



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

**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI OUZOU.
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES.**

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master .

Option: Ressources Minérales et Environnement.



Encadré par :

M. ZEGHOUANE. H

**Réalisé par : BELKEBIR. Feyrouz
HAMZAOUI. Meriem**

Soutenu publiquement le : 21/09/2017

Les membres du jury :

- | | |
|--|--------------|
| • Mr .AMROUCHE.F : MAA, U.M.M.T.O | Président |
| • M ^{me} IZZRI : MAA, U.M.M.T.O | Examinatrice |
| • Dr. ZEGHOUANE.H : MCB, U .M.M.T.O | Promoteur |

Promotion : 2016/2017

Remerciements

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

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

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

Nous sommes très contentes que **M^{me} IZRI a** accepté d'examiner ce travail. Elle a toujours fait preuve d'une grande générosité envers tout le monde et n'a jamais hésité à nous tendre la main.

Nous à remercier aussi nés chers professeurs de département des sciences géologie par qui on a été entouré durent le cursus pour leur bien vaillance, leur encadrement et leur dévouement.

Nous remercions également toute l'équipe pédagogique des sciences de la terre de l'UMMTO.

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A ma Mère :

« Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.

Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance qui je te porte.

En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée ».

A mon père :

« L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que Dieu te Préserve et te procure santé et longue vie ».

*A mes chères soeur **Wahiba, Lydia, Wissam et Amel** ainsi leur enfants **Issam et Darrin** que présente dans tous mes moments d'examen par leur soutien moral. JE leur Souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.*

*A tous les membres de ma famille surtout **lina**.*

*A tous mes amies et mes collègues d'études (**Mouna, Malika, Tiziri, Fariza, Nadia et Sabrina**.....) et ma sœur de cœur **Ahlam** qui étaient toujours là pour moi et pour ses multiples encouragements.*

*A ma chère binôme **Feyrouz** qui a eu la patience de me supporter durant ce mémoire.*

*Je n'oublierai pas un Spécial dédicace à mon **fiancé** pour sa patience, son amour, son Soutien et son encouragement.*

H.Meriem

Dédicace

Je tiens tout d'abord à Dédier ce modeste travail à la mémoire de mon **père** et celle de mon **grand-père**.

A ma mère « **Yemma Zahoua** »

A ma mère **Nadia** pour ses sacrifices et pour les encouragements et le soutien qu'elle a su m'apporter tout au long de mes études.

A mon adorable frère **Aghilas** pour m'avoir aidé.

A mes sœurs **Fatima, Yamina, Nadia, Dihya, Nouria** et **Sabiha**.

A mes nièces **Louiz** et **Zahra**.

A mes neveux **blaid, idir, abdelhak salah et ilyas**.

A ma tante **Milia**.

A toute ma grande **famille**.

A mon mari **Adel** et sa **mère** et toute la famille **kacimi**.

A tous mes amis surtout **karim** et ma binôme **Meriem**.

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

feyrouz

Résumé

Depuis l'avènement de l'outil informatique, les systèmes d'information géographiques (SIG) sont devenus de nos jours un outil puissant et incontournable d'analyse.

Dans le présent mémoire, on se propose de réaliser un SIG géologique et minier de quatre feuilles au 1 /200 000 de Hoggar qui sont arak,ouallen,tin-sennaset,tin-tanetfirt. Le travail consiste à extraire et mettre sous forme de couches d'information vectorielles l'ensemble des entités géologiques et Géologiques (lithologie, magmatisme, tectonique et minéralisations) à fin de mieux appréhender et comprendre la répartition des minéralisations de la région étudiée.

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

La vectorisation des feuilles Ouallen, Arak, Tin-tanetfirt et Tin-senasst permet de mettre en évidence la relation entre les différents affleurements et faciliter l'étude ciblée des points minéralisés.

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

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

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicace

Résumé

Sommaire

Listes de figures

INTRODUCTOIN GENERALE

- I. But et objectif du travail1
- II. Présentation de la région d'étude2

CHAPITRE I : GEOLOGIE REGIONALE

- I.1. INTRODUCTION4
- I.2. GEOLOGIE Du HOGGAR5
 - I.2.1. Introduction5
 - I.2.2. Subdivisions structurales du Hoggar8
 - I.2.3. Notion de terranes10
 - I.2.4. Formations litho-stratigraphiques13
 - I.2.5. Evénements tectono-métamorphiques13

CHAPITRE II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

Partie Ouest : OUALLEN -Tin Senasset

- II.1. INTRODUCTION**14
- II.2. STRATIGRAPHIE**15
 - II.2.1. Archéen15
 - ✚ Complexe d'In Ouzzal15

II.2.2. Protérozoïque (PR)	16
II.2.2.1. Protérozoïque inférieur (PR1)	16
II.2.2.2. Protérozoïque supérieur (PRZ)	18
II.2.3. Paléozoïque (C)	21
II.2.3.1. Cambrien inférieur (Cpr)	21
II.2.3.2. Ordovicien (O)	22
a) Ordovicien inférieur (O1)	22
b) Ordovicien inférieur et moyen (O1-2)	23
c) Ordovicien supérieur (O3)	23
II.2.3.3. Silurien (S)	23
II.2.3.4. Dévonien (D)	24
a) Dévonien inférieur	24
b) Dévonien moyen (D2)	25
c) Dévonien Supérieur (D3)	26
II.2.4. Quaternaire (Q)	27
a) Quaternaire-Actuel - Dépôts fluvio-torrentiels des oueds - (QIII-IV)..	27
b) Quaternaire-actuel - Dépôts indifférenciés de pentes et torrents (QIV).....	28
II.3. MAGMATISME	28
II.3.1. Les intrusions du Protérozoïque inférieur	28
a) Les ultramafites	28
b) Les gabbroïdes (γ PR1)	29
c) Les granitoïdes ultramétamorphiques du Tassendjanet (G1)	30
II.3.2. Intrusions du Protérozoïque supérieur	30
✚ Complexe Ouallen (à gabbro-tonalite-syénite)	31
✚ Complexe Tin Senasset	32
II.4. TECTONIQUE	35
II.4.1. Les déformations antépanafricaines	36
II.4.2. Les déformations panafricaines	36
II.4.3. Les mouvements postérieurs à la tectonique majeure.....	37

II.5. MINERALISATION	38
II.5.1. Minéraux utiles métalliques	39
II.5.2. Substances utiles non métalliques	40

Partie Est : Arak – Tin Tenetfirt

II.1. CADRE GEOLOGIQUE DE LA REGION	41
II.2. STRATIGRAPHIE	41
II.2.1) Protérozoïque Supérieur	41
II.2.2) Dépôts du Paléozoïque Inferieur non-divises Tassili (Pz1)	43
II.2.3) Roches quaternaires	43
a) Les alluvions	43
b) Les dépôts éluvo-diluvien	44
c) Les terrains torrentiels et diluviens	44
II.3. FORMATIONS MAGMATIQUES	44
1) Granites anatectoniques	44
2) Roches intrusives (64, 65)	44
3) Roches intrusives de composition neutre et basique	45
4) Gangue filoniennes	46
II.4. TECTONIQUE	46
1. La série volcano-sédimentaire (Ph2)	46
2. La série volcanogène (Ph3)	47
3. La série sédimentaire (analogue de la série "pourpre")	47
II.5. MINERALISATION	48

CHAPITRE III : LES SIG : GENERALITES

III.1. Introduction	50
III.2. Définition de SIG	50

III.3. Les composantes d'un SIG	51
1. Logiciels	51
2. Matériel	52
3. Données	52
➤ Données géographiques	52
➤ Données attributaires	52
➤ Métadonnées	52
4. Les utilisateurs	53
5. Méthodes	53
III.4. Présentation des données dans un SIG	54
1) Mode raster	54
2) Mode vecteur	54
3) Comparaison des Modes vecteurs et rasters	56
III.5. Structure de l'information géographique dans un SIG	57
III.6. Que nous permet de faire un SIG?	58
III.7. Les domaines d'application	59
III.8. SIG et Géologie	59
1. Construction du SIG géologique	59
2. Architecture du modèle spatial	60
3. Méthode de construction d'un SIG	60
III.9. SIG SOUS ARCGIS	61
1. Définition du logiciel Arc Gis	61
2. Présentation du logiciel ArcGIS 10	61
➤ ArcMap	61
➤ ArcCatalog	62
➤ ArcToolBox	64
3. Le document MXD	66
 CHAPITRE IV : LE SIG OUELLEN	
IV.1. Application à La région d'étude	68
Introduction	68
IV.1.1. Etapes suivies pour la réalisation du projet	68
❖ <u>Rappels et explications</u>	68

• Systèmes de coordonnées géographiques_.....	68
• Systèmes de coordonnées projetées	69
IV.1.2. Géoréférencement	69
A) Démarrer le logiciel ARCGIS	69
b) Se connecter à un dossier	69
c) Attribution de la référence spatiale	70
d) Géoréférencement de la carte	73
IV.1.3. La vectorisation des différentes formations géologiques	74
❖ Les étapes de la vectorisation d'une carte à l'aide d'ArcGIS.....	74
IV.2. La vectorisation des différentes formations géologiques	76
IV.2.1. Vectorisation de l'information surfacique (Polygone)	76
✚ Lithologie	76
✚ Magmatisme	79
IV.2.2. Vectorisation de l'information linéaire (Polyligne)	79
✚ Tectonique	79
IV.2.3. Vectorisation l'information ponctuelle (Point)	82
✚ Minéralisation	82
IV. 3. Mise en page	86
<u>CHAPITRE V : CONCLUSION GENERALE</u>	88

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES ANNEXES HORS TEXTE

- Carte géologique au 1/ 200 000 de la feuille de Ouallen.
- Carte géologique au 1/ 200 000 de la feuille d'Arak
- Carte géologique au 1/ 200 000 de la feuille de Tin Tanetfirt
- Carte géologique au 1/ 200 000 de la feuille de Tin Senasset

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE

- **Fig .1** : Carte géologique de Hoggar présentant la région d'étude

CHAPITRE I

- **Fig.I.1** : Carte Géologique simplifiée du bouclier Touareg (Black et al., 1994 ; Liégeois et al., 2003)
- **Fig.I.2** : Esquisse géologique du Hoggar (Bertrand et Lasserre, 1976)
- **Fig.I.3** : Subdivision structurale du bouclier Touareg (Bertrand et caby 1978)
- **Fig.I.4** : Subdivision structurale du bouclier Touareg (Black et al 1994)
- **Fig.I.5** : Carte des terranes du bouclier targui (Black et al, 1994)
- **Fig.I.6** : Situation des terranes du Hoggar central et oriental vers 600Ma. (Liégeois et al, 2000).

CHAPITRE II

- **Fig II.1** : Schéma structural de la région de Ouallen et Tin Senasset

CHAPITRE III

- **Fig III.1:** Base de données géographiques
- **Fig III.2** : Composante d'un SIG
- **Fig III.3:** Taille/dimension de la représentation de la donnée
- **Fig III.4:** Exemple de quelques données Raster (BONNET M.2012)
- **Fig III.5:** Exemple de données vecteurs
- **Fig III.6:** Mode de représentation de l'information géographique dans un SIG
- **Fig III.7** : Structure de l'information géographique dans un SIG (Habert, 2000)
- **Fig III.8:** Présentation de la fenêtre ArcMap
- **Fig III.9:** Présentation de la fenêtre ArcCatalog
- **Fig III.10:** Fenêtre ArcCatalog au travers ArcMap
- **Fig III.11** : Fenêtre ArcToolBox
- **Fig III.12:** fenêtre d'enregistrement
- **Fig III.13:** fenêtre des propriétés de la carte
- **Tableau III. 1** : Avantages et inconvénients des deux modes raster et vecteur

CHAPITER IV

- **Fig IV.1** : Une présentation d'interface d'ArcCatalog montrant l'icone connexion à un dossier
- **Fig IV.2** : la Propriété de la référence spatiale dans ArcCatalog
- **Fig IV.3**: la Propriété de la référence spatiale dans ArcMap
- **Fig IV.4** : Géoréférencement de la carte géologique
- **Fig IV.5** : Ouvrir un nouveau fichier de formes
- **Fig IV.6** : fenêtre de fichier de forme
- **Fig IV.7** : outil Editeur
- **Fig IV.8** : Présentation du Quaternaire vectorisé de la feuille TIN-SENASSET
- **Fig IV.9** : Présentation de Dévonien vectorisé de la feuille TIN-SENASSET
- **Fig IV.10** : Présentation de l'information lithologique vectorisée de la feuille TIN-SENASSET
- **Fig IV.11** : Vectorisation des formations magmatisme de la feuille TIN-SENASSET
- **Fig IV.12** : Présentation des différentes failles vectorisées de la feuille TIN-SENASSET
- **Fig IV.13** : Présentation des l'information linéaire vectorisée de la feuille TIN-SENASSET
- **Fig IV.14 .a** : Exemple de tableaux spécifique
- **Fig IV.14 .b** : Exemple de Fichier Excel
- **Fig IV.15** : vectorisation de la couche « Auréole primaire » de la feuille Oullene.
- **Fig IV.16** : vectorisation de la couche « Auréole géochimique » de la feuille Arak.
- **Fig IV.17** : vectorisation de la couche « poly-métaux Pb-Zn-Cu » de la feuille Ouallen.
- **Fig IV.18** : vectorisation de la couche « Métaux rares Sn-W-Be-Nb » de la feuille Arak.
- **Fig IV.19**: Carte géologique SIG de la feuille TIN-SENASSET
- **Fig IV.20**: Carte exporté de la feuille TIN-SENASSET

I. But et objectif du travail :

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

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

Notre SIG appliqué à la géologie et la minéralisation de feuilles de Ouallen, Arak, Tin-Senasset, Tin-Tanetfirt. à 1/200.000 a été établie à partir des cartes géologiques du Hoggar qui étaient réalisées par l'Office National de la Recherche Géologique et Minière (O.R.G.M).

L'objectif est l'application des connaissances théoriques et pratiques acquises au cours de notre cursus universitaire sur les sciences de la terre en général et les SIG en particulier dans le but de réaliser des cartes Géologiques SIG de notre région d'étude, cela passe par une Synthèse géologique et géologique de toutes les feuilles au 1 : 200.000 de Ouallen, Arak, Tin-Senasset, Tin-Tanetfirt.

Le but essentiel de notre étude est donc la création d'un système d'information géographique réunissant et conservant un large ensemble de données quantitatives et qualitatives relatives à la géologie et la minéralisation de notre région d'étude dont l'utilisation nous permettra la présentation des informations collectées et organisées sous forme de couches d'informations vectorielles.

II. La Présentation de la région d'étude

A – Situation géographique

La région de Ouallen est située au le nord-ouest du Hoggar occidental, à plus de 500 Km à l'Ouest de Tamanrasset et à 2500 Km au sud d'Alger.

Elle est située entre 24° et 26° de latitude Nord et 0° et 3° de longitude Est. Elle est bordée au nord par la feuille In Salah, à l'Ouest par l'Erg Chech, à l'Est par la feuille au 1/500 000 In Iker et au Sud par la feuille In Zize.

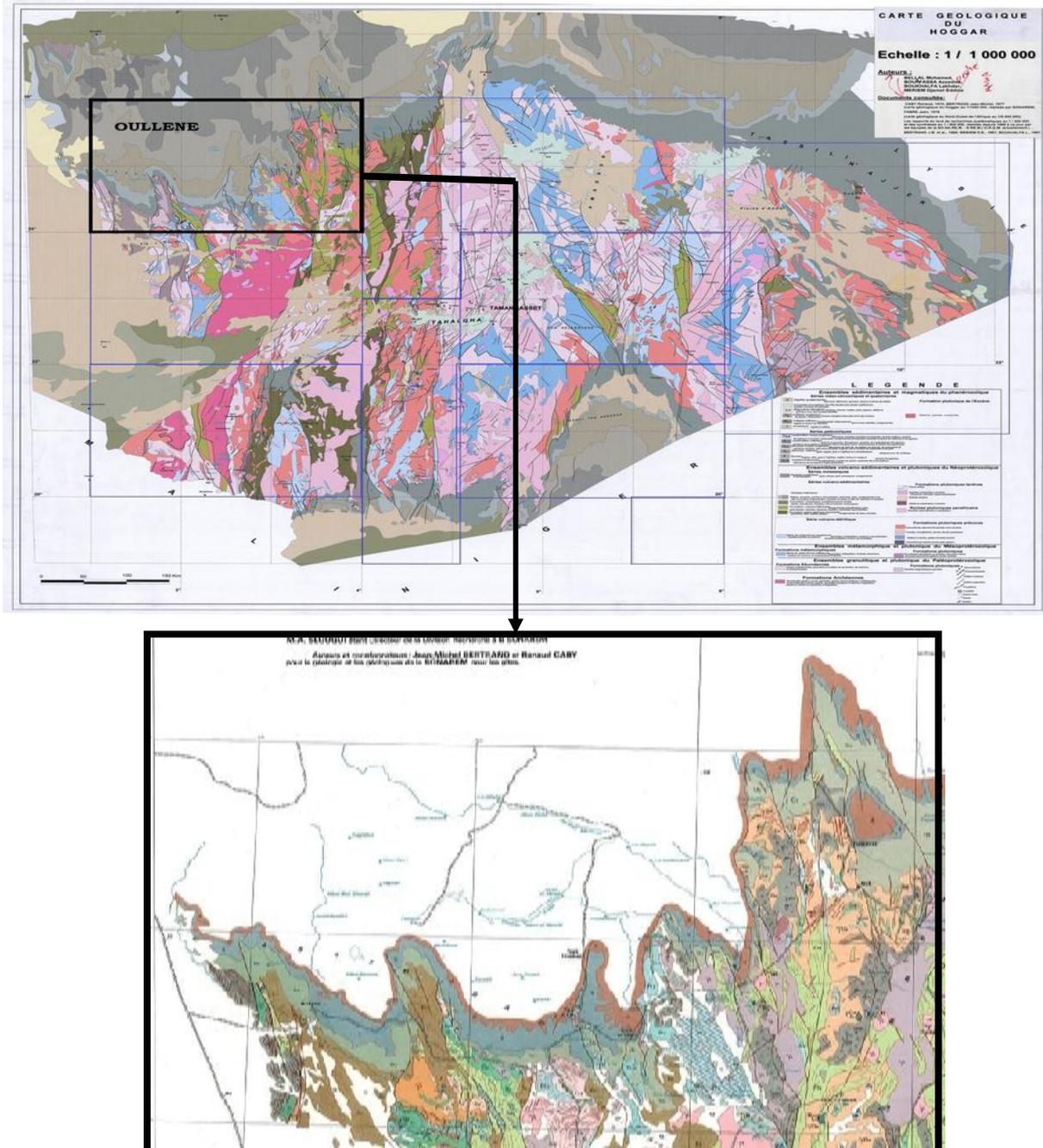


Fig .1 : Extrais de la carte géologie du Hoggar (région de Ouallen).

B – Climat, faune et flore

La région de Ouallen est une partie intégrante du Hoggar qui est caractérisée par un climat aride et sec avec un manque d'eau très caractéristique. Il présente de fortes fluctuations diurnes de température. En période estivale, les températures peuvent atteindre 40°C à 50°C.

L'hiver est moyennement tempéré, 20°C à 25°C et la température peut descendre jusqu'à 1°C la nuit (la période allant de novembre à février est la meilleure pour les travaux de terrain).

Les précipitations atmosphériques sont rares et souvent dévastatrices lors des grandes crues. Les vents de sable sont fréquents durant les mois de mars, avril, et mai où les sorties sur le terrain sont déconseillées durant cette période de l'année.

La population sédentaire est quasiment absente, quelques nomades s'installent autour des rares puits de la région.

La faune du Hoggar est typique des milieux désertiques, elle est représentée par les dromadaires, antilopes (gazelles et rares mouflons), les gerboises, scorpions, dops (espèces de lézard), vipères, couleuvres, fennecs, hyènes, et le guépard qui est signalé dans certains endroits.

La flore est très pauvre, elle pousse dans les lits d'oueds et certains points d'eau permanents, les plus connues sont : les tamaris, l'acacia (talha), les graminées sauvages, et l'armoïse.

C – Historiques des travaux

Les premiers travaux réalisés dans la région sont ceux du B.R.M.A en 1952.

De nombreux universitaires ont réalisé par la suite de nombreux travaux, on peut citer :

Lelubre. M (1962), sur la géologie du Hoggar, Caby. R (1971), sur la géologie du Nord-Ouest du Hoggar, Boukhalfa. L (2002) sur le Hoggar occidental, Ouzzegane. K et Haddoum. H, sur le môle In Ouzzal.

Les travaux réalisés par la Sonatrach sur la couverture Paléozoïque avec l'édition de quatre cartes géologiques à 1/200 000, (Tanezrouft, Merdoua, In Heguis, et Tin Senasset).

- Les travaux inédits réalisés par l'O.R.G.M (rapports internes).

CHAPITRE I :

GEOLOGIE REGIONALE

I.1.INTRODUCTION :

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

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

Des shear-zones majeures orientées Nord-Sud séparent le Hoggar en trois blocs cristaux à la géologie contrastée. Afin d'établir les différentes corrélations existantes entre ces différents blocs, de nombreux auteurs ont été amenés à concevoir le bouclier "Touareg" comme un ensemble de complexe de blocs exotiques pour aboutir au concept "d'amalgamation de microcontinents" et enfin à la notion de "terranes" pris en tenaille entre le Craton Ouest Africain et le Craton Est Saharien durant l'orogénèse panafricaine de 750 à 550 Ma (Liégeois et al., 1994 ; Black et al 1994 ; Liégeois et al 2000).(Fig.I.1)

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

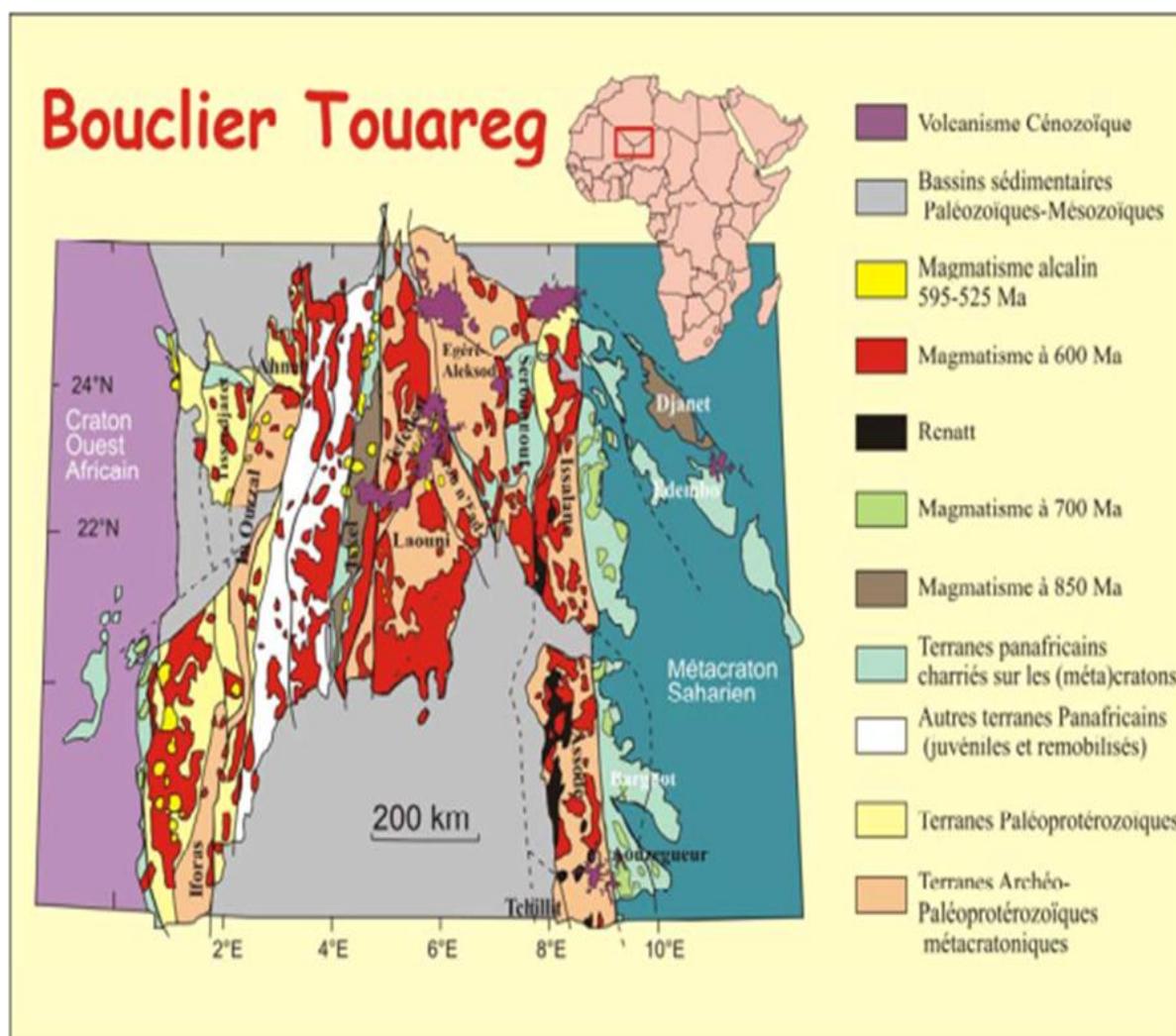


Fig.I.1 : Carte Géologique simplifiée du bouclier Touareg (Liégeois et al., 1998 ; Liégeois et al., 2003)

I.2.GEOLOGIE DU HOGGAR :

Le Massif du Hoggar affleure sur environ 500 000 km² dans l'extrême sud de l'Algérie et se Prolonge par l'Adrar des Iforas au Mali et par Massif de l'Air au Niger : ces trois massifs constituent le Bouclier Targui.

Conrad Killian (1932) et Maurice Lelubre (1952) sont les pionniers et leurs travaux ont servi de base à toutes les études et recherches postérieure. Ainsi plusieurs thèses ont été réalisées par Gravelle (1969), Caby (1970), Boissonas (1973), Bertrand (1974), Latouche (1978), Vitel (1979), Chikhaoui

CHAPITRE I : GEOLOGIE REGIONALE

(1982), Haddom (1984) et Ouzegane (1974). Actuellement les géologues s'intéressant au Hoggar sont très nombreux mais les études structurales sont plutôt rares et ceci est un frein pour la connaissance de ce vaste massif.

Trois grands domaines structuraux séparés par des accidents majeurs (les accidents de méridien 4°50 et 8°30) ont été défini par Bertrand et Caby (fig.I.2).

-le Hoggar occidental comprenant le rameau oriental et le rameau oriental séparés par le mole In Ouzzal.

-le Hoggar central polycyclique.

-le Hoggar oriental.

Les accidents de moindre extension de direction NW-SE vont jouer un rôle pendant l'évènement panafricain. Les données géochronologiques ont permis de définir trois évènements : l'archéen, l'éburnéen et le panafricain.

CHAPITRE I : GEOLOGIE REGIONALE

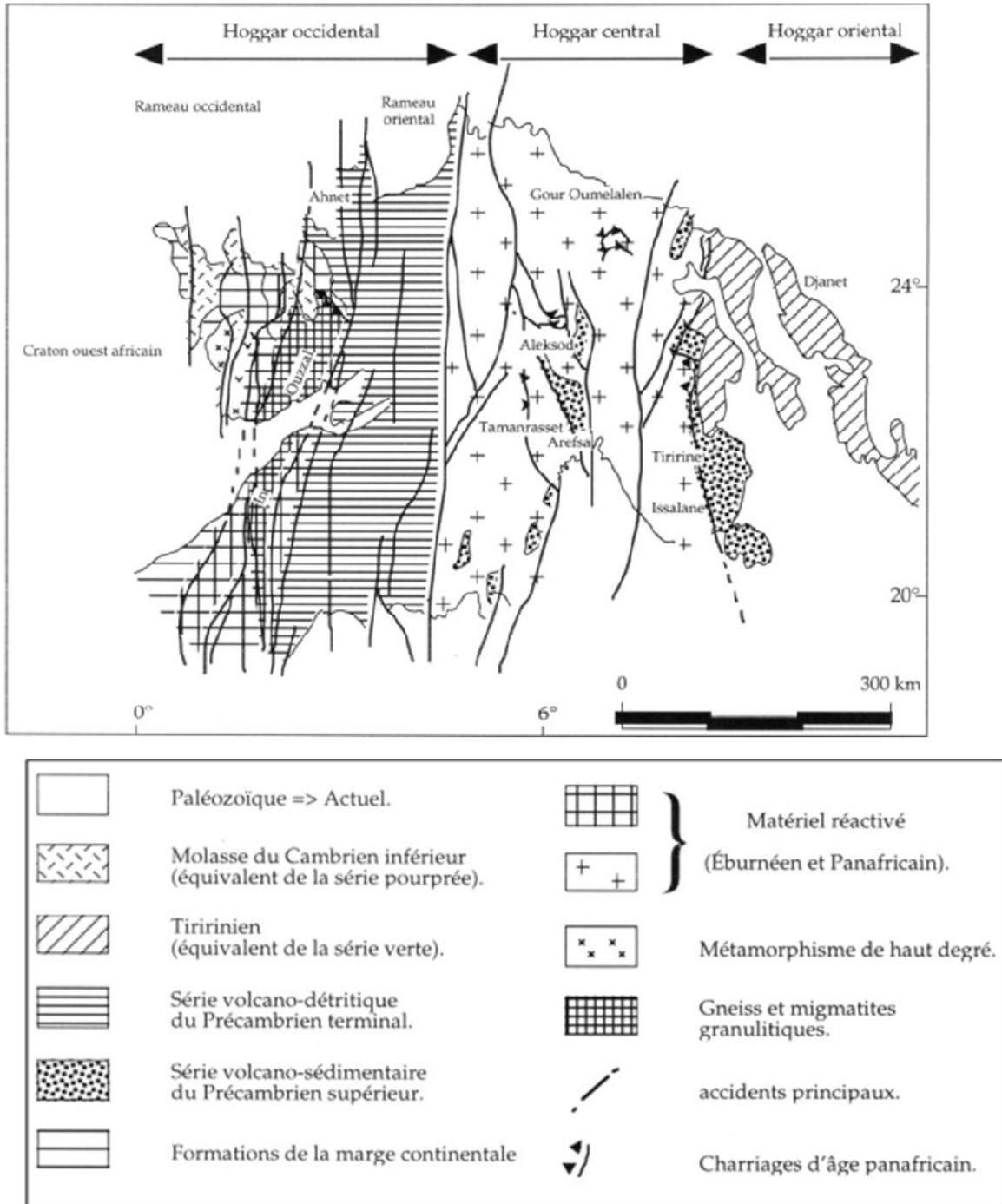


Fig.I.2 : Esquisse géologique du Hoggar (Bertrand et Lassere, 1976)

I.2.1- Subdivisions structurales du Hoggar :

La structure du Hoggar est caractérisée par la manifestation de grands cisaillements subméridiens d'ordres lithosphériques ($4^{\circ}50$ et $8^{\circ}30$) et de décrochements majeurs dextres NNE et senestres NNO qui lui confère une structure morcelée dont l'interprétation a évolué précieusement en fonction du temps. Trois grandes subdivisions structurales ont été proposées.

