

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 GEOLOGIQUE



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme

De Master en Géologie

Option : RMGE

Thème



**Cartographie SIG des pierres
semi-précieuses du Hoggar**

Présenté par :

Mr : LAKROUF Ahcene

Devant le jury composé de :

Mr : A. MAKHLOUF (Président)

Mr : A. HAMIS (Examineur)

Mr : H. ZEGHOUANE (Encadreur)

Année : 2019 /2020

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 GEOLOGIQUE

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme

De Master en Géologie

Option : RMGE

Thème

Cartographie SIG des pierres semi-
précieuses du Hoggar

Présenté par :

Mr : LAKROUF Ahcene

Devant le jury composé de :

Mr : A .MAKHLOUF (Président)

Mr : A .HAMIS (Examineur)

Mr : H .ZEGHOUANE (Encadreur)

Année : 2019 /2020

DEDICACE

Je dédié ce présent travail à mes chers parents, pour leurs sacrifices

encouragements et soutien tout au long de mes études et leurs exprime tout mon amour toute ma vie.

A mes chères sœurs Nessrine et son mari, Manel, Asma, et Malak.

A mes chers frères Amine, Abdarrahan.

Et à mes amies proches KASDI Amine, LOUKAL Mohammed amine, SMAILI Ali, ALLOUCH Adel, LASFRI Saïd, F. Massi, K. Melissa, A. Dihiya, B. Zina M.Samir, R.Kahina.

A toute ma chère famille LAKROUF et aussi la famille de OUAGUENOUNI.

Et à toutes mes chères amies et collègues de l'université de UMMTO Tamda.

Et aussi à tous ce qui me connaissent de loin ou de près.

LAKROUF Ahcene

Remerciement

*Tout d'abord, louange à **ALLAH** le tout puissant, le tout
miséricordieux qui m'a donné le courage et la force pour réaliser ce
modeste travail, qui est le fruit de mes cinq dernières années d'étude,
et pour tous ses bienfaits.*

*Je tiens à remercier infiniment mon promoteur le **Mr Zaghouene
Hocine**, pour la confiance qu'il m'a accordé, tout le temps qu'il m'a
consacré, et surtout la patience qu'il a exprimé, mais aussi ses
consignes et ses orientations précieuses, ses encouragements
permanents et ses nombreux conseils m'ont permis d'arriver à bout de
ce travail, qu'il trouve ici l'expression de ma plus sincère gratitude*

*Mes remerciements vont également à tous mes enseignants
L'UMMTO qui ont participé à ma formation en géologie et pour tous
leurs conseils et Encouragements*

*A toutes ces personnes, je tiens à associer mes parents