme série gneissique inférieure Gi, est décrite comme un ensemble monotone affleurant dans les grandes dépressions ou en en dômes plurikilométriques composées essentiellement d'une puissante série monotone de gneiss granitiques associés à des gneiss dioritiques et des amphibolites associées à des gneiss et des amphibolites avec des intercalations de marbres et de quartzites ainsi que de gros massifs d'orthogneiss granitiques et de gabbros diorites.

Le contact entre l'ensemble Gi et l'ensemble Gs (probablement série Aleksod) dans cette région est bien tranché, un contraste lithologique entre ces deux ensembles laisse à supposer une coupure importante dans l'histoire de la région. Mais nulle part de discordance stratigraphique ou tectonique n'a été observée.

M. Briedj, a écrit sous toute réserve que cet ensemble gneissique de base «Gi », peut correspondre un socle de base équivalent à la série de l'Arrechchoum.

II – Magmatisme

A- Le magmatisme dans le Hoggar central et môle Issalane

1A – Les granites de type « Taourirt » :G₄

Les granites de type « Taourirt » forment cinq massifs bien individualisés sur la carte. Ce sont des plutons circonscrits représentés par G₄

Ces granites, d'affinité alcaline, sont mis place dans un contexte de distension, ce sont des Granites homogènes porphyroïdes nettement intrusifs à bt-hb alcalins-hyperalcalins , ils sont issus de la phase de décompression post panafricaine qui a entraîné la remontée plus ou moins rapide des magmas alcalins à travers de grands accidents subverticaux de type lithosphérique (faille Egéré-Alexsod, 8°30) et donneraient enfin naissance aux multiples intrusions granitiques à caractère anorogénique.

Du point de vue géochimie, ces granites appartiennent à une série alcaline et hyperalumineuse et caractérisés par un enrichissement exceptionnel en terres rares d'où leur surnom «granites à métaux rares». La présence d'enclaves basiques microgrenues (Boissonnas 1973) indique une origine profonde.

Des datations géochronologiques effectuées sur divers massifs indique un age voisin de 520Ma. (Gara Adjemamaye).

Ce sont des granites dit « à métaux rares » génétiquement liés à la phase albite-topase.

B – Les granites dits « Post-tiririniens » G_{pt}

Ces plutons, mis en place dans la phase post orogénique, sont très répandus au NE de la feuille (région de Tiririne et Témassint) et affleurent de part et d'autre de l'accident lithosphérique 8°30 avec lequel sont étroitement liés. Ces roches appartiennent une série alcaline à subalcaline et intrudent l'ensemble de formations plutoniques et métamorphiques de la région dont la série molassique de Tiririne (d'où leur nom), des plutons alaskitiques de type Taourirt perceraient ces roches dans la partis nord de la feuille de Tiririne. Des datations géochronologiques effectuées antérieurement sur les plutons d'Adaf et Honag indiquent respectivement des âges à 585 Ma et 604 Ma.

2 - Les complexes tardi à post-tectoniques G₃

Ces granites, de type orogénique et représentés sur la carte géologique par **G₃**, forment parfois de grands batholites d'affinités calco-alcalines intrudant les formations gneissiques et volcano-sédimentaires du Néoprotérozoïque,

Ce sont des granites porphyroïdes nettement intrusifs à bt-hb à grains moyens à gros calco-alcalins et constituent un exemple de type de type Serkassa (non datés).

Dans Hoggar central, ces granites qui correspondent à une phase d'injection panafricaine tardive recoupent également les granites migmatitiques de type Azrou N'fad datés à 615 Ma (Bertrand et al 1986 et spatialement et génétiquement associés à des faciès moins évolués (Diorites ; **D** et Gabbro :**θ**).

Les datations géochronologiques font défaut mais l'âge des ces granites se situerait autour de 580-600 Ma (âge de mise en place des granites tardi tectonique du Hoggar central).

3 - Les granites syn à tardi tectoniques G₂

Ces granites, représentés sur la carte géologique par **G₂**, sont en forme de gouttes allongées et étirées sont caractérisés par une extension restreinte, ils sont généralement contrôlés et localisés le long des accidents mylonitiques et leurs bordures sont très déformés.

Ces granites, peu évolués, sont enrichis en enclaves basiques. Ils sont en général sont de composition assez homogène, d'aspect porphyroïde et de nature calco-alcaline. Les termes basiques (Diorites et Gabbro) accompagnent assez souvent ces granites et forment parfois des massifs isolés

Leur morphologie et leur contact avec l'encaissant métamorphique suggère une mise en place nettement syntectonique.

Du point de vue géochronologie, ces granites seraient d'après Vitel (1979), l'équivalent du pluton d'In Tiferkit (région de Tefedest) datés à 580 Ma.

4- Les granitoïdes prés à syn-tectoniques G₁

Ce type de granites constituent en général de grands et vastes batholites typiquement calcoalcalins et se présentent en forme de grands feuillets très épais logés au sein des formations gneissiques paléoproterozoïques et nés à la faveur d'une crustale due à l'empilement de nappes au cours de l'événement panafricain précoce (Deschamps 1973). Ce sont donc des massifs migmatitiques hétérogènes présentant deux type de faciès ; un faciès central homogène équi-granulaire (généralement à biotite plus ou moins

amphibole) à grains grossiers et un faciès de bordure porphyroïde et orienté, les migmatites de bordure caractérisent les zones de contact avec les formations migmatisées mères. Ce qui montre clairement l'origine autochtone des granites.

Ces massifs sont toujours concordants avec l'encaissant gneissique et ne présente souvent pas de limites nettes.

Les enclaves de roches basiques grenues et microgrenues sont abondantes et très caractéristiques pour ces faciès.

Selon Moumahoum (1988) leur origine crustale est discutée, la nature du contact avec l'encaissant, la présence d'enclaves basiques et les rapports isotopiques initiaux du Sr faibles sont au contraire en faveur d'une origine profonde. Les zones migmatitiques de transitions avec les formations gneissiques seraient dues à une déformation profonde ayant affectée l'ensemble du granite et encaissant métamorphique en conditions ductiles antérieure à la mise en place de ce type de granite datés à 615 Ma (Bertrand et al 1986).

Les corps de roches basiques ou ultrabasiques représentés sur la carte géologique respectivement par θ_0 ou sont d'origine profonde. Ils forment en général de petits massifs isolés assez souvent en forme de lentilles ultrabasiques caractérisant les zones à haut degré de métamorphisme (granulitique ou éclogitique)

B - Le magmatisme dans le Hoggar oriental

Dans cette partie du Hoggar, où rencontre les granites tardi à post-orogéniques de type post-tiriniens sont décrits ci-haut (Honnag et Adaf) deux autres familles de granites sont rencontrés: les granites de type Touffok et le complexe plutonique d'Arirer.

1 - Les granites tardi à post-tectoniques de type Touffok G_{3th}

Selon Katchevsky et al (1980), ce type de granites d'importance très restreinte est caractérisé par deux phases d'injection magmatiques distinctes.

La première phase est relative aux zones de remplissage filoniennes et constituée essentiellement de granites pegmatoides et aplitiques ainsi que des alaskites.

La seconde phase est responsable de la mise en place des nombreuses intrusions circulaires de faibles dimensions ainsi que d'un grand nombre de dykes. Leur composition

est en général la suivante ; Granite à biotite et amphibole, granodiorites, diorites, alaskite et syénites.

Ces petites intrusions et dykes, à faciès subvolcanique, recoupent nettement toutes les phases granitiques du complexe Arirer ainsi que toutes les formations volcano-détritiques néoprotérozoïques. Ces granites sont retrouvés dans les conglomérats de la série de tiririne.

2 - Complexe pré à syn –tectoniques (G_{2ar})

Ce complexe plutonique, nettement intrusif dans la série volcano-sédimentaire et mis en place dans un contexte tardi cinématique est d'affinité TTG. Il est à caractère calco-alkalin moyennement à hautement potassique daté à 730 Ma (Caby et al 1987). Il constitue trois grandes familles de roches mise en place en trois phases d'injection magmatiques successives ;

- La première phase est caractérisée par la mise en place de roches magmatiques basiques et ultra-basiques telles que; Gabbros, gabbro-diabases, gabbros plagioclasiques (θ), gabbro-norites, gabbro-pyroxénites et pyroxénites (δ).

-En Air, des formations similaires à dominance de roches plutoniques d'affinité TTG ont été décrites (Boullier 1991) où des écaïlles ultrabasiques se prolongent au Hoggar oriental (structure en coin de Timoetine , Black et al 1967 et Est Aghigher, Caby et al 1987

Ces roches forment de petites intrusions de forme généralement sub-allongée caractérisant les grandes zones de failles. Elles sont en général enclavées dans les faciès de granitoïdes caractérisant la phase ultérieure.

-La seconde phase d'injection magmatique correspond à la mise en place des faciès un peu plus évolués tels que ; gabbro-diorites, diorites à hornblende et diorites quartziques. Ces roches , très riches en enclaves, constituent parfois de grands massifs. Parfois le passage aux faciès granitique est nettement observé.

-La troisième phase correspond à la mise en place d'énormes massifs à composition granitiques granodioritiques allongés NS

Ce sont des granites calco-alkalins d'affinité TTG (Tonalites-Trondhjemite-Granodiorites) mis en place dans un contexte pré à syn collisionnel et datés à 730 Ma (Caby et Andréopoulos

III – Tectonique et Metamorphisme

La partie du socle appartenant au Hoggar central et au môle Issalane a subi les revers de la tectonique panafricaine marquée principalement par trois phases de déformations successives.

La feuille Tazrouk au 1/500 000, est a cheval sur deux grands blocs tectonique du Hoggar ; le Hoggar central et le Hoggar oriental. Deux grands cycles orogéniques caractérisés par des déformations et métamorphisme, sont reconnus dans cette région ; l'Eburnéen daté à environ 2000 Ma. et le Panafricain (900– 520 Ma).

1. Les déformations antépanafricaines (éburnéennes)

Ces déformations anciennes affectent en général les terrains archéens. Elles se caractérisent par des plis couchés isoclinaux d'amplitudes kilométriques, présentant la foliation comme plan axial.

Les affleurements des terrains archéens sont très restreints, ils ne sont observés que dans la région des Gours Oumellalen, Ils sont composés par des formations à dominance de gneiss rouges hautement métamorphisées (faciès granulites).

Les vertiges des structures plicatives anciennes complexes montrent des plis linéaires d'orientation (diverses), variés et non identifiés. Ils sont toujours repris par d'autres type de plissements panafricain. Les structures plissées originelles sont donc difficiles à identifiés vu les déformations surimposées très intenses.

Ces structures sont nettement recoupées par les granites panafricains

2. Les tectoniques panafricaines

2.1. Les phases de plissement.

Trois phases de plissements majeurs ont été répertoriées dans la région.

- **Phase précoce :**

Cette phase intéresse l'ensemble des formations gneissiques paléo protérozoïques très répandus au Hoggar central. Elle correspond à une tectonique tangentielle importante et profonde induisant la mise en place de grands plis couchés d'amplitude kilométrique. marquée et de grandes nappes du socle à vergence NNE accompagnées par d'importants chevauchements majeurs soulignés assez souvent par des lentilles éclogitiques ou d'amphibolites à grenat montrant les conditions extrêmes de HP-BT ainsi que par métamorphisme généralement à faciès amphibolite ou granulite,

- **Phases principale :**

Cette phase est caractérisée par la manifestation des décrochements senestres NW – SE mis en place en conditions ductiles, reprend les structures antérieures et correspond à un plissement droits isoclinal en échelons d'axes sub(méridien (N10°à N30°) de grandes

amplitude (n.dcam – n.hm), induits par l'ultime compression Est-Ouest de tout le Hoggar. Elle est caractérisée également par un retro-métamorphisme dans le faciès des schistes verts. Cette phase affecte les ensembles des gneissiques paléoprotérozoïques ainsi que les formations volcano-sédimentaires et plutoniques panafricaines. Le plutonisme G3, G4 et G5 ne sont pas concernés par les déformations et métamorphismes panafricains.

- **Phase tardive :**

Cette phase, post métamorphique, relative aux décrochements dextres NNE-SSW en conditions fragiles, affecte de nombreux domaines. Elle est caractérisée par des plissements locaux et restreint de moindre importance marquée par la manifestation de plis à axe verticaux ou sub-verticaux étroitement liée au fonctionnement des grands décrochements sub-méridiens. Cette phase tardive serait en partie contemporaines de l'individualisation et du comblement des grabens par les dépôts molassiques éocambriens (série pourprée) et de la mise en place d'un important magmatisme et volcanisme accompagnant ces dépôts.

2.2. La tectonique cassante d'âge panafricain

Sur la feuille à 1/500.000 de Tazrouk, on dénombre cinq accidents sub-verticaux majeurs, dont la composante horizontale est souvent importante et délimitant ainsi six compartiments tectoniques de différentes lithologie et structure (Fig 4) ; ce sont les terranes Azrou N'fad, Egré-Aleksod, Issalane, Serouanout, Tazat, et Tiririne (ou Aouzegueur).

Des rejeux tardifs sont mis en évidence sur plusieurs accidents sub-méridiens en l'occurrence le 8°30 où le rejeu tardif continu toujours de fonctionner et touche les formations paléozoïques des tassilis. Les accidents subverticaux :

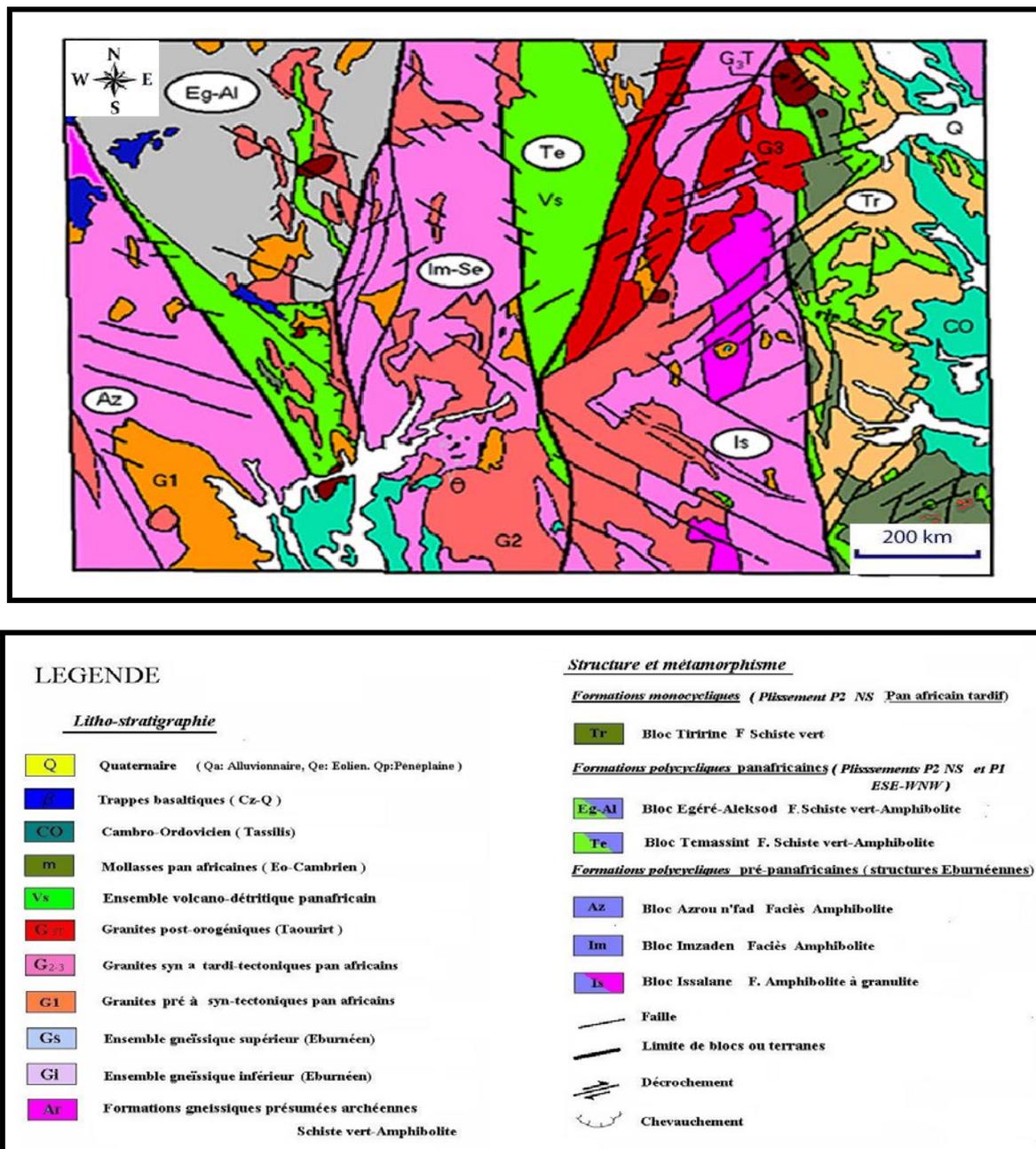


Figure 4: schéma structural de la feuille à 1/500.000 de Tazrouk

Ces accidents d'ordre lithosphériques sont souvent soulignés par de puissantes bandes mylonitiques caractérisant l'importance des contraintes de cisaillements.