La première subdivision (de 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 Paléoproterozoïque. L'ensemble gneissique inférieur à dominance d'orthogénies et de rares méta sédiments (série Arechchoum) et l'ensemble gneissique supérieur à dominance méta sédimentaire (Série Egéré ou Aleksod)

-Le cycle pharusien au sommet est constitué également de deux ensembles volcano- sédimentaires monocycliques et moins métamorphiques d'âge Néoprotérozoïque.

Sur sa carte géologique à 1/500.000, M. Lelubre distingue deux grands blocs séparés par l'accident $4^{\circ}50$; le bloc Suggarien à l'Est et Pharusien à l'Ouest

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 des accidents majeurs $4^{\circ}50$ et $8^{\circ}30$ (fig.I.3)

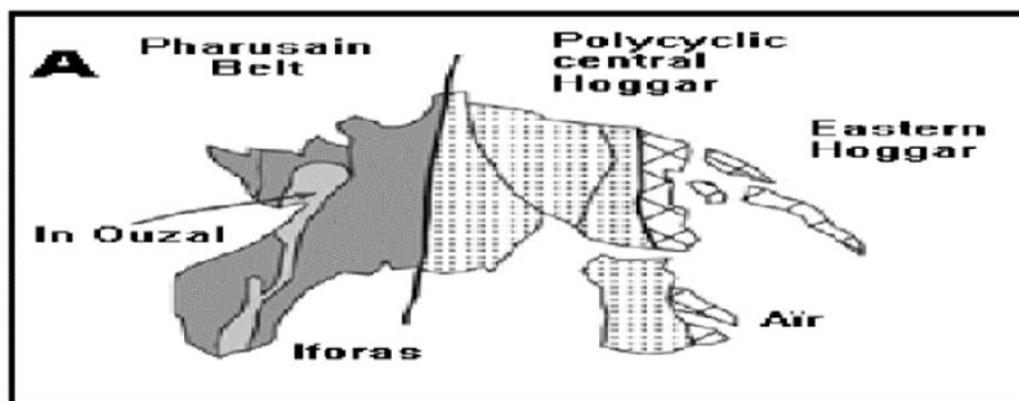


Fig.I.3. Subdivision structurale du bouclier Touareg (Bertrand et caby 1978)

CHAPITRE I : GEOLOGIE REGIONALE

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

-Le Hoggar central polycyclique, à dominance de terrains Paléoproterozoïque, 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 plutono- volcaniques d'âge Néoprotérozoïque constituant une partie du craton Est saharien.

La troisième subdivision (Black et al 1994) : Cette subdivision basée sur le concept d'assemblage des terranes a été testée avec succès en Aïr puis extrapolée à tout le bouclier touareg.(1.4)

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 .

Le test modèle

L'idée du modèle a germé en Aïr. 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 donnerait naissance par leur assemblage au Panafricain, à la chaîne panafricaine de l'Aïr.

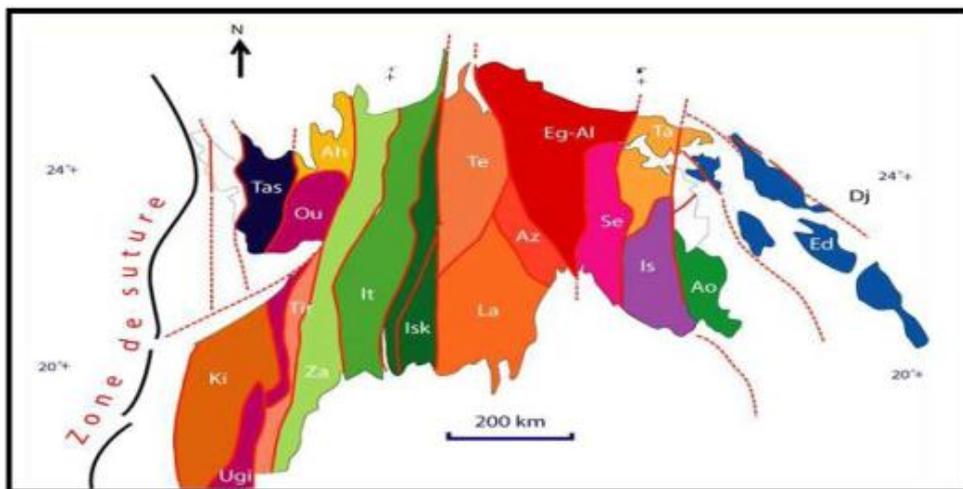


Fig.I.4. Subdivision structurale du bouclier Touareg (Black et al 1994)

➤ 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 occidental), Caby et 1989, Liégeois 1987 (Kidal, Tilemsi et Timetrine , Adrar des Iforas...etc.). 23 terranes ont été identifiés (Fig.I.4).

➤ 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). Le 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 métacratons 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 Paléoproterozoïque 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.

I.2.2- Notion de terranes :

Le Bouclier targui est défini comme un orogène de collisions multiples, constitué par un assemblage de 23 terranes (fig.I.5), amalgamés puis déplacés le long de "méga-shear zones" au cours de l'orogénèse panafricaine (Black et al, 1994 ; Liégeois et al, 1994 ; Liégeois et al, 2000 ; Caby, 2003; Liégeois et al, 2003). Bien que ces terranes se soient formés dans un même environnement paléo-géodynamique durant l'orogénèse panafricaine (Liégeois et al, 1994), ils se distinguent les uns des autres par leurs propres caractéristiques lithologiques, tectonométamorphiques et magmatiques.

➤ **Les terranes constituant les domaines du Hoggar :**

Géographiquement les 23 terranes, sont répartis comme suit à l'échelle de tout le Hoggar :

a) Le Hoggar oriental :

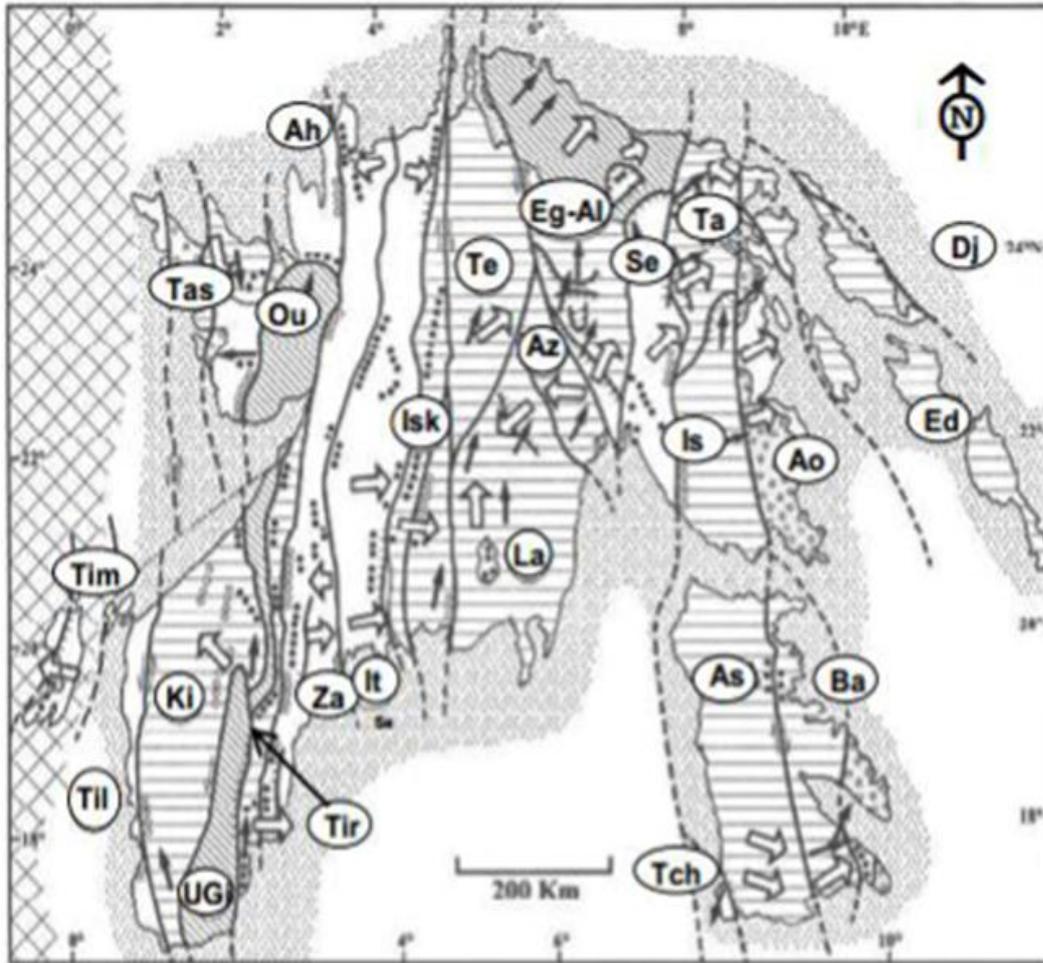
Cette partie du bouclier est constituée de trois terranes, partageant comme front commun la zone de cisaillement 8°30'. Ils sont accolés les uns aux autres par l'intermédiaire de failles orientées NNW-SSE. Il s'agit des terranes de : Djanet, Edembo, et d'Aouzegueur.

b) Le Hoggar central :

Il regroupe quatre terranes (Laouni, Azrou-n-Fad, Tefedest et Egéré-Aleksod), désignée par l'acronyme LATEA. Ce dernier est interprété comme un vieux micro-continent archéo-éburnéen, qui au Panafricain correspondait à une marge passive (Liégeois et al. 2000 ; Latouche et al. 2000). Un bloc oriental (terrane d'Assodé -Issalane), séparés par le terrane juvénile à ophiolites de Serouénout est aussi associé à la LATEA (Liégeois et al, 2003).

c) Le Hoggar occidental :

Au sein de cette entité panafricaine, le terrane d'In Ouzzal forme un bloc rigide isolé d'âge archéen, structuré et métamorphisé à l'Eburnéen (Haddoumetal., 1994). Ce bloc sépare le domaine occidental (terranes de l'Ahnet et de Tassendjanet) du domaine oriental (terranes de Tirek, Tin Zaouaten, In Teidini et d'Iskel).



LEGENDE :

West African craton	Mainly juvenile	Vergence	Terrane boundary
Slightly reworked	Early molasse	Stretching lineation	Other boundary
Strongly reworked	Late molasse	Thrust	
Phanerozoic	Potential ophiolite		

Dj: Djanet; Ed: Edembo; Ao: Aouzegueur; Ba: Barghot; As-Is: Assodé-Issalane; Tch: Tchilit; Ta: Tazat; Se: Serouénout; Eg-Al: Egéré-Aleksod; Az: Azrou-n-Fad; Te: Tefedest; La: Laouni; Isk: Iskel; It: In teidini; Za: Tin-Zaouatine; Tir: Tirek; Ah: Ahnet; Ou: In Ouzzal; Ugi: Unité granulitique des Iforas; Tas: Tassendjanet; Ki: Kidal; Til: Telemsi; Tim: Timétrine

Fig.I.5. Carte des terranes du bouclier targui (D'après Black et al, 1994)

I.2.3. Formations litho-stratigraphiques :

Du point de vue litho-stratigraphique, on distingue dans le Hoggar les formations suivantes :

- Archéennes (supérieur à 2700 Ma) dans la mole d'In Ouzzal.
- D'âge protérozoïque inférieur (2000 – 2700 Ma) : série de l'Arechchoum.
- D'âge Protérozoïque moyen (1000 – 2000 Ma) : série de l'Aleksod.
- D'âge protérozoïque supérieur (800 – 1000 Ma) : série à Stromatolites.
- D'âge protérozoïque terminal (650 – 800 Ma). (série volcanogènes)
- D'âge éocambrien (antérieur à 570 Ma) série pourprée du Nord-Ouest du Hoggar.

I.2.4. Evénements tectono-métamorphiques :

Les principaux événements tectono-métamorphiques définis dans le Hoggar sont :

- L'événement éburnéen (2000 ±200 Ma) bien défini dans le môle de In Ouzzal.
- L'événement kid barien (1000 ±100 Ma) défini avec incertitude dans ' Aleksod.
- L'événement panafricain précoce « chaîne pharusiennes » (650 - 600 Ma) défini dans le Hoggar Occidental.
- L'événement panafricain tardif « chaîne tiririniène » (650 - 600 Ma) défini dans le Hoggar Oriental.

CHAPITRE II :

GEOLOGIE DE LA REGION

D'ETUDE

Partie Ouest : OUALLEN -Tin Senasset

II.1. INTRODUCTION :

La région d'étude est limitée par les coordonnées 22°-25° N et 1°-3° E. Du point de vue orographique, cette région est représentée par un plateau rocheux (hamada) peu disséqué avec des altitudes moyennes de 250-350m au N et NW. Les altitudes maximales varient entre 700 et 1100m dans les parties centrale et orientale limitées au Nord par les cuestas des « Tassili » et à l'Ouest par la vallée sableuse plate du Tanezrouft.

La monotonie du relief est perturbée par des buttes-témoins (Adrars) représentant des crêtes alignées qui surplombent les vastes plaines du plateau. Les cotes absolues des Adrars atteignent 1100 m et la dénivelée varie de 300 à 600m. Les plus grands Adrars, Taoudrart Adjerazraz et les contreforts ouest de l'Adrar Ahnet, sont situés sur la feuille Tin Senasset et l'Adrar Tin Zebbane et Beida sur la feuille Bidon V. Les Adrars et les plaines sont couverts par une maille serrée d'oueds peu profonds. Le relief s'atténue progressivement et passe au plateau de Tanezrouft, traversé par des ergs (massifs sableux) caractéristiques du relief éolien sous forme de chaînes de barkhanes longitudinales. Presque tous les oueds, répandus dans une orientation subméridienne et plus rarement NW. Les oueds drainant le reste du territoire offrent une orientation NW et sub latitudinale. Dans la plupart des cas, ils sont nivelés (effacés) avec des contours vagues et ne se distinguent plus sauf sur les photographies aériennes. Parmi les plus grands oueds on distingue : Oued Tassendjanet sur la feuille Ouallen, Oued In- Zize sur la feuille Egatalis et une série de grands oueds d'orientation sublatitudinale sur la feuille Tin Senasset.

Le climat de la région est rigoureux, de type continental désertique. La température en hiver est de 0° à 02°C pendant la nuit et celle diurne de 5°C à 30°C. La température au printemps et en été varié de 38°C à 55°C.

Les vents de sable fréquents sont caractéristiques pour la région. Les pluies sont rares et torrentielles et s'accompagnent de grandes crues des oueds. Les puits d'Ouallen dans la partie NW de la feuille Ouallen, de Tin Senasset et d'Amasine dans la partie SE et E de la feuille TinSenasset, servent de sources d'eau permanentes.

Le développement du règne végétal et animal est pauvre, caractéristique des régions désertiques. Une très faible quantité de végétaux

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

et animaux (reptiles, fennecs, chacals, gazelles) vivent dans ces conditions climatiques rigoureuses. Il n'y a pas de localités dans la région étudiée.

On ne connaît que le fort abandonné d'Ouallen ancien ouvrage de fortification situé sur la route d'In Ecker.

II.2. STRATIGRAPHIE :

La structure géologique de la région considérée est complexe et variée. Les formations géologiques y sont représentées depuis l'Archéen au Crétacé, ce qui indique une évolution longue et complexe. Les formations du Protérozoïque supérieur et de l'Ordovicien-Dévonien, constituant environ 70% du territoire, sont les plus répandues. Les formations archéennes le sont beaucoup moins. La subdivision à deux termes a été basée dans ce travail sur les décisions du comité stratigraphique de l'URSS (1978), du programme international de corrélation géologique (PICG-1979) et du congrès géologique International (Moscou, 1984).

II.2.1. Archéen :

Complexe d'In Ouzzal :

Les granulites archéennes de la région étudiée ont été pour la première fois distinguées sur la carte géologique au 1 :500 000 de R. Caby (1969).

Les formations archéennes sont peu répandues et ne sont cartographiées que dans la partie centrale et au SW de la feuille Tin Senasset. Dans la partie SW les formations archéennes affleurent sous forme d'une bande peu large (2-5Km) mais bien étendue (environ 35 Km) à orientation NW. Vers le Nord, elles sont recouvertes çà et là par des dépôts de plate-forme de l'Ordovicien. Vers le SW, suivant la série d'accidents à orientation NW et sublatitudinales, elles viennent au contact avec les formations volcano sédimentaires de la série volcanique. La superposition en discordance angulaire des volcanites acides sur les roches archéennes n'a été distinguée que dans la périphérie W de l'Adrar Taoudrart. Dans la bordure des dépôts de plate-forme de l'Ordovicien, les roches archéennes sont recoupées par deux petits massifs de granitoïdes de l'ensemble Tin Senasset. Dans la partie NW, elles sont injectées par des intrusions de gabbros et de granites de l'ensemble Tin Senasset. Au SE, elles sont surmontées par des porphyrites andésito- dacitiques de la série volcanique. Le contact des roches archéennes avec des gneiss du Protérozoïque inférieur est tectonique. La composition des formations archéennes est plus ou moins homogène. Elles sont représentées par des enderbites rétro-morphosées (charnockites sodiques), des gneiss à pyroxène, avec de rares passées lenticulaires de quartzites à magnétite.

II.2.2. Protérozoïque (PR)

Les formations protérozoïques sont largement répandues dans la région étudiée totalisant plus de 95% du territoire du socle plissé antépaléozoïque.

Suivant les données de la géochronologie, les formations protérozoïques sont divisées en deux unités : Protérozoïque inférieur et Protérozoïque supérieur. Quelques séries caractérisées par des traits communs de la structure et du métamorphisme sont distinguées dans chaque unité.

II.2.2.1. Protérozoïque inférieur (PR1)

Les formations du Protérozoïque inférieur de la région étudiée ont été reconnues pour la première fois par R. Caby (1969) et groupées en série du Tassendjanet. Cette série dont on ne connaît ni les niveaux de base ni la polarité, est répartie en plusieurs panneaux isolés au milieu de granites.

Les études effectuées avaient montré une extension plus large des formations du Protérozoïque inférieur et leur position a été déterminée dans la coupe stratigraphique générale de la région. L'étude de la disposition des roches et des associations paragénétiques, du chimisme, des particularités structuro-texturales, ont permis d'y distinguer les pararoches stratifiées et les granitoïdes d'origine ultramétamorphique.

Les études effectuées avaient montré une extension plus large des formations du Protérozoïque inférieur et leur position a été déterminée dans la coupe stratigraphique générale de la région. L'étude de la disposition des roches et des associations paragénétiques, du chimisme, des particularités structuro-texturales, ont permis d'y distinguer les pararoches stratifiées et les granitoïdes d'origine ultramétamorphique.

Sur la base de ces données. Les pararoches stratifiées et profondément métamorphisées, attribuées au Protérozoïque inférieur sont groupées en série d'Egatalis selon le nom de la feuille où sont observées de larges extensions et les coupes les plus complètes. L'ensemble du Tassendjanet est composé de granitoïdes d'origine ultramétamorphique.

a) Série d'Egatalis (PR1 *eg*) :

Les formations métamorphiques de la série d'Egatalis sont réparties à l'W et à l'E de la feuille Ouallen où elles sont intimement liées dans l'espace avec les grands massifs anciens de granitoïdes d'anatexie d'Adanat à l'W et du Tassendjanet au SE et se trouvent également dans la moitié sud de la feuille Tin Senasset et dans la plupart des territoires des feuilles Egatalis et Bidon V.

La limite inférieure de la série d'Egatalis n'est pas déterminée à l'exception du secteur situé dans la partie E de l'Adrar Taoudrart où les gneiss du Protérozoïque inférieur sont en contact tectonique avec les enderbites archéennes (feuille Tin Senasset).

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

La série d'Egatalis est composée de gneiss variés (à biotite, à deux micas, à amphibole, à biotite-amphibole, à pyroxène (augite, diopside), à hornblende, parfois à grenat), de granito-gneiss, amphibolites à grenat, gabbro à amphibolite, schistes cristallins (à amphibole, à quartz et muscovite, à grenat-quartz-muscovite etc.) avec des niveaux continus de quartzites (parfois de jaspilites) monominéraux à feldspath, muscovite, hématite, plus rarement de marbres.

Il convient de noter que la structure de la série considérée est très complexe. Malgré la complexité structurale et le degré d'affleurement des roches métamorphiques, deux ensembles ont été distingués :

➤ **Ensemble inférieur (PR1 eg1)**

L'ensemble inférieur se caractérise par une composition variée de roches métamorphiques qui sont représentées par des gneiss à deux micas, à biotite, parfois des gneiss à grenat, des gneiss granitiques à biotite et à biotite-amphibole, des gneiss à pyroxène (augite diopside) hornblende, des schistes cristallins à amphibole, à quartz- muscovite, à grenat-quartz-muscovite et autres, et des niveaux continus de quartzites (parfois jaspilites) monominéraux à feldspath, muscovite, hématite, plus rarement des marbres. Les roches sont intensément déformées et dessinent des plis en dômes, isoclinaux et linéaires. Le pendage de la schistosité varie largement de 30° à 90°.

L'épaisseur de l'ensemble inférieur est estimée à : sur la feuille Egatalis 3000- 3100m, Tin Senasset 2600m, Ouallen 1000m et Bidon V à 1750m.

➤ **Ensemble supérieur (PR1 eg2)**

Les formations métamorphiques attribuées à l'ensemble supérieur se caractérisent par une monotonie des roches. Elles sont représentées par des amphibolites, des amphibolites à grenat et parfois des amphibolites gabbroïques, des plagiogneiss à amphibole parfois intensément migmatisés, en quantité très subordonnée, des plagiogneiss à biotite et à biotite-amphibole, des gneiss granitiques, des quartzites et des marbres.

Les roches sont également intensément déformées et dessinent des plis surtout sur la feuille Tin Senasset. Les coupes les plus complètes de l'ensemble considéré se trouvent sur les feuilles Egatalis et Tin Senasset.

L'épaisseur du terme supérieur essentiellement gneissique est presque analogue sur les feuilles considérées bien que dans la coupe du terme supérieur de la feuille Tin Senasset, les variétés leucocrates des roches métamorphiques représentées par des gneiss à biotite-amphibole et des gneiss granitiques jouent un rôle prédominant.

L'épaisseur des roches métamorphiques de l'ensemble supérieur fait approximativement sur la feuille Egatalis : 900 m, Tin Senasset : 1100m, Ouallen: 500 m et Bidon V : 500 m. Les roches métamorphiques sont largement affectées par des phénomènes de granitisation.

II.2.2.2. Protérozoïque supérieur (PR2)

a) Série de l'Ahnet (PR2 ah)

Les formations de la série de l'Ahnet sont largement répandues et constituent les plus grands reliefs ainsi que les terrains avoisinants qui sont les contreforts occidentaux de l'Adrar Ahnet : La région de l'Oued In Isakah à l'Ouest de l'Adrar Adafo, l'Adrar Adjerazraz, l'Adrar Taoudrart (feuille Tin Senasset), l'Adrar Ougda (feuille Ouallen) et l'Adrar Tin Zebbane el Beida (feuille Bidon V).

La limite inférieure de la série n'a été établie que dans la région de l'Adrar Taoudrart (feuille Tin Senasset) où on observe une discordance angulaire par endroits avec des conglomérats à la base des formations considérées, sur les surfaces altérées des roches métamorphiques du Protérozoïque inférieur

Dans la région de l'Adrar Ougda (la partie orientale de la feuille Ouallen) les dépôts de la série forment un anticlinal pincé entre les failles. D'après les données de R. Caby (1983) les formations des dépôts terrigènes et carbonato-terrigenes (quartzites de l'Ahnet et autres) considérées par lui comme les équivalents latéraux de la série à stromatolithes, se sont déposées pendant la période de 1500 à 1000 Ma. L'épaisseur totale des roches de la série est approximativement de 550m.

b) Série à Stromatolithes (PR2 st)

Les dépôts de la série à stromatolithes ont été cités dans la région considérée en 1952 par M. Lelubre, et décrits ultérieurement par Fabre, Freulon, 1962 ; Caby, 1967, 1983, Bertrand-Sarfati, 1969 et d'autres.

Les dépôts de la série sont largement répandus au N du territoire considéré (5-7% du territoire des feuilles Ouallen et Tin Senasset) On distingue :

- Une première région dans la partie NE dite « le sillon de l'Ahnet » (feuille Tin Senasset) où les roches de la série à stromatolithes constituent une bande subméridienne longue de

60 Km (du Foum el Aghet jusqu'au Adrar Irekadene) et large de 20 Km entre l'Adrar Adjerazraz et l'Adrar Ahnet.

- Une deuxième région, décrite par R. Caby (1970, 1983), comme la région du Tassendjanet forme une bande sublatitudinale (Lelong des bordures S des feuilles Ouallen et Tin Senasset) longue de 40 Km et large de 2-15 Km. Cette bande se caractérise par un style tectonique complexe dans les limites de laquelle on voit prédominer de nombreux accidents cassants, les déplacements horizontaux des blocs, le plissement y compris le basculement de couches.

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

- Une troisième région se caractérise par une bande subméridienne discontinue de l'Adrar Ougda (feuille Ouallen) longue de 40Km et large de 1 à 8 Km.

La limite supérieure de la série a été reconnue dans quelques points d'observation sur les feuilles Ouallen et Tin Senasset. Sur les grès, argilites et calcaires de la série à stromatolithes viennent reposer en discordance angulaire les laves et clastolaves de trachyandésites et de porphyres et tufoconglomérats de roches sous-jacentes.

La série à stromatolithes est représentée par des roches carbonatoterrigènes.

Elle est plus au moins continue selon la composition lithologique de la coupe dans toute la région d'extension. On distingue la partie inférieure de la coupe composée de grès quartzitoïdes à grains variés et de gravélites et de conglomérats finement détritiques à galets de quartz et de grès quartzitoïdes. La partie moyenne de la coupe de la série est représentée par des calcaires à stromatolithes proprement dits, des calcaires marmorisés, des dolomies répandues çà et là. La partie supérieure de la coupe est constituée d'argilites de siltstones argileux de grès quartzeux, de grès hématitiques à passées de calcaires et de dolomies. L'épaisseur totale des roches de la série dans la coupe en question est de 1280m.

c) Série volcano-terrigne (PR2 tv)

Les formations attribuées à la série volcano-terrigne ont été distinguées pour la première fois en Ahaggar occidental par R. Caby (1970).

Les formations de la série volcano-terrigne sont largement répandues dans la région étudiée. Elles forment deux sillons relativement grands, orientés NW et NS à l'W et l'E des feuilles Ouallen et Tin Senasset ainsi que dans l'extrême Est de la feuille Tin Senasset. En outre, les affleurements de ces roches sont constatés dans l'extrême Ouest de la feuille Ouallen.

La limite inférieure de la série a été fixée en quelques points de la région considérée. A l'Est des feuilles Ouallen et Tin Senasset, les laves et les clastolaves des trachyandésites et des porphyres liparitiques reposent en discordance sur les grès quartzeux de la série à stromatolithes.

La limite supérieure de la série n'a été identifiée avec certitude qu'en deux points : Au NE de la feuille Egatalis, les porphyrites andésitiques sont recouvertes par des conglomérats de l'ensemble inférieur de la série du Tagengan't.

Au SW de la feuille Tin Senasset, les roches de l'ensemble inférieur de la série du Tagengan't avec les conglomérats à la base reposent sur les tufogrès à l'Est et les volcanites andésito-dacitiques à l'W.

Lithologiquement et suivant la position dans la coupe, la série considérée est divisée en quatre formations : basalto-andésitique, dacitoliparitique, de greywackes et terrigènes.

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

➤ **Formation basalto-andésitique (PR2 tv1)**

L'épaisseur de la formation basalto-andésitique varie suivant les feuilles : Tin- Senasset (1500-4110m), Ouallen (1300-1500m) et Egatalis (2000-2500m)

➤ **Formation dacito-liparitique (PR2 tv2)**

La formation dacito-liparitique varie suivant les feuilles : Tin Senasset (1230m), Ouallen (400m) et Egatalis (700m)

➤ **Formation de Greywackes (Pr2 tv3)**

L'épaisseur de la formation a greywackes est de 4100 m sur les feuilles Ouallen et Tin Senasset, de 2000-2500 m sur Egatalis et 800 m sur Bidon V.

➤ **Formation terrigène (PR2 tv4)**

L'âge Protérozoïque supérieur de la série volcano-terrigenne est fixé par sa position stratigraphique entre les dépôts de la série à stromatolithes et les roches de la série du Tagengan't. D'après R. Caby et J.M. Bertrand (1977) la mise en place des formations volcano-greywackeuses a eu lieu entre 800 et 650 Ma ce qui correspond au Protérozoïque supérieur.

d) Série du Tagengan't (PRZ tg)

La différenciation lithologique, la gamme des couleurs caractéristiques des roches et la disponibilité de niveaux repères nets ont permis de subdiviser la série de Tagengan't en trois ensembles : rouge inférieur, vert moyen et bigarré supérieur.

➤ **Ensemble inférieur rouge (PR tg1)**

Les dépôts de l'ensemble affleurent essentiellement dans la partie ouest de la feuille Ouallen sous forme d'une bande continue Nord – ouest de largeur de quelques centaines de mètres jusqu'à 10km et d'étendue jusqu'à 70 km.

La puissance totale de l'ensemble inférieur, constatée sur la feuille Ouallen à l'Est du massif Tassendjanet, est de 1600 m, et celle, mesurée dans la région de l'Oued Tagengan't, est de 1500m. La coupe réduite de l'Adrar In-Semmen est de plus de 100 m, et les coupes sur la feuille Egatalis sont aussi réduites.

➤ **Ensemble moyen vert (PR2 tg2)**

Les dépôts de l'ensemble vert moyen sont largement répandus dans la région de l'Oued Tagengan't (partie Nord - Ouest de la feuille Ouallen), dans une bande subméridienne large de 5 Km et longue de 30 Km. La deuxième bande analogue, longue de 60 Km, se trouve dans la partie est de la feuille Ouallen, incorporant l'Adrar InSemmen et s'allongeant jusqu'au massif granitique Tassendjanet.

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

➤ *Ensemble supérieur bariolé (PR tg3)*

Ces roches sont développées principalement dans la bande méridienne de 9 km de largeur et de 45 km de longueur, qui commence à 10 km vers le Sud du puits d'eau Tahena (feuille Ouallen) et se termine dans la région de l'Erg Mekson El Guebli.

La puissance totale des dépôts de l'ensemble supérieur bigarré (bariolé) est de 2500 m à l'Ouest (feuille Ouallen), diminuant vers l'Est et vers le Sud-est de façon suivante : Dans les limites de l'Adrar In-Semmen (feuille à Ouallen) : jusqu'à 1850 m, dans la région de l'Oued Egatalis jusqu'à 1350 m et au Nord-Ouest de l'erg In-Ataram : jusqu'à 100 m.

II.2.3. Paléozoïque (C)

Les dépôts paléozoïques sont largement répandus au Nord et partiellement au Sud des feuilles Ouallen et Tin Senasset. Sur les feuilles Egatalis et Bidon V ces dépôts ne se rencontrent qu'en bandes subméridiennes.

Parmi les dépôts paléozoïques de la région étudiée, ont été distinguées les roches terrigènes et terrigéno-carbonatées qui sont attribuées aux formations cambriennes, ordoviciennes, siluriennes et dévoniennes.

II.2.3.1. Cambrien inférieur (Cpr)

a) **Série pourprée :**

La plus large répartition de cette série est observée dans la partie centrale de la feuille Ouallen. Elle constitue un bloc subméridien limité à l'Ouest et à l'Est par des accidents tectoniques N-S respectivement 1°20'N et 1°40'N.

La limite inférieure de la série pourprée est assez nette car les dépôts de base sont transgressifs et nettement discordants (discordance angulaire) sur les formations sous-jacentes depuis l'Archéen jusqu'au Protérozoïque supérieur.

Dans la partie Nord du territoire de la feuille Ouallen et Tin Senasset, les dépôts de cette série sont surmontés en discordance stratigraphique et angulaire par des roches terrigènes de l'Ordovicien.

Une croûte altérée de kaolinite peu marquée est observée au sommet de la coupe de la série pourprée sur le gradin des Tassili inférieurs.

La série pourprée est représentée par une épaisse formation de grès fins polymictiques rouge-brunâtres et brun-rouges contenant des passées des mêmes grès mais plus grossiers, des gravélites et des conglomérats. Le matériel détritique grossier des conglomérats est mal classé et composé de débris anguleux de différentes familles de roches.

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

La coupe la plus complète de la série pourprée est décrite dans la partie centrale de la feuille Ouallen. L'épaisseur totale des dépôts de la série y fait 1000 m.

II.2.3.2. Ordovicien (O)

Les dépôts ordoviciens sont répandus sur le territoire des feuilles Ouallen et Tin Senasset (40-50%). Les affleurements des roches ordoviciennes forment une bande sublatitudinale de relief en cuestas (palier des Tassili internes) dont les dimensions atteignent 10-20 km de long sur plusieurs Km de large.

Les roches ordoviciennes forment de grands adras (de l'W à l'E) sous forme de buttes témoins : Igamerène, Tahenna, Tikkadouine, In Semmen (feuille Ouallen), Taoudrart, Ait Elkra, Adafor et Irekadene (feuille TinSenasset).

Les dépôts ordoviciens d'après leur composition lithologique et leur position dans la coupe sont subdivisés en trois formations : Ajers, In Tahouite et Tamadjert suivant les cartes géologiques de SONATRACH(1972).

a) Ordovicien inférieur (O1)

➤ Formation des Ajers (O aj)

Les affleurements coïncident avec l'escarpement des Tassili internes en formant une bande plus ou moins étroite (50-100 m) parfois s'élargissant.

Les roches de la formation reposent en transgression et en discordance angulaire sur les roches du substratum dont l'âge varie depuis l'Archéen jusqu'au Protérozoïque supérieur.

La formation des Ajers est composée de grès quartzeux grossiers, blancjaunâtre à stratification oblique et de conglomérats détritiques fins, dégravelâtes et de poudingues, dans la partie inférieure de la coupe.

Dans la partie supérieure de la coupe, les roches montrent une stratification parallèle et les niveaux à Tigillites témoignant de la présence de gueltas ou de maraïcages. L'épaisseur de la formation varie de 100 à 200 m. gravélites et de poudingues, dans la partie inférieure de la coupe.

Dans la partie supérieure de la coupe, les roches montrent une stratification parallèle et les niveaux à Tigillites témoignant de la présence de gueltas ou de maraïcages. L'épaisseur de la formation varie de 100 à 200 m.

b) Ordovicien inférieur et moyen (O1-2)

➤ **Formation d'In Tahouite (O it)**

Les roches de la formation Tin Tahouite ont une extension locale et n'affleurent qu'en quatre points :

- à proximité des puits Talahouhait.
- au N de l'Adrar Tikkadouine.
- à l'W de l'Adrar In Semmen et dans la région de l'Adrar Adafor.

La superficie de la formation d'In Tahouite ne dépasse pas au total 200 Km².

La formation d'In Tahouite est représentée par des grès fins, feldspatho-quartzifères, blanc grisâtres, à Tigillites, à texture finement parallèle, alternant vers le sommet de la coupe avec des grès blanc grisâtre quartzeux, moyens, en plaquettes (grès quartzitoïdes).

c) Ordovicien supérieur (O3)

➤ **Formation de Tamadjert (O3 tm)**

Les dépôts de cette formation sont répandus pratiquement sur tout le territoire des Tassilis. Ils forment une bande discontinue d'affleurements sous forme d'Adrars ou de leurs chaînes, large de 1-5 Km, qui s'élargit à l'W (jusqu'à 20 Km sur la feuille Ouallen) en composant des adrars tabulaires isolés : In Semmen, Tikkadouine, Igamerène et à titre d'exception à l'E (feuille Tin Senasset), l'Adrar Adafor.

Les dépôts de la formation de Tamadjert sont représentés par des grès puissants, massifs, gris-jaunâtres, quartzeux, hétérométriques, parmi les quels on voit prédominer les grès grossiers à très grossiers maclasses. Dans la partie inférieure de la coupe de cette formation sont observées des passées de gravier représenté par du quartz et par les grès sous-jacents (siltstones). Ces derniers sont altérés et partiellement ou complètement lessivés. Le niveau de base est représenté par des blocs grossiers isolés (5-7 cm de diamètre) et des grès quartzeux blancs, fins à moyens, de la formation sous-jacente. L'épaisseur totale de la formation est de 180 m.

II.2.3.3. Silurien (S)

Les dépôts siluriens sont répandus au Nord du territoire considéré, dans les limites des feuilles Ouallen et Tin Senasset (plus de 7000 km²). Leurs affleurements forment une bande subméridienne étroite (de 0,2 à 10 km) située entre les gradins internes (ordoviciens) et externes (dévonien) des Tassili. Suivant les cartes géologiques au 1/200 000 des feuilles Ouallen et Tin Senasset (SONATRACH, 1972) les dépôts siluriens sont groupés en une seule formation de l'Imirhou.

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

➤ **Formation de l'Imirhou (S im)**

Les dépôts de cette formation affleurent sur le palier des Tassilis externes et ont une épaisseur de 10 à 50 m et ce n'est que sur le palier de l'Adrar Edikel que l'épaisseur atteint 100 m.

La formation est composée d'argilites grises, grisbleuâtre et gris verdâtre, à stratification fine, massives, contenant dans la partie supérieure et moyenne de la coupe des passées de siltstones gris clair et gris verdâtre et de grès ou plus rarement, des passées fines de marnes et de calcaires argileux. Les argilites sont colorées souvent en rouge violacé par des hydroxydes de fer, surtout suivant les fissures et les contacts des passées sableuses.

Les argilites livrent une faune riche en Graptolithes à prédominance de Monograptus. La partie moyenne de la coupe nous a fourni des Nautiloïdés isolés (Orthoceras) et celle supérieure, des restes de Vertébrés mal conservés.

II.2.3.4. Dévonien (D)

Parmi les dépôts de plateforme des Tassili, les roches dévoniennes sont largement répandues au Nord des feuilles Ouallen et Tin Senasset enformant les plateaux très accidentés de l'Assedjrad, Tassedjefit et Tarit (6000 km²). Le Dévonien inférieur affleure largement tandis que le Dévonien moyen et supérieur affleure en places isolées.

a) Dévonien inférieur :

Il est subdivisé en trois étages :

a) 1. Gédinnien :

Il est représenté par des dépôts de la formation de l'Assedjrad qui est subdivisée en deux membres :

➤ Formation de l'Assedjrad

- *Membre inférieur (D1 as1)*

Il est composé de grès fins gris verdâtres, de grès argileux gris verdâtres à violacés et de siltstones (30 - 40 m). Le niveau inférieur des grès contient des Brachiopodes, Gastéropodes, Trilobites, et des terriers fréquents de Linnivores. Au toit de ce niveau on observe des petits trous de Linnivores nommés également Tigillites (Biju-Duval et al, 1968). L'épaisseur du membre inférieur est de 24,5 m.

➤ Formation de l'Assedjrad

- *Membre supérieur (D1 as2)*

Les dépôts du membre supérieur sont répandus au Nord du territoire sur les plateaux de l'Assedjrad, Tassedjefit et Tarit. La bande d'affleurements

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

de ces roches large de 1 à 13 km est répandue le long du palier des Tassili externes. La limite inférieure du membre est concordante et sans traces de ravinement. Elle correspond au contact lithologique net entre les grès et les argilites et siltstones argileux contenant des restes mal conservés de Brachiopodes, Gastéropodes, Trilobites et poissons.

Le membre supérieur est représenté par une alternance fréquente des grès gris clairs et gris jaunâtres, fins, feldspatho-quartzeux, finement lités et des grès argileux gris violacés, des siltstones et des argilites gris violacés à stratification fine.

a) 2. Siegénien :

➤ *Formation de l'Oued Samène (D1 sm)*

Les roches de la formation de l'Oued Samène sont représentées en général par des grès violets à gris clair, fins contenant des passées dégradés argileux, de siltstones et de grès grossiers à galets de siltstones. Les parties inférieures plus fines des niveaux sableux sont le plus souvent ferrugineuses et colorées en rouge brunâtre. Les fossiles sont peu nombreux et ce n'est qu'en partie inférieure (10 m) qu'on signale les spirophytons. D'après les cartes géologiques (SONATRACH, 1972) les roches de la formation de l'Oued Samène sont attribuées au Siegénien (Dévonien inférieur). L'épaisseur totale du membre est de 67 m.

a) 3. Emsien (D1 em) :

Les dépôts emsiens sont représentés par des grès quartzeux, fins, blancs jaunâtres, roses et gris-violets contenant des passées (5-10m) de grès argileux, de siltstones ou de grès grossiers. On observe 3-4 niveaux dégradés contenant des graviers et des petits galets de siltstones.

b) Dévonien moyen (D2)

Le Dévonien moyen est subdivisé en deux étages (Eifelien et Givétien) dont les dépôts sont très limités dans la région considérée. Les bandes d'affleurement sont observées au centre du synclinal de l'Assedjrad (feuille Ouallen) et plus au Sud de l'Erg Tassedjefit (feuille Tin Senasset).

Les dépôts du Dévonien moyen sont mal connus vu les mauvaises conditions d'accessibilité de la région.

b) 1. Eifelien (D2 ef)

Les dépôts eifeliens sont répandus dans la partie centrale du synclinal de l'Assedjrad (40 km²) et dans la région de l'Erg Tassedjefit (1800 km²).

Pourtant, leurs affleurements au total sont peu importants et forment une bande étroite discontinue large de 100 à 200 m, rarement 1-1,5 Km.

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

L'Eifelien est présenté par des argilites grises, bleuâtres et gris cerise, à stratification très fine, à passées de calcaires argileux gris-bleuâtres, fins moyens. Dans les argilites, on a rencontré des passées peu épaisses (jusqu'à 5 cm) d'argiles blanches (Kaolinite?) et des galets aplatis arrondis et de petits blocs (de 0,2 à 1,0 m de diamètre) de siltstones gris foncé, grossiers, carbonatés (ou de calcaires silteux). L'abondance des Brachiopodes *Paraspirifer cultrijugatus* dans les roches de l'Eifelien servait de base à la détermination de son âge (Aliev et al, 1971). L'épaisseur de l'étage est de 40 m.

b) 2.Givétien (D2 *gv*)

Les dépôts du Givétien sont limités et forment une bande étroite d'affleurements large de quelques centaines de mètres. Et ce n'est qu'en région de l'Erg Tassedjefit (feuille Tin Senasset) que la largeur atteint 8 Km.

Dans la région du synclinal de l'Assedjrad (feuille Ouallen) les dépôts du Givétien sont représentés par des niveaux alternant de calcaires dolomitiques fins à grossiers gris à bleuâtres à stratification fine, des grès argileux fins à moyens gris verdâtres et des siltstones grossiers gris. En outre, on y signale de rares passées d'argilites bariolées, bleu à cerise. Dans la coupe prédominent les calcaires contenant de petits brachiopodes. L'épaisseur totale des roches du Givétien est de 50 m environ.

c) Dévonien Supérieur (D3)

Les dépôts du Dévonien supérieur sont limités dans la région considérée.

Dans les limites de l'Erg Tassedjefit (feuille Tin- Senasset), la surface des roches du Dévonien supérieur est environ 1300 km² et dans la partie centrale du synclinal de l'Assedjrad (feuille Ouallen), environ 150 km².

Le Dévonien supérieur est divisé en deux étages : Frasnien et Famennien (Aliev et al. 1971).

c)1. Frasnien (D3 *fr*)

Les dépôts de cet étage forment une bande d'affleurements large de 10 Km dans la région de l'Erg Tassedjefit (feuille Tin Senasset). Les observations (Aliev et al, 1971) montrent que les dépôts de cet étage sont composés d'argilites rouge-cerise à grisbleuâtre

à stratification très fine contenant de minces lits de siltstones argileux, parmi lesquels on rencontre des passées peu épaisses de calcaires argileux brun foncé à gris foncé. La limite inférieure de l'étage a été marquée d'après l'apparition des brachiopodes *Cyrtospirifer verneuili*. Malheureusement, les fossiles n'ont pas été déterminés dans le présent rapport. L'épaisseur des dépôts du Frasnien a été déterminée assez approximativement et fait 100 m environ.

d) 2. Famennien (D3 fm)

Les dépôts de cet étage ne sont répandus que dans la région de l'Erg Tassedjefit (feuille Tin Senasset) sous forme de bandes d'affleurements larges de 15 Km. Ils reposent en concordance sur les roches du Frasnien sous-jacent. Les roches du Famennien son représentées par des argilites bariolées et gris foncé à stratification très fine alternant avec de minces lits de siltstones grossiers et de grès fins. L'épaisseur approximative des dépôts du Famennien affleurant sur la feuille Tin Senasset est estimée à 100 m environ Les dépôts carbonifères surplombant les dépôts du Famennien sont absents dans la région considérée. Les roches du Famennien sont distinguées sur la feuille Tin Senasset d'après la carte géologique et précisées d'après l'interprétation des photographies aériennes. La région considérée est dépourvue de dépôts plus récents du Paléozoïque.

II.2.4. Quaternaire (Q)

Les dépôts du Quaternaire sont largement répandus dans les limites du territoire considéré. Ils couvrent de façon continue la partie marginale de la dépression de Tanezrouft. Alors qu'à l'E de celle-ci ils seront réduits et limités dans la plupart des cas aux vallées des oueds. Les dépôts quaternaires de la dépression de Tanezrouft sont mal étudiés c'est pourquoi ni l'âge ni la genèse de ces dépôts ne peuvent être déterminés en détail.

Les sables éoliens actuels couvrant de vastes espaces (Erg Adanat et Erg Meksem el Guelbi) dans la partie occidentale des feuilles Ouallen et Egatalis, sont les plus répandus dans cette région. Les dépôts quaternaires du territoire étudié sont divisés en dépôts quaternaires récents-actuels et en actuels.

a) Quaternaire-Actuel - Dépôts fluvio-torrentiels des oueds - (QIII-IV)

Les formations de cet âge sont génétiquement hétérogènes et représentées par des dépôts de la première terrasse de grands oueds et des cônes de déjection et d'épandage diluvio-torrentiel. Les reliques de la première terrasse ayant une dimension de quelques km² et une hauteur de 2 à 4m se sont conservées sur les flancs des plus grands oueds (à l'Ouest de l'Adrar Taoudrart, les oueds Amasine, Imaker, Ahimer et d'autres).

Sur le flanc de l'oued Amasine, (feuille Tin Senasset), au palier de la première terrasse alluviale, les niveaux suivants ont été caractérisés, de bas en haut :

- Poudingues à galets variés et à gros blocs de quartzites faiblement cimentés.
- Limon clair brun jaunâtre, terre noire fossilisée, limons analogues à la couche précédente, galets et gros blocs.

Certains cortèges de cônes de déjection sont souvent liés dans l'espace avec les terrasses considérées et ont des particularités lithologiques

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

similaires, de composition essentiellement quartzeuse. Les dépôts déluvio-torrentiels sont répandus plus largement. Ils se trouvent sur les pentes de tous les Adrars de la région et parfois forment de larges bandes s'étendant sur plus de 10 km. Morphologiquement, ce sont des cônes de déjection situés à la surface pénéplanée des nappes déluvio-torrentielles.

D'après leur composition, ce sont le plus souvent des gravats (de degré d'arrondi moyen ou faible) essentiellement quartzeux. Leur épaisseur atteint 4-5m (feuille TinSenasset).

Les oueds actuels entaillent ces dépôts.

b) Quaternaire-actuel - Dépôts indifférenciés de pentes et torrents-(QIV)

Les dépôts actuels sont représentés par les types génétiques suivants :

- Alluvions
- Dépôts torrentiels
- Dépôts lacustres
- Dépôts éoliens

II.3. MAGMATISME

Les formations intrusives sont largement répandues dans ces régions. D'après la composition des roches, leurs caractéristiques pétrologiques et géochimiques ainsi que les conditions de leur formation, on y distingue :

a) Les intrusions du Protérozoïque inférieur et celles du Protérozoïque Supérieur.

b) La série de dykes du Paléozoïque.

II.3.1. Les intrusions du Protérozoïque inférieur

Les intrusions du Protérozoïque inférieur comprennent de petits corps et des dykes d'ultramafites complètement serpentinisées, des gabbroïdes métamorphisés ainsi que le complexe de granitoïde des Ultramétamorphique de Tassendjanet, génétiquement liés aux roches de la série d'Egatalis, métamorphisées dans les faciès amphibolite.

a) Les ultramafites (& PR1)

Elles constituent de petits corps lenticulaires et des dykes de 100-200m x 10-50 m à 3,2 x 0,5-1,5 Km qui sont associés aux zones de dislocation disjonctive et de fissuration élevée. Leurs contacts avec les encaissants sont peu affleurants et ne présentent aucune modification aux zones de contact immédiat. Les ultramafites se rencontrent localement parmi les roches métamorphiques de la série d'Egatalis et parmi les granitoïdes

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

ultramétamorphique du complexe Tassendjanet au sud-est, sud-sud-est et Nord-Ouest des feuilles Ouallen, Tin Senasset et Egatalis.

Les roches ultramafiques du Protérozoïque inférieur sont représentées par des serpentinites apopéridotitiques, plus rarement, apodunitiques étape pyroxénitiques. Les serpentinites gris-foncé, gris-vert, brun-ocre, essentiellement à grains très fins, montrent une structure réticulaire.

Leurs faces sont le plus souvent carbonatisées, par endroit silicifiées et transformées en quartzites secondaires. Dans les zones de failles ou à proximité immédiate de ces dernières, les serpentinites sont parfois transformées en métasomatites à talc-saponite-amphibole.

Ces métasomatites se manifestent par l'abondance de veinules fines (10- 20 cm) orientées suivant la direction des failles. Les veinules ont une composition proche des hornblendites. Localement, les serpentinites montrent une minéralisation pauvre en amphibole.

Les raisons pour lesquelles les ultramafites en cause sont attribuées conventionnellement aux formations du Protérozoïque inférieur sont les suivantes :

- Partout, les ultramafites se trouvent parmi les roches métamorphiques et les granitoïdes ultramétamorphique du Protérozoïque inférieur. Elles sont généralement conformes au plan structural de ces derniers.
- Parfois, elles sont recoupées par des filons de pegmatites à quartz-microcline qui s'associent étroitement avec des produits de granitisation des roches métamorphiques et sont probablement des fusions sélectives.
- Elles ont plusieurs particularités spécifiques propres aux intrusions ultrabasiques préorogéniques de la formation hyperbasitique; une composition plus ou moins homogène, une serpentisation complète, des transformations métasomatiques ultérieures, la présence de minéralisation en anthophyllite et chrysotile.

b) Les gabbroïdes (γ PR1)

A ce groupe de formations intrusives sont rapportés des gabbroïdes métasomatitisés localement répandus au Sud-est de la feuille Ouallen et au Sud-Sud-est de la feuille Tin- Senasset. Ils forment une série de petits corps lenticulaires étirés et rapprochés, en bancs et en dykes, qui intercalent les roches métamorphiques de la série d'Egatalis. Vu l'échelle de la carte géologique et les petites dimensions de ces corps, ces derniers ne sont pas représentés sur la carte.

Ce sont des roches particulières, essentiellement à hornblende et plagioclase, gris clair, gris à gris foncé, à teinte bleuâtre, finement et grossièrement grenues. Elles montrent une structure gneissique nettement prononcée et une texture à rubans fins et grossiers, parfois tachetée. Leur composition se manifeste par les modes leucocrates, mélanocrate, dus à la large oscillation de volume et de dimensions de la hornblende noire à teinte

verdâtre. On y note parfois des intercalations lenticulaires de gneiss granitiques fins à biotite.

c) Les granitoïdes ultramétamorphiques du Tassendjanet (G1)

Les granites forment l'essentiel du noyau de Tassendjanet. Contrairement aux granitoïdes intrusifs d'âge Néoprotérozoïque, ils constituent de grands massifs autochtones étirés et en dômes occupant les noyaux des structures anticlinales (Tassendjanet, Adanat, Taoudrart et d'autres petits massifs anonymes).

Ils sont concordants avec les structures plissées et passent progressivement des orthogneiss à des migmatites.

Dans certaines zones et en bordure des chevauchements, les granites subissent une cataclasée ou un laminage aboutissant à des orthogneiss foliés.

➤ **Les granites calco-alcalins et grano-diorites leucocrates**

Ils sont concordants, à contacts migmatitiques avec les gneiss rubanés.

➤ **Les granites intrusifs alcalins à calco-alcalins.**

Ce sont des granites non orientés et constituent de grands massifs dans la partie centrale sud de la feuille. Ils présentent souvent des structures porphyroïdes à microcline. Sur les bordures, on note une forte abondance d'aprites et de pegmatites. Il s'agit de granites leucocrates à deux micas pauvres en enclave.

Certains faciès de bordures microgrenus, sont enrichis en sphène, hornblende, biotite verte et quartz automorphe gris bleuté.

➤ **Granite intrusif à muscovite.**

Il constitue un massif isolé, les faciès de bordure sont riches en aprites leucocrates à muscovite par fois à grenat et tourmaline.

II.3.2. Intrusions du Protérozoïque supérieur

Les termes intrusifs du protérozoïque supérieur sont largement développés dans les limites du territoire étudié, surtout sur les feuilles Tin Senasset et Egatalis. Tenant compte de leur diversité en composition, particularités géochimiques et pétrochimiques, morphologie, position géostructurale, chronologie et mode de mise en place, on les range dans deux complexes autonomes, Ouallen et Tin Senasset, dans lesquels on distingue 3 à 5 phases de mise en place.

Complexe Ouallen (à gabbro-tonalite-syénite)

➤ **Phase I (γPR2ou)**

La phase I est représentée par les gabbros et les gabbro-diorites. Ce sont des roches gris foncé fines à moyennes, parfois même grossières et pegmatoïdes, leucocrates, à amphibole de type kaersutite. Les gabbroïdes forment la frange extérieure discontinue en lanière large de plus de 1 km au NW, de 150 à 200m à l'E et de 500 à 600m au sud.

De même, ils constituent la série de filons-couches raides (50 à 500m d'épaisseur apparente) encaissés dans les gneiss environnants d'où un dessin grossièrement rubané sur les photos aériennes. Les contacts des gabbros avec les gneiss sont intrusifs avec des cornéennes de contact.

➤ **Phase II (δ2 PR2)**

On range dans cette phase, constituant une partie importante du massif, les tonalités et les diorites quartzifères auxquelles sont graduellement liées les syénodiorites quartzifères, les syénites quartzifères, les monzodiorites et les monzonites quartzifères. Les tonalités et les diorites quartzifères forment la partie centrale (noyau) du massif alors que les autres roches se localisent essentiellement sur sa périphérie en constituant un ruban arqué large de 400-500 m à 2Km. La composition particulièrement variable du secteur de développement des tonalités résulte de deux étapes de cristallisation dont la première cause est une différenciation intense du magma liquide avec une interaction ultérieure des parties différenciées. A titre de supposition, on peut esquisser deux branches dans la différenciation : la première aboutissant à la ségrégation d'une petite quantité du matériau eutectique à quartz-feldspath ; la deuxième, alcaline, amenant la mise en place des syénites et des monzodiorites.

Les contacts des tonalités avec les gabbros de la phase I sont sécants, parfois accompagnés de cornéennes de contact à biotite-clinopyroxène amphibole.

Au Sud du massif, les tonalités sont recoupées par les granitoïdes du complexe Tin- Senasset en petits amas auxquels sont liés les filons et les dykes de pegmatites zonales et de granites pegmatoïdes. De même, on y rencontre d'importants résidus des gabbroïdes de la phase I. L'endocontact Nord a fourni les amphibolites cornées à texture résiduelle en rubans parallèles. Une recristallisation complète de ces amphibolites aboutit à la formation d'agrégat mosaïque de minéraux hypothermaux. A la phase II on rattache les granodiorites monzonitiques apparaissant au NW de l'Adrar Taoudrart (SW de la feuille Tin Senasset) et qui, selon la configuration des affleurements, représentent la partie sud du massif, recouvert sur une considérable étendue par les sédiments de l'Ordovicien et du Quaternaire. La partie affleurante du massif est de l'ordre de 50 Km².

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

➤ Phase III (§1 PR2 ou)

La phase III du complexe est représentée par les syénites et les syénites alcalines qui forment un massif autonome au SW de la feuille Ouallen et un gros corps en dykes au Nord de l'Adrar In-Semmen (NE de la feuille Ouallen). Dans le massif Atoram (ou Atarem), les roches de la phase III constituent les grands dykes. Situé parmi les roches métamorphiques de la série Egatalis et les granites ultramétamorphiques du massif Adanat (complexe Tassendjanet), le massif de syénites et de syénites alcalines de la partie SW de la feuille Ouallen, ayant une forme ellipsoïdale, est étiré dans la direction N-S et se localise dans la zone de connexion des failles profondes subméridiennes et des failles dérivantes orientées NE. La surface totale du massif est d'environ 300 km².

D'une manière générale, les contacts du massif avec les encaissants sont concordants et ce n'est que sur le flanc sud que les syénites recoupent les gneiss.

Les roches de la phase III sont très sous-saturées en SiO₂, sursaturées en alumine et comportent une néphéline normative et une forte quantité de magnétite. Les silicates sombres ont une composition à calcite-fer. Le feldspath que nous avons prélevé à partir des syénites- primatites des filons, situés dans le massif de syénites, a donnée des âges de $581 \pm 3M$.a qui correspondent au protérozoïque supérieur et témoignent d'une longue évolution du complexe.

✚ **Complexe Tin Senasset**

Les formations intrusives groupées en complexe de Tin Senasset sont largement répandues et représentent une association de roches variées, depuis les gabbros jusqu'aux granites. Elles forment des massifs plus ou moins petits de type hypobasal qui, dans la plupart des cas, sont spatialement associés à des sillons avec le développement intense du volcanisme ou situés à proximité immédiate de celui-ci, ce qui témoigne de l'association de tous les deux à des zones tectonisées de faibles failles.

Le complexe est subdivisé en 5 phases intrusives qui diffèrent les unes des autres par la composition minéralogique et les conditions de mise en place. Au complexe considéré sont attribués les plagiogranites du massif du Tassendjanet II (d'après R. Caby) situés au SW de la feuille Tin Senasset, les gabbros du massif Ougda (E de la feuille Ouallen) et les sills et les corps en forme de dykes de gabbros-diabases, surtout largement répandus parmi les dépôts de la série à stromatolithes au SE et SW des feuilles Ouallen et Tin Senasset.

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

➤ Phase I ($\delta 1PR2$ ts)

Sur la feuille Tin Senasset et à l'Est de la feuille Ouallen, les massifs gabbroïques et dioritiques sont associés à des sillons (In Azet et Ahnet) reposant sur les massifs mêmes et leurs régions bordières ainsi qu'à peu de distance de ceux-ci. Généralement, ils sont affectés par de grandes failles d'orientation NW. A l'Ouest de la feuille Ouallen, dans les limites du socle cristallin Adanat du Protérozoïque inférieur, on note une série de petits massifs en dykes et en stocks, étirés le long des failles régionales subméridiennes.

Au SW de la structure, certains de ces massifs sont affectés par des accidents cassants dérivés orientés NE et NW, à l'exception des sills et des dykes de gabbrosdiabases au SW et SE des feuilles Tin Senasset et Ouallen, offrant une orientation sublatitudinale, concordante avec la structure des roches encaissantes de la série à stromatolithes. Le style tectonique de la région se caractérise par une complexité structurale induite par le champ de failles de sens varié qui avait conditionné un large développement des structures cataclastiques et blastomylonitiques.

➤ Phase II ($\gamma 2 PR2$ ts)

A la deuxième phase intrusive du complexe sont attribuées les intrusions des granodiorites, plagiogranites et granites (adamellites) qui sont surtout largement répandues au NE et SW des feuilles Egatalis et Tin Senasset.

Elles forment des massifs irréguliers plus rarement isométriques (de 30 à 70km²). En outre, elles constituent un corps en lanière au SW et SE des feuilles Tin Senasset et Ouallen qui est associé à la zone des failles régionales d'orientation NW et suivi avec interruption sur 35-40km, sa largeur étant de 0,5-0,7 km.

Les massifs de granodiorites, plagiogranites et granites se trouvent généralement parmi les formations de la série à stromatolithes et celle volcano-terrigène et ont des contacts intrusifs. Ils injectent les roches terrigéno-carbonatées (série à stromatolithes) et les volcanites andésitiques (série volcano-terrigène) avec la mise en place des hornblendes de contact et des skarns, ainsi que les gabbroïdes de la première phase. Ils sont recouverts en discordance par les dépôts de la formation de greywackes dont les conglomérats volcano gènes contiennent les galets de plagiogranites et de granites.