3-Les accidents SE-NW et SW-NE

Ce sont des failles relativement de moindre importance et constituent deux grandes familles d'accidents se greffant les uns aux autres obliquement ; les branches courbes caractérisent les zones de jonctions (ramifications). Ces accidents constituent en général un système de failles conjuguées à l'intérieur des mêmes terranes ; la composante horizontale des failles de direction NE et NNE est dextre alors que celle des accidents NW et NNW est senestre.

Les mylonites ne sont pas caractéristiques de ce système de failles, néanmoins, elles se trouvent presque toujours jalonnées par des formations filoniennes de différentes compositions.

➤ **Les mouvements postérieurs à la tectonique majeurs**

Ces mouvements affectent surtout les bassins résiduels des séries pourprées, dont l'évolution est largement guidée par les grands accidents sub-méridiens.

La phase de distension générale accompagnant le fonctionnement des grabens de la série pourprée se traduit par l'individualisation de zones fortement subsidentes et les grandes failles normales de bordures des bassins

➤ **Les mouvements Paléozoïques et Hercyniens**

Les mouvements post panafricains (paléozoïques ou Hercyniens) sont peu importants, mais on les retrouve un peu partout dans les Tassili. Leur caractère vertical est attesté par la présence de stries verticales et des miroirs de failles recoupant les tassilis.

IV-Minéralisation

Dans notre région d'étude « TAZROUKT » la minéralisation a été extraite à partir des différentes données géologique et minéralisation (Sintchouk 1984. Bellov 1990. Bezonglikh 1988. Bellal 1993. Famane 1990 etc.) Est caractérisée par un nombre conformément à la complexité géologique du Hoggar.

Dans cette feuille 1/500.000 de « TAZROUKT » près de 900 points de minéralisation de tout type confondue on la divisé en deux grands types :

- ✓ **Selon la nature de la minéralisation**
- ✓ **Selon leur importance**

1-selon la nature de la minéralisation :

Dans ce type on la subdivisé en éléments aurifères et métaux rares

1-1 les éléments aurifères : sont comme suit : l'or (Au) et Argent (Ag)

1-2 les métaux rares : sont comme suit :

Etain(Sn), Tungstène(W), Béryllium(Be).Lithium(Li), Tantale(Ta), Niobium(Nb)

2-selon l'importance de la minéralisation : on été subdivisé en

- **Gisement**
- **Indice**
- **Anomalie géochimique**
- **Anomalie minéralogique**
- **Points de minéralisation**

2-1 Gisement :

Est un assemblage naturel de matière minérale dans le sous-sol prête à l'exploitation vu sa Qualité-Quantité et autres critères économiques. Exemple Gisement de Tiririne –I, Gisement de bachic,

2-2 Indice :

Est un assemblage de matière minérale dans le sous-sol dont la qualité est conforme aux normes de l'industrie imposées aux gisements, mais de faible quantité

Exemple : Indice d'Ezzilatene, Indice de In Massarat 1 et 2, Indice Tin-Zakari 1,2et3, Indice d'Echendoucker Nord, Secteur de Tourmaline, Indice d'In Temem 1, 2, Site d'Arokkam-III (flanc ouest, partie centrale, flanc Est)

2-3- Point de minéralisation :

Accumulation minérale faible en ressources et en qualité, mise en évidence visuellement et approuvés par des résultats d'échantillonnage.

.Exemple : Point de l'indice minéralisé d'Eckendoucher sud, point de l'indice minéralisé d'Arokam-I, Indice de minéralisé de Toufouk-I ,point d'indice minéralisé d'Arirer ,point d'indice minéralisé de « Tissaltine »,point d'indice minéralisé de Touffok-II,site d'Imessaragaden-I

2-4 Anomalie géochimique :

Accumulation minérale à teneur élevée en composants utiles par rapport au Clark de concentration dans la lithosphère,

2-5 Anomalie minéralogique :

Accumulation minérale à teneur élevée en composants utiles par rapport au Clark de concentration dans la lithosphère obtenue par analyse spectrale dans les fonds de batées.



Chapitre IV
Généralités
sur SIG

I-Introduction

Le concept SIG est né en 1963, proposé par le topographe canadien R.F. Tomlinson, le SIG a commencé à pénétrer et à être appliqué dans les différents pays, dans les différents domaines. Avec le support du matériel et logiciel de l'informatique, traiter et manipuler les données géo spatiales, utiliser le modèle géographique à analyser les données, cette technologie permet le SIG s'est rapidement impliqué 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 interdisciplinaire. Le SIG couvre une grande variété, donc sa définition a différentes manières

II-Définition de SIG

Comment définir un système d'information géographique ? La plupart des auteurs privilégient un des critères suivants : les composants d'un SIG, ses fonctionnalités ou sa finalité (objectifs). Devant la multiplicité des définitions ayant cours dans des disciplines scientifiques et des secteurs d'activité différents (LAKHOUA, 2007). Dans le présent travail, nous avons retenu la définition qui répond le mieux aux objectifs de notre travail :

SIG est un ensemble d'acquisition, de stockage, d'exposition, d'édition, de traitement, d'analyse, de la production et l'application de système informatique.

Avec les nombreux domaines d'application, définition sur les différents systèmes d'application : système d'information en milieu urbain, le système d'information de territoire, le système spatial à l'aide de décision, le système d'information de la planification

SIG est un outil pour la manipulation des données géographiques, tels que la collection, le stockage, la requête, la transformation et l'affichage de données.

SIG est un système de la gestion de base de données, les données ont les séquences spatiales, ce système est basé sur les données géo spatiales pour les manipulations (fig5)

(Société française de photogrammétrie et télédétection, 1989)

Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, on décompose le territoire en couche thématique (relief, route, bâtiments....) structurées dans des bases de données (fig6)

Les bases de données qui alimentent le SIG doivent être géo référencées, c est a dire partager un cadre commun de prépara appelé système de projection, ce cadre commun est fixé également

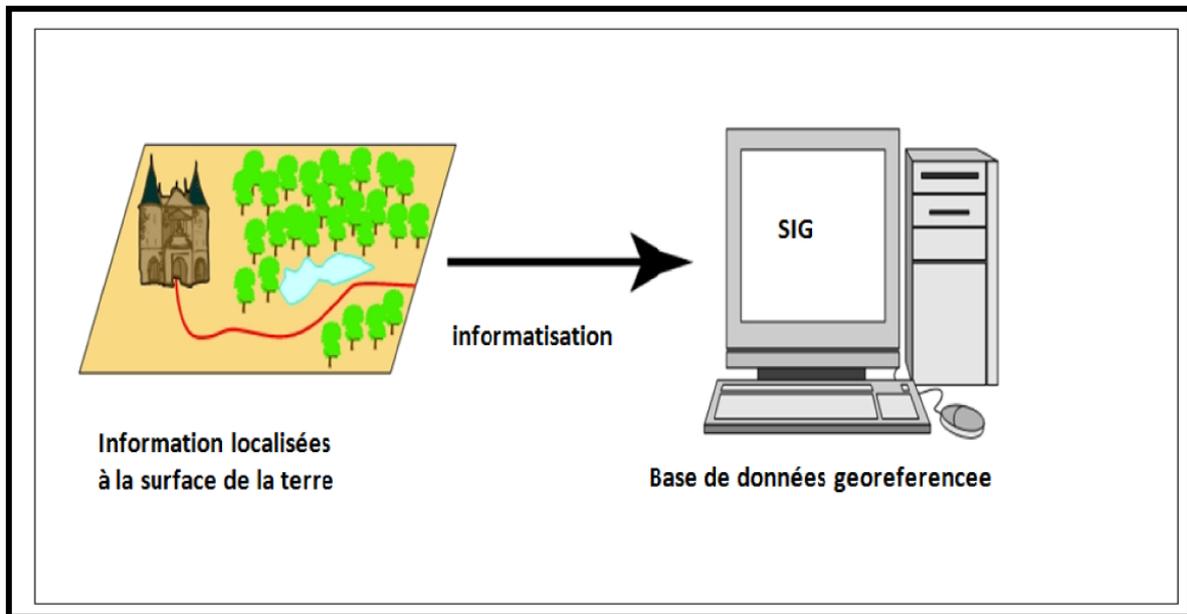


Fig5-schéma explicatif du SIG (Société française de photogrammétrie e télédétection, 1989)

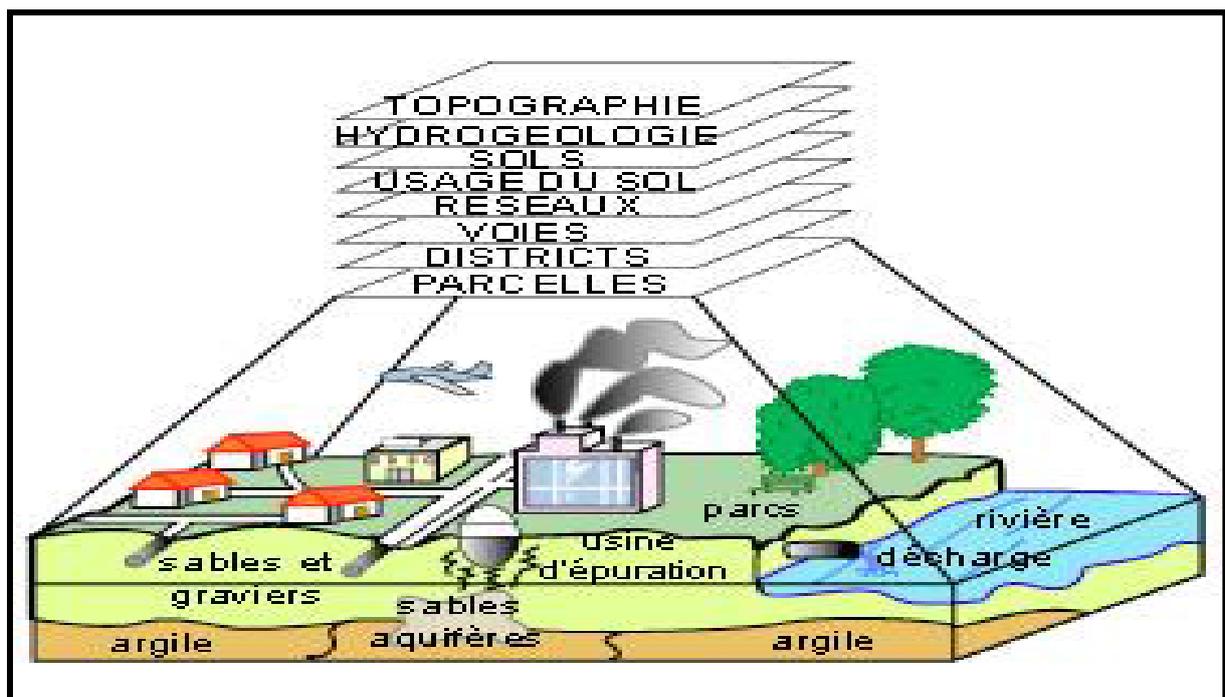


Fig6 : Données et réalité –les SIG (PUF, 1996)

III- Composants du SIG

Un système d'information géographique est constitué de cinq composants majeurs, représentés au niveau du schéma de la Fig. (7) ci-dessous :



Fig. (7): Composants d'un Système d'Information Géographique (URBANI, 2006).

III-1 Les 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).

III-2 Les données : constituent la partie la plus importante du SIG. Elle se compose de :

III-2-1- Données attributaires :

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

III-2-2- Les objets géographiques :

Sont organisés en couches. Chaque couche fait référence à un thème, 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).

Dans un SIG, un système de coordonnées terrestres (sphérique ou projectif) permet déréférencer les objets dans l'espace et de positionner l'ensemble des objets les uns par rapport aux autres. Les objets sont généralement organisés en couches, chaque couche rassemblant l'ensemble des informations se rapportant à un même thème donné.(fig8)

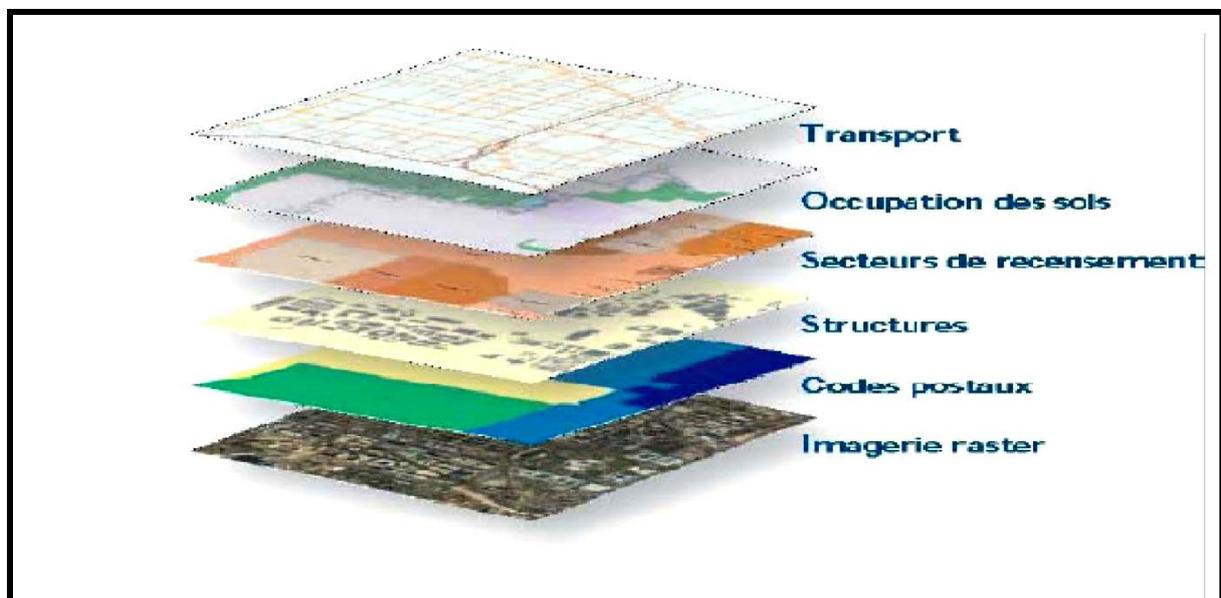


Fig. (8): Couches d'un Système d'Information géographique (URBANI, 2006).

Avec un SIG, les relations entre les objets peuvent être calculées et donner naissance à des points d'intersection afin d'éviter la répétition d'objets superposés. Ainsi, une parcelle bordant une route aura les mêmes sommets que ceux définis pour la route

III2-3- Les métadonnées :

Un SIG manipule des données provenant de différentes sources. Celles-ci sont, aussi, accompagnées d'informations caractérisant la source elle-même, soit encore de données sur les données : des métadonnées. Ces dernières apportent, par exemple, des informations sur la nature des données, le système de projection, l'étendue géographique, et la date de saisie.(MARTIN, 2004).

- **Les matériels** : le traitement des données à l'aide des logiciels se fait en utilisant un ordinateur. Pour faciliter la diffusion des résultats produits par un SIG, de plus en plus de systèmes adoptent une architecture client-serveur (MARTIN, 2004).

- **Les savoir-faire** : un SIG fait appel aux connaissances, savoirs, savoir-faire de nombreux domaines: géographie, cartographie, analyse des données et des processus (analyse Merise, Unified Modeling, Langage), informatiques, statistique, urbanisme, hydrologie... Cette approche pluridisciplinaire impose la collaboration d'experts appartenant à des domaines très différents (MARTIN, 2004).

- **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).

- **Méthodes** : La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG doit respecter certaines règles et procédures propres à chaque discipline.

IV-Fonctionnement d'un SIG

IV-1-couche

Un SIG stocke les informations sous la forme de couches thématique pouvant être relié les unes des autres par leurs coordonnées géographiques

Chaque couche va contenir un ensemble de données (couches de réseau routier. couches de réseau urbain etc.).C'est en rassemblement ces différentes couches que l'on obtiendra la carte finale représentant toutes les données géographiques pertinentes

IV-2-Référence géographique :

Deux type de données sont à prendre en compte lorsque on veut étudier une carte : les données attributaires et les données spatiales

V-Mode de représentation de l'information géographique dans un SIG

Deux modes de représentation spatiale des données sont majoritairement utilisés : le mode vectoriel et le mode matriciel ou mode raster (FAO, 1998).

V-1 Le mode RASTER

La structure des données raster est une abstraction du monde réel où les données spatiales sont divisées de manière régulière en ligne et en colonne, ou la représentation se fait par un quadrillage dont chaque carré (ligne et colonne appelé pixel) arbore une intensité de gris ou une couleur différente ce qui forme une image (**Krafft et al. 2005**).fig. (9)

La discontinuée du modèle de données raster lui qualifié pour certains types d'opérations spatiales telle que la superposition, le calcul de superficie, ou la modélisation de simulation, (Skidmore, 2002) fig. (10et 11)

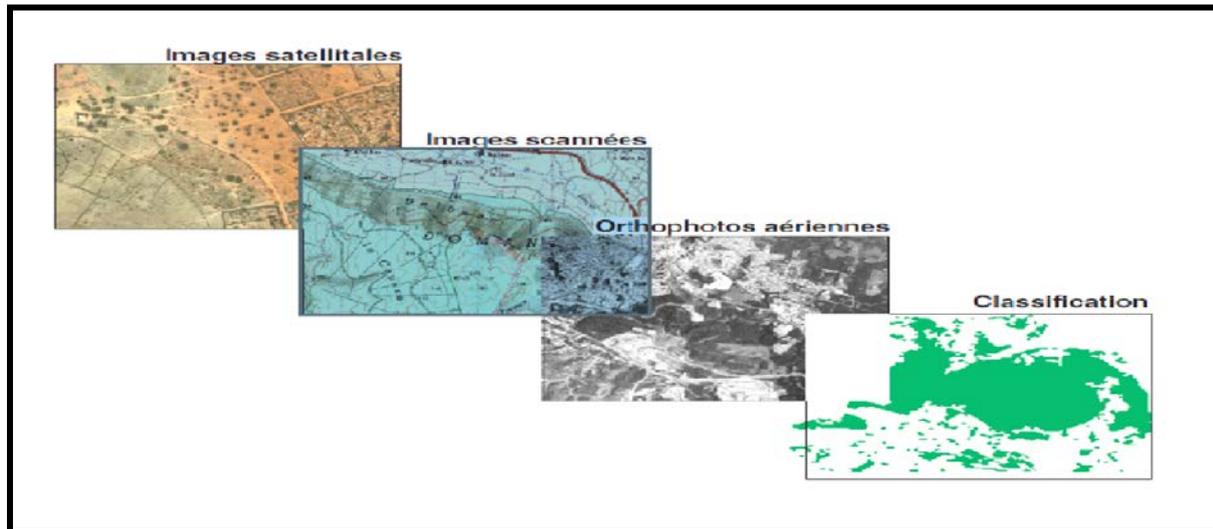


Fig. 9 : Exemple de quelques données raster (BONNET M.2012)

V-2-Le mode VECTEUR

La modélisation en mode vectoriel demande qu'on associe tout objet pratique à une entité géographique. Un bâtiment peut devenir ainsi un point, une rivière une ligne, un lac un polygone,.....etc. La modélisation devrait être essentiellement fonctionnelle, c'est-à-dire qu'elle soit faite pour rattacher des attributs à l'entité. (fig. 10)

- **LES POINTS :**

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle 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 ont une longueur mais pas de surface 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.

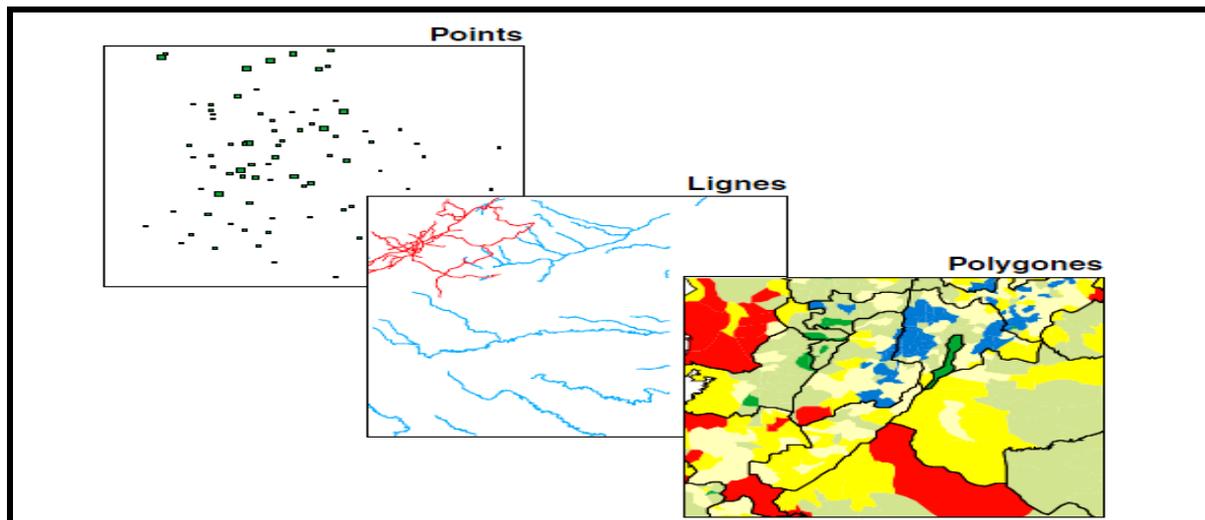


Fig. 10 : Données vecteurs exemples

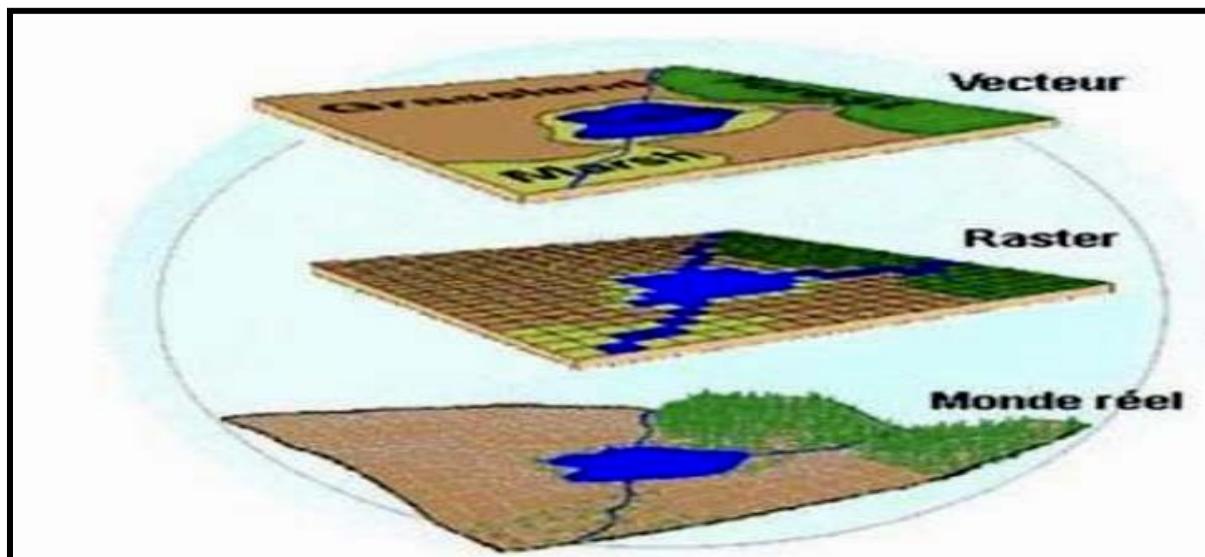


Fig. 11 : représentation schématique de deux types de structure d'un SIG (Site ESRI France)

V-2 Comparaison entre les modes vecteurs et rasters

Les modes vecteurs et rasters se distinguent par une organisation différente de données, ils restent cependant complémentaires en permettant à l'utilisateur d'élargir les champs de son investigation pour des applications et des traitements très variés.

Chaque mode a des avantages et des 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 le choix de l'utilisateur.

Certaines applications peuvent même faire appel aux deux modes [tableau 01]

Tableau 01 : Avantages et inconvénients des deux types de structure des SIG

	Mode raster	Mode vecteur
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> -Structure simple -Simple analyse -compatible avec l'imagerie -Simple modélisation -Meilleur pour les données continue 	<ul style="list-style-type: none"> -carte analogue -haute résolution -Précision spatiale -topologie -Stockage compacté -Meilleur pour les données discrètes
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> -Faible résolution -Imprécision spatiale -Structure implicite -Grand volume de données 	<ul style="list-style-type: none"> -Structure complexe -Bon support technique nécessaire -Coûteux

VI-Structure de l'information géographique dans un SIG

La structuration des données SIG se fait par couches, qui sont des ensembles d'éléments d'éléments (données géométriques et attributaires). Ainsi, une image raster, ou un ensemble d'objets vectoriels peuvent constituer une couche. Généralement, on assemblera dans une couche les objets faisant partie d'une même thématique. On rassemblera par exemple dans une couche nommée « Voirie » les objets de type « ligne » correspondant aux routes, aux sentiers etc., alors que d'autres objets linéaires (fleuves, canaux etc.) seront regroupés dans une couche distincte (dans ce cas, la couche « Hydrologie »).

Si l'affichage d'une couche permet déjà la réalisation d'analyses intra couches, la grande force des SIG est de permettre la visualisation simultanée de différentes données par la superposition de couches, la superposition à volonté de couches de thèmes différentes permet d'obtenir une représentation des données adaptée aux besoins d'analyse, complexe et riche en information, notamment au niveau des interactions spatiales et thématiques à partir de là, tout ou presque est possible grâce aux analyses multicritères et multicouches (Krafft et Al 2005), fig 8 : (Habert, 2000)

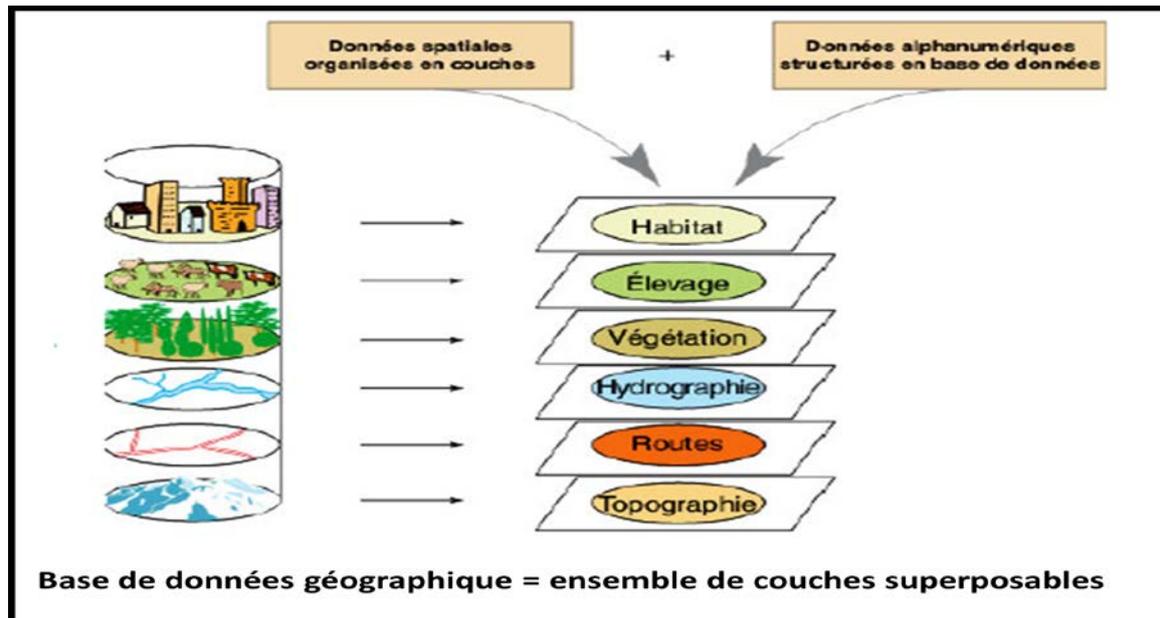


Fig. 12 : Structure de l'information géographique dans un SIG (Habert, 2000)

VII-Que peut-on faire avec un SIG

Les logiciels liés au SIG permettent, entre autre :

-De stocker les informations sous forme numérique de façon claire et définitive de gros volume des données géographique de manière centralisée et durable, le SIG perpétue la mémoire du territoire

-Afficher et de consulter des données sur l'écran, de superposer plusieurs couches d'information, de rapprocher des informations de différente natures (topographique, environnementalesetc.)

-Analyser les données en effectuant par exemple ; des calculs de surface ou de distance

-Ajouter ou extraire des données, de les transformer pour mettre à la disposition d'un prestataire

-Editer des plans et des cartes à la demande et en grand nombre à des couts peu élevés

-localiser dans l'espace et dans le temps

-établir des cartographies rapides

VIII-Les domaines d'application :

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

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



Chapitre V

SIG sur

Tazrouk

I- le SIG sous ArcGIS:

ArcGIS est un logiciel permettant d'élaborer des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG). Le logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales

II- Présentation du logiciel ArcGIS 10 :

Le logiciel ArcGIS 10 comprend trois applications principales : **ArcCatalog** ; **ArcMap** et **ArcToolbox**.