Les plagiogranites grossiers à moyens, parfois intensément cataclasés, sont composés d'oligoclase (35-50%), quartz (25-30%), microclineperthite (5%), biotite (15%) et hornblende (10%). Les minéraux néoformés sont représentés par le chlorite, épidote, séricite, leucoxène et albite. Les minéraux accessoires sont : apatite, sphène, magnétite (parfois jusqu'à 5%).

Les granites moyens à biotite, rarement à amphibole-biotite, sont constitués de plagioclase albite - oligoclase (30 - 45%), de feldspath

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

potassique-(30-35%), de quartz-(25-30%), biotite-(5-10%), plus rarement hornblende (3-5%).

Les minéraux accessoires sont : apatite, sphène, zircon, magnétite.

➤ **Phase III (γ3 PR2 ts)**

Les formations intrusives de la troisième phase sont largement répandues dans la région étudiée en constituant 20 massifs petits et moyens. Ils sont répartis dans la région d'une manière irrégulière. Parmi ces 20 massifs granitiques, (13) sont situés sur la feuille Tin- Senasset, (03) sur la feuille Bidon V, (02) sur la feuille Egatalis et (02) sur la feuille

Ouallen.

Dans les limites de la feuille Tin Senasset, la plupart des massifs sont associés à des sillons (remplis de dépôts volcaniques) ou sont peu distants de ceux-ci. Les granites de la troisième et quatrième phase sont pauvres en minéraux accessoires. Dans les granites de la troisième phase l'apatite est présente en quantité minimale et dans les granites à alaskite elle est pratiquement absente. La teneur en minéraux opaques (magnétite et ilménite) est quelque peu élevée et totalise 1-2%. Vers le sud de l'Adrar Taoudrart, parmi les diorites gneissiques anciennes du complexe du Tassendjanet été cartographié un massif en forme ovale irrégulière (~40km²). Il est situé à l'Est d'une grande faille régionale de direction NNE. Le massif est étiré vers la direction subméridienne et composé généralement de granites porphyroïdes à amphibole-biotite, moyens à grossiers. Sur la feuille Ouallen, les granites de la phase considérée ne sont connus que dans le bloc du socle du Protérozoïque inférieur d'Adanat.

Ils constituent deux petits massifs. Le massif Nord ne traverse la région étudiée que par sa marge orientale. Il est constitué de granites moyens à équi-granulaires parfois légèrement porphyroïdes. Le massif sud (≈ 30km²) est en forme irrégulière et lié avec les affleurements de volcanites de la série volcano- terrigène. Au Nord, il injecte les volcanites andésitiques et andésitodacitiques et au Sud, les granites du complexe du Tassendjanet. Le massif se trouve dans la zone de failles profondes subméridiennes. Il est constitué de granites leucocrates fortement altérés, chloritisés et cataclasés à structure essentiellement à grains moyens.

➤ **Phase IV (γ4 PR2 ts)**

Les formations intrusives de la quatrième phase ont une extension limitée.

Elles sont représentées par un massif moyen situé sur le territoire de la feuille Egatalis et deux petits massifs, à l'W et au centre des feuilles Ouallen et Tin Senasset respectivement.

Dans la partie centrale de la feuille Tin Senasset un massif semblable a aussi une forme lenticulaire irrégulière étirée vers le NNW. Mais selon ses dimensions il est attribué aux petits corps intrusifs. Sa superficie ne dépasse

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

pas 20km². Le massif est constitué de granites moyens leucocrates à alaskite. Les granites injectent à l'W le gabbro de la première phase et à l'E, sont surmontés par les dépôts de l'Ordovicien inférieur. Au SE, les granites injectent les enderbites de l'Archéen. Le feldspath potassique prédomine sur le plagioclase. Le minéral noir est représenté par la biotite dont la teneur ne dépasse pas 3-5%. Dans son ensemble, le massif est également subordonné à la faille NW.

Sur le territoire de la feuille Ouallen, les granites leucocrates, moyens à grossiers, équigranulaires, parfois porphyroïdes, constituant un petit massif ovale irrégulier (~5 km²) sont attribués à la phase considérée.

Parmi les minéraux sialiques on voit prédominer le feldspath potassique et les minéraux noirs dont la teneur totalise 7-10%. Ils sont représentés par la biotite et la hornblende.

➤ Phase V (γ_5 PR2 ts)

Aux formations intrusives de la cinquième phase du complexe sont attribués de petits massifs en amas et en forme étirée dont la superficie varie de quelques mètres à 1-4 km². Ils sont répandus sporadiquement sur le territoire des feuilles Tin Senasset (partie centrale), Egatalis (partie NE) et Ouallen (partie SW). Les massifs sont composés de granophyres fins plus rarement moyens. Le plus grand massif (4 km²) est marqué dans la bordure SW de la feuille Ouallen. Il est associé à la faille NW.

En outre, de tels granophyres forment souvent des corps épais en forme de dykes qui injectent toutes les formations intrusives du complexe considéré.

Macroscopiquement, les granophyres sont représentés par des roches parfois porphyroïdes, fines, rarement moyennes, équigranulaires à structure micropegmatitique. Dans les phénocristaux, on observe la présence d'albite ou d'oligoclase, orthose, quartz, hornblende et biotite.

Le feldspath potassique et le quartz forment des symplectites finement grenues renfermant des grains prismatiques d'oligoclase, d'hornblende verte et rares paillettes de biotite.

II.4. TECTONIQUE

La feuille Ouallen au 1/500 000, appartient à une zone du Hoggar occidental où se sont superposés trois grands cycles orogéniques antépaléozoïque.

- Le cycle Ouzzalien (Archéen) d'âge > 2800 Ma.
- Le cycle Eburnéen > 2000 Ma.
- Le cycle Panafricain (900+/-100 Ma – 520+/-10 Ma).

II.4.1. Les déformations antépanafricaines

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

Les terrains Archéens affleurent en petits pointements à la faveur des grands accidents décrochant. Ils sont composés par des formations hautement métamorphisées dans le faciès granulites.

Les structures plicatives sont complexes, on note des plis linéaires d'orientation (diverses) ou variés. Les plis de direction NE ont une origine secondaire due à une réorientation des structures primaires durant les phases plicatives du paléozoïque.

Dans la plupart des cas, les plis majeurs sont repris par d'autres plis plus petits, avec des plis d'écoulement, les cisaillements et d'entraînement.

Les structures plissées originelles dans certains blocs archéens sont difficiles à identifier, (les déformations surimposées sont très intenses).

Les structures plissées présentent en général, une orientation NE et ENE d'échelle plurikilométrique.

Ces structures sont recoupées par les granites de Tassendjanet datés à 2000 Ma.

Les granites et les schistes anciens sont affectés par les déformations panafricaines.

II.4.2. Les déformations panafricaines

a) Les phases de plissement d'âge panafricain

Plusieurs phases de plissement ont affecté cette portion du Nord-Ouest du Hoggar, ces phases sont contemporaines de grands accidents verticaux subméridiens déjà préfigurés avant l'orogénèse et ont joué en décrochement.

- **Phase primaire** : Elle intéresse l'ensemble des formations à l'Ouest du môle In Ouzzal et correspond à des chevauchements dans la partie Nord (zone du Tassendjanet) et à des édifices de pli couchés dans les zones méridionales.
- **Phases secondaires** : Ce sont des phases de plissement qui reprennent les structures antérieures, le synchronisme des différentes phases n'est pas démontré.
- **Phases tardives** : Elles sont post métamorphiques et affectent de nombreux domaines. De style variable, ces phases tardives sont en partie contemporaines :

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

- de l'individualisation et du comblement des grabens de molasse cambrienne (série pourprée), d'une mise en place d'un important magmatisme et volcanisme.

b) La tectonique cassante d'âge panafricain

➤ **Les accidents subverticaux**

Les accidents subverticaux du Nord-Ouest du Hoggar délimitent des grands compartiments souvent différents sur le plan stratigraphiques, paléogéographique, tectonique et métamorphismes (Terranes).

➤ **Accidents SE-NW et SW-NE**

Ils constituent une famille d'accidents et se greffent les uns aux autres très obliquement ; les branches courbes sont aussi remarquables et coïncidentes avec des zones de ramification comme au sud d'In Zize. Il s'agit de :

Décrochement cassant superficiel (Nord du Tassendjanet), décrochement Ouest Ouzalien, décrochement synschisteux du synclinorium d'In Zize, les mylonites de l'accident du 2°05', décrochements tardifs du type de l'Ouest Tirahart.

Dans plusieurs régions, les édifices de plis couchés se seraient mis en place conjointement à des mouvements de décrochement.

Le sens de déversement vers le sud est compatible avec un mouvement senestre du décrochement Ouest Ouzalien et autres décrochements satellites.

➤ **Les rejeux tardi à post-métamorphiques**

Ces rejeux sont mis en évidence par l'étude des massifs granitiques intrusifs pris dans ces décrochements. Ces massifs sont sectionnés et décalés suivant un mouvement dextre. Au niveau des décrochements, ces granites présentent des structures orientées et une foliation.

II.4.3. Les mouvements postérieurs à la tectonique majeurs

Ces mouvements caractérisent les bassins résiduels des séries pourprées, dont l'évolution est largement guidée par les grands accidents, la répartition et le type du magmatisme cambrien.

La phase de distension générale accompagnant le fonctionnement des grabens de la série pourprée se traduit par :

L'individualisation de zones fortement subsidences et les grandes failles de bordures des bassins.

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

a) Les mouvements Paléozoïques et Hercyniens

Les mouvements paléozoïques ou Hercyniens sont peu importants, mais on les retrouve un peu partout dans les Tassili.

Ils sont peu importants et verticaux comme l'atteste la présence de stries verticales des accidents recoupant les tassilis, et le relèvement de la pénéplaine ante-tassilienne dans les massifs quartzitiques.

b) Les rejeux récents

Existence de rejeux récents postérieurs aux dépôts du continental intercalaire et dans des rejeux quaternaires démontrées dans le prolongement de l'accident d'Amguid.

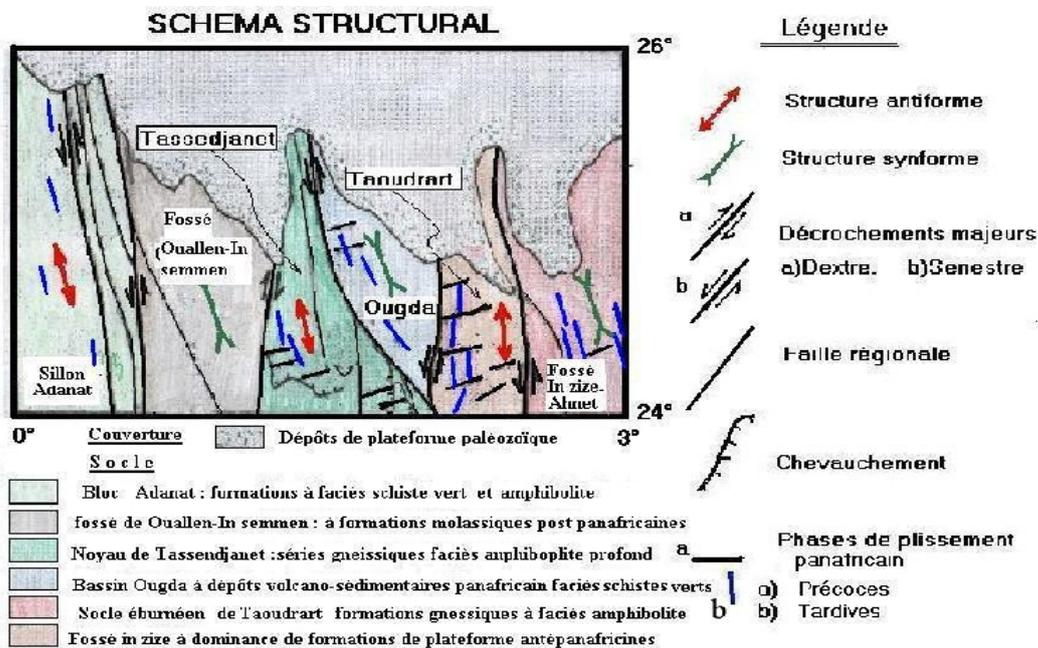


Fig II.1 : Schéma structural de la région Ouallen et Tin Senasset

II.5. MINERALISATION

Sur le territoire de la région étudiée, il a été mis en évidence de nombreux indices et points de minéralisation de cuivre et d'or, un indice important de minéralisation étain wolfram polymétallique et un certain nombre d'anomalies géochimiques de cuivre, zinc, plomb, étain, wolfram, or, argent, scandium, métaux rares (béryllium, niobium, lithium, zirconium) et terres rares (yttrium, ytterbium, lanthane, cérium et germanium).

Parmi les substances utiles, les plus intéressantes sont les indices de fluorine, de pierres techniques et décoratives (agate, et opale) et de dolomies.

II.5.1. Minéraux utiles métalliques

➤ **Cuivre** La genèse du cuivre de ces régions est d'origine sédimentaire et hydrothermale sédimentaire.

➤ **Or** L'or est classé en deuxième position après le cuivre parmi les minéraux utiles. Une grande quantité de points minéralisés et d'anomalies géochimiques se concentre sur la bordure Nord et ouest du massif gabbro-tonalitique d'Ataram (sud-est de la feuille Ouallen).

➤ **Argent** Il n'a pas été découvert d'importants indices argentifères dans le périmètre du territoire étudié qui puissent constituer une importance à eux seuls. Des teneurs élevées en Ag se relèvent constamment dans les indices minéralisés, points de minéralisation et anomalies géochimiques en cuivre de type de grès cuivreux et de type hydrothermal dans les feuilles Ouallen, Tin Senasset dans les filons quartzeux et les roches affectées de transformations métasomatiques associés au cuivre, à l'or et à d'autres éléments dans les feuilles Ouallen, Tin Senasset.

➤ **Etain et Wolfram** Les plus fortes teneurs en étain-wolfram sont liées aux granites de la quatrième phase du complexe Tin Senasset sur le territoire de la feuille Egatalis. Située à la marge NE de la feuille Egatalis, la partie marginale d'une vaste dépression intracratonique formée par les dépôts volcano-sédimentaires du Protérozoïque supérieur renferme les plus importantes teneurs en Sn-W.

➤ **Nickel et Cobalt** Seule une anomalie en Ni et Co a été reconnue au SW de la feuille TinSenasset, associée au massif de diorites, gabbro diorites de la phase I du complexe Tin Senasset. Les concentrations élevées en Ni (0,08%) et en Co (0,01%) ont été constatées dans les roches fines carbonato-siliceuses tachetées à pauvre dissémination en sulfures.

➤ **Plomb et Zinc** Les points de minéralisation et les anomalies géochimiques de Pb et Zn sont généralement liés aux filons de quartz minéralisés ou au filon nets de quartz et de quartz-carbonate encaissés dans les formations métamorphiques, volcanogènes et intrusives du Protérozoïque inférieur à supérieur. Des concentrations élevées en Pb ont été notées dans les gravélites de base de l'Ordovicien (anomalie géochimique sur la feuille Tin Senasset). Le Zinc se rencontre en teneur élevée dans les grès cuprifères (indice de la feuille Ouallen).

➤ **Niobium** On connaît dans la région étudiée des anomalies géochimiques en Nb parfois assez bien marquées à 0,1-0,2% de métal. Malheureusement, toutes ces anomalies ne sont mises en évidence qu'à partir des données spectrographiques et ne sont pas confirmées par des analyses plus précises (chimiques et minéralogiques).

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

➤ **Lithium** On connaît deux anomalies géochimiques en Lithium dans la région étudiée. L'une au SW de la feuille Tin Senasset associée aux granites modérément acides de la phase II du complexe Tin Senasset (0,05% Li), l'autre, au SE de la feuille Ouallen, liée aux granites porphyroblastiques feldspaths potassiques et biotite cataclasée du massif Tassendjanet avec enclaves de gneiss à biotite et filonnets de pegmatite : (0,02 à 0,04% Li).

➤ **Les terres rares (Lantane, Cérium, Yttrium, Ytterbium)** Dans la région étudiée, les anomalies en Tr ne sont pas nombreuses.

Elles s'associent à différentes formations géologiques. Le plus souvent lesdites anomalies sont liées aux anomalies composées en Or, Etain, Niobium, Zirconium des niveaux de base de la formation des Ajjer de l'Ordovicien inférieur (feuilles Ouallen et Tin Senasset) ou aux anomalies en niobium et en zirconium des porphyres trachyliparitiques(?) de la série volcano-terrigène. Des anomalies intéressantes sont liées aux granites altérés à feldspaths potassiques du flanc sud du massif Tassendjanet (feuille Ouallen : 0,1% La ; 0,1% Ce ; 0,04% Y ; 0,1% Sr ; 1,0% Be.

II.5.2. Substances utiles non métalliques

➤ **Fluorine** génétiquement liée aux granites alaskitiques leucocrates de la phase IV du complexe Tin Senasset. La minéralisation en fluorine dans le massif est associée aux zones d'accidents cassants d'orientation Nord-Ouest et rarement Nord-est, en d'autres termes, la minéralisation est contrôlée par des facteurs magmatiques et structuro-tectoniques.

➤ **Pierres techniques et décoratives (agates)** Les pierres techniques et décoratives, agates, opales, sardoines sont génétiquement liées aux coulées andésito-basaltiques grossièrement poreuses en provenance des laves fortement saturées en gaz, ce qui en résulte une abondance de cavités ovales. Le remplissage progressif de ces cavités par des solutions post volcaniques épithermales enrichies en silice en afflux impulsif abondant est responsable des formes et ciselés des pierres en question il s'agit du facteur principal déterminant leur localisation.

➤ **La dolomie** L'indice de dolomie (feuille Ouallen) est lié à l'affleurement du terme carbonaté dans les grès et gravélites de la série à stromatolithes. Ce niveau de dolomies de 30-60m de puissance est suivi avec quelques interruptions sur 1,5km.

Partie EST Arak – Tin Tenetfirt

II.1. CADRE GEOLOGIQUE DE LA REGION

La région des travaux de l'équipe occidentale (feuille ARAK) est située au nord de celle, étudiée auparavant en 1975 sur la feuille da Tin-Tenetfirt et occupe la position analogique dans la structure du graben -synclinorium du Hoggar - occidental. Parallèlement à la géologie analogique de ces feuilles, il exista un nombre considérable de différences, dues, en premier lieu, à la profondeur variée de l'érosion, notée dans cette région, A cet effet sur la feuille d'ARAK, ayant l'érosion moins profonde il n'existe pas de roches du Pharusien inférieur (série des "Stromatolites"), on y note le degré peu considérable de granitisation et migmatisation de roches, les roches basiques et semi-arides intrusives sont moins développées, ainsi que les granites intrusifs de type "Taourirts". Par contre on y observe largement développées les roches sédimentaires et volcanogènes des couches supérieures de la coupe de Pharusien.

Les roches du Pharusien sont partout recouvertes en discordance oblique par les sédiments du Paléozoïque postérieur (Tassili). Parmi les roches magmatiques on voit prédominer les granites mixtes ou anatactiques (. 61 - 62 -65), spécialement liés aux zones de granitisation linéairement allongées dans la direction subméridienne. Quelques petits affleurements de diorites, de gabbro-diorites, et de granites intrusifs de type "Taourirts" ont été révélés essentiellement au centre et au Sud de la région de l'étude.

II.2. STRATIGRAPHIE

Les roches les plus anciennes sont celles du Pharusien (Protérozoïque Supérieur), dans la coupe de laquelle l'on distingue les séries suivantes :

II.2.1) protérozoïque supérieur

a) Série volcano-sédimentaire (Ph 2)

Les roches de cette série sont suivies en continuité vers le Sud, où dans les limites de la feuille de Tin-Tenetfirt elles constituent une grande partie de la région. La série volcano-sédimentaire est largement développée au centre et au Sud de la région et moins considérablement au NORD de la feuille d'ARAK, où elle affleure sous forme d'une bande étroite parmi les roches plus récentes du Pharusien.

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

La série volcano-sédimentaire se caractérise par une composition relativement bariolée et la puissance instable des faciès. Evidemment, ce fait est du aux phénomènes de l'ultra métamorphisme avec qui sont liés les processus du magmatisme et de la granitisation, et qui ont considérablement affectés la dite série. L'intensité des processus de l'ultramétamorphisme s'augmente considérablement au Sud et au contraire, s'affaiblit au NORD, où parallèlement aux faciès, touchés par les modifications, on observe les formations sédimentaires et effusives. Outre la profondeur du niveau d'érosion, par quoi l'on explique l'intensité des processus de magmatisation et de granitisation une des causes du développement irrégulier des migmatites est la composition initiale des roches, constituant telle où telle région concrète.

Ainsi, les granites, contenant les feldspathtt primaires, sont sensiblement mobiles et lors des premières phases de granitisation peuvent constituer les filons aplitoitdes, qui forment non seulement dans les roches, mais sont capables de former les corps intrusifs locaux, sauf les agents granitisants (solutions pures, gaz) le magma granitique pourrait prendre part dans ce processus. Les roches carbonatées et les tufs à calcaires transforment à l'issue des processus de granitisation en silicates calcaires ou en cornéennes des silicates calcaires, par contre les roches basiques et ultrabasiques et analogiques à celles effusives - en metabasites et granites anatectiques de composition basique.

b) Série volcanogène (Ph3)

Les roches de la série volcanogène diffèrent fortement de celles volcano sédimentaires sous-jacentes d'après le degré de métamorphisme et probablement se trouve dans la "phase des roches vertes", qui est caractéristique pour les périodes relativement basses du métamorphisme régional.

La composition des roches volcanogènes, constituant la série en question, varie dans de larges diapasons. Néanmoins, malgré leur grande diversité l'on note en abondance les porphyrites neutres du rang andésito dacitique.

Les variétés suivantes ont été notées dans la série : les rhyolites (liparites, porphyres à liparites), les dacites, les andésites, les porphyres dacitiques, dacito-andésitiques et andésitiques et les tufs de roches acides et intermédiaires.

c) Série sédimentaire (pt3)

La série sédimentaire est peu développée et se voit sous forme d'une bande étroite, longeant la Transsaharienne au Nord du v. Tadjmoute et au SE de la région, à la jointure des feuilles d'ARAK.

Les roches non-métamorphiques présentées par les argilites grise-verdâtre avec les passages aux aleurolites et gravelites gris-verdâtre aux intercallations des argiles rouges constituant cette série. La série atteint quelques centaines de mètres. Ces contacts avec les roches effusives sous-jacentes du Pbarusien et les grès sus-jacents des Tassilis sont souvent tectoniques. (Au Nord du v. Tadjmout on observe une discordance des roches sédimentaires avec la série volcanogène Ph3). Il est fort probable que la série sédimentaire est le membre le plus jeune des dépôts antétassiliens. Ce facteur donne la possibilité de composer la série en question avec celle Pourprée (intermédiaire) de ABNET, dont l'âge est de 675-625 M.a. (R. Cam, 1972).

II.2.2) dépôts du Paléozoïque inférieur non-divisés tassili (pz1)

Les dépôts du Paléozoïque inférieur (ORDOVICIEN-DEVONIEN non divisé) sont connus dans la littérature sous le terme collectif "TASSILI". Ils sont largement développés et constituent presque 40 % de la région les roches du Tassili reposent avec une discordance oblique et stratigraphique sur les roches métamorphiques et magmatiques différentes (Ph2, Ph3, Pt3) et constituent en relief un plateau, faiblement incliné au NORD et au Nord-ouest.

La coupe idéale des dépôts du Paléozoïque inférieur est présentée par les conglomérats, le quartz, les feldspaths et les grès à grains différents, qui en haut de la coupe se substituent par les variétés foncées, alternant avec les grès à gros grains ("grès~ inférieurs"- 0..5). Ils sont couronnés par une série puissante d'argilites et de schistes gris-verdâtre et gris-claires avec les graptolithes (Gothlandien), qui est recouverte à son tour par les «grès supérieurs» dévoniens (R. FORON).

II.2.3) Roches quaternaires (Q)

Les dépôts du Quaternaire sont largement développés et présentent 4 types génétiques suivants : alluvions, éluvo-diluviens, torrentiels et éoliens :

a) Les alluvions (aQ III-IV):

Sont le plus développés : elles tapissent les lits d'oueds, dont le réseau est très dense au NW du Hoggar. Eu général, en amont de l'oued on n'observe que les grèves ; à partir du centre de l'oued on voit apparaître les terrasses rares, peu développées. Elles sont accumulatives.

Les grouines et les dépôts de terrasse sont présentés par les galets et graviers faiblement roulés, dont la puissance est de quelques mètres. Le

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

profil axial des vallées d'oueds porte le caractère plat. La largeur des vallées atteint quelques centaines de mètres (rarement quelques kilomètres) ; leurs bords sont fortement aplanis ; les lits d'oueds ont parfois les méandres.

Parfois en note les anciens limons sableux et les sols. La composition des dépôts est locale, le calibrage est faible.

b) les dépôts éluvo-diluvien (dp Q IV):

Sont relativement peu développés. Ils constituent les terrains à relief faiblement vallonné. Ce sont, en général, les débris, non calibrés, anguleux, parfois au nombre considérable du matériel limoneux. La puissance de ces dépôts est de quelques mètres.

c) Les terrains torrentiels et diluviens (eQIV):

Constituent une large traine au pied de la bordure des TASSILI et rarement au pied d'Adrar importants (ADJELLI, TIN-TEBOURAK et autres).

Ces dépote représentent les grands blocs non. Cimentés, dont les démentions décroissent au fur et à mesure de l' éloignement de la source (de 5-10 m à 20-30 m de diamètre). La composition lithologique de débris complément coïncide à la composition des roches de la source.

II.3. FORMATIONS MAGMATIQUES

Les roches intrusives et lauré dérivés filoniens ont rarement la valeur subordonnée ; ils sont représentés par les petites intrusions des granites, des granodiorites, des gabbro-diorites et par les dykes de roches basiques et neutres, de quartz etc.....

1) Granites anatectoniques

(Granites migmatitiques et mixtes 61, 63) :

Contrairement aux régions Sud, dans les limites de la feuille de ARAK on voit que les granites migmatitiques (61) sont plus abondants que les granites mixtes (62, 63). Les derniers sont observés dans les parties centrales des massifs des granites migmatitiques. Les granites migmatitiques renferment généralement beaucoup de "restes" de roches encaissantes et se caractérisent par les passages mutuels (de la périphérie au centre du massif): migmatite-granite migmatitique-granite mixte.

2) Roches intrusives

Ce groupe de roches magmatiques est représenté par quelques petites intrusions des granites à biotite, à biotite et hornblende et leucocrates qui se localisent aux terrains des roches granitisées dans la série volcano-sédimentaire ph2. Une intrusion relativement grande des granites à biotite, située au Sud-est de la feuille d'Arak fait exception.

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

Les granites intrusifs (y compris les granites de type "Taourirts") présentent les formations postorogènes qui montrent à l'aide de sa disposition les pointements des fusions résiduelles abyssales, différenciées au cours des stades postérieurs de la mise en place des foyers granitiques de l'orogénèse. Le temps de ces roches est défini comme le Post-Pharusien Précambrien Postérieur.

Les granites à biotite et les granites porphyres : sont peu répandus et affleurent au Sud de l'Adrar de Tebelel, sur l'Erg de Tisselline et au Sud-est de la feuille d'Arak sous forme de petites intrusions isométriques et circulaires, Les granites sont à graine fine et gros, gris, gris-rosâtre, gris-foncé, Ils sont constitués par le feldspath potassique (à peu près de 50-70 %), le plagioclase, le quartz (30% environ), la biotite (1-5%).

Les minéraux accessoires sont : zircon, columbite, monazite, ortite, magnétite.

La structure des roches est de hypidiomorphe-grenue à porphyrique, Les contacta des granites avec les granites migmatitiques et mixtes encaissante sont bien accusés, mais sans traces de métasomatisme et de traitement hydrothermal des roches.

• Granites de types de "Taourirts" :

C'est un complexe des granites très particulier tant du point de vue de morphologie des massifs que de mode de gisement et de composition pétrographique et chimique. Dans les limites de la région on voit trois petites intrusions des granites "Taourirts".

La première est située au Sud-ouest de la région, la deuxième - à proximité de l'Adrar d'Adjeli et la troisième - dans la partie septentrionale de l'Erg de Tisselline.

Outre les granites à biotite et les granites "Taourirts", on rencontre dans les limites de la feuille d'Arak les granites et les granosyenites sous forme d'alpites et d'alaakites. Ces roches sont peu répandues et se caractérisent par la présence de petits corps linéaires et allongés, attribués aux zones des accidents tectoniques. Selon le caractère des relations avec les roches métamorphiques et magmatiques encaissantes, ce groupe de granites se rapporte aux formations intrusives plus récentes et le temps probable de leur déposition est celui de l'achèvement de l'action magmatique dans le Précambrien postérieur.

3) Roches intrusives de composition neutre et basique

Dans les limites de la feuille d'Arak, cet ensemble de roches est peu développé. Elles sont représentées par certains affleurements isolés (massifs) dans la partie Sud de l'Erg de Tisselline, au Sud de l'Adrar d'Ahelane et à l'Ouest de Tadjmoute. Dans le plan, les massifs ont la forme isométrique et lenticulaire et se caractérisent, en général, par les formes positives du relief. Elles sont représentées par les diorites quartzifères, les diorites, les gabbro-diorites, les gabbros et les gabbro-diorites altérés.

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

Les contacts des massifs avec les roches encaissantes de la série volocno- sédimentaire du Pharusian sont habituellement bien accusés, néanmoins, dans la zone de contact intérieur des massifs, on voit souvent la "contamination" importante qui s'est manifestée dans la chloritisation, l'épidotisation, l'amphibolitisation et la silicification des roches.

4) Gangue filoniennes

Les dykes de roches neutres et basiques sont plus fréquents et typiques pour toute la coupe du Pharusien, y compris son membre supérieur la série volcanogène (ph3). Ils sont représentés par les microdiorites, les diabases, les amphibolites, les andésites-pophyres etc. ... L'orientation des dykes est souvent concordante avec la direction des roches encaissantes et rarement - discordante. Les paramètres des dykes sont différents (de petits à grande), Les plus grands dykes se poursuivent sur la distance de quelques km, d'une épaisseur de 1 à 10 m. Le groupe de roches, affectées quelque part par les processus de chloritisation, de serpentinitisation, de feldspathisation potassique et de Silicification a une place particulière dans ce complexe.

Contrairement à la feuille de Tin-Tanetfirt, dans les limites de la région des travaux ces processus sont moins fréquente, mais plus intenses pour former les zones altérées, liées à certains niveaux de roches (serpentinitisation suivant les roches carbonatées et ultrabasique etc.), aux contacts des roches différentes au point de vue lithologique, aux zones des accidents tectoniques.

II.4. TECTONIQUE

Sur le fond du grand graben-synclorium du Hoggar Occidental, d'après le complexe de roches diverses et le caractère. Du plissement on distingue dans les limites de cette région 4 unités structurales :

1. Série volcano-Sédimentaire du Pharusien.
2. Série volcanogène Ph3
3. Série sédimentaire (analogue avec la "série pourpre") Pt3.

1. La série volcano-sédimentaire (ph2)

Est largement développée au Sud et au centre de la feuille d'Arak et constitue la partie voûtée du grand anticlinorium d'Arak de direction subméridionale, La limite inférieure de la série n'est pas établie sur la feuille d'Arak, la supérieure est observée à l'aide de la discordance cachée avec la série volcanogène. Les roches sédimentaires primaires et effusives de la série en question qui ont subi la granitisation intense et la migmatitisation forment un système de plie à pente raide de l'ordre inférieur de direction

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

subméridionale, compliquant la structure relativement simple de la partie voutée du grand anticlinorium, Cette structure est isométrique, Le flanc Est, représenté par les séries volcano-sédimentaire et volcanogène a un pendage doux, le flanc Ouest - abrupt, La série volcanogène y est recouverte presque partout par les formations du Paléozoïque inférieur - Tassili, La granitisation intense est typique pour la partie voutée et celle au voisinage de la voute de la structure, qui sont compliquées, en outre, par le plissement de 1' ordre inférieur et les accidents tectoniques plus importants.

2. La série volcanogène (ph3)

Repose en discordance Stratigraphique simple et, probablement, angulaire peu considérable sur les roches de la série volcano-sédimentaire. Les roches de cette série constituent les flancs Ouest et Est de l'anticlinorium d'Arak et sont observées sous forme d'une bande étroite (suivant le "coin" tectonique) dans la partie voutée de la structure,

. Aux processus de granitisation et de migmatisation n'ont été touchées que les parties inférieures de la coupe de la série, les parties supérieures sont subies la recristallisation secondaire et sont saturées de plusieurs dykes de porphyrites dacitiques, andésito-dacitiques et andésitiques.

3. La série sédimentaire (analogue avec la série "pourpre")

Est insuffisamment développée typique pour les terrains affaissés locaux du socle pharusien.

Les roches forment des plis à pente raide, isométriques dans le plan et reposent d'une manière transgressive avec discordance angulaire sur les roches de la série volcanogène du Pharusien. Contrairement aux roches pharusiennes, ces roches (argilites et aleurolithes) ne sont pas métamorphosées et leur disposition "intermédiaire" entre le socle pharusien et les dépôts de la plate-forme du Tassili permet de les considérer de façon hypothétique comme les analogues de la "série pourpre" et de les rapporter au Précambrien postérieur.

Les accidents cassants sont largement répartis dans les limites du territoire examiné et sont représentés par plusieurs systèmes :

Le système d'accidents de direction subméridionale est plus fréquent. A celui-ci se rapportent la faille régionale de Foum-Belreme, le groupe d'accidents parallèles, probablement, en forme d'escalier, qui compliquent la partie voutée de l'anticlinorium d'Arak.

Le deuxième système d'accidents qui paraît plus postérieur et mal accusé a une direction diagonale, passant souvent à subméridionale. Ces accidents sont bien remarquables dans les parties Sud-ouest de la région et plus rares - dans la partie centrale, constituée essentiellement par des roches de la série volcano-sédimentaire Ph2.

II.5. MINERALISATION

➤ **L'or**

Prélevés dans les formations éluvio-déluviennes sur la surface du développement des granites 61-3 et des migmatites où sont largement répandus les filons de quartz, formant localement les grands champs quartzo-filoniens.

➤ **Le Pb**

Est prélevé dans les formations tassiliennes, dans la zone de faille tectonique. Les autres concentrés avec la teneur en galène, et prélevés à proximité des petits filons de quartz, reposant sur les roches migmatisés.

➤ **Le Cu**

Sont représentée par la chalcosine, la covelline, la malachite, la chalcopyrite et la tétraédrite, Les filons de quartz servent de source du dérnantellement des minéraux de Cu.

➤ **Le wolfram**

Le wolframite existe probablement sous forme du minéral accessoire dans les roches de composition acide ainsi que dans les niveaux inférieurs de grès tassilienne.

➤ **Le SN**

Est principalement répandue dans les limites du horst-anticlinorium d'Arak et à l'Ouest da ce dernier jusqu'à Tassili où sont développés les roches effusives migmatisés ph2· les granites 61-3 et les nombreux filons et dykes de composition acide et basique.

➤ **La fluorine**

Prélevés dans les roches effusives migmatisés avec les filons de quartz et les zones de Silicification qui servent de source du démantèlement.

➤ **La baryte**

On la voit en traces isolées sur la surface des roches volcano-sédimentaires migmatisés, parmi lesquelles on n'observe que les failles de direction méridionale.

➤ **L'étain**

Forme sur la feuille d'Arak les anomalies locales à petite intensité, occupant une étendue peu importante, On peut les diviser en deux groupes : les anomalies qui passent le long de la bordure des dépôts tassiliennes et les

CHAPITER II : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

anomalies, liées aux Adrars d'Adjeli de ti-n-Tebourak et d'Ihellen. Leur origine n'est pas Homogène.

➤ **MOLYBDENE**

Ces teneurs élevées sont établies sur les petits secteurs locaux, dans la partie centrale de la feuille, dans la région des Adrars d'Adjeli, de

Ti-n-Tebourak et d'Ihellen où elles coïncident avec les champs de concentrations anomaes d'étain et ont, probablement, l'origine similaire.

CHAPITRE III :

LES SIG : GENERALITE

III.1. 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 géospatiales, utiliser le modèle géographique pour 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.

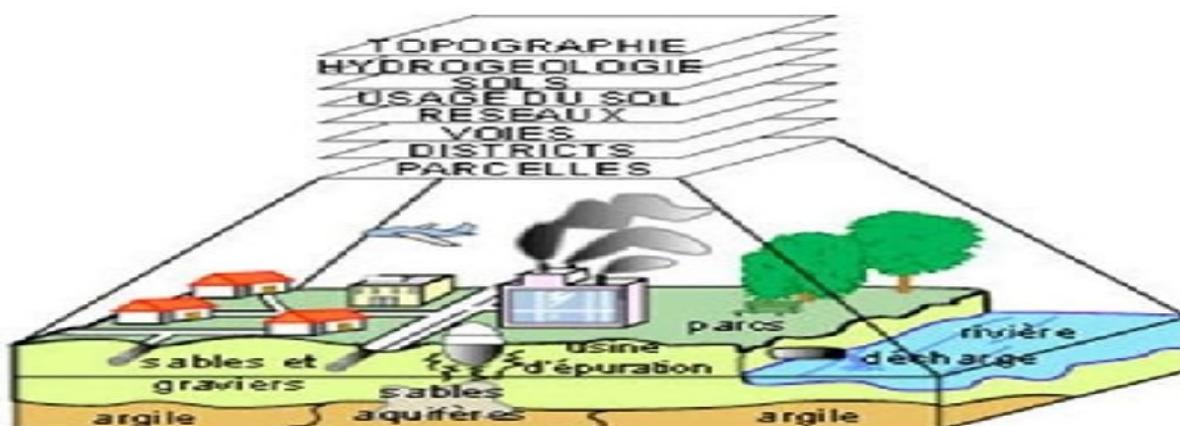
III.2. Définition de SIG

Un Système d'Information Géographique (SIG) est un système d'information capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées.

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

Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, on décompose le territoire en couches thématiques (lithologie, magmatisme, tectonique...) structurées dans des bases de données numériques.

Les bases de données qui alimentent les SIG doivent être géoréférencées, c'est-à-dire partager un cadre commun de repérage appelé système de projection. Ces cadres communs sont fixes et réguliers.



FigIII.1: Base de données géographiques

III.3. Les composantes d'un SIG:

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

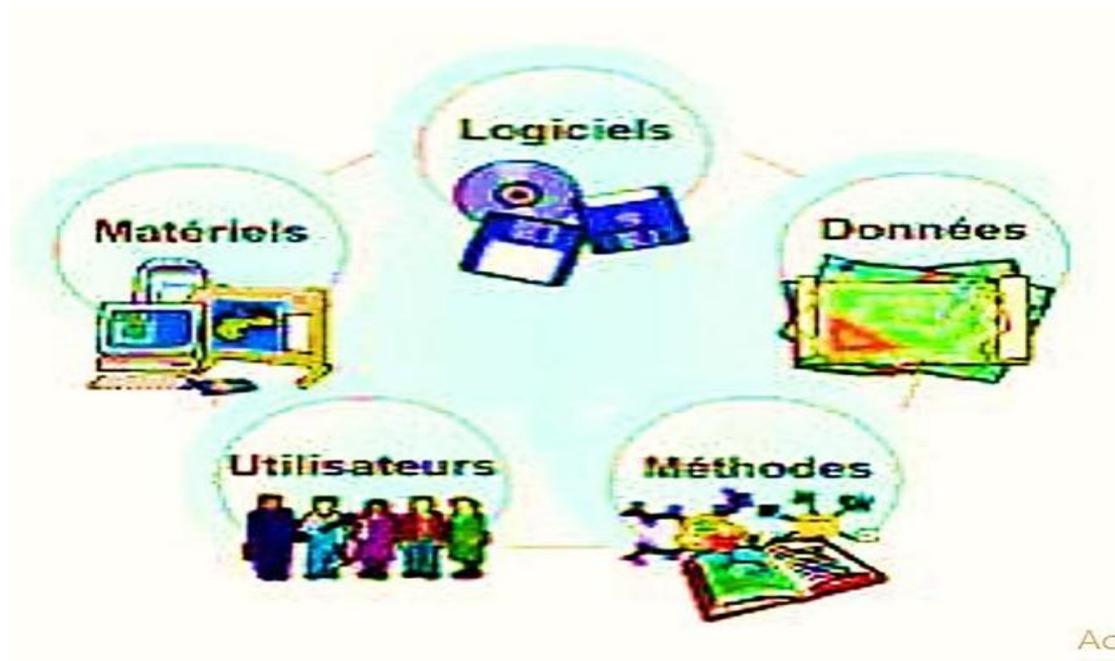


Fig III.2 : Composante d'un SIG

1. Logiciels: les logiciels qui offrent les fonctions élémentaires suivantes:

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

2. Materiel

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

3. Données

Les données sont les composants les plus intéressantes du SIG :

➤ **Données géographiques:**(our specials)

Les données géographiques sont importées à partir de fichiers ou saisies par un opérateur. Une donnée est dite « géographique » lorsqu'elle fait référence à un (ou plusieurs) objet(s) localisé(s) à la surface de la Terre. Ses coordonnées sont définies par un système géodésique (ou système de référence spatiale). Elle sont deux composantes:

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

➤ **Données attributaires:**

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

➤ **Métadonnées:**

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

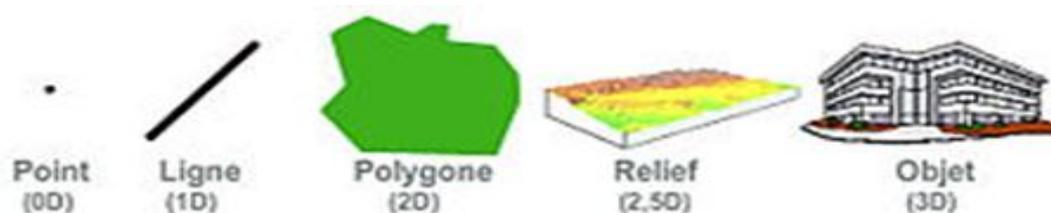


Fig III.3: Taille/dimension de la représentation de la donnée

4. Les utilisateurs

Les utilisateurs des systèmes d'information géographique ne sont pas forcément des spécialistes. Un tel système propose une série de boîtes à outils que l'utilisateur assemble pour réaliser son projet. N'importe qui peut, un jour ou l'autre, être amené à utiliser un SIG. Le niveau de compétences requis pour la conduite des opérations les plus basiques est, généralement, celui du technicien supérieur. Mais afin d'assurer une bonne qualité d'interprétation des résultats de l'analyse des données et des opérations avancées, celles-ci sont généralement confiées à un ingénieur disposant d'une bonne connaissance des données manipulées et de la nature des traitements effectués par les logiciels. Enfin, des spécialistes sont parfois amenés à intervenir sur des aspects techniques précis (MARTIN, 2004).

5. Méthodes

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

III.4. Présentation des données dans un SIG :

1) Mode raster:

Les données raster ont comme élément essentiel de pixel (Picture Element). Elles proviennent soit d'un scannage d'une carte, soit d'une image numérique telle que les photos satellitaires (Fig III.4). Les pixels sont répartis dans un raster de façon régulière.

Les lignes et les surfaces ne peuvent être représentées que par l'enchaînement de pixels uniques. Un objet ne peut donc être représenté que de façon approximative, c'est ainsi que la taille du pixel conditionne l'exactitude de la représentation.

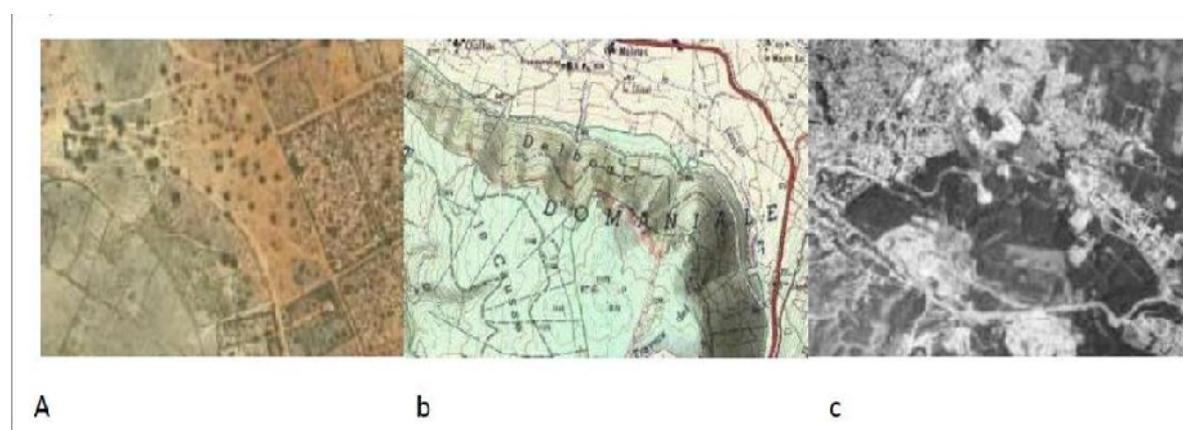


Fig III.4: Exemple de quelques données Raster (a : image satellitaire, b : image scannée, c : ortho photo aérienne) (BONNET M.2012)

2) Mode vecteur:

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

✓ Les points:

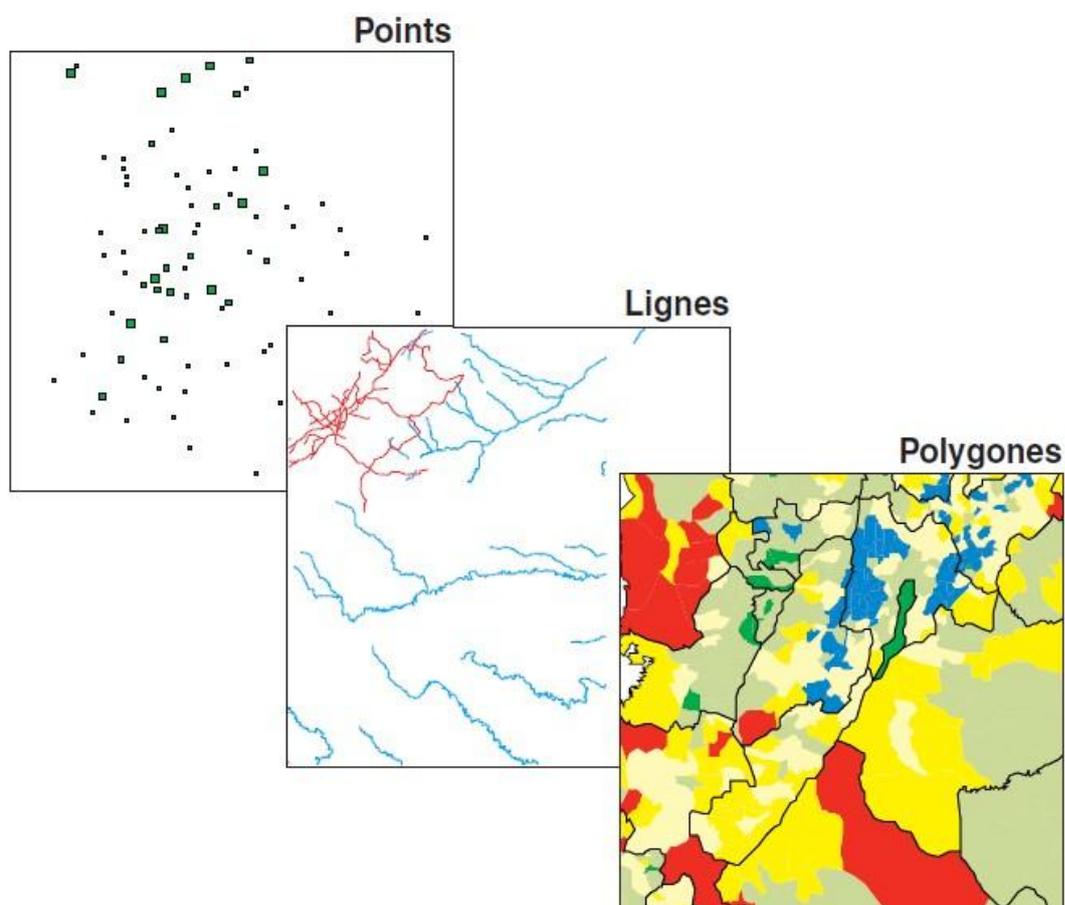
Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des polygones, ou par des éléments qui n'ont pas de surface elle comme les points cotés.

✓ Les lignes:

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

✓ Les polygones:

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



FigIII.5: Exemple de données vecteurs

3) Comparaison des Modes vecteurs et rasters:

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

Chaque mode a ces avantages et ces inconvénients et le recours à l'un ou à l'autre n'est pas toujours une tâche facile, car ce sont les objectifs et surtout les sources de données du projet qui orientent le choix de l'utilisateur. Certaines applications peuvent même faire appel aux deux modes (tableau III.1) [CLARMUNT G.1991 in OUHTIY].

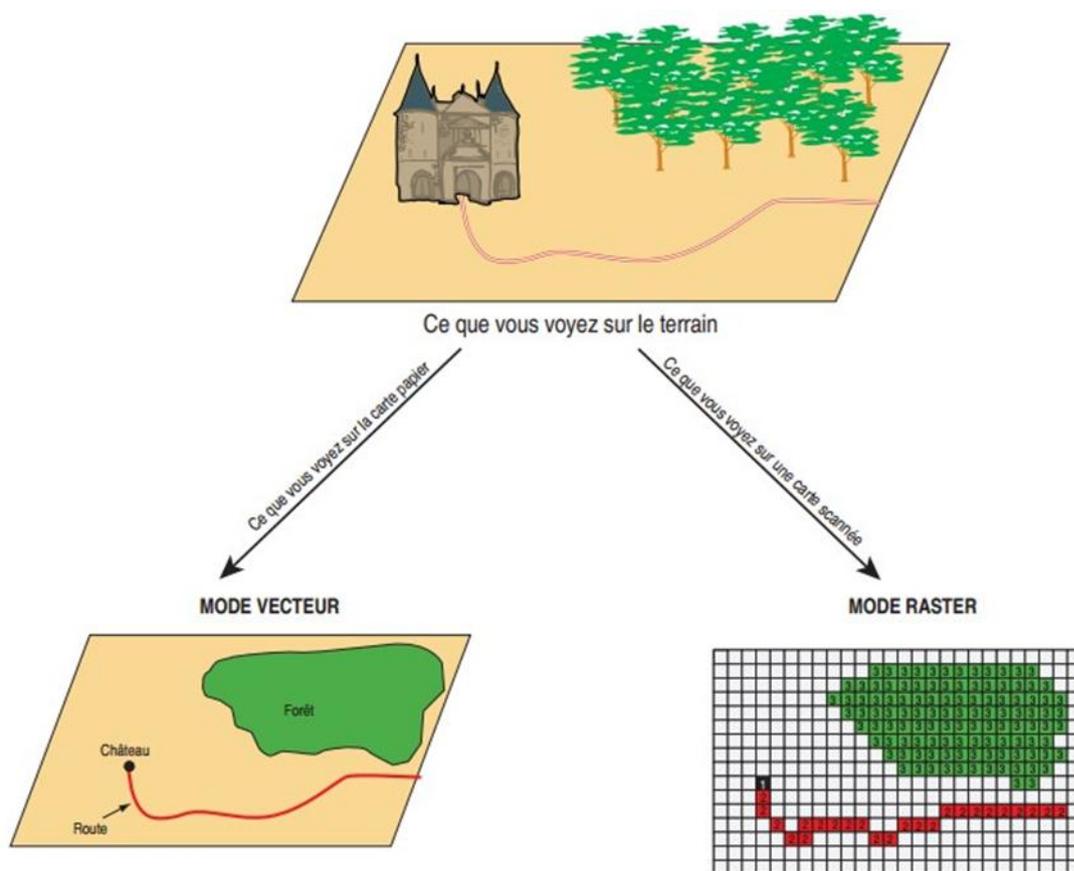


Fig III.6: mode de représentation de l'information géographique dans un SIG

CHAPITRE III : LES SIG : GENERALITE

en information ,notamment au niveau des interactions spatiales et thématique à partir de là, tout ou presque est possible grâce aux analyse multicritères et multicouches (Krafft et Al 2005) ,Fig .III.7:(Habert,2000) .

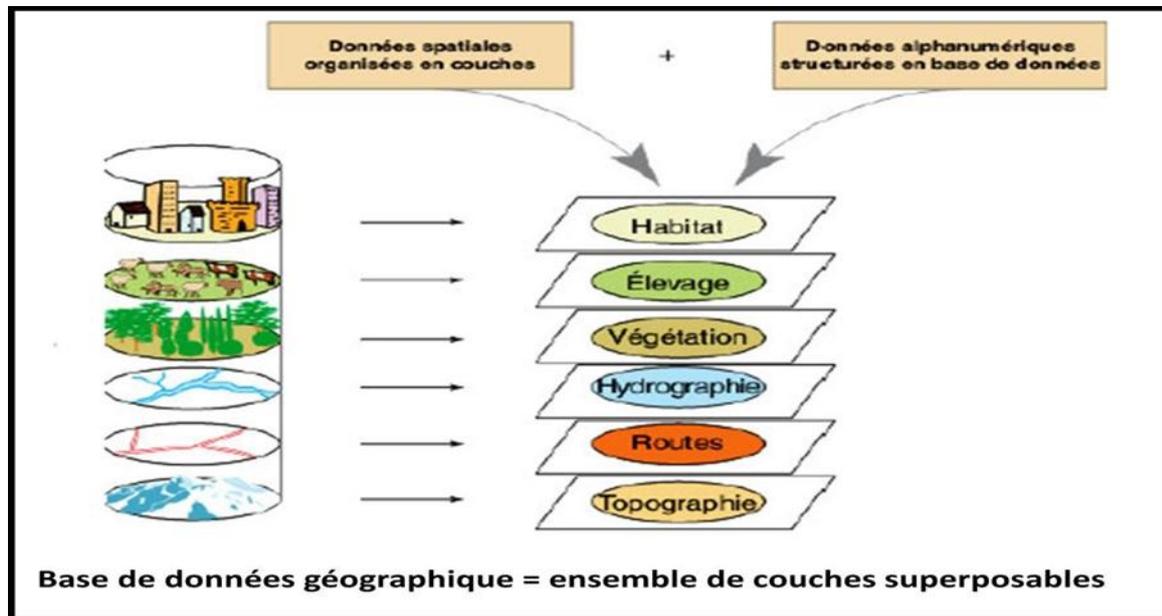


Fig III.7 : Structure de l'information géographique dans un SIG (Habert, 2000)

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

Il nous permet de :

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

III.7. Les 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).

III.8. SIG et Géologie:(Géomatique Expert-N°49- Février-Mars 2006)

1. Construction du SIG géologique :

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

- Décrire fidèlement et de manière exhaustive le contenu de la carte géologique.
- Associer les différents objets constitutifs de la carte dans des thèmes conformes à leur signification géologique.
- Mettre à disposition un outil à potentiel d'analyse optimum.

Le potentiel d'analyse du SIG peut être amélioré si le levé géologique et la préparation des données sont effectués en prévision de la construction d'un modèle spatial SIG complet.

2. Architecture du modèle spatial :

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

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

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

3. Méthode de construction d'un SIG :

Schématiquement, une carte géologique est constituée de surfaces auxquelles sont attribués des codes de couleur permettant de distinguer les différentes unités de terrains. La réalité est cependant plus complexe. Chaque surface est circonscrite par des segments de lignes qui sont les « objets (briques) élémentaires » de la carte. Certaines de ces lignes cumulent plusieurs significations géologiques (limite d'affleurement, niche d'arrachement et limite de tassement rocheux par exemple).

Dans le SIG chaque ligne appartiendra à un ou plusieurs thèmes. Comme élément constructif de polygones ou comme élément linéaire) signification structurale ou morphologique.

La méthode développée consiste à numériser toutes les lignes de la carte géologique dans un seul thème de construction.

Chacune de ces lignes reçoit une attribution simple ou multiple en fonction de son appartenance aux différents thèmes constitutifs de la carte géologique.

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

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

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

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

III.9. SIG SOUS ArcGIS :

1. Définition du logiciel Arc Gis :

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

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

Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre cette différente couche est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées.

2. Présentation du logiciel ArcGIS 10 :

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

ArcMap :

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

ArcMap facilite la disposition des cartes lors de la mise en page pour l'impression, l'intégration dans d'autres cartes et l'édition de documents électroniques. L'application est présentée ci-dessous (Fig III.8) :

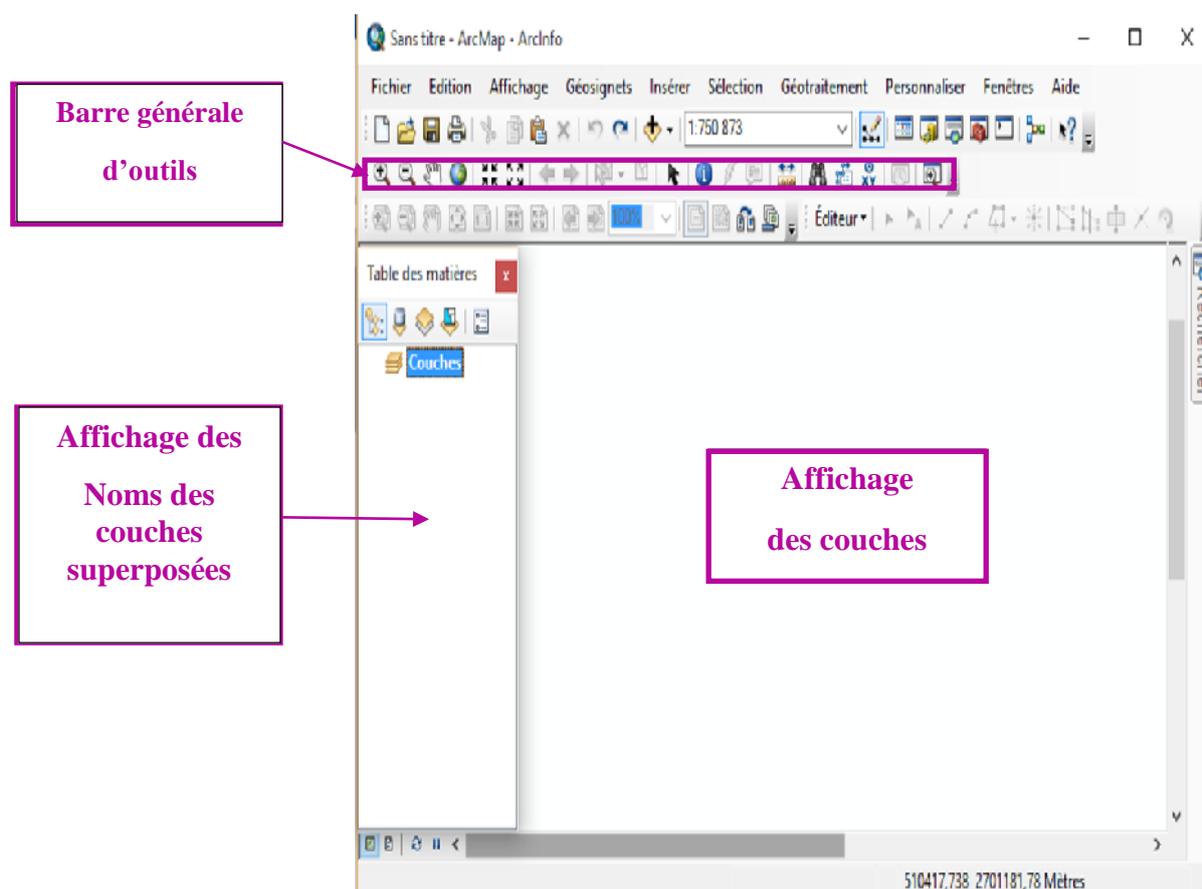


Fig III.8: Présentation de fenêtre ArcMap

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



Arc Catalog :

ArcCatalog nous permet de passer en revue, d'organiser, de distribuer et de modifier les éléments de propriétés des données géographiques et cela en employant des méthodes graphiques ou textuelles.