II-1 ArcCatalog ; permet de gérer les données (création, structuration), les consulter et les documenter (création de métadonnées), son interface est montrée sur la figure(13)

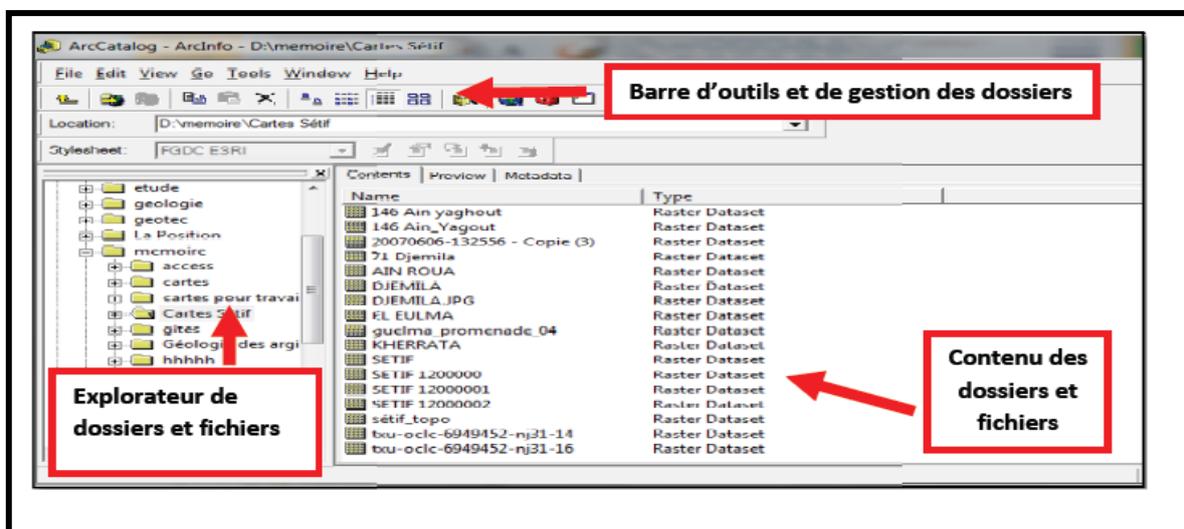


Fig13.: Présentation de l'interface ArcCatalog

C'est idéalement dans cette interface que l'on exécutera les actions les plus courantes

Listées ci-dessous :

- Créer des nouvelles données (couches ou shapefiles, geodatabases)
- Attribuer un système de coordonnées lorsqu'il n'est pas reconnu par le logiciel, ou non attribué
- Supprimer une couche (soit l'ensemble des fichiers correspondants au shapefiles) définitivement de l'ordinateur

II-2 ArcMap :

C'est l'application principale d'ArcInfo Desktop. Elle permet de visualiser les données, de les saisir et les mettre à jour, d'effectuer des analyses, ainsi que de cartographier et mettre en pages ces données. L'interface du logiciel est présentée ci-dessous fig.(14)

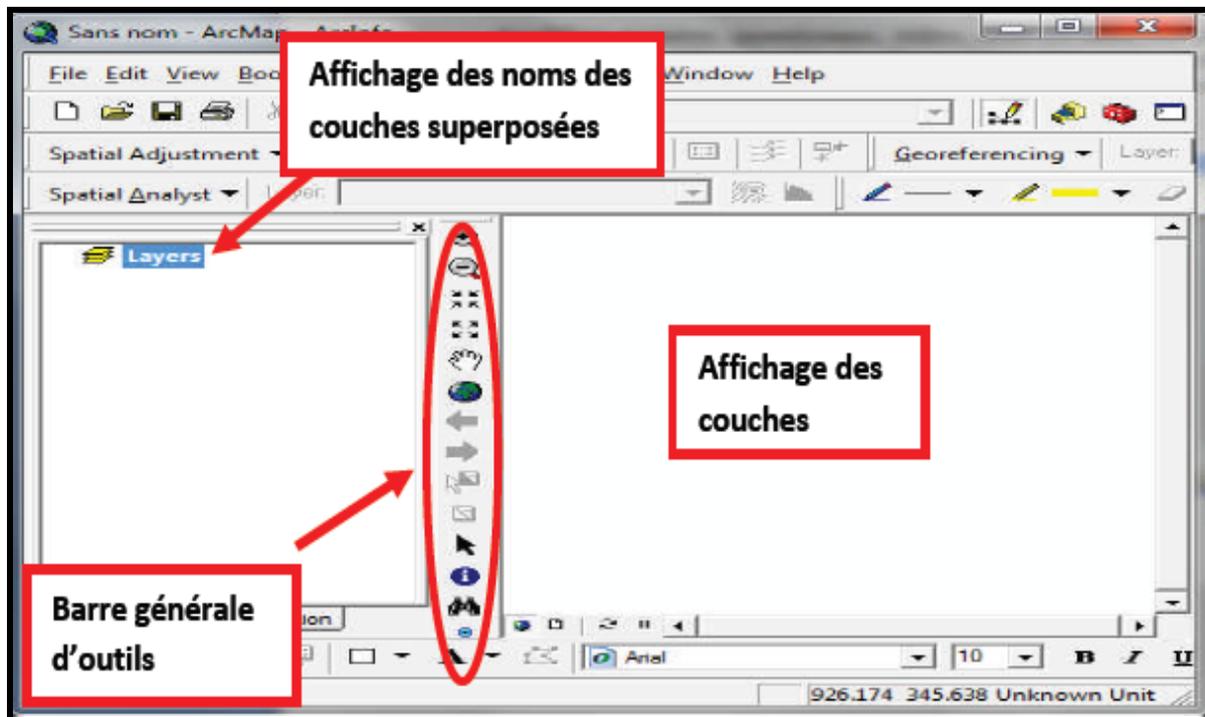


Fig.14 : Présentation de l'interface ArcMap.

II-3 ArcToolbox :

C'est une interface graphique des commandes "ARC". Elle permet d'effectuer des tâches ARC via un assistant mais également d'effectuer des conversions de formats. L'interface du logiciel est présentée ci-dessous (fig15)

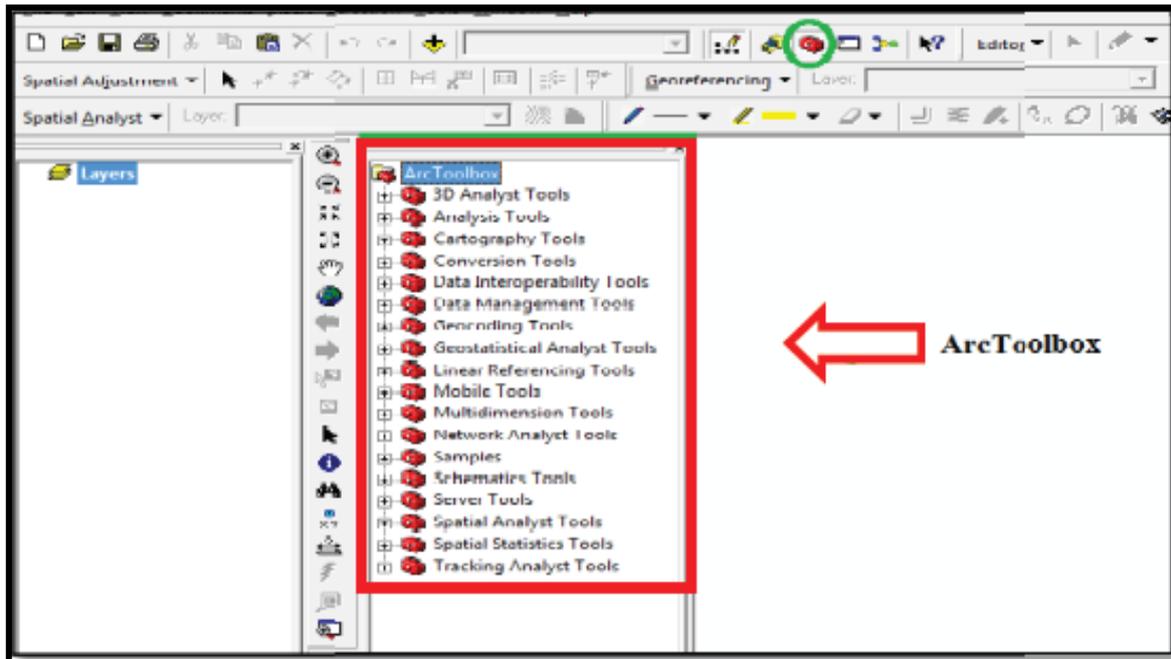


Fig.15 : Présentation de l'interface : ArcToolbox.

III-application à la géologie et la minéralisation

Dans cette étude le logiciel ArcGIS a été utilisé pour élaborer notre SIG .la donnée raster utilisée est la géologique au 1/500.000 de Tazrouk (H-Zeghouan et al 2002), cette carte a été utilisée pour l'extraction de l'information géologique de la région d'étude.

Les données sur la minéralisation sont obtenues par compilation de nombreuses rapports et thèses (Synthouk1990, Armine1984, Bellal1994.Famine1990 ...etc.)

Ces données ont été rongées dans un fichier Excel transformé par la suite en couches d'information vectorielles

III-1 Géoréférencement

Géoréférencier une carte raster signifie faire entrer les coordonnées géographiques dans une projection définie et indiquer quels points de la carte correspond à ces coordonnées, il est indispensable de caller chaque carte raster avant de l'utiliser dans une base de données

III-1-2 les étapes de Géoréférencement d'une carte a l'aide d'ArcGIS

a) Démarrer ArcCatalog

Démarrer → Tous les programmes → ArcGIS → ArcCatalog

La fenêtre ArcCatalog s'affiche sur notre écran : elle est formée de deux champs

* Le champ de gauche le dossier Catalogue, →double clic : il nous montre son l'arborescence (de quoi et comment il est structuré)

* Le champ de droite contient trois onglets : Contenu, aperçu et métadonnées
L'onglet « contenu » affiche la même arborescence du catalogue

b) Se connecter à un dossier

Cette opération permet de rechercher un dossier qui contient les informations qui nous intéressent (exemple : cartes en format raster ; cartes scannées)

Clique G sur Fichier→ Connexion à un dossier (ou clique G sur la flèche jaune de la barre d'outils une fenêtre apparaît, chercher le dossier contenant les cartes →OK

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

c) Choix du système de coordonnées dans ArcCatalog

Dans ArcCatalog : Clique D sur la carte à caller→ Propriétés→ Références spatiales→ Modifier→ Sélection →références spatiales → Système de coordonnées projetées →UTM → Africa → puis on va choisir le système qui convient a la carte→ OK,

d) Choix du même système de coordonnées dans ArcMap

Démarrer ArcMap et choisir le même système de coordonnées : Démarrer→Tous les programmes→ArcGIS→ArcMap ou cliquer dans la fenêtre ArcCatalog, barre d'outils sur l'icône démarrer ArcMap (icône ronde bleu et vert).

Une fenêtre vous propose d'ouvrir un document vide → OK

-A Gauche apparaît le dossier « Couches »

-A droite la page est normalement blanche

Clique D sur couche → Système de coordonnées → Prédéfini → Système de coordonnées projetées →UTM →Africa → puis on va choisir le système qui convient a la carte→ OK,

e) Importation de la carte à caller d'ArcCatalog vers ArcMap

Aller a ArcCatalog et prendre la carte à géoréférencier ; 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 caller s'affiche dans ArcMap. Dans la partie droite sous forme de carte et dans la partie gauche dans l'arborescence des couches

f) Ajouter les points de contrôle

Chercher dans la barre d'outils l'outil « Géoréférencement »

Aller à Outils → Personnaliser → Cocher « Géoréférencement » → Fermer, l'outil apparaît sur la barre des taches de ArcMap, Aller ensuite à Géoréférencement, dérouler et décocher « Ajustement automatique »

A l'aide des outils « fenêtre de vue figée » (loupe avec un plus) et « Ajout des points de contrôle » (un "plus" vert et un "plus" rouge reliés) zoomer à l'aide du premier outil sur un point ayant les coordonnées connues, et à l'aide du deuxième outil Cliquez G très précis puis sans bouger la souris Cliquez D sur le point choisi (la croix doit être exactement sur ce point).

Une fenêtre s'ouvre : Entrée X, Y, Entrée DMS, Annuler le point, cliquer sur Entrée DMS puis entrée les coordonnées géographiques du point degrés, minute, seconde ' sans oublier de cocher E ou O et N ou S. Faire de même pour les trois autres points

Dans la barre des outils, Cliquez sur l'outil « Visualiser la table des liens » (Quatre plus : deux verts et deux rouges), Un tableau apparaît : on voit bien que nos 4 points ont été plotés,

-Cliquez sur transformation puis ajuster

-Cocher ensuite Ajustement automatique puis OK

La carte disparaît ; pour la réafficher cliquez sur l'outil « Vue générale » (Globe bleu).

Allez à « Géoréférencement » et vérifiez si « Ajustement automatique » est bien coché.

III-2 la vectorisation

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

Les éléments géométriques utilisés diffèrent selon les types d'objet à vectoriser ; une faille par une ligne, une minéralisation par point, une formation géologique par un polygone

III-3-1 les étapes de la vectorisation d'une carte à l'aide d'ArcGIS

-Tout d'abord on va ouvrir ArcMap et on fait un clic droit sur la couche puis on

Choisi 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

- 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

Pour commencer la vectorisation, nous avons besoin de l'outil "Editeur"

Un clic droit sur le blanc de la barre d'outil ArcMap et on va cocher Editeur l'outil apparaît et on va le mettre dans la barre d'outil ArcMap

-Aller à "Editeur" et ouvrir une session de mise à jour et on prend l'outil segment et vectorisé l'entité polygonal voulue

-Après avoir terminé la vectorisation on va enregistrer le travail, on va aller à "Editeur" puis enregistrer les mises à jour

Après avoir suivie tout les étapes qu'on a cité ci-dessous (géoréférencement, vectorisation), on est arrivé à produire les différentes couches d'informations géologiques et géologiques de manière cohérent.

IV- l'information surfacique (la lithologie)

IV-1 Quaternaire

Pour procéder à la vectorisation surfacique, on a commencé tout d'abord a vectorisé la formation lithologique "Quaternaire" cette information comprend les alluvions, les regs et ergs (fig.16)

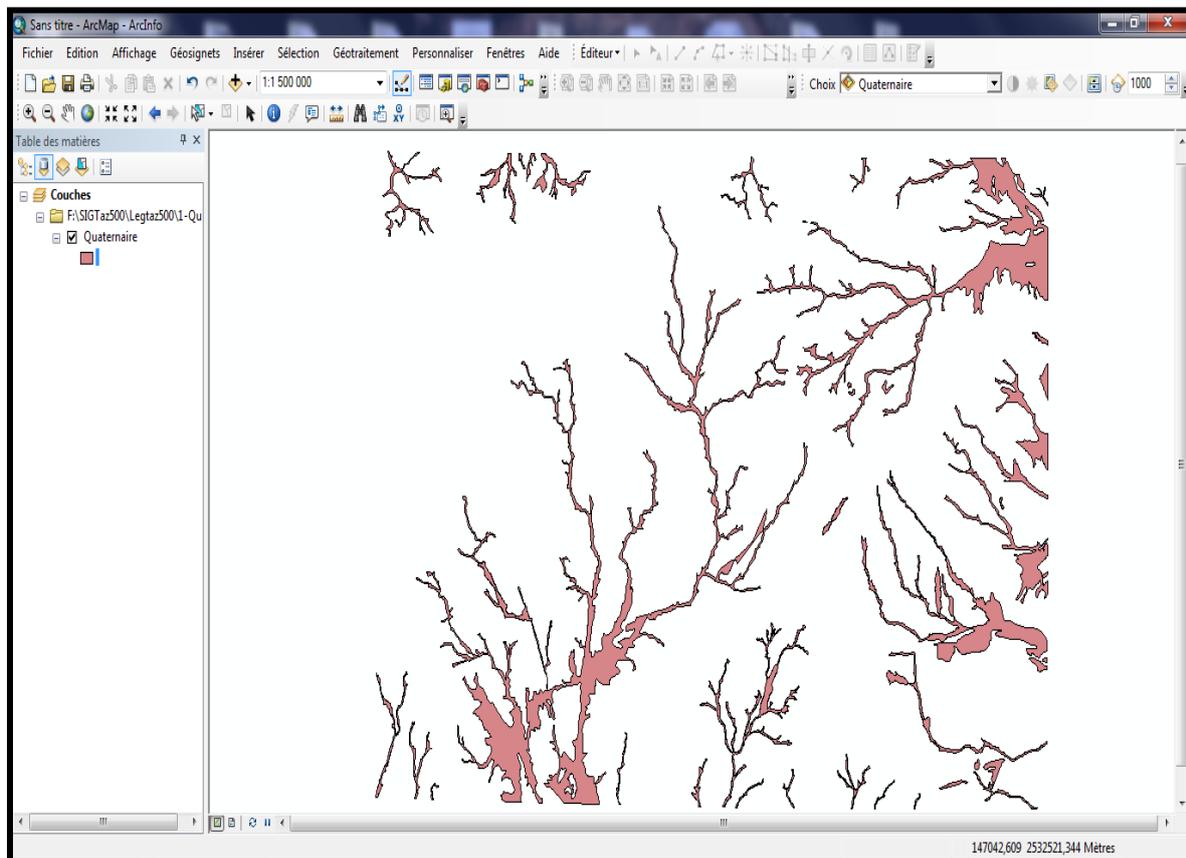


Fig.16 : Vectorisation de l'entité polygonale "Quaternaire "