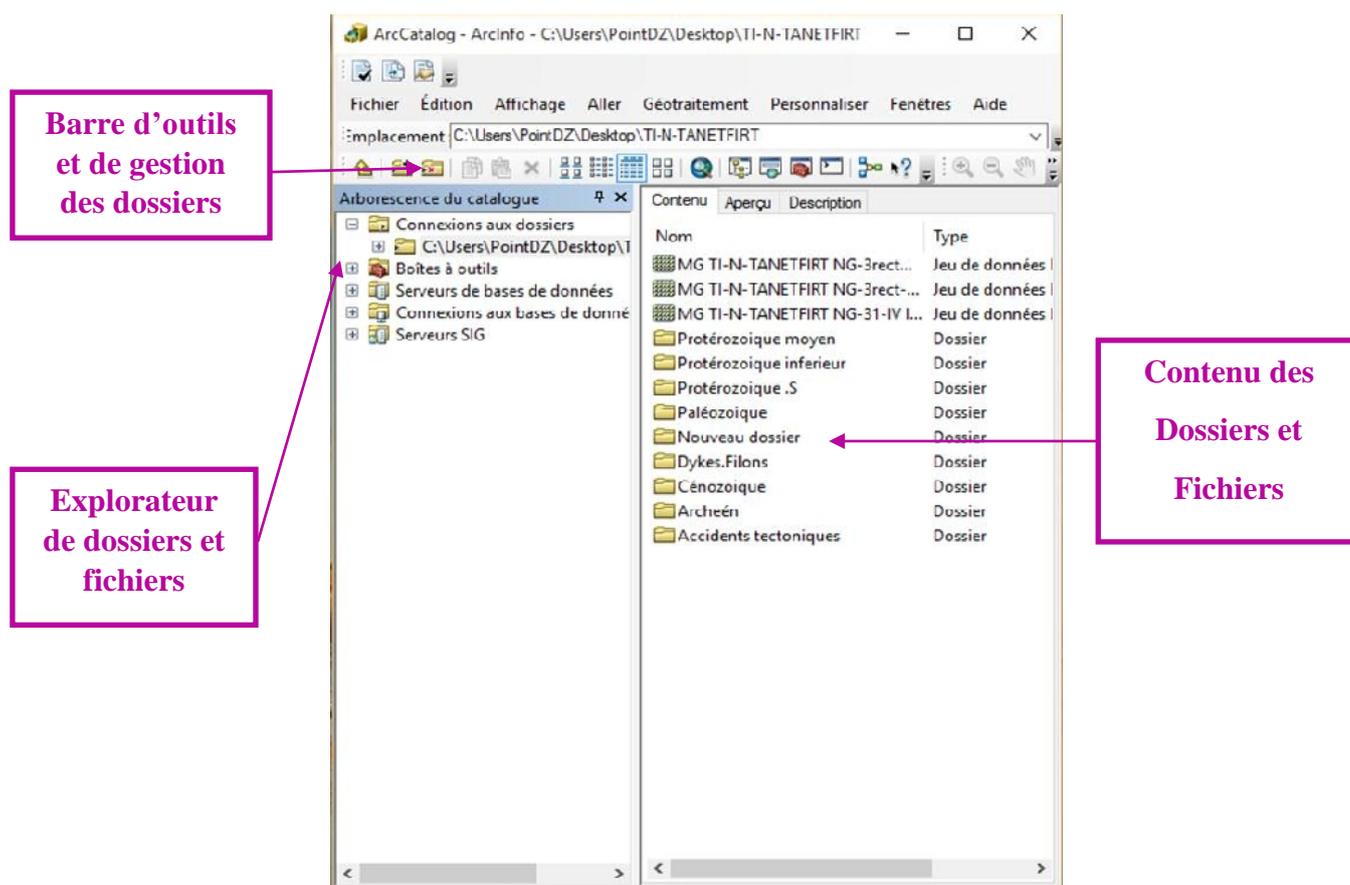


Fig III.9: Présentation de fenêtre ArcCatalog

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

- Créer de nouvelles données (couches/shapefiles, géodatabases ...) où Supprimer une couche (soit l'ensemble des fichiers correspondants ou shapefile).
- attribuer un système de coordonnées lorsqu'il n'est pas reconnu par le logiciel, ou non renseigné.
- avoir un aperçu géographique ou attributaire d'une couche donnée.

CHAPITRE III : LES SIG : GENERALITE

Précisons qu’ArcCatalog est aussi disponible au travers d’ArcMap, ce qui facilite grandement la gestion des fichiers.

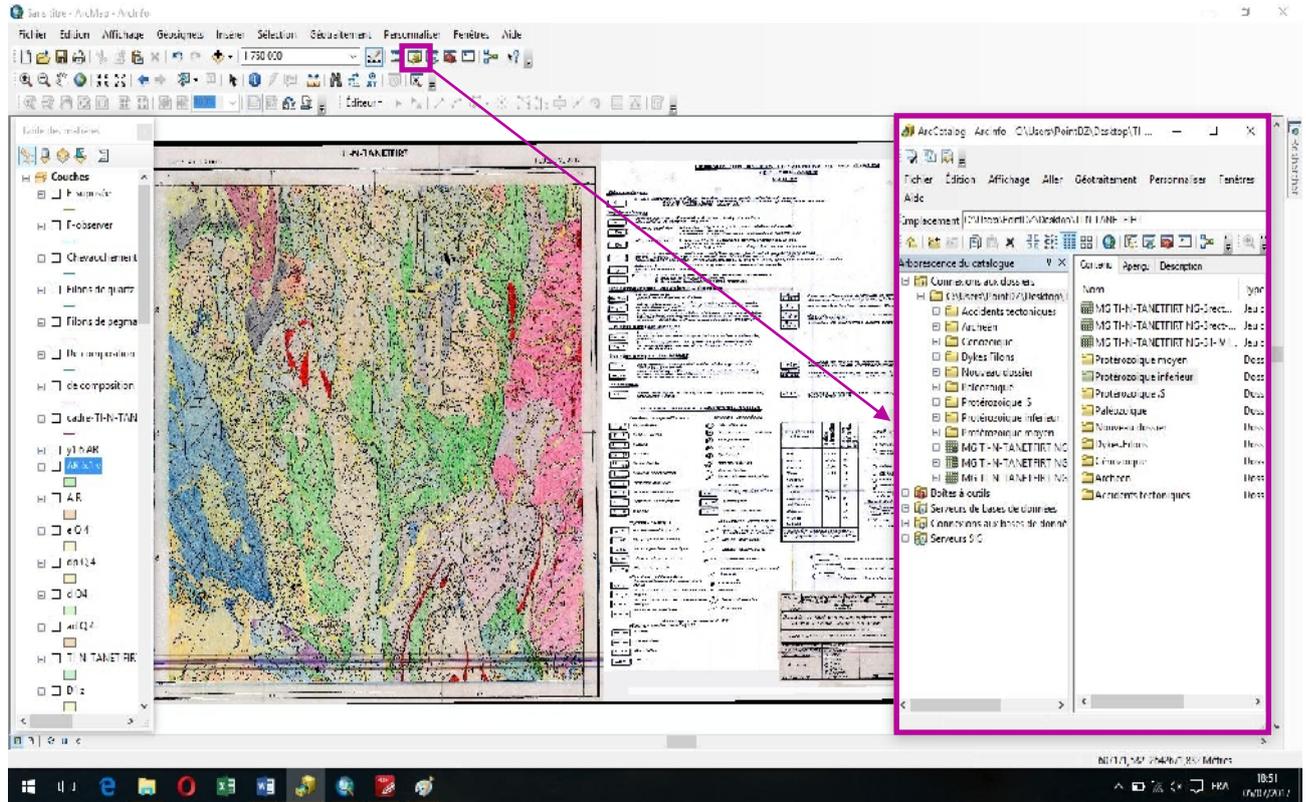


Fig III.10: Fenêtre ArcCatalog au travers ArcMap

ArcToolbox :

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

La boîte à outils fournit un ensemble très riche de fonctions de géotraitement. Il convertit aussi les formats de données pour l’importation ou l’exportation de fichiers, ainsi que les changements de projection.

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

En cliquant sur un outil, une fenêtre correspondant à ce dernier s’ouvre, nous permettant de le paramétrer.

CHAPITRE III : LES SIG : GENERALITE

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

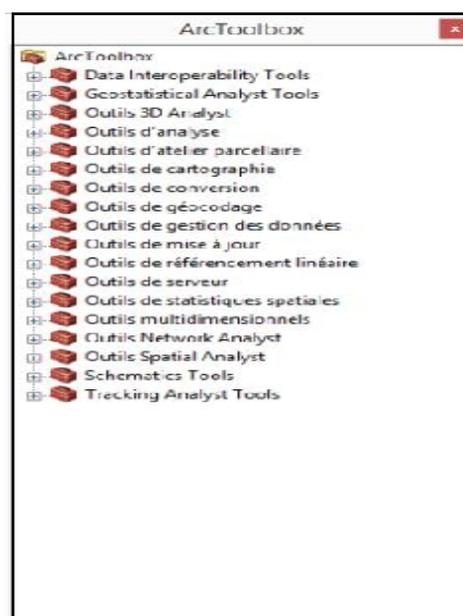
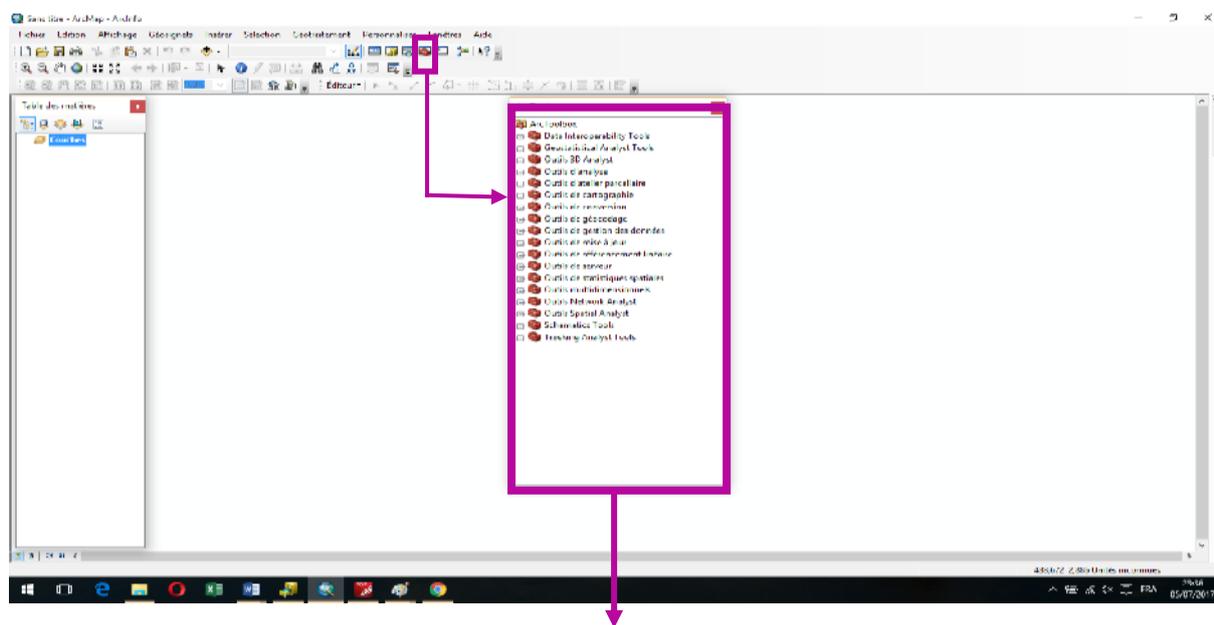


Fig III.11: Fenêtre ArcToolBox

3. Le document MXD :

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

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

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

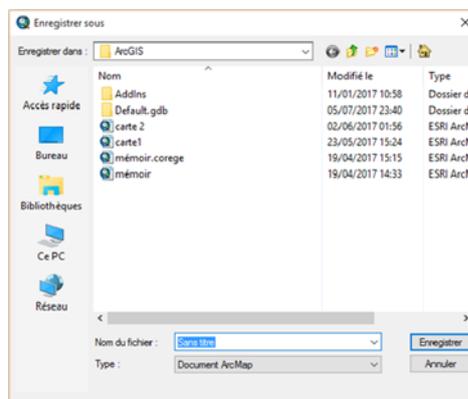
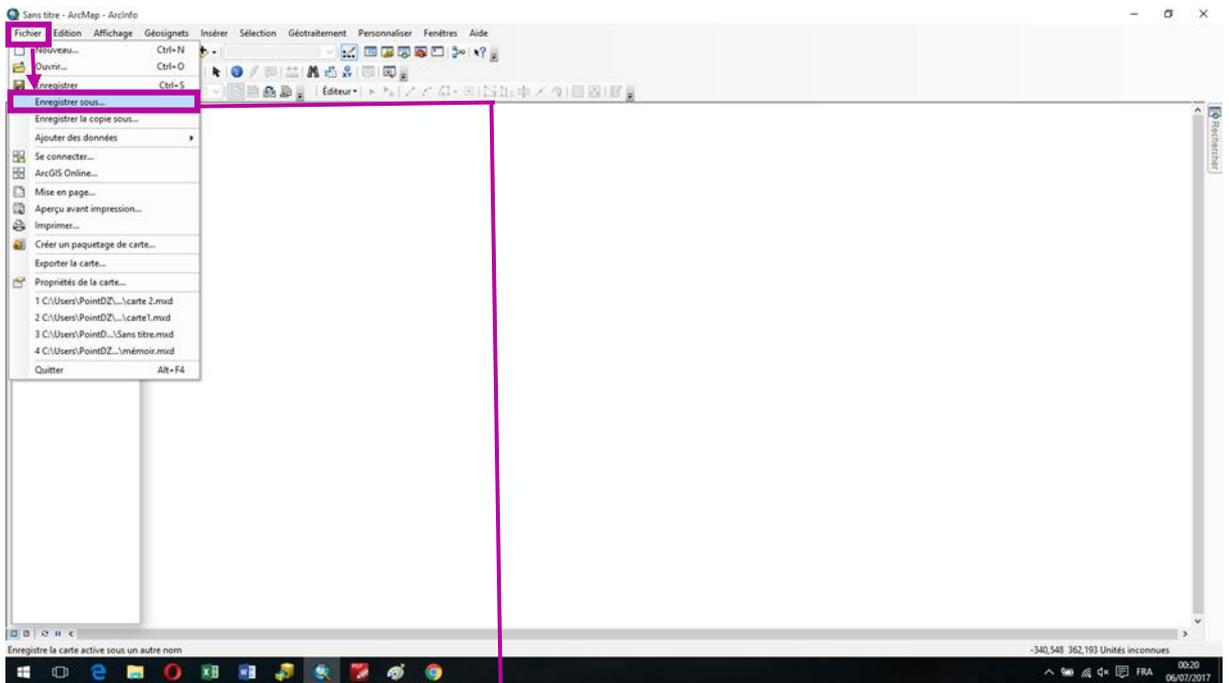


Fig III.12: fenêtre d'enregistrer

CHAPITRE III : LES SIG : GENERALITE

Il est aussi possible d'enregistrer le « chemin relatif » des couches utilisées. (Fig III.13).

Ceci nous permet de déplacer tout notre dossier de travail et de pouvoir rouvrir notre document après le déplacement, sans encombre. Le document et les couches utilisées doivent rester à la même place car le logiciel ne prend pas en compte les modifications.

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

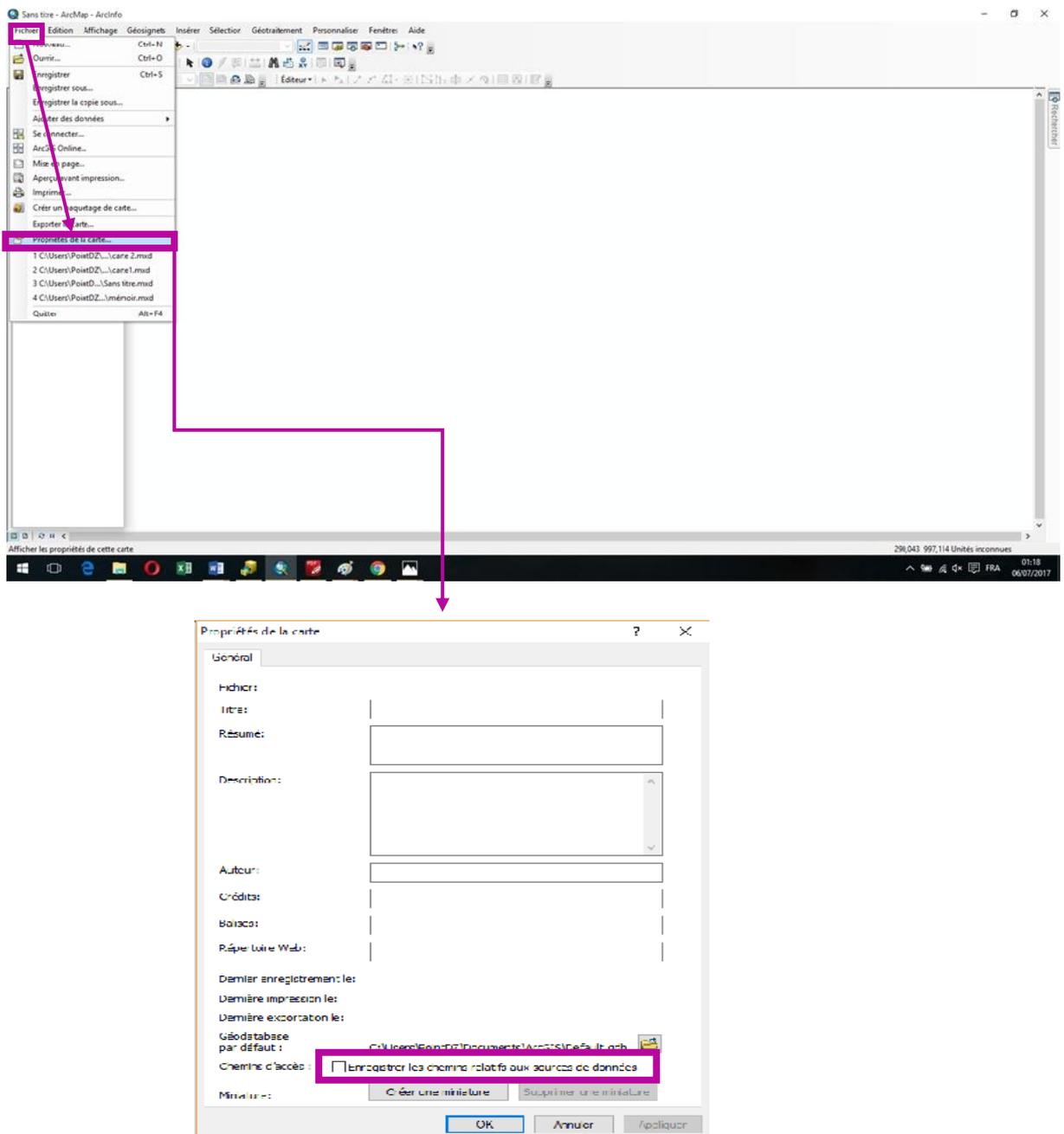


Fig III.13: fenêtre des propriétés de la carte

CHAPITRE IV :
LES SIG OUALLEN

IV.1. Application à La région D'étude :

Introduction :

ArcGIS est un logiciel que nous avons utilisé dans ce travail afin d'atteindre l'objet principal, qui est la cartographie SIG de la région Ouallen (Hoggar Algérie), Géologie et Minéralisation associées. Ce travail a été fait à partir des cartes géologiques de l'ORMG numérisés.

La région d'étude (Ouallen) subdivisée en 3 parties renferme six cartes géologiques à l'échelle de 1/200 000, la 1ère partie a la couverture les deux autres parties représentant le socle du Hoggar.

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

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

IV.1.1. Etapes suivies pour la réalisation du projet :

□ Rappels et explications :

• Systèmes de coordonnées géographiques :

Coordonnées en :

- Latitudes (0 à 90° au Nord et au Sud de l'Equateur)
- Longitudes (0 à 180° à l'Est et à l'Ouest du méridien de référence).

La longueur des degrés de latitude et de longitude varie, et la représentation de la terre est déformée sur une carte ou écran d'ordinateur.



La terre (le géoïde) n'étant pas sphérique, il existe de nombreux ellipsoïdes (locaux ou globaux).

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

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

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

- **Systemes de coordonnées projetées :**

Une projection est basée sur un système de coordonnées géographiques, Celle permet aussi le calcul des distances et des surfaces.

La projection UTM découpe la terre en 60 fuseaux de 6° de part et d'autre de l'équateur.

Ex : L'Algérie se situe en zone 31N (mais aussi 29,30 et 32).

IV.1.2. 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 Géoréférencier chaque carte raster avant de l'utiliser dans une base de données.SIG

A) Démarrer le logiciel ARCGIS :

Il faut ouvrir ArcCatalog ainsi qu'ArcMap.

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

b) Se connecter à un dossier :

Sur la fenêtre ArcCatalog s'affiche sur notre écran par cliquer gauche sur la flèche jaune de la barre d'outils ou Cliquer gauche sur Fichier après Connexion à un dossier : C'est pour se connecter avec le dossier ou la carte géologique en format raster est stockée dans l'ordinateur, il s'ouvre une interface qui montre tous les disques dans l'ordinateur donc c'est à l'utilisateur de chercher le dossier où il a stocké ses cartes scannées dans ordinateur.

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

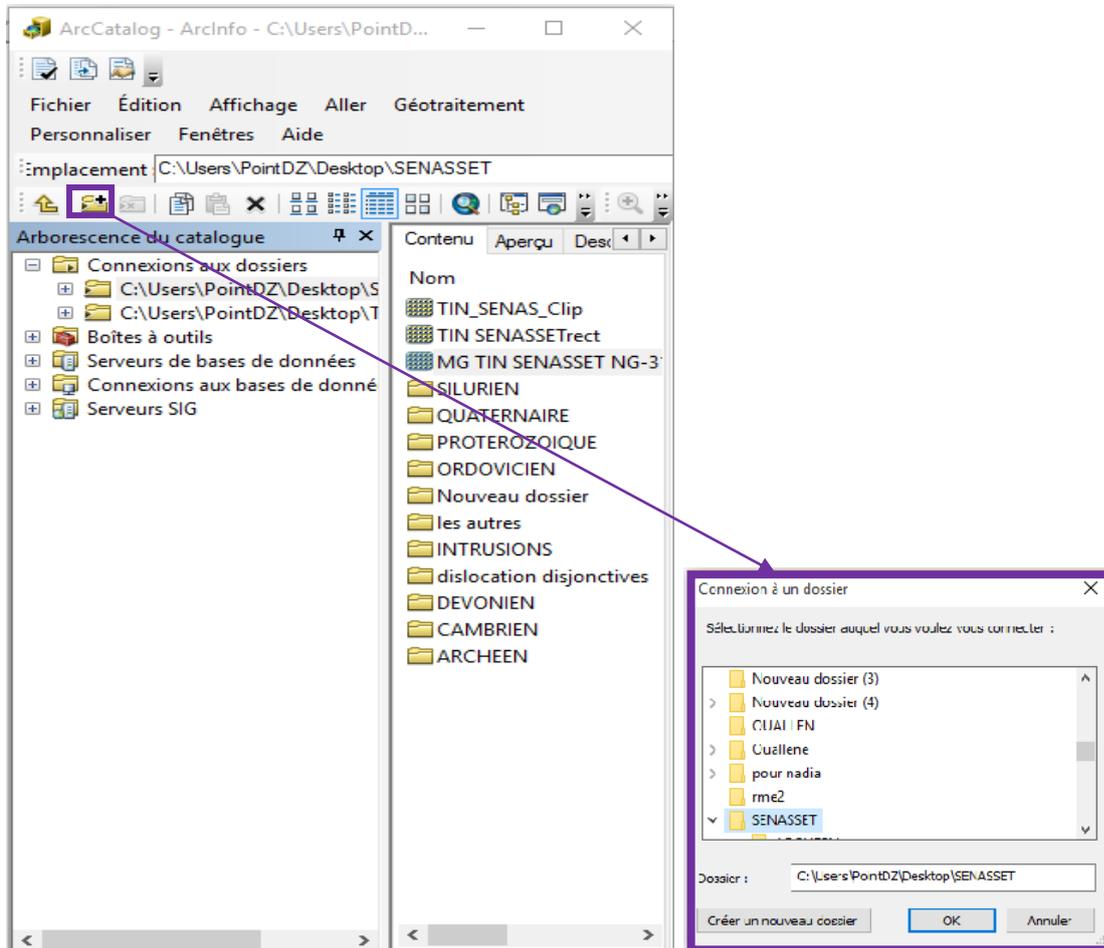


Fig IV.1: Une présentation d'interface d'ArcCatalog montrant icône connexion à un dossier .

c) Attribution de la référence spatiale :

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

Les cartes géologiques de la région d'étude sont classes dans la zone 31 (Nord Sahara 1959UTM Zone 31N) Dans ArcCatalog : Cliquez droit sur la carte à Géoréférencier → Propriétés → Références spatiales → Modifier → Sélection → références spatiales → Projected Coordinate system → UTM → Africa → puis on va choisir le système qui convient à la carte → Appliquer → OK.

CHAPITRE IV : LES SIG OUALLEN

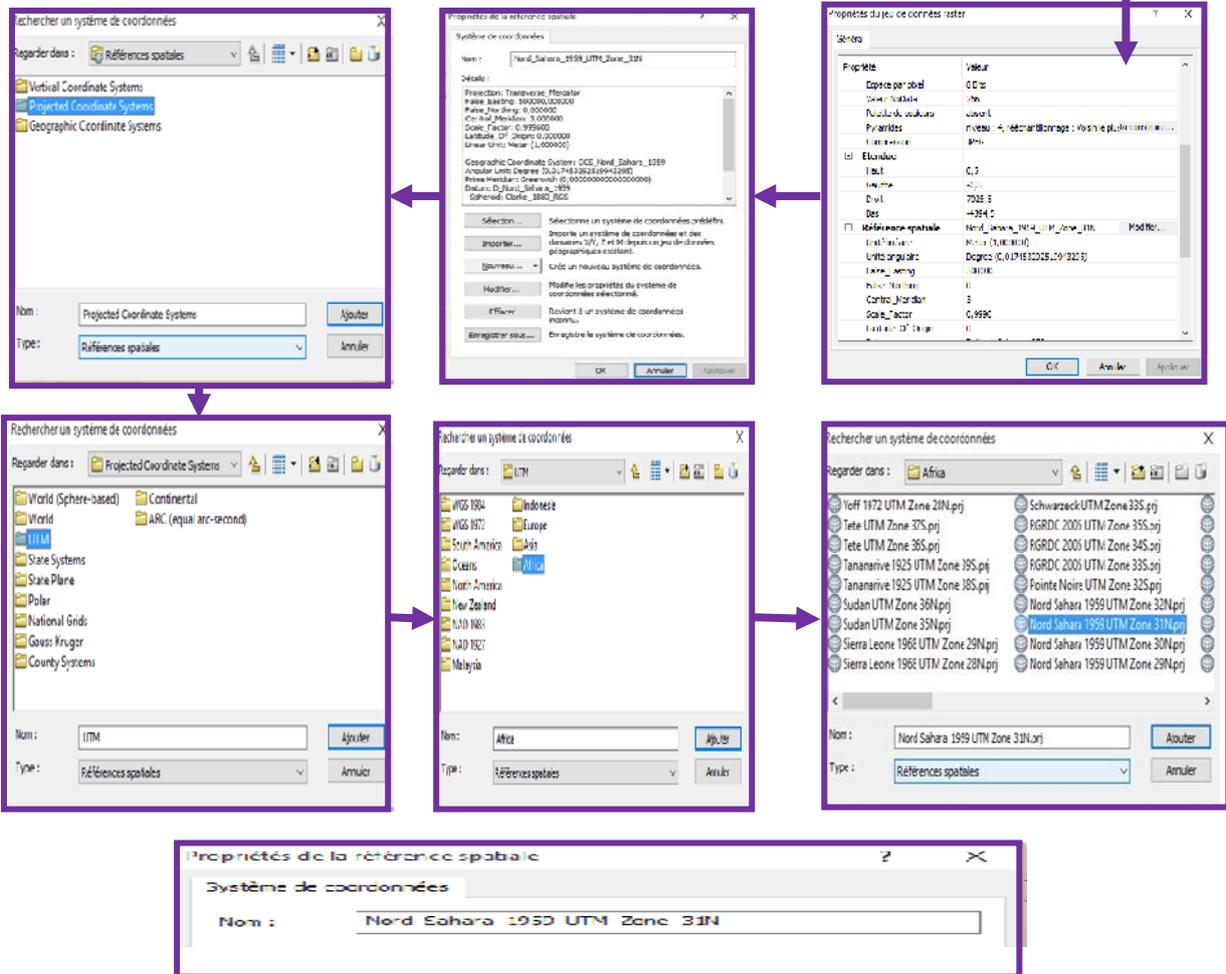
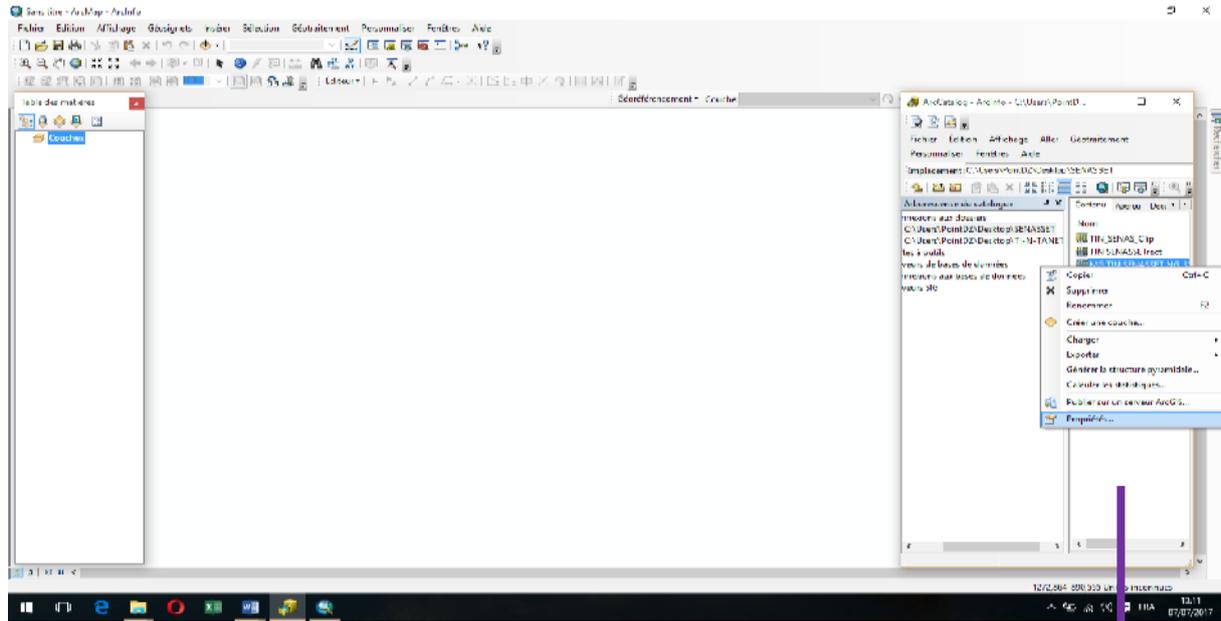


Fig IV.2 : la propriété de la référence spatiale dans ArcCatalog

CHAPITRE IV : LES SIG OUALLEN

❖ Choix du même système de coordonnées dans ArcMap

A Gauche apparait le dossier « Couches » »

Clique droite sur couche → Système de coordonnées → Prédéfini → Projected Coordinate system → UTM → Africa → Nord Sahara 1959 UTM Zone 31N → Appliquer → OK.