On procédant de la même manière pour toutes les entités lithologique constituant la région d'étude, nous avons pu vectorisé les dix-sept (17) couches " polygone" représentant les formations lithologique (fig.17)

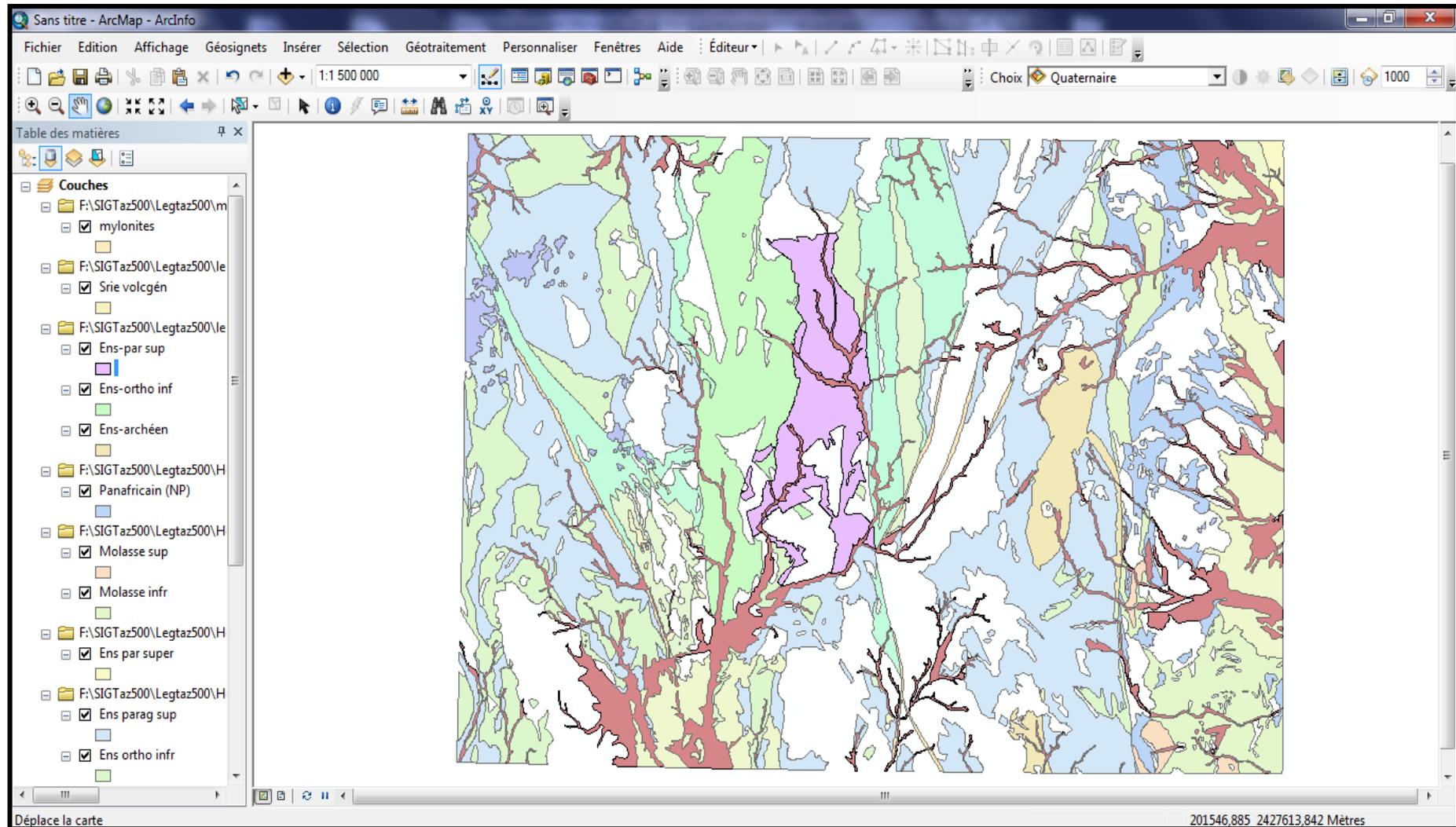


Fig.17 : Vectorisation des entités polygonales "lithologie"

IV-2-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. Pour ce, nous avons commencé par la vectorisation des massifs de granites tardi à poste anorogénique (fig18.)

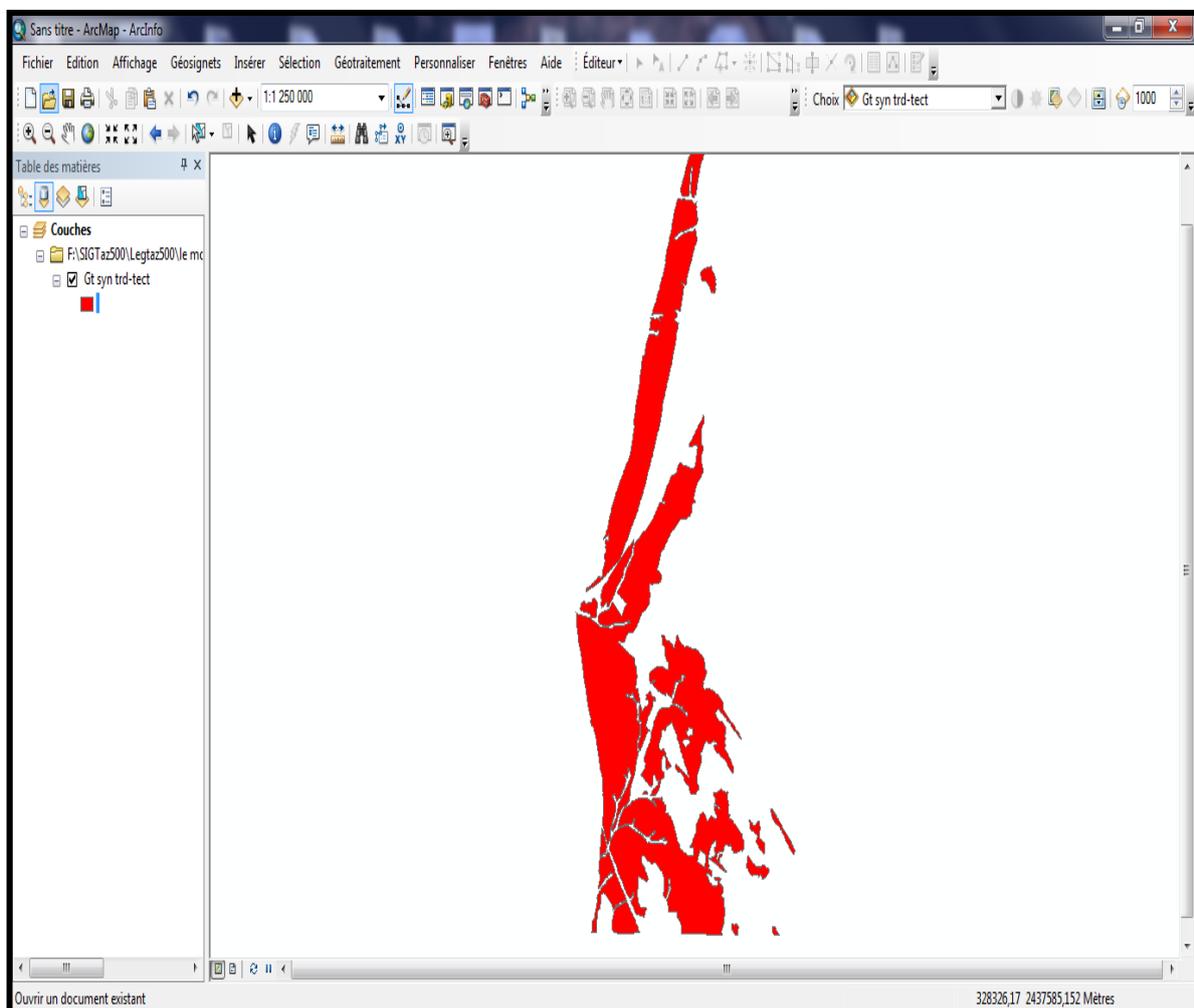


Fig.18 : Vectorisation de l'entité polygonale " granite tardi à poste anorogénique "

En procédant de la même manière pour toutes les formations magmatiques de la région, chaque formation magmatique qui est représentée par une couche spécifique, ainsi nous avons obtenue (26) couches d'information "polygone" vectorielles représentant les formations magmatiques (fig.19)

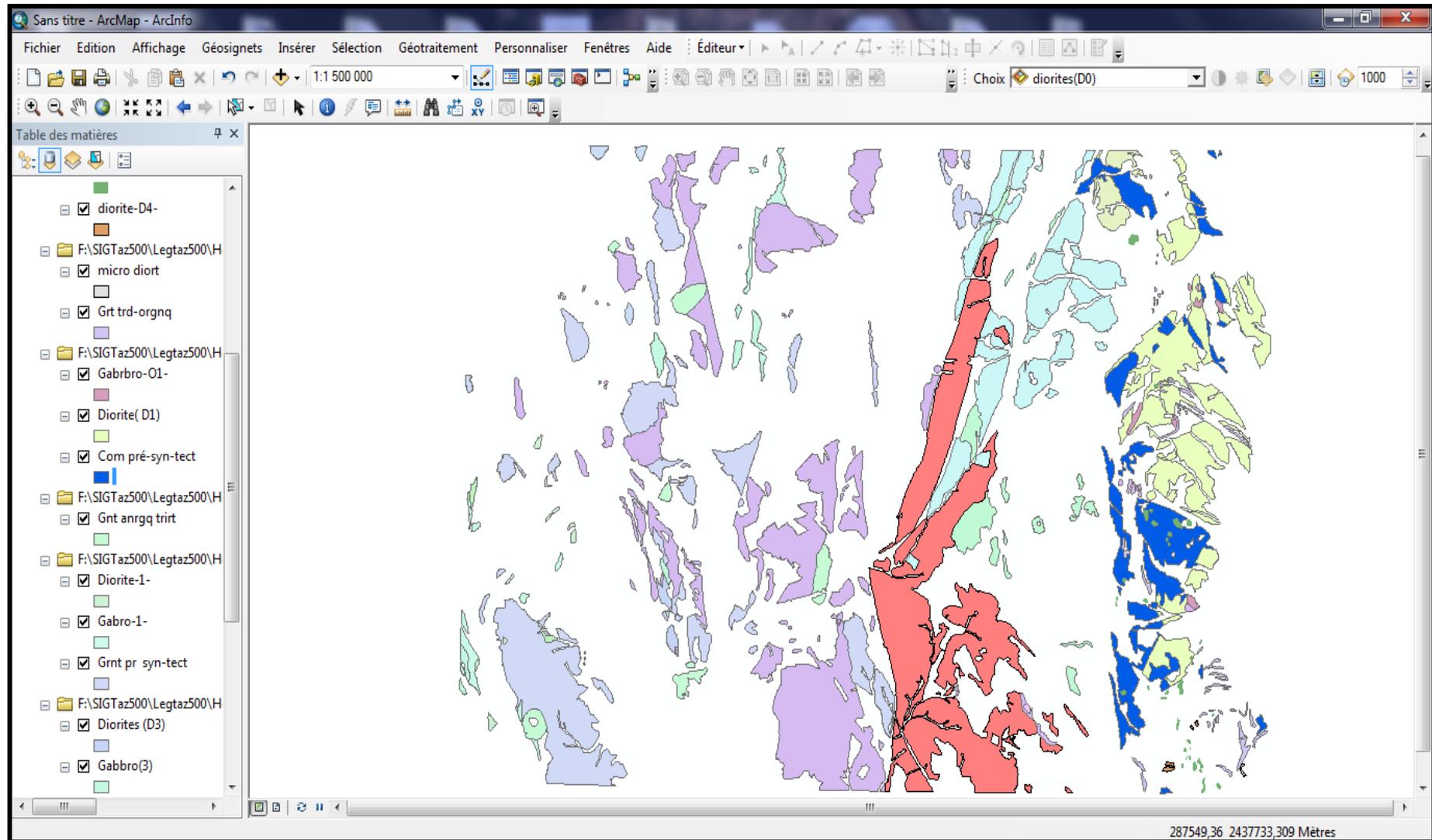


Fig.19 : Vectorisation de l'information polygonale sur le magmatisme.

V- l'information linéaire (tectonique)

Dans notre région d'études l'information sur la tectonique est représentée par l'ensemble des failles et des chevauchements .nous avons commencé tout d'abord à extraire l'information caractérisant les failles tectoniques .le résultat est montré sur (fig.20)

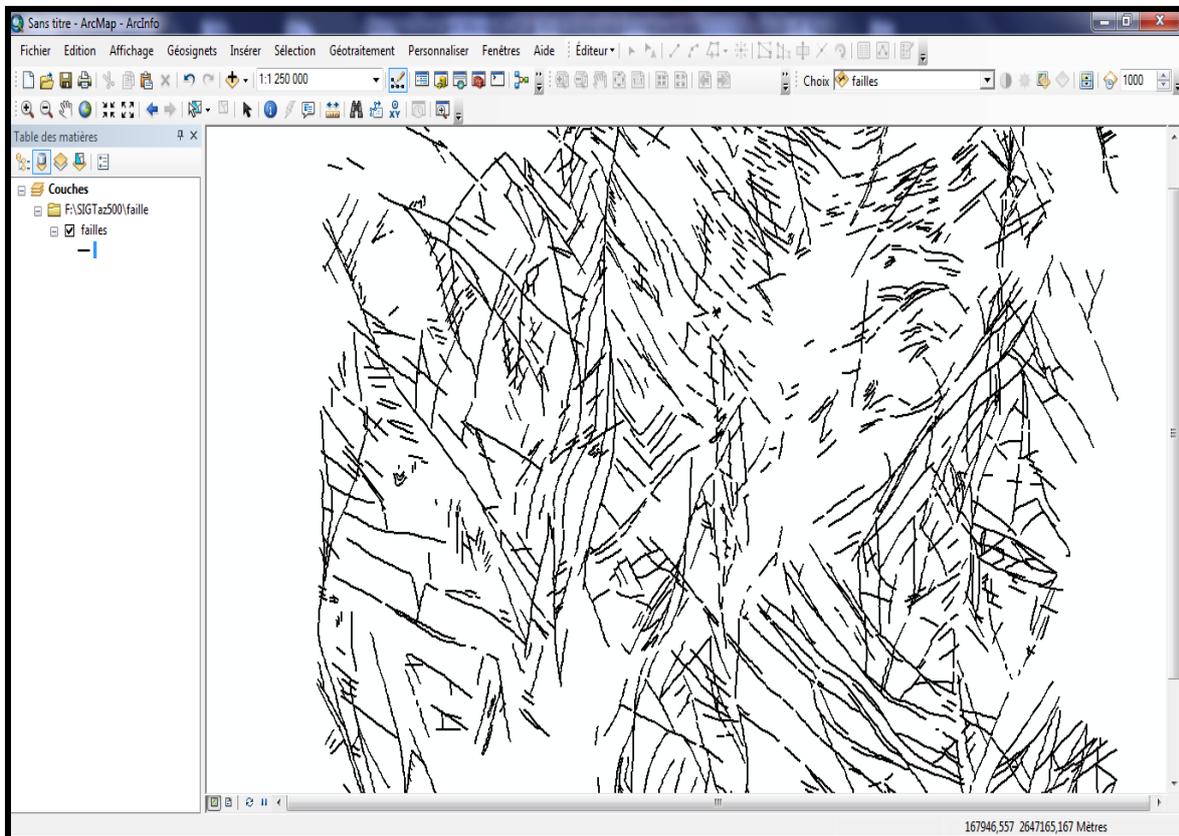


Fig.20 : Vectorisation de l'information faille

On procédant de la même manière pour tous les accidents tectoniques créées, nous avons pu vectorisé 5 couches d'informations structurales transformées en couches d'informations vectorielles comme les entités linéaires (fig.21)

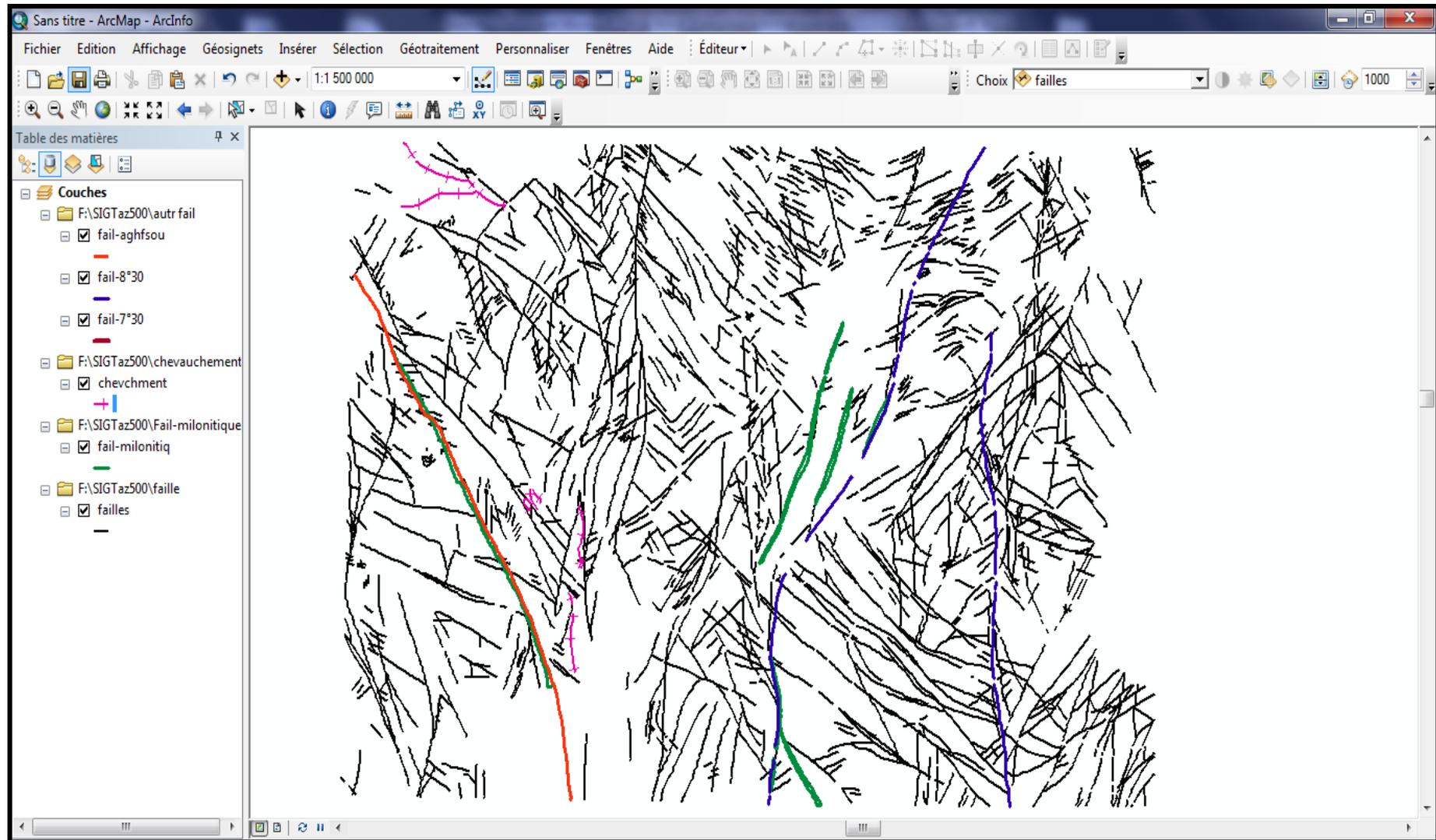


Fig.21 : Vectorisation de l'information structurale

VI- L'information ponctuelle (minéralisation)

Dans notre région d'étude la minéralisation a été extraite à partir des différents rapports de synthèses géologiques

Après avoir construit des fichiers "Excel" qui est le document base pour une meilleure répartition et une distribution de la minéralisation dans la région d'étude, on la divise en deux grands types ; selon la nature de la minéralisation et selon leur importance.

1-Selon la nature de la minéralisation, on la subdivise en deux catégories aurifères or, argent (Au, Ag) et métaux rares

- ✓ Pour les éléments aurifères or (Au) et argent (Ag) ils sont prodigués de manière dense dans la partie Est de la région d'étude (le mole Issalane et le Hoggar oriental) dont on a vectorisé les formations Au et Ag en couche d'informations vectorielles (fig.22)

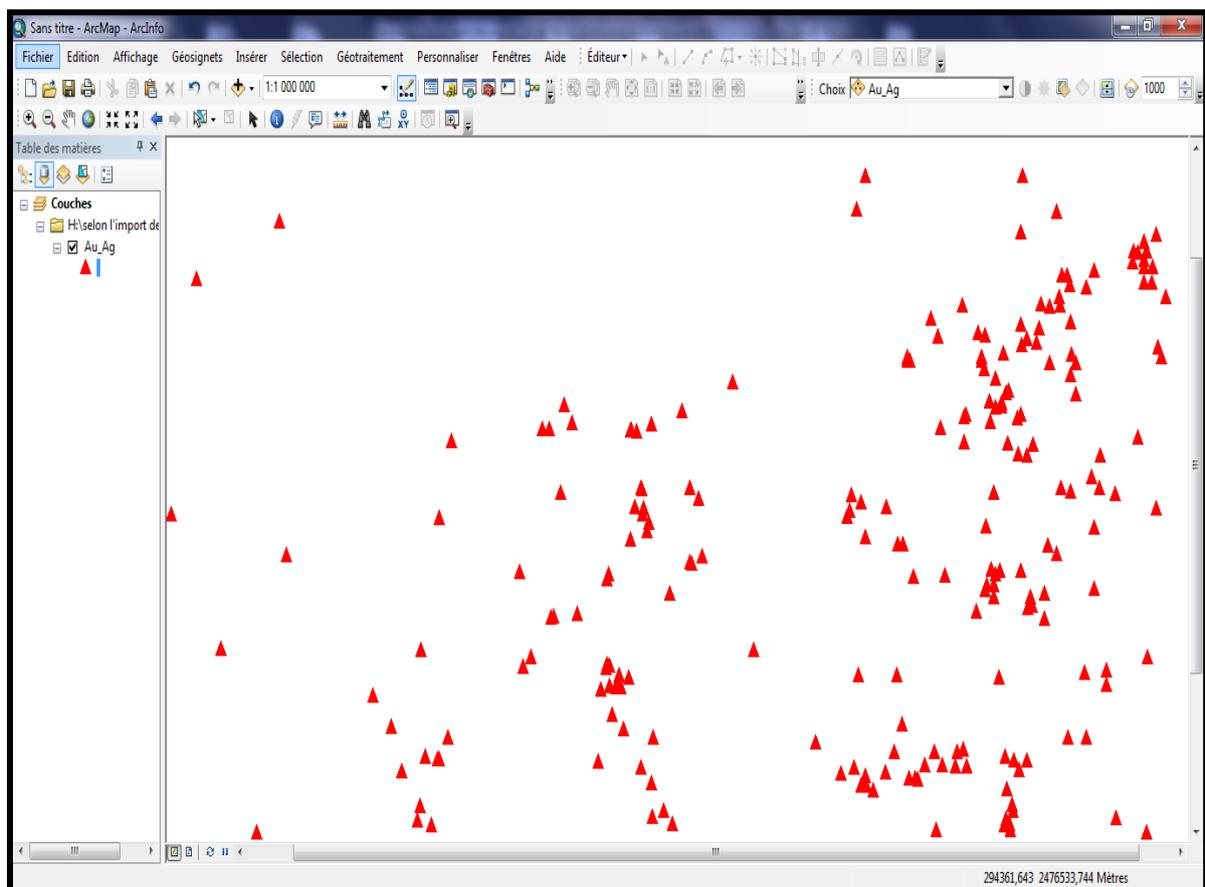


Fig.22 : Vectorisation de la couche " Au, Ag"

- ✓ Métaux rares tel que l'Étain (Sn), Tungstène(W), Béryllium(Be), Lithium(Li), Tantale (Ta), Niobium (Nb), ils sont repartis de manière très dense par rapport à Or et Argent et

occupe toute la surface de la région d'étude, dont on a vectorisé la formation des métaux rares en couche d'information vectorielle (fig.24)

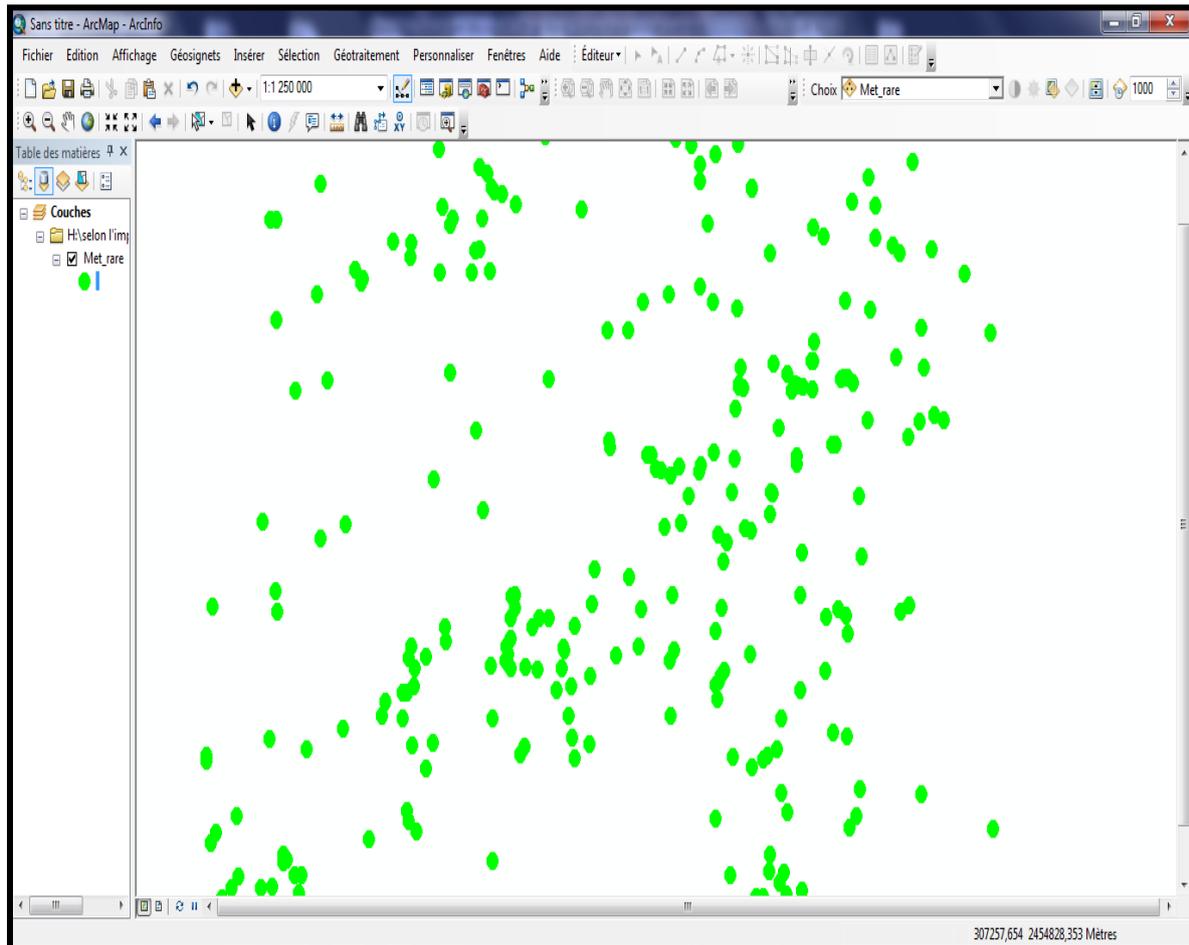


Fig.23 : Vectorisation de la couche "Métaux rares"

2-Selon l'importance de la minéralisation on a subdivisé le fichier Excel en cinq catégories : gisements, indices, points de minéralisations, anomalies géochimiques et anomalies minéralogiques

✓ **Gisement** : Est un assemblage naturel de matière minérale dans le sous-sol prête à l'exploitation vu sa qualité et quantité, dans notre région on observe que les gisements se concentrent au centre et au Sud dans la partie sud de la feuille (fig.24)

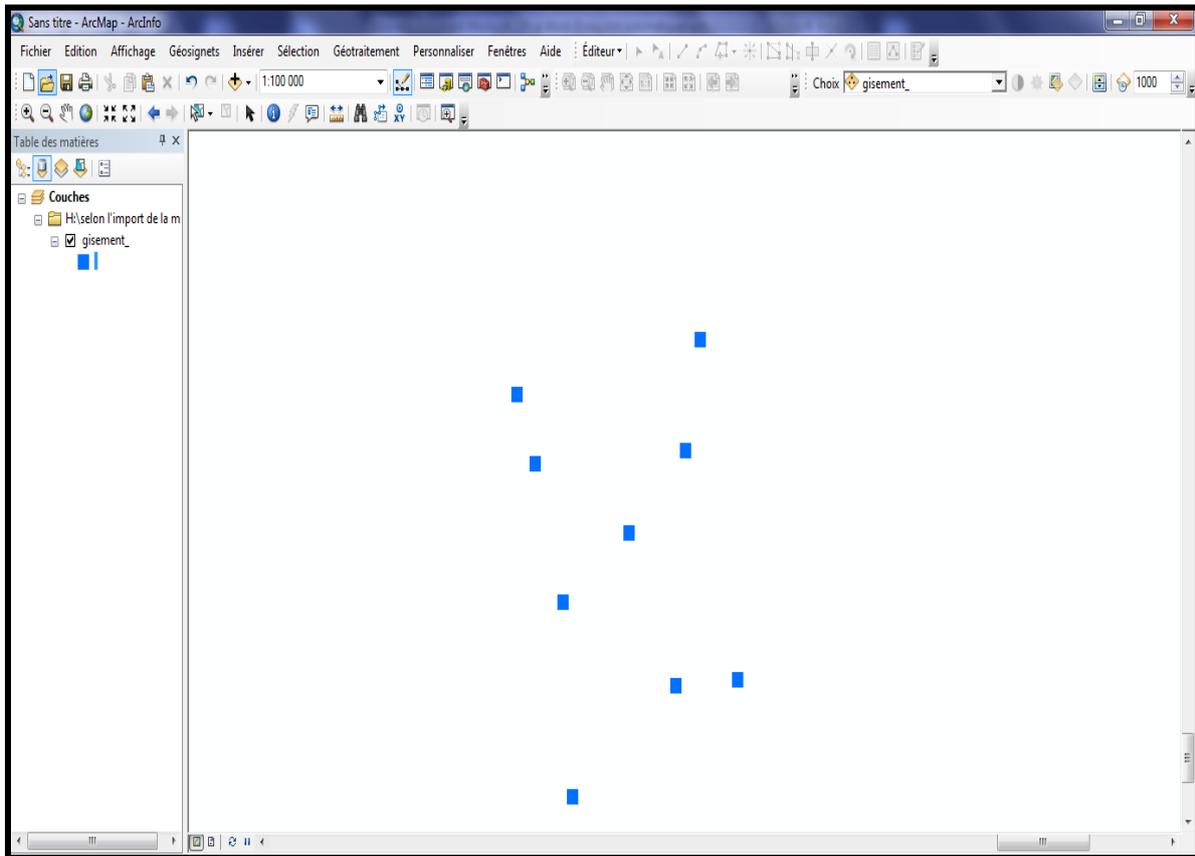


Fig.24 : Vectorisation de la couche " Gisements "