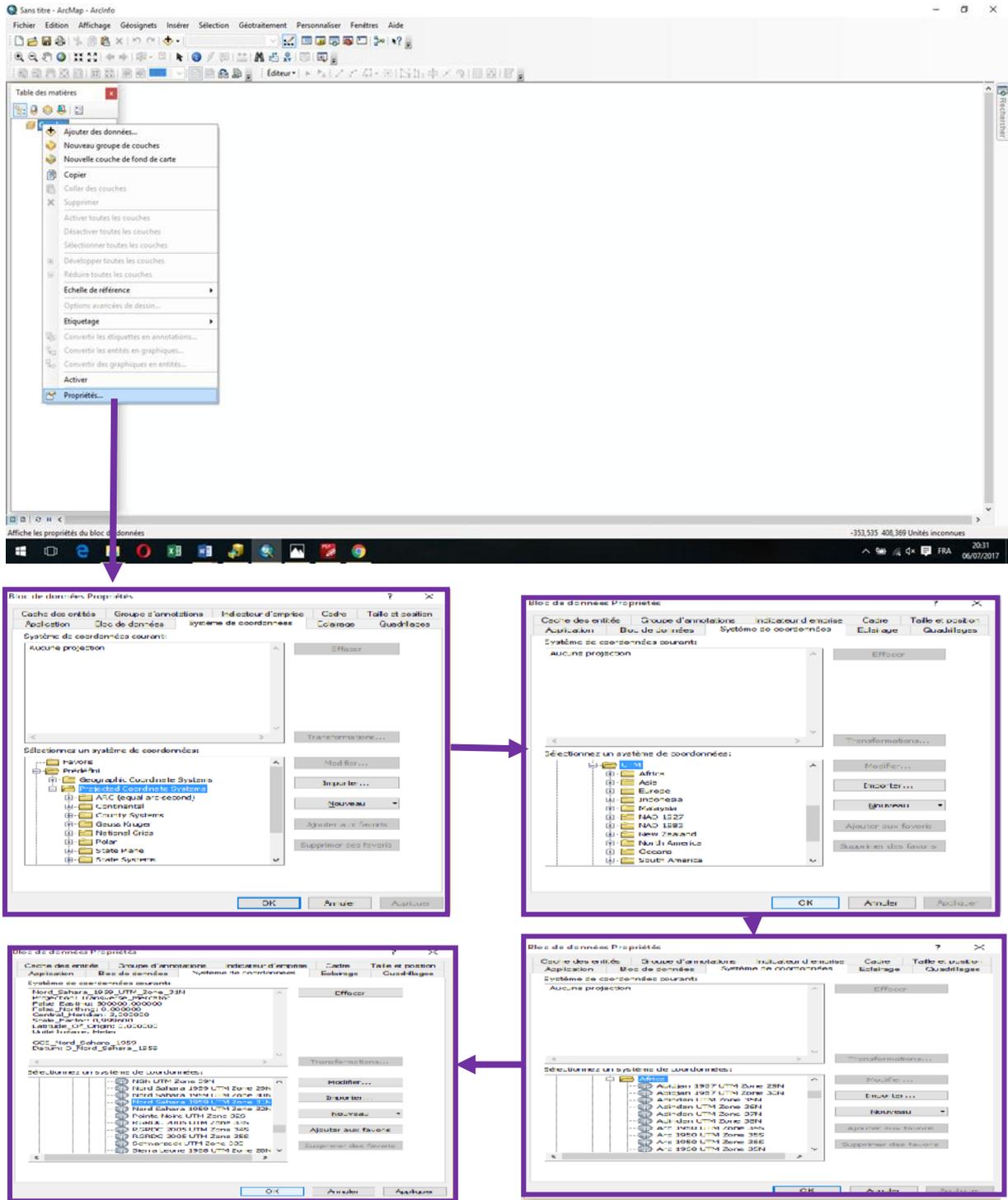


Fig IV. 3 : la propriété de la référence spatiale dans ArcMap

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

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

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

d) Géoréférencement de la carte :

Dans cette étape on va Géoréférencier la carte dans ArcMap, on clique sur l'outil «Géoréférencement» puis décocher «Ajustement automatique ». On ajoute quatre points de contrôle en utilisant l'outil « Ajouter des points de contrôle» , ce sont des coordonnées géographiques en degrés minute Secondes(DMS), Longitude et latitudes à chaque point. Ces points sont ajoutés par l'ordre, dans le sens des aiguilles d'une montre.

Clique sur le  Entrez DMS  introduire quatre points selon la projection initiale de la carte raster  clic sur  décocher l'ajustement automatique.

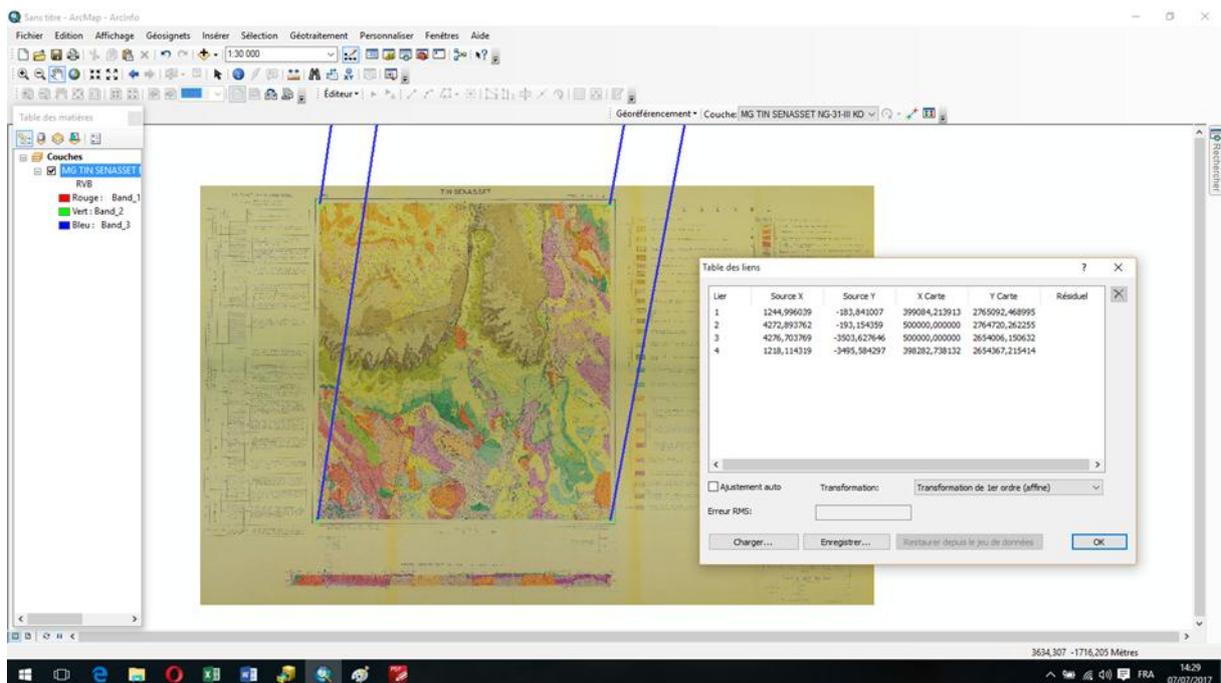


Fig IV.4 : calage de la carte géologique

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

IV.1.3. La vectorisation des différentes formations géologiques :

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

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

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

Le résultat sera une image en mode « vecteur ».

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

- 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.

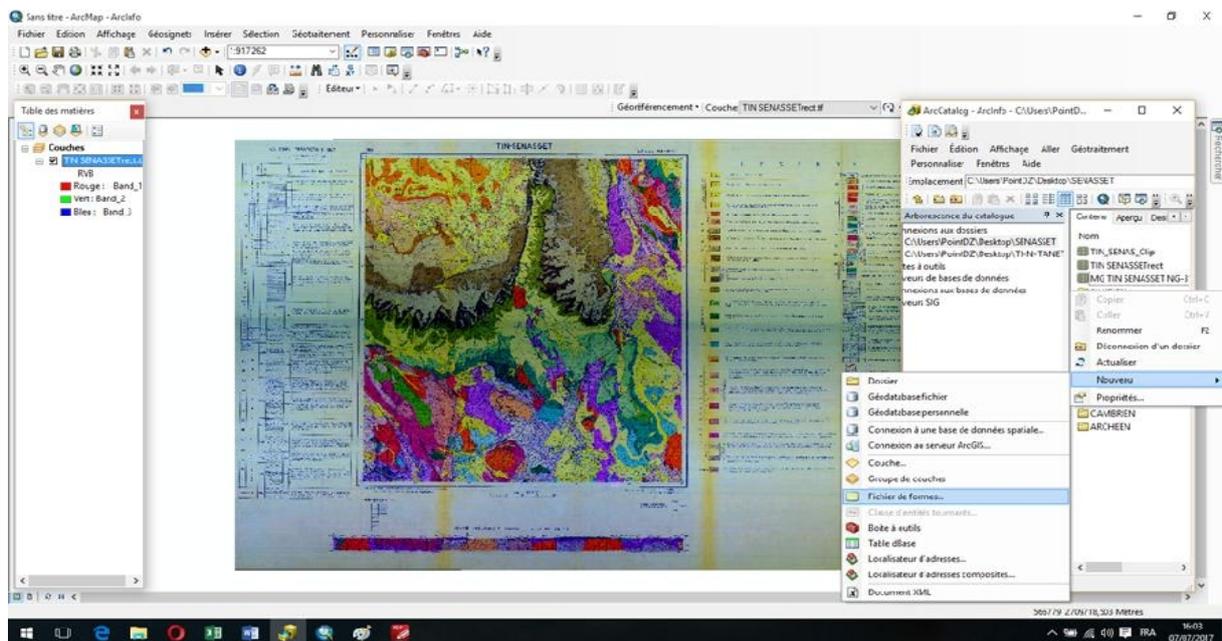


Fig IV.5 : Ouvrir un nouveau fichier de formes

CHAPITRE IV : LES SIG OUALLEN

- 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.

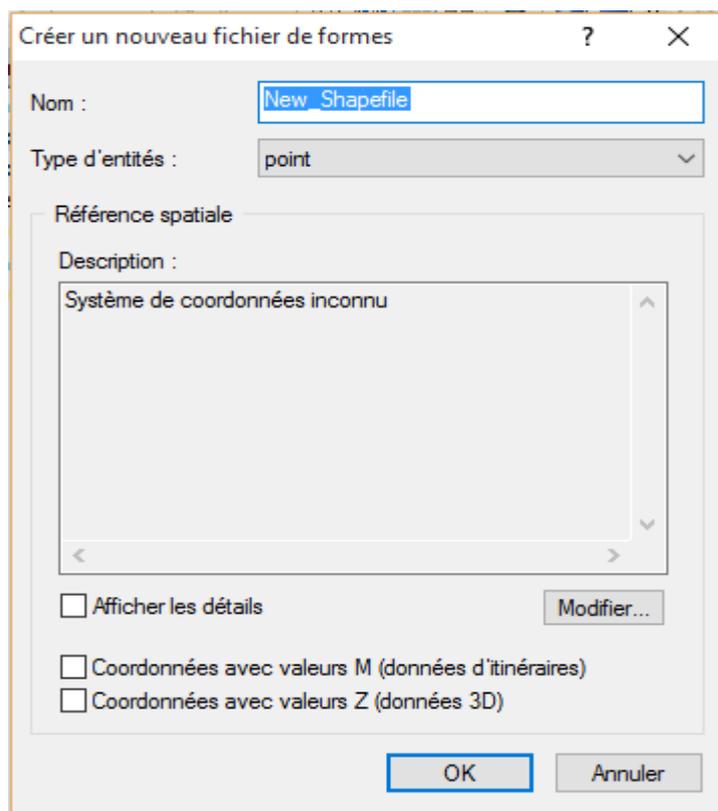


Fig IV.6 : fenêtre de fichier de forme

- ✚ On commence la vectorisation par l'activation de la barre d'outil *éditeur*.
- ✚ Un clic droit sur le blanc de la barre d'outil ArcMap et on va cocher Editeur l'outil apparait 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.
- ✚ On commence à dessiner (on zoome sur la carte Géologique pour que le dessin soit précis : on peut dessiner tout en utilisant les outils pour que on déplace sur la carte).

- ✚ Pour terminer le dessin d'un polygone, on clique sur l'outil « Terminer la construction » ou on fait un clic droit et de choisir la commande « Finish Sketch » bien on fait un double-clic.
- ✚ Après avoir terminé la vectorisation (Digitalisation) on va enregistrer le travail, on va aller à "Editeur" puis enregistrer les mises à jour

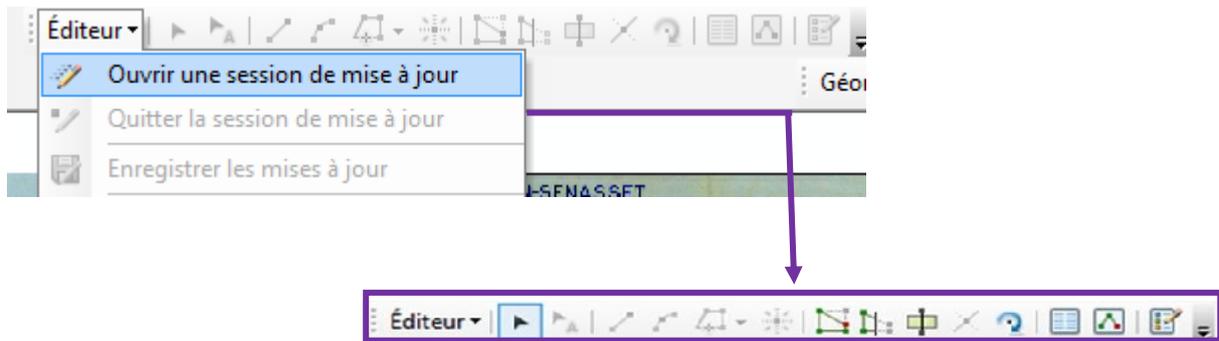


Fig IV.7 : outil Editeur

IV.2. La vectorisation des différentes formations géologique :

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

✚ Lithologie :

Pour l'application de ce travail, il faut passer d'une couche à une autre jusqu'à la fin, exemple : la vectorisation de l'information lithologique (**Quaternaire « FigIV.8 » et Dévonien « Fig IV.9 » de la feuille TIN-SENASSET**).

En procédant de la même manière pour toutes les entités lithologiques constituent la région d'études, nous avons obtenu les 28 formations lithologiques, ont été transformés en couches d'informations vectorielles (**Fig IV.10**) dans la feuille TIN-SENASSET.

On a fait le même travail avec toutes les autres cartes : la Feuille OUELLEN, la Feuille TIN TANETFIRT et la Feuille ARAK.

CHAPITRE IV : LES SIG OUALLEN

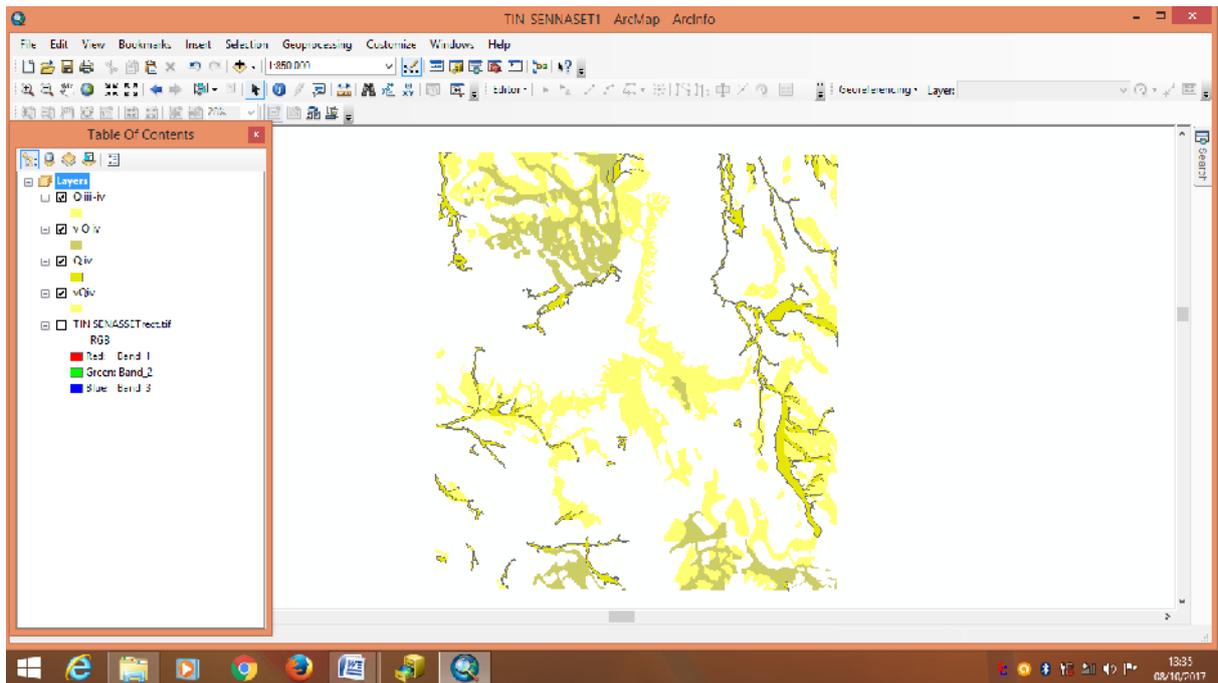


Fig IV.8 : Présentation de Quaternaire vectorisé de la feuille TIN-SENASSET

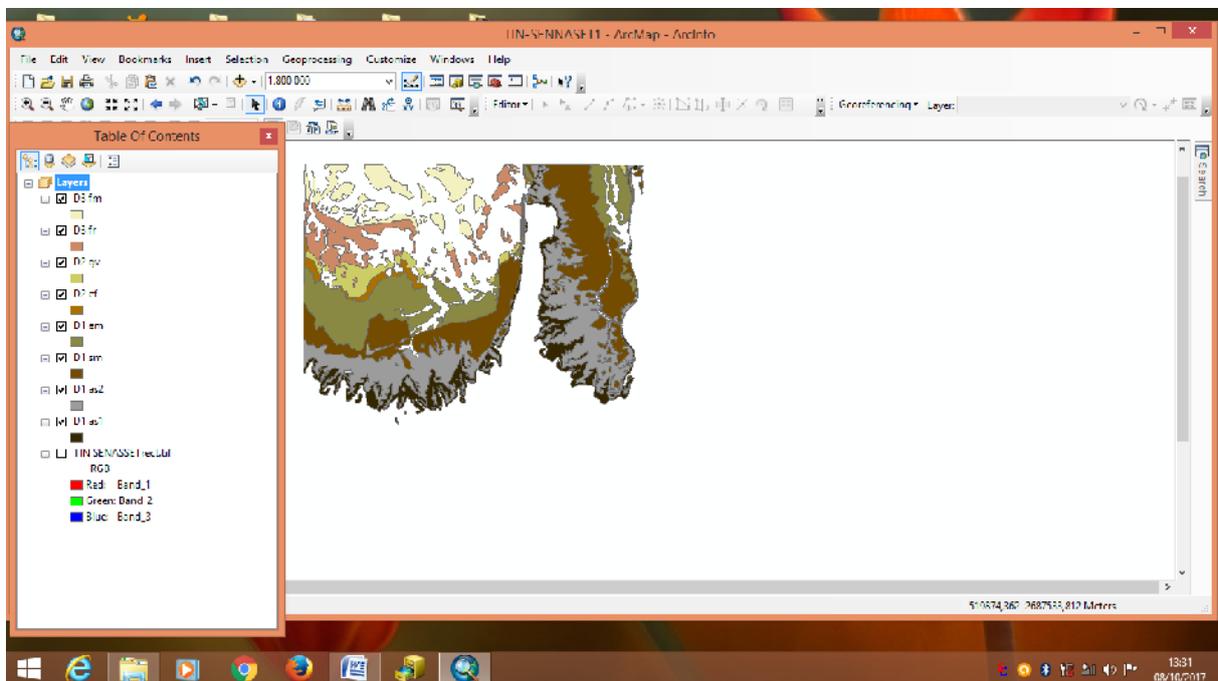


Fig IV.9 :Présentation de Dévonien vectorisé de la feuille TIN-SENASSET

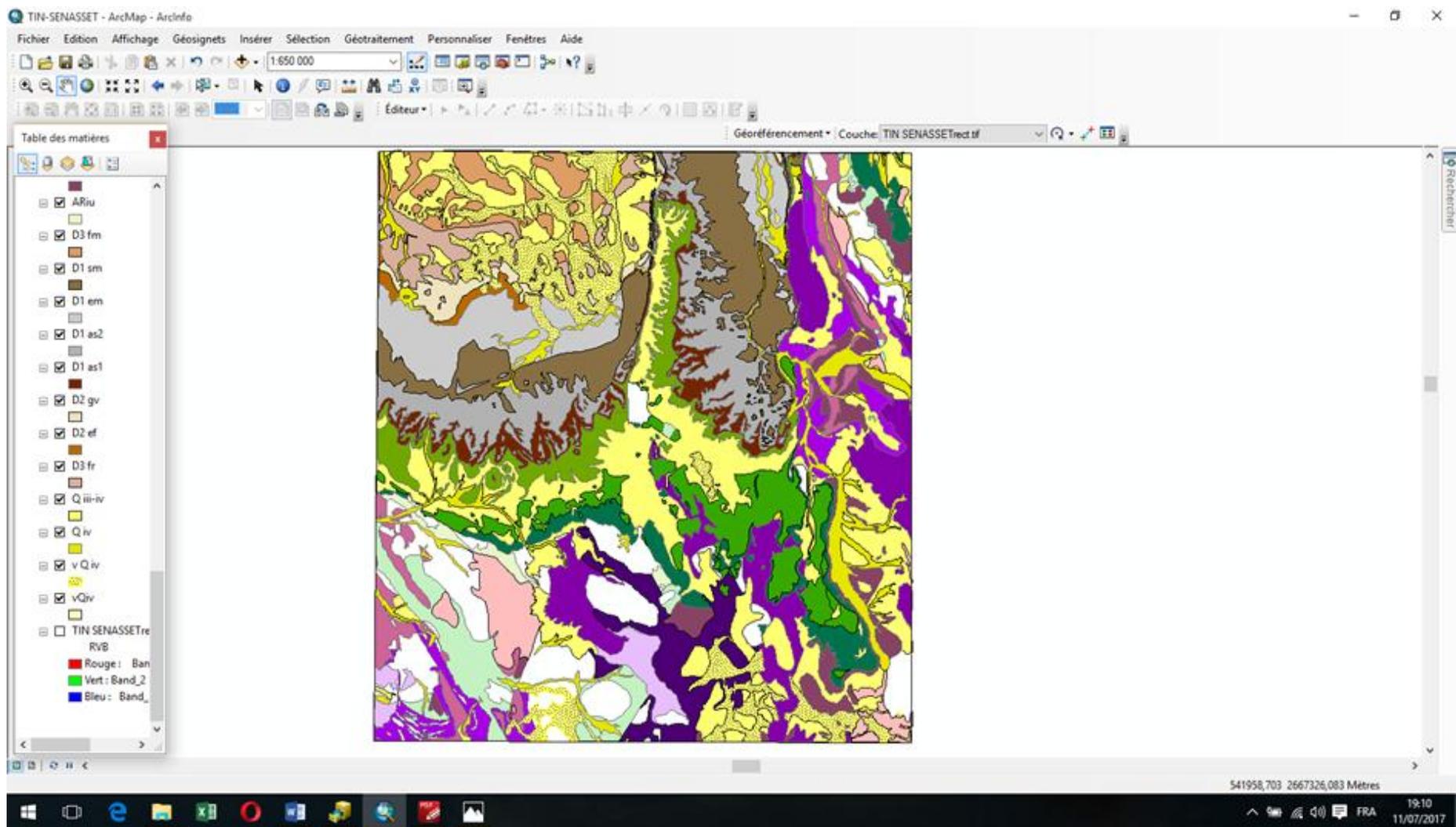


Fig IV.16 : Présentation de l'information lithologique vectorisée de la feuille TIN-SENASSET

✚ Magmatisme :

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

Nous avons obtenu 13 couches d'informations polygonales vectorielles représentant les formations magmatiques (Fig.IV.11).

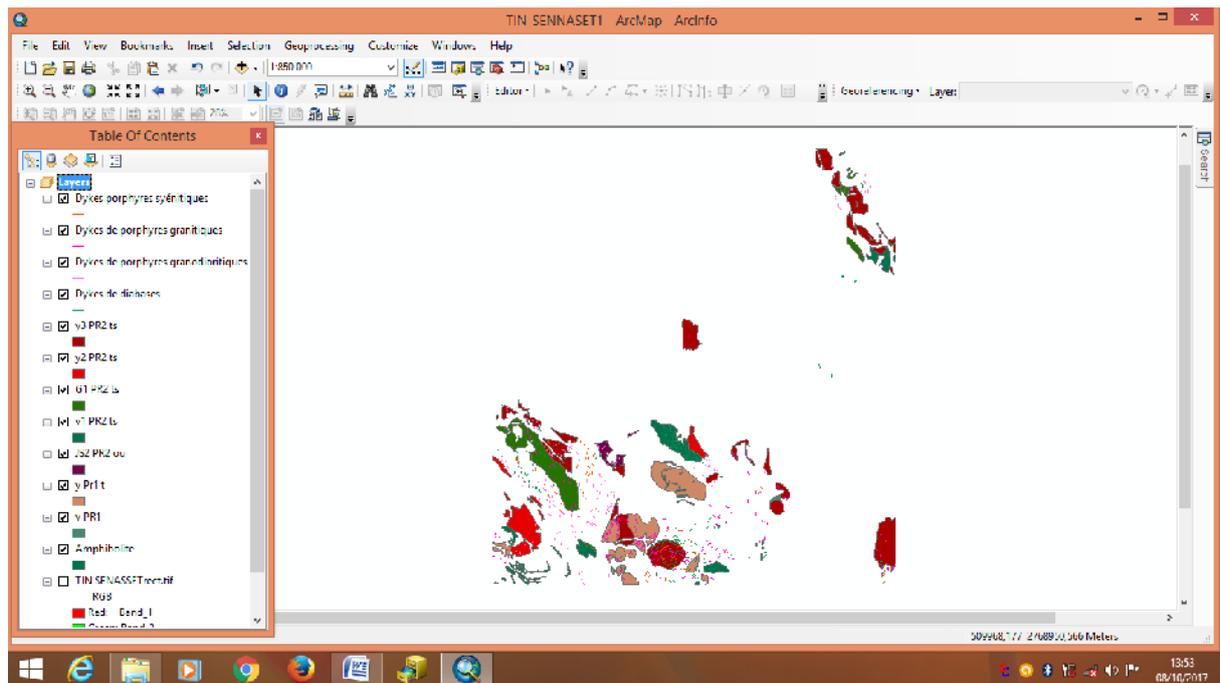


Fig IV.11 : Vectorisation des formations magmatisme de la feuille TIN-SENASSET

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

✚ Tectonique :

Dans notre région d'études l'information sur la tectonique est représentée par l'ensemble des failles et des chevauchements et filons et zones schistosités et cataclase.... Nous avons commencé tout d'abord à extraire l'information caractérisant les failles tectoniques qui sont regroupées en trois catégories :

- Failles principales : certaines, supposées et dissimulées sous les dépôts meubles.
- Failles secondaires : certaines, supposées et dissimulées sous les dépôts meubles.

- Failles reconnues par la géophysique.

Le résultat est montré sur (Fig IV.12).

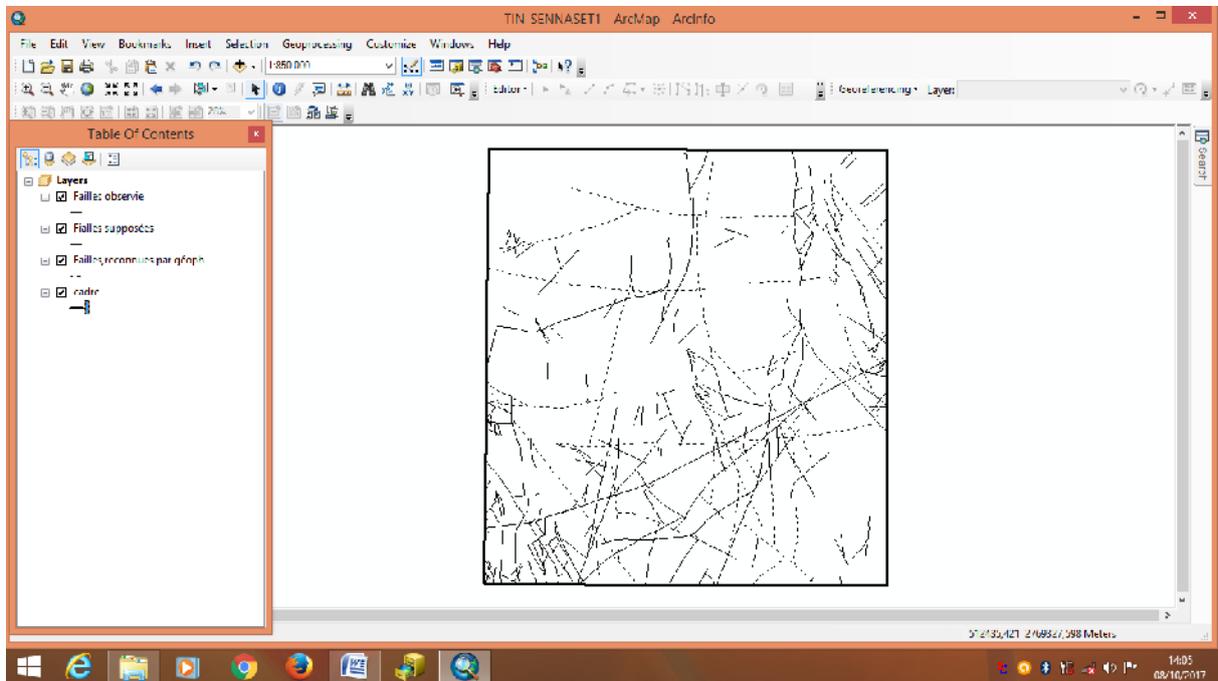


Fig IV.12 : Présentation des différentes failles vectorisées de la feuille TIN-SENASSET

En procédant de la même manière pour tous les accidents tectoniques créés, nous avons pu vectorisé 12 couches d'informations structurales transformées en couches d'informations vectorielles comme les entités linéaires (**Fig IV.13**).