-Indice ; Est un assemblage de matière minérale dans le sous-sol dont la qualité est conforme aux normes de l'industrie imposée aux gisements, mais de faible quantité, on remarque que seulement quelques indices sont répartis dans notre région d'étude, la couche d'information vectoriel est représenté par des points (fig.25)

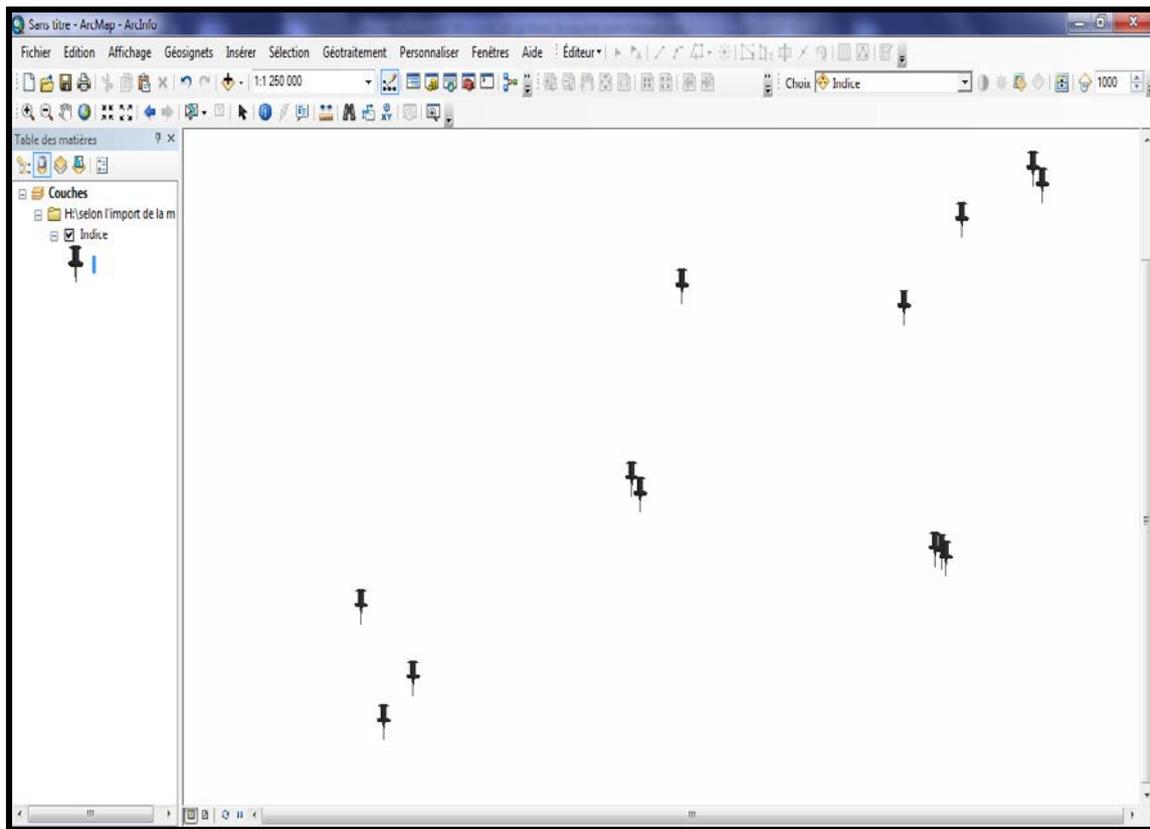


Fig.25: Vectorisation de la couche "Indices"

-Point de minéralisation : Il s'agit d'une accumulation minérale chétif en ressources et en qualité, mise en évidence visuellement et consentie par des résultats d'échantillonnage. Dans notre région que cette dernières sont très denses et occupent la majeure partie de la région d'étude, cette couche d'information est présenté aussi par des points (fig.26)

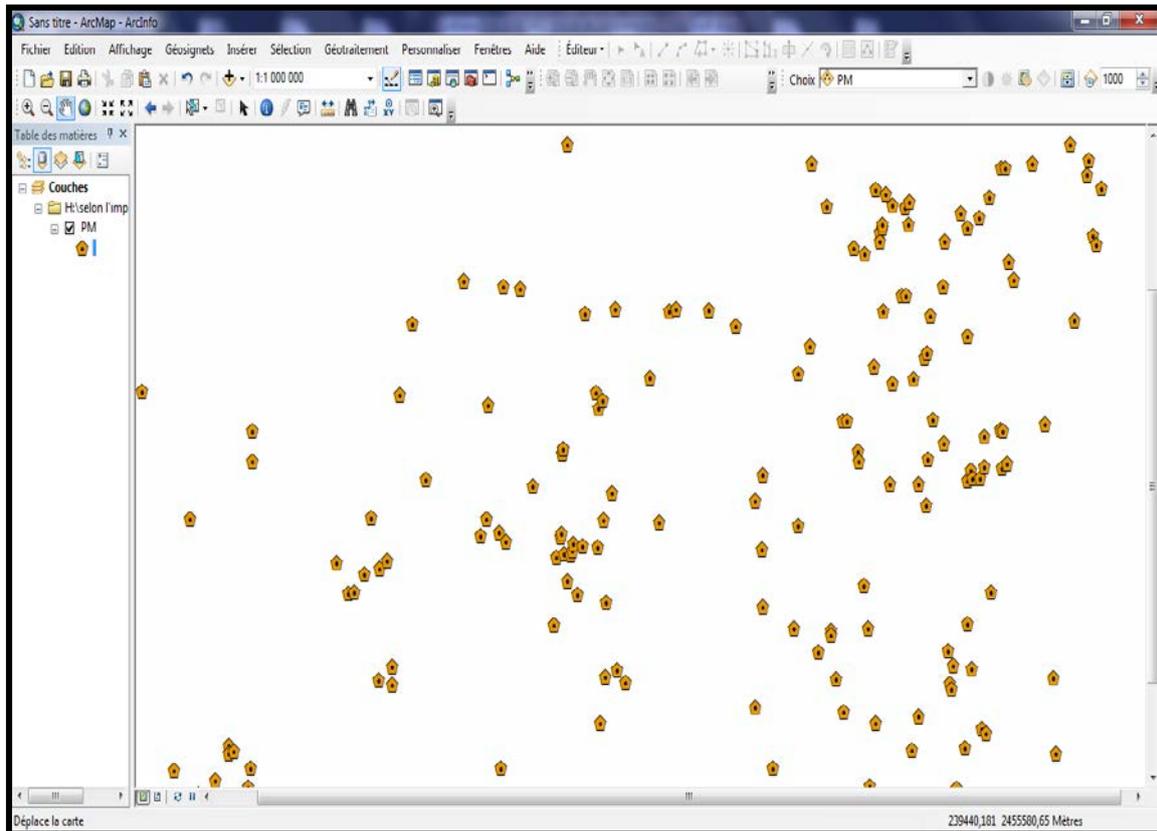


Fig.26 : Vectorisation de l'information "Points de minéralisation"

-Anomalie minéralogique : Accumulation minérale à teneur élevée en composants utiles par rapport au Clark de concentration dans la lithosphère obtenue par analyse spectrale dans les fonds de batées. On observe que dans notre région d'étude l'anomalie minéralogique est également moins dense (fig.27)

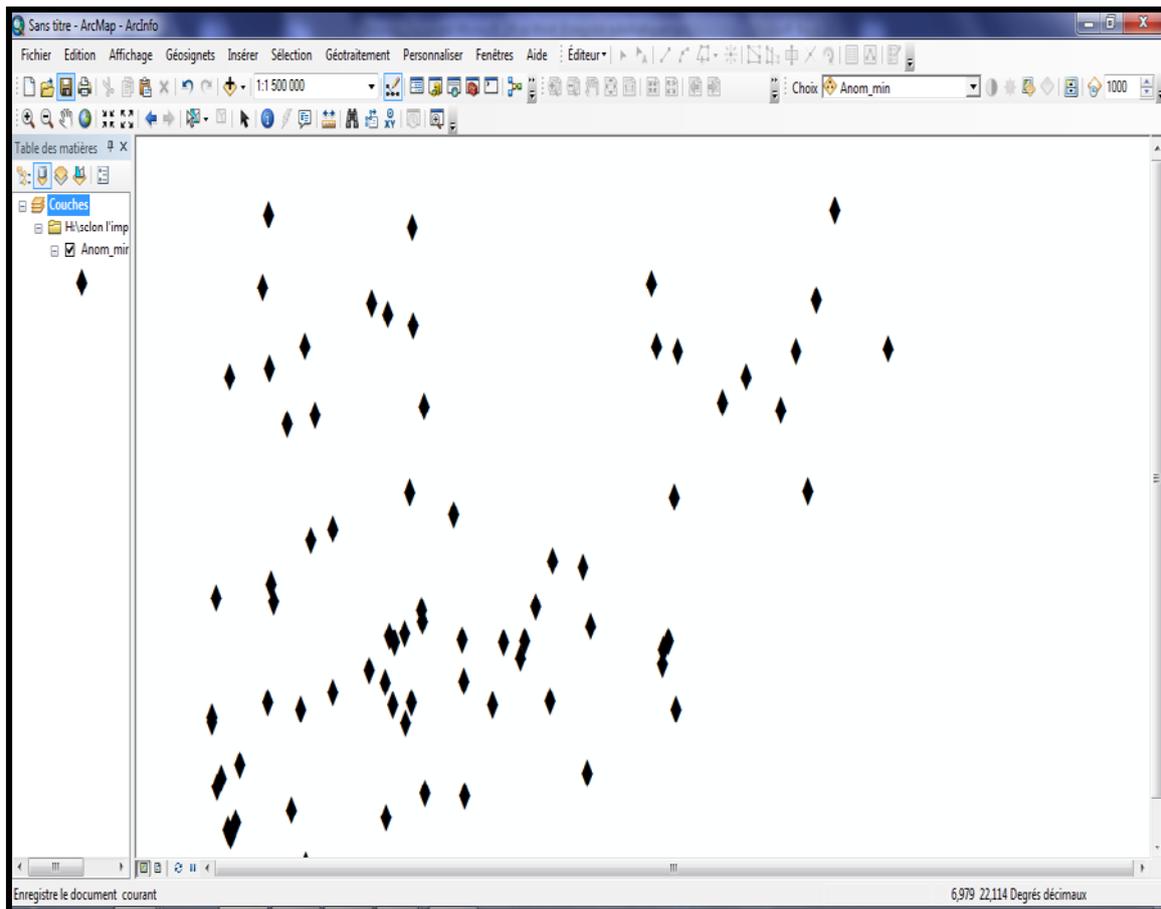


Fig.27 : Vectorisation de la couche "Anomalie minéralogique"

✓ Anomalies géochimiques : Il s'agit d'accumulation minérale à teneur élevée en composants utiles par rapport au Clark de concentration dans la lithosphère. Dans notre région d'étude les anomalies géochimiques sont très denses par rapport aux anomalies minéralogiques, cette couche d'information est représentée par des points (fig.28)

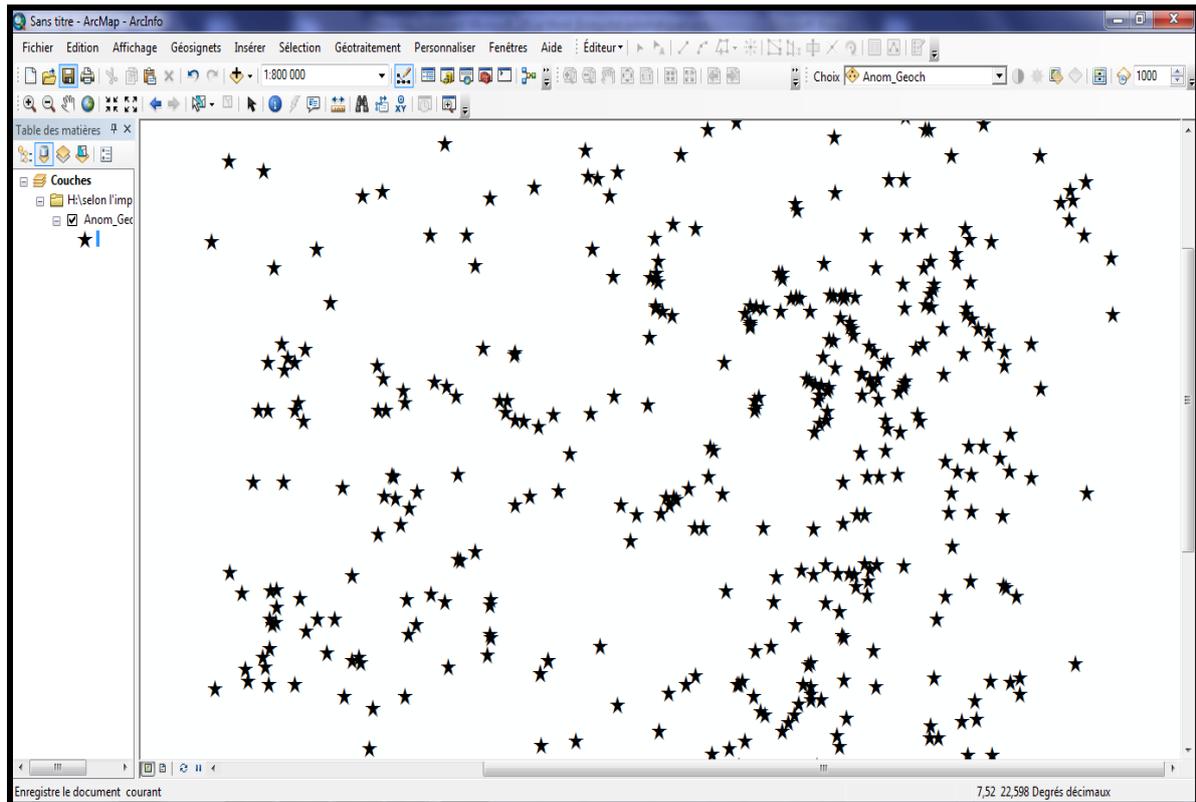


Fig.28 : Vectorisation de la couche "Anomalie géochimiques"

Ainsi l'ensemble des couches d'informations sur les occurrences minérales de la région d'étude sont au nombre de 07, l'affichage de ces couches (Fig.29) permet d'observer une bonne densité de la minéralisation dans la région d'étude ce qui montre l'importance de cette région pour les chercheurs géologues et miniers.