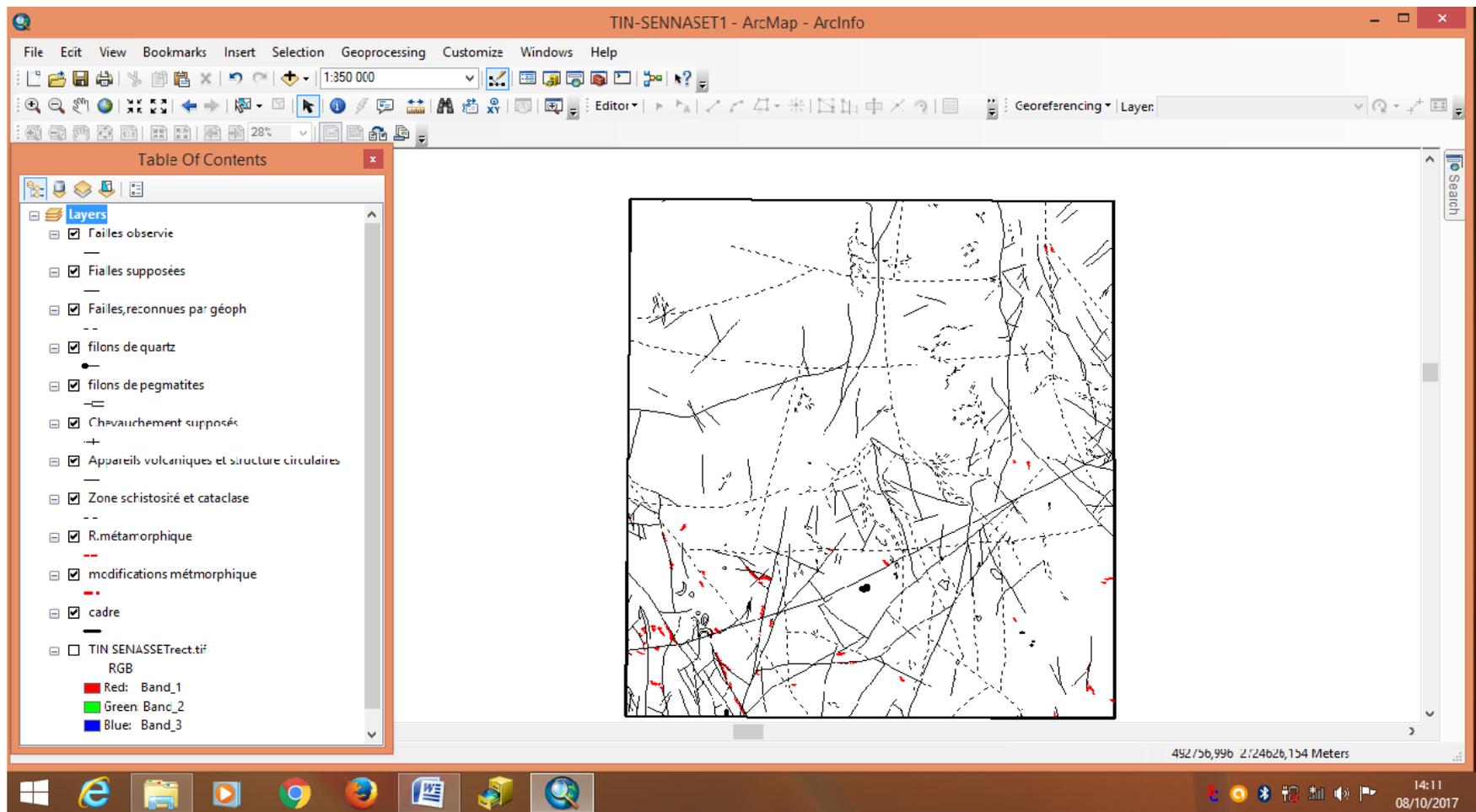


Fig IV.19 : Présentation des l'information linéaire vectorisée de la feuille TIN-SENASSET

IV.2.3. Vectorisation l'information Ponctuelle (Point) :

Minéralisation :

❖ Dans cette étape il a fallu d'abord préparer un fichier Excel dans lequel sont mentionnés les positions géographiques des différentes minéralisations de la région d'étude.

❖ La préparation consiste d'abord à rassembler tous les documents qui sont des annexes des cartes inventaires des gites métallifères du Hoggar.

❖ Ces documents annexes aux différents rapports de recherches systématiques et levé géologique réalisés dans la région d'étude se présentent sous formes de tableaux spécifiques (Fig IV.14.a) qui sont ensuite transformés en fichier Excel (Fig IV.14.b) ce qui représente un travail colossal de synthèse géologique.

❖ Dans ces documents nous nous sommes intéressés à plusieurs types d'informations qui sont : Type de gite, Coordonnées géographiques, Eléments principaux, Eléments secondaires, nature de gite, Encaissant, Dimension, Direction, Teneur, année et N° de rapport, chaque information correspond à une colonne dans le fichier Excel.

CHAPITRE IV : LES SIG OUALLEN

Feuille OUALLEN			
N° sur la carte au 1/50.000, nature de la minéralisation et n° de l'auteur	Coordonnées du centre	Element utile principal	Description geologique sommaire, echantillonnage, dosage, auteur ou n° du rapport attribue par l'EREM
1	2	3	4
1. A.g. 4.	24°47'30" 01°46'00"	Cuivre	Arkoses rubefiees de la Serie pourpree mineralisees en chalcosine finement disseminee. N°232. R. CABY
2. Aur. pr.	24°43'00" 01°01'00"	Etain	Anomalie d'etain endogene (5x2 km) de direction Nord-Ouest dans les granites archeens, recoupees par un dyke acide. Dosage spectroscopique: 0,002-0,005% Sn, rarement 0,01%. KHAZANOV, 1973-1974.
3. Aur. pr.	24°15'00" 01°01'30"	Niobium	Aureole primaire de Nb (7,5x2 km) de direction submeridienne dans granitoides archeens recoupees par des dykes et des corps intrusifs de granitoides plus recents etires en direction submeridienne. Dosage spectr.: 0,002 a 0,01% Nb. KHAZANOV, 1973-1974.

Fig IV.14.a : Exemple de catalogues des mineralisations

N°	Type de gite	Coordonnees	Element principal	Nature de gite	Dimension	Dosage
1	point de mineralisation	24°47'30" 01°46'00"	Cu	Arkoses rubefiees de la Serie pourpree mineralisees en chalcosine finement disseminee.		1,00%
2	point de mineralisation	24°43'00" 01°01'00"	Sn	Anomalie d'etain endogene (5x2 km) de direction Nord-Ouest dans les granites archeens, recoupees par un dyke acide.		0,002-0,005%
3	point de mineralisation	24°15'00" 01°01'30"	Nb	Aureole primaire de Nb (7,5x2 km) de direction submeridienne dans granitoides archeens recoupees par des dykes et des corps intrusifs de granitoides plus recents etires en direction submeridienne.		0,002 a 0,01%

Fig IV.14.b : Exemple de Fiche Excel

❖ Après la préparation des fichiers Excel, il est intégré dans ArcMap suivant les méthodes propres et finale les points de localisation géographiques de chaque élément principal sont affichés en ArcMap.

❖ Ce dernier doit être exporté sur ArcGIS sous format shapefile, ce qui sera interprété par le logiciel SIG comme des entités vectorielles (points) représentant la minéralisation de la carte au format vecteur réalisée sur une base raster publiée. Dans le but de convertir le fichier Excel en fichier shapefile il faut suivre ces étapes ci : Fichier → Ajouter des données → Ajouter des données XY... → choisir la table → modifier la référence spatial en choisissant «Geographic Coordinate Systems → World → WGS1984.prj ».

✚ **La minéralisation a été subdivisée en deux groupes principaux :**

➤ **Selon le type du gîte on peut citer :**

- Auréole secondaire (A.S)
- Aureole primaire (A.P)
- Indices minéralise (IM)
- Points de minéralisés (PM)
- Anomalies géochimiques (AG)
- Anomalies exogène (AE)

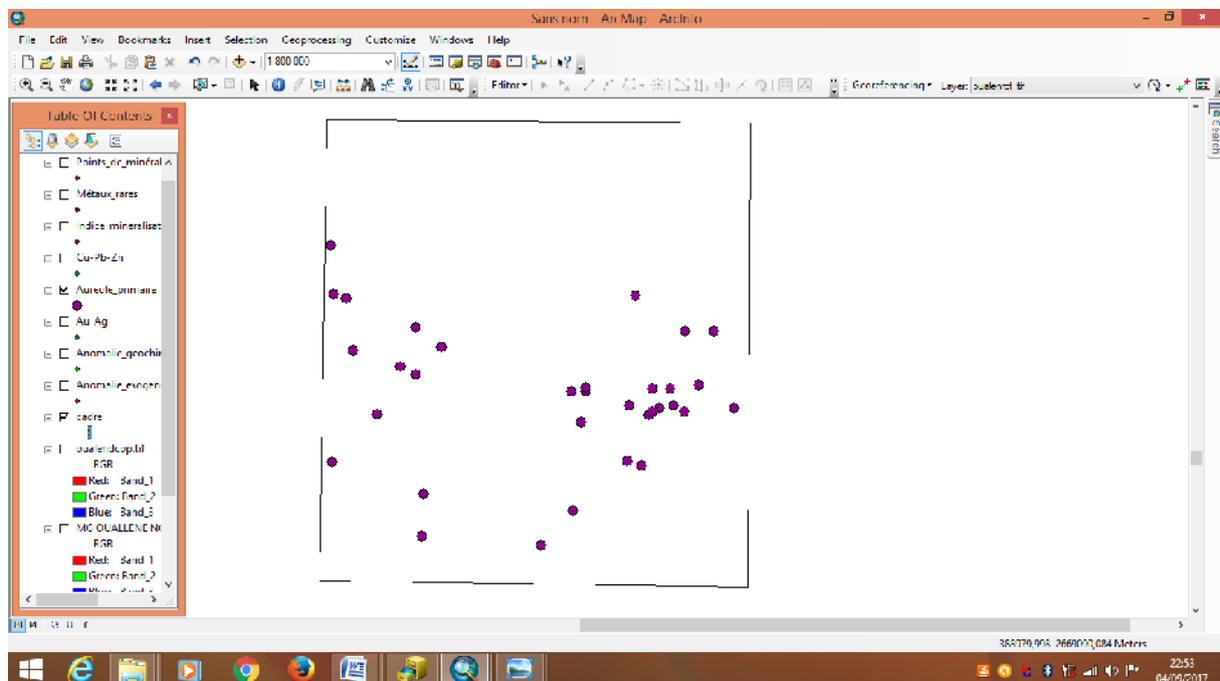


Fig IV.15 : Vectorisation de la couche « Aureole primaire » de la feuille Ouallen.

CHAPITRE IV : LES SIG OUALLEN

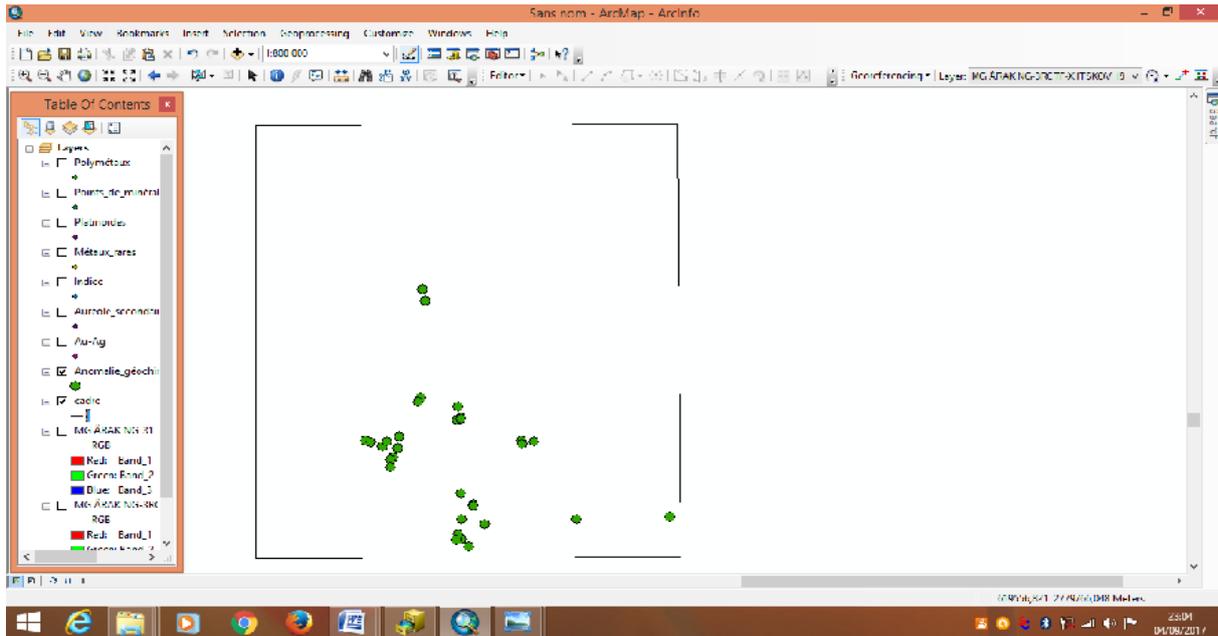


Fig IV.16 : Vectorisation de la couche « Aureole géochimique » de la feuille Arak.

➤ **Selon les éléments principaux on peut citer :**

- Minéralisation à Au-Ag
- Platinoïde Cr-Ni-Co
- Métaux rares Sn-W-Nb-Be-Bi-Mo-Ta
- Polymétaux Pb-Zn-Cu

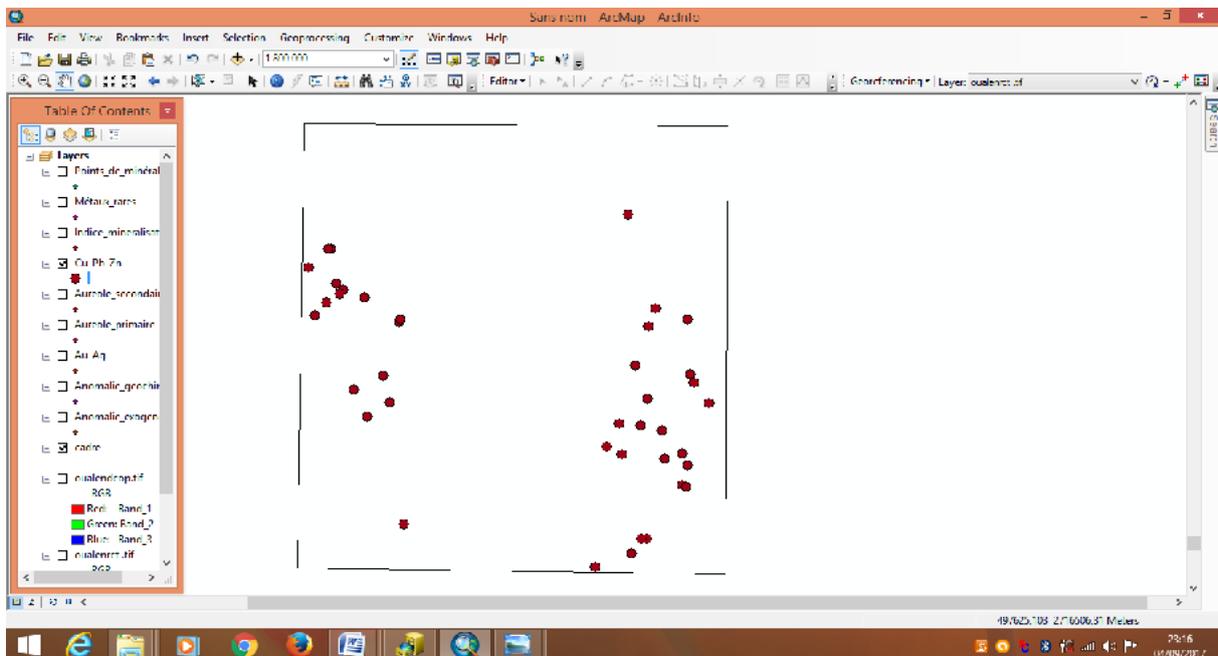


Fig IV.17: Vectorisation de la couche « Polymétaux Pb-Zn-Cu » de la feuille Ouallen.

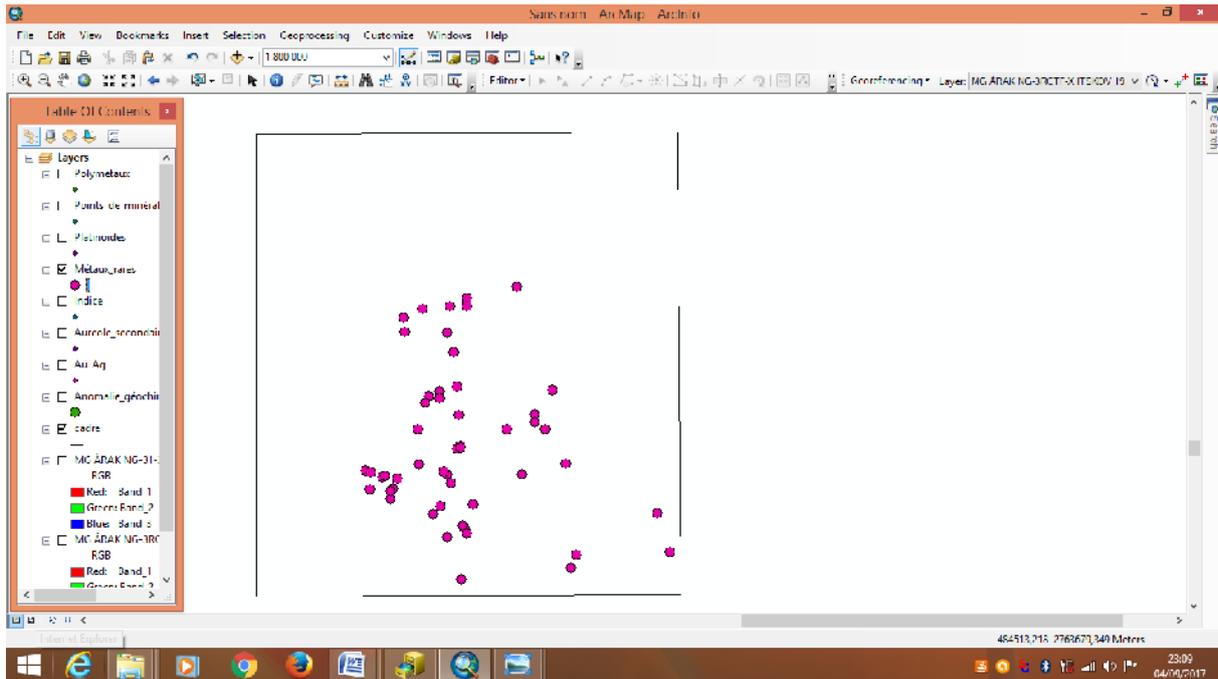


Fig IV.18: Vectorisation de la couche « **Métaux rares Sn-W-Be-Nb** » de la feuille Arak.

IV.3. Mise en page :

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

CHAPITRE IV : LES SIG OUALLEN

- ✚ Pour peaufiner le projet, on sélectionne la mise en page dans le menu → Affichage → Mode mise en page → ou en cliquant sur le symbole de mise en page.
- ✚ Pour ajouter des éléments indispensables à notre carte on est allé dans le menu puis → insérer → et ensuite sélectionné l'item désiré.
- ✚ Lorsque la mise en page est terminée, on a le choix entre imprimer (menu fichier → Imprimer) ou bien d'exporter cette mise en page afin de pouvoir l'insérer dans un document.
- ✚ Pour exporter : menu fichier → Exporter la carte.

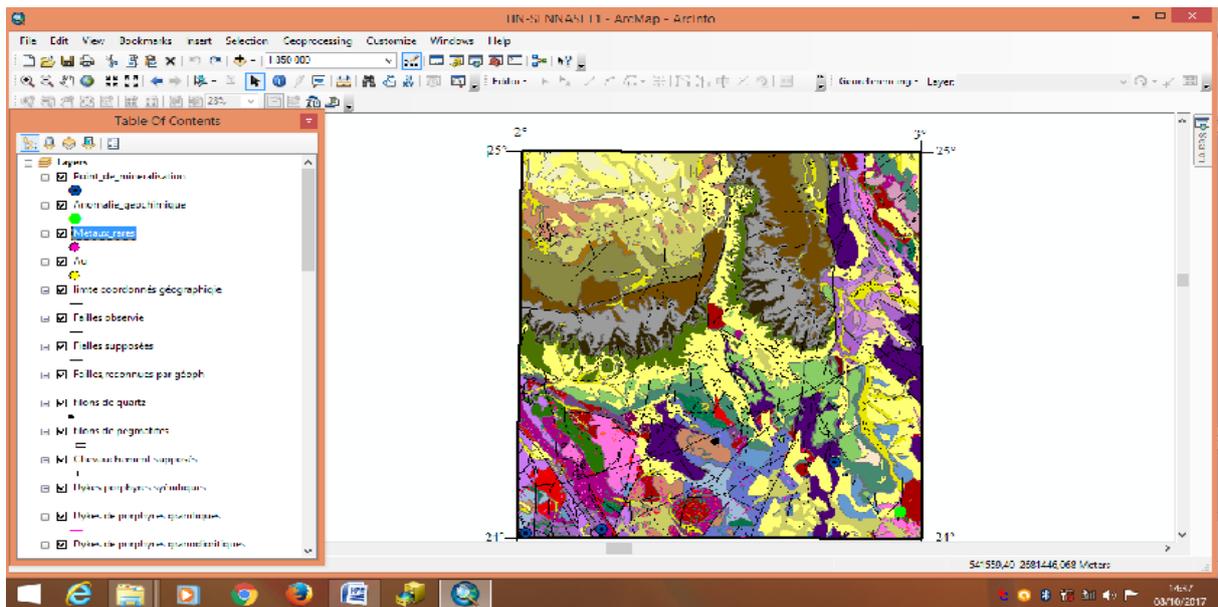


Fig IV.19: Carte géologique SIG de la feuille TIN-SENASSET

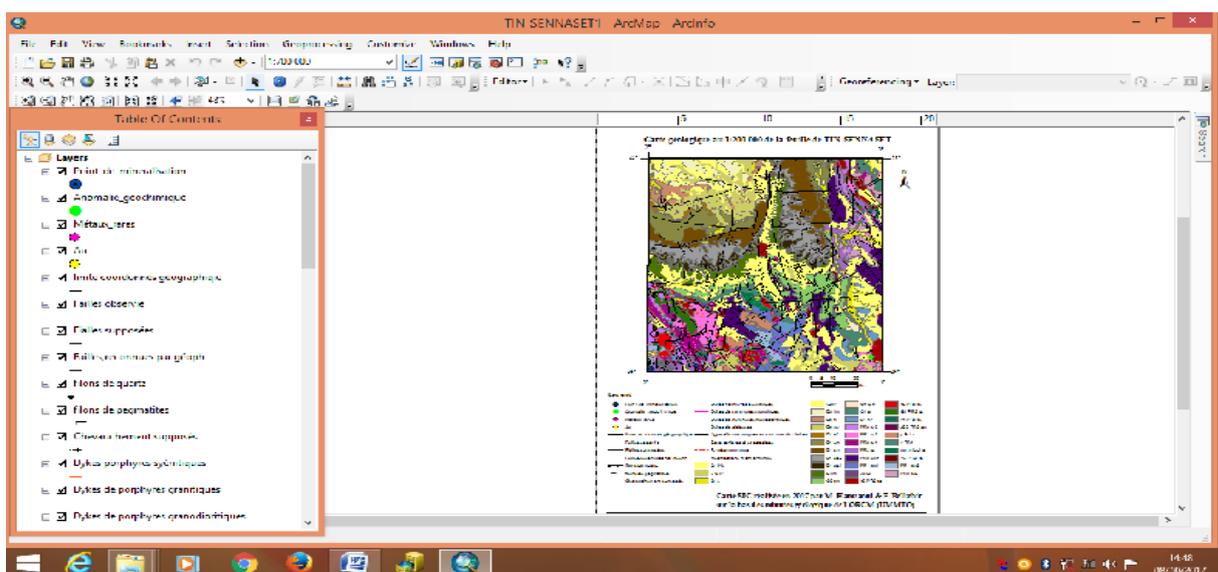


Fig IV.20: Carte exporté de la feuille TIN-SENASSET

CHAPITRE V :

CONCLUSION GENERALE

V. Conclusion Général :

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

Dans le présent mémoire dont l'objectif essentiel est la réalisation d'une cartographie SIG des cartes géologiques au 1 /200 000 des feuilles de Ouallen, Arak, Tin-Senasset, Tin-Tanetfirt, plusieurs étapes ont été nécessaires pour réaliser ce travail.. La première étape est la phase de recherche bibliographique, c'est la recherche de toute documentation susceptibles de contenir des informations nécessaires tel que les minéralisations, leurs positions géographiques (longitude, latitude), ainsi que toutes informations concernant la description géologique de notre région d'étude.

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

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

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

Les cartes SIG obtenues peuvent être exportées puis imprimées sous forme de document en papier pour être utilisées par une société ou une campagne d'exploration minière. Quant au SIG réalisé, il représente une nouvelle forme de données numériques susceptibles d'être manipulées par les moyens informatiques pour en déduire en fonction de besoin différentes interprétations.

CHAPITRE V : CONCLUSION GENERAL

Au terme de ce travail et vu les résultats satisfaisant obtenus, nous recommandons à l'avenir la généralisation de l'utilisation des systèmes d'information géographiques dans l'ensemble des sciences géologiques et particulièrement en géologie minière car cet outil technologique nouveau facilite d'avantage la tache au géologue et minimise également les dépenses, le temps et fournit plus de précision.

Bibliographie :

- **Bertrand, J.M., Caby, R.:** Nouvelle observation sur le précambrien du Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara Algérien). Comptes rendus de l'Académie des sciences. (1965).
- **BERTRAND, J.M.L., CABY, R., (1978).** Geodynamic evolution of the Pan-african orogenic belt: a new interpretation of the Hoggar Shield (Algerian Sahara). *Geologische Rundschau* 67, 357-388.
- **BLACK R, JANJOU M, PELLATON, C (1967):** Carte géologique du massif de l'Air au 1/500.000, BRGM. Notice explicative p57. Ministère des Mines et de l'Énergie, République du Niger, Niamey
- **BLACK, R., LATOUCHE, L., LIEGEOIS, J.P., CABY, R., BERTRAND, J.M., 1994.** Pan-African displaced terranes in the Tuareg Shield (Central Sahara). *Geology* 22, 641-644
- **Bonin, B; Azzouni-Sekkal, A; Bussy, F; Ferrag, S. 1998.** Alkali-calcic and alkaline post-orogenic (PO) granite magmatism: petrologic constraints and geodynamic settings. *Lithos* 45, 45-70.
- **BOULLIER, A.M., 1991.** The Pan-African Trans-Saharan belt in the Hoggar Shield (Algeria, Mali, Niger): a review. In: Dallmeyer, R.D., Lecorche, J.P. (Eds.), *The West African Orogens and Circum- Atlantic Correlatives*. Springer Verlag, Berlin, pp.85-105.
- **Caby, R. & Bertrand, J.M.L. (1977):** Synthèse des connaissances sur la géologie du Hoggar; in *Inv. et Prosp. Des Ress. Min du Hoggar*. So.Na.Re.M. Algérie.
- **Caby, R.:** La chaîne pharusiennes dans le Nord- Ouest de l'Ahaggar (Sahara central); sa place dans l'orogénèse du précambrien supérieur en Afrique. Thèse de doctorat. (1970).
- **Caby, R.:** Une nouvelle interprétation structurale et chronologique des séries à faciès pharusien et à faciès suggarien dans l'Ahaggar. *C. R. Acad. Sc.* (1969).
- **Cahen, L; Snelling, N.J; Delhal, J; Vail, J.R., Bonhomme, M; Ledent, D., 1984.** *The geochronology and Evolution of Africa*. Clarendon Press, Oxford, 508 p.
- **Fabre, J., et Frelon, J.M.:** Le Pharusien à stromatolithes du Nord-Ouest de l'Ahaggar. *C. R. Acad. Sc.* (1962).
- **Girod, M., 1976.** Le volcanisme récent. In: J. Fabre (Ed.), *Introduction à la géologie du Sahara algérien et de ses régions voisines*, SNED, Alger, pp. 342-364.

- **Liégeois, J.P, Black, R., Navez, J., Latouche, L., 1994.** Early and late PanAfrican orogenies in the Air assembly of terranes (Tuareg shield, Niger). *Precambrian Research* 67, 59-88.
- **Liégeois, J.P, Latouche, L., Navez, J., Black, R., 2000.** Pan-African collision, collapse and escape tectonics in the Tuareg Shield: relations with the East Saharan Ghost Craton and the West African Craton. In: Wallbrecher, E., Loizenbauer, J., Fritz, H., Unzog, W., Mogessie, A., (Eds.), Special abstract issue, 18th Colloquium of African Geology, Graz. *Journal of African Earth Sciences* 30/4A, Elsevier, pp. 53-54
- **LIEGEOIS, J.P., BLACK, R., NAVEZ, J., 1994.** Early and late Pan-African orogenies in the Air assembly of terranes (Tuareg shield, Niger). *Precambrian Research* 67,59-88.
- **Liégeois, J.P., Latouche, L., Boughrara, M., Navez, J., Guiraud, M., 2003.** The LATEA metacraton Central Hoggar, Tuareg shield, Algeria: behaviour of an old passive margin during the Pan- African orogeny. *J. Afr. Earth Sci.* 37, 161–190
- **LIEGEOIS, J.P., LATOUCHE, L., NAVES, J., BLACK, R., (2000).** Pan-African **collision, collapse and escape tectonics in the Tuareg Shield : relations with East Saharan Ghost Craton and the West African Craton.** *Journal of African Earth Sciences, 30/A, Elsevier, pp.53-54.*
- **Liégeois, JP., Latouche, L., Boughrara, M., Navez, J., 2003.** The LATEA metacraton (central Hoggar, Tuareg shield, Algeria): behaviour of an old passive margin during the Pan- African orogeny. *Journal of African Earth Sciences* 37, pp. 161-190.
- **Liégeois, J-P., Latouche, L., Boughrara, M., Navez, J., Guiraund, M., 2000.** Pan-African thrust sheets and eclogites in the Tuareg area, central Hoggar, Algeria. *Journal of African Earth Sciences, 30/4A, Elsevier.*
- **LIEGEOIS,J.P.,LATOUCHE,L.,BOUGHRARA,M.,NAVEZ,J.,GUIRAUD, M.,(2003).** The LATEA metacraton (central Hoggar, Tuareg shield, Algeria) : behaviour of an old passive margin during the Pan-African orogeny. *Journal of Earth Sciences* 37.