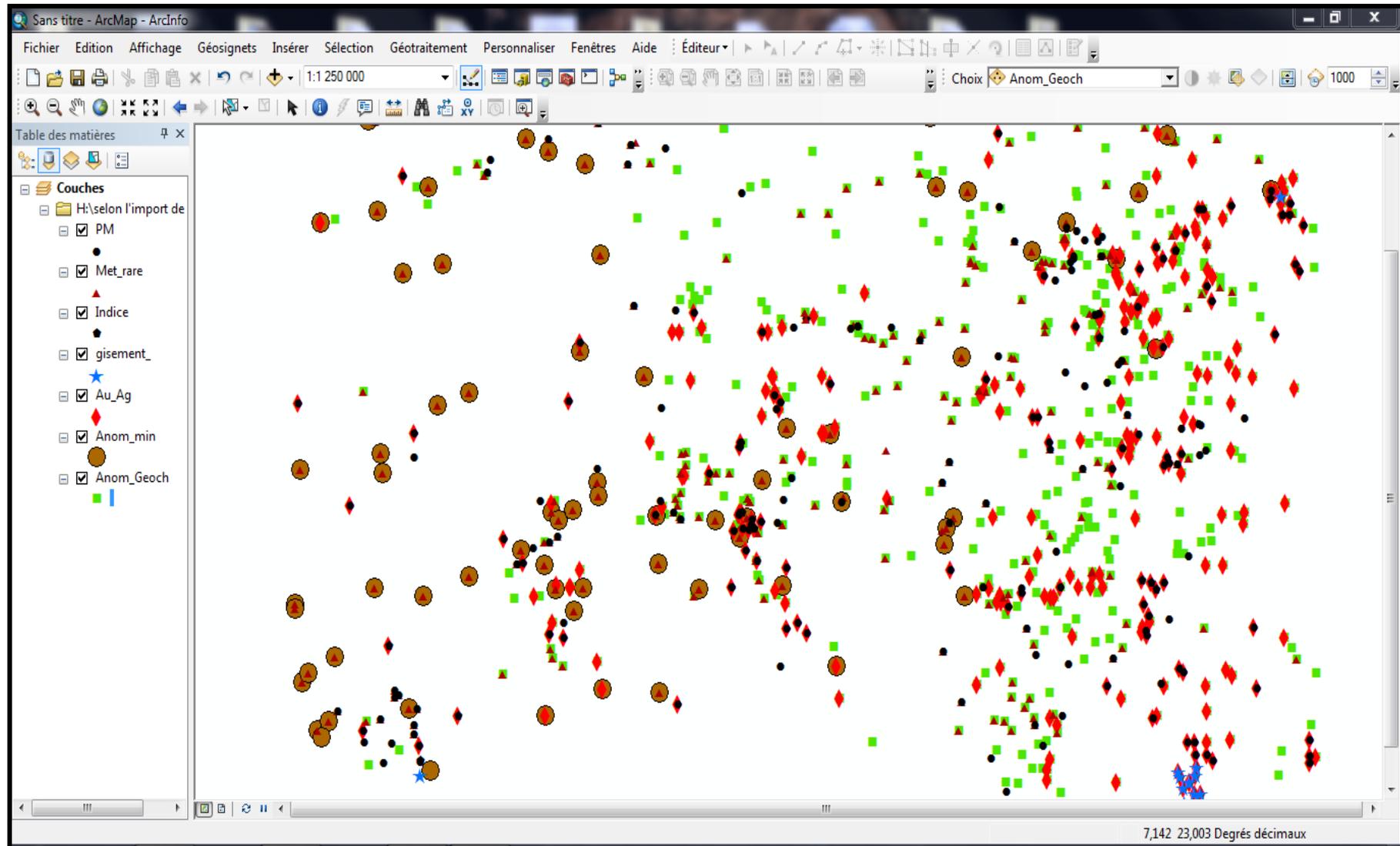


Fig.29 : Vectorisation de l'information "Minéralisation"



***Conclusion
Générale***

Conclusion générale

Au terme de ce modeste travail, l'objectif qui consiste à la réalisation d'un système d'information géographique appliqué à la géologie et aux minéralisations de la feuille 1/500.000 de Tazrouk (Hoggar) a été atteint.

En effet, ce travail a été réalisé par compilation d'un grand nombre de données géologiques et géologiques ayant permis l'édification d'un SIG complet pour la région d'étude.

Les entités litho-stratigraphiques ont été représentées par dix-sept (17) couches, couches caractérisant l'information litho-stratigraphiques. Les formations magmatiques sont représentées par 26 couches. Les accidents tectoniques sont répartis en cinq couches d'information (faille régional, chevauchements, failles mylonitiques, faille aghefsa, failles 7°30 et 8°30)

L'information concernant les occurrences minérales de la région d'étude a été rangée en sept couches d'information vectorielles, réparties en deux grandes catégories distinctes: Deux couches représentant la nature de la minéralisation (Or et Argent, Métaux rares). Selon leurs importances la minéralisation est représentée par cinq couches (Gisements, indices, Points de minéralisation, anomalies géochimiques et anomalies minéralogiques.

Ces deux types d'informations géo-scientifiques sont maintenant en format vectoriel. Ce qui facilite d'avantage leur affichage, traitement et mise à jour ainsi qu'une meilleure analyse et visualisation des résultats. Ce qui peut servir comme un excellent outil d'aide à la prise de décision pour diverses spécialités en géologie et en particulier les géologues

En outre, le « SIG Tazrouk » nous a permis de :

- Créer une nouvelle forme de stockage de données numériques renfermant un grand volume de données géologiques et géologiques de manière définitive.
- Ces données à références spatiales permettent une localisation précise de l'information recherchée.
- Il permet d'actualiser et de convertir des données sans avoir recours à d'autres formes de données.

Le SIG permet à l'avenir un traitement géomatique, la production et dérivées des cartes thématiques

Annexe

Type de gite	Coordonnées décimales		Element principale		Element secondaire	
	X	Y				
A,M	7,45416667	22,95	Etain			
A,M	7,58333333	22,9333333	Etain			
A,G	7,9375	22,9708333	Etain		W,Mo,Bi	
A,G	7,14722222	22,8833333	Tantale	Niobium		
A,G	7,16111111	22,8861111	Béryllium			
A,G	7,44583333	22,8694444	Etain	Béryllium		
A,G	7,62916667	22,8583333	Tungstène		Sn	
P,M	7,74583333	22,8916667	Tantale		Nb	
P,M	7,93055556	22,8625	Tantale		Nb	
A,G	7,14444444	22,8333333	Béryllium			
A,G	7,16111111	22,8555556	Béryllium			
A,G	7,225	22,8125	Béryllium			
A,G	7,25	22,8333333	Béryllium			
A,G	7,2875	22,8333333	Tungstène		Li	
A,M	7,38333333	22,8166667	Etain	Tungstène		
P,M	7,90833333	22,8083333	Tantale		Nb	
A,M	7,07222222	22,7222222	Tantale			
A,G	7,12916667	22,7666667	Etain		W	
A,G	7,14583333	22,7833333	Tungstène	Etain		
A,G	7,13611111	22,75	Tungstène	Etain		
P,M	7,125	22,7333333	Tungstène			
A,G	7,34166667	22,7666667	Béryllium		Sn	
A,G	7,34583333	22,7583333	Tantale		Nb	
A,G	7,34166667	22,7666667	Béryllium		Sn	
A,G	7,34583333	22,7583333	Tantale		Nb	
A,G	7,34166667	22,7666667	Béryllium		Sn	
A,G	7,34583333	22,7583333	Tantale		Nb	
A,G	7,5375	22,75	Niobium			
A,G	7,62222222	22,7708333	Etain			
A,G	7,73888889	22,7388889	Etain		W,Li,Ti	
A,G	7,75555556	22,7625	Etain		W,Li,Ti	
A,G	7,73888889	22,7388889	Etain		W,Li,Ti	
A,G	7,75555556	22,7625	Etain		W,Li,Ti	
A,G	7,14305556	22,7194444	Tungstène		Sn	
P,M	7,14583333	22,7152778	Tungstène			
A,M	7,24583333	22,7125	Tungstène			
A,M	7,31666667	22,6666667	Tungstène			
A,G	7,37083333	22,6777778	Tantale		Nb	
A,G	7,37083333	22,6777778	Tantale		Nb	
A,G	7,37083333	22,6777778	Tantale		Nb	
A,G	7,44166667	22,7	Etain		W,Li,Ga	
A,M	7,94166667	22,7166667	Etain			
P,M	7,92916667	22,7055556	Tantale		Ni	

A,G	7,90833333	22,6833333	Tungstène		
A,M	7,92083333	22,6916667	Tungstène		
A,G	7,36388889	22,6083333	Etain		W
A,G	7,74166667	22,6125	Etain		W,Li,Ti
A,M	7,91666667	22,65	Etain		
A,M	7,07916667	22,6	Tungstène		
A,G	7,18333333	22,5166667	Béryllium		
A,M	7,2	22,5333333	Tungstène		
A,G	7,375	22,5583333	Etain		W
A,M	7,44166667	22,5416667	Tungstène		
A,G	7,3875	22,5083333	Etain		
A,M	7,975	22,5166667	Tungstène		
P,M	7,91111111	22,3722222	Tungstène		Sn,Mo
A,M	7,08333333	22,2666667	Tungstène		
P,M	7,96666667	22,2416667	Tungstène		Mn,Au,Mo,Ge,Bi
A,G	7,70472222	22,1366667	Etain		Mo,Li,Ta,Nb
A,G	7,95833333	22,1666667	Tungstène		Mo

Type de gîte	Coordonnées décimales		Élément principale		Élément secondaire	
	X	Y				
Gisement	8,9	23,55	Or			
Gisement	6,38333333	22,05	Tungstène	Cuivre		
Gisement	8,63333333	22,0333333	Or		Cu,Pb,Zn,Ag,	
Gisement	8,65416667	22,0722222	Or			
Gisement	8,65	22,05	Or			
Gisement	8,60555556	22,0472222	Or			
Gisement	8,63333333	22,0333333	Or			
Gisement	8,66527778	22,0041667	Or			
Gisement	8,61388889	22,0194444	Or			
Gisement	8,64722222	22,0027778	Or			
Gisement	8,61666667	21,9805556	Or			
Gisement	8,6	22,0611111	Or			

Indice	23,1833	8,3686	Or		Cu,Ag,	
Indice	22,3869	6,2917	Or		Bi,Pb	
Indice	22,2050	6,4944	Or			
Indice	22,0889	6,3833	Etain			
Indice	22,5583	8,4917	Or		Ag,Cu,Pb,Se,Zr,Nb,Y,Ti,	
Indice	22,5519	8,5181	Or		Pb,Bi,As	
Indice	22,5333	8,5333	Or		Pb,Bi,As	

LISTE DES FIGURES

Chapitre I	Page
Figure 1 : Carte de localisation géographique de la région de Tazrouk.....	2
Chapitre II	
Figure2 : Carte de subdivision structurale de bouclier Touareg (Bertrand et Caby 1978)...	6
Figure3 : Carte de subdivision structurale de bouclier Touareg Black et al 1994).....	7
Chapitre III	
Figure 4 : Schéma structural de fa feuille à 1/500.000 de Tazrouk	29
Chapitre IV	
Figure 5 : Photo montrant un schéma explicatif du SIG (Société française de la photogrammètre et télédétection ,1989	33
Figure 6 : Photo montrant les données et réalité des SIG (PUF.1996)	33
Figure 7 : Photo montrant les données d'SIG (URBANE, 2006).....	34
Figure 8 : Photo montrant les couches d'un système d'information géographique (URBANI.2006)	35
Figure 9 : Photo montrant un exemple de quelque donnée raster (BONNET .2012).....	38
Figure 10 : Photo montrant des exemples des données vecteurs	39
Figure 11 : Photo montrant la représentation schématique de deux types de structure d'un SIG (Site ESRI France).....	39
Figure 12 : Photo montrant la structure de l'information géographique dans un SIG (Habert 2000)	41
Chapitre V	
Figure13 : Photo montrant la présentation de l'interface ArcCatalog	43
Figure 14 : Photo montrant la présentation de l'interface ArcMap.....	44
Figure 15 : Photo montrant la présentation de l'interface ArcToolbox.....	45
Figure 16 : Photo montrant la vectorisation de l'entité polygonale "Quaternaire".....	49

Figure 17 : Photo montrant la vectorisation des entités polygonales "lithologie"	
Figure 18 : Photo montrant la vectorisation de l'entité polygonale " granite tardi à poste anorogénique"	50
Figure 19 : Photo montrant la vectorisation de l'information polygonale sur le magmatisme	
Figure 20 : Photo montrant la vectorisation de l'information faille.....	51
Figure 21 : Photo montrant la vectorisation de l'information structurale	
Figure 22 : Photo montrant la vectorisation de la couche " Au, Ag"	52
Figure 23 : Photo montrant la vectorisation de la couche "Métaux rares"	53
Figure 24 : Photo montrant la vectorisation de la couche " Gisements "	54
Figure 25 : Photo montrant la vectorisation de la couche "Indices"	55
Figure 26 : Photo montrant la vectorisation de la couche "Points de minéralisation"	56
Figure 27 : Photo montrant la vectorisation de la couche "Anomalie minéralogique"	67
Figure 28 : Photo montrant la vectorisation de la couche "Anomalie géochimiques"	68
Figure 29 : Photo montrant la vectorisation de l'information "Minéralisation"	

Liste de tableau

Tableau 01 : Avantages et inconvénients des deux types de structure des SIG.....	40
---	----

Liste des abréviations

symbole	Désignation
ORGM	Office National de la Recherche Géologique et Minière
Pb	Plomb
Zn	Zinc
Fe	Fer
Cu	Cuivre
Au	Or
W	Tungstène
Ta	Tantale
Nb	Niobium
Sn	Etain
Ag	Argent
Be	Béryllium
Ce	Cérium
La	Lanthane
Y	Yttrium
F	Fluor
Sb	Antimoine
Mo	Molybdène
Ba	Baryum
Ni	Nickel
Co	Cobalt
Zr	Zirconium
Ga	Galium
Arsenic	As
Bi	Bismuth
Li	Lithium
SIG	Système d'Information Géographique

Bibliographie

Abdelkarim S. (2012)- contribution à l'étude de l'apport des SIG dans la gestion des risques générés par la canalisation de transport des hydrocarbures en Algérie .mémoire magister .Universalité Hadj LAKhdar Batna

Abderhmane B.(2008)- pétrologie et géochimie des séries basiques et ultrabasique ,précambrien de l'In Ouzzal et Hoggar central et leur relation avec l'encaissant .mémoire doctorat .UTHB Alger

Elhadj Tir. (2015) –analyse spatiale et cartographie de la régénération forestière post-incendie dans la willaya de Tissemsilt .mémoire magister .Université Aboubakr Belkaid – Tlemcen

Fatma M. (2013) – utilisation du SIG et la création d'une base de données pour l'inventaire et la description du patrimoine géologique de la wilaya de Sétif .Université de Sétif 1

Hocine Z.(2006) –pétrologie ,géochimie ,géochimie isotopique et géochronologique Rb, Sr du massif granitique Arirer (terrane Aouzegueur ,Hoggar oriental) mémoire magister .USTHB Alger

Ismahan Ch. (2008) –apport de la minéralogie des tourmalines à la métallogénie de l'or .exemples des indices du terrane d'Iskel (Hoggar occidental) .mémoire magister .USTHB

Jing Li. (2011) – l'application du système d'information géographique dans l'urbanisme .mémoire de master .Université Jean Mannel-Saint Etienne

Khaled Z. (2012) – élaboration d'un système d'information géographique (flore) dans la willaya de Sétif .mémoire magister. UFAS Sétif

Khaled L - structurale des séries Eburnéen et les granites de la région de Tin Beggane (Hoggar central Algérie) .mémoire doctorat .USTHB Alger

Nadia B.-diversité métamorphique des Gour Oumlalen (NE Hoggar) Mémoire doctorat .USTHB

Nasreddine B. (2001)-interprétation des données aérogeophysique acquises au-dessus du Hoggar oriental .mémoire doctorat .USTHB

Sabiha B-T. (2014) géochronologie et contexte géodynamique des granitoïdes panafricain de l'Amsel (Hoggar). Mémoire doctorat .USTHB

Saida Ait Djafer. (2008)-les anorthosites et les roches associées exemple de l'In Ouzzal et de Tin Zebane (ouest Hoggar) aspect pétrologique, géochimique et géochronologique .mémoire doctorat d'état .USTHB Alger

Samia N. (2006) – pétrographie, géochimie et minéralogie du massif d'Ebelekame (Hoggar central), minéralisation associées a tantale, niobium et étain cristalochimie des micas et niobo-tantalites. Mémoire magister .USTHB

Yasmine S et Mohamed Y. (2008) –étude pétrographique et minéralogique du gisement de Nahda .mémoire ingénieur .USTHB Alger

Zoubida Nardjes L. (2015) –élaboration d'un SIG pour la cartographie de la région de Mekalis –Tirkount .mémoire de master .Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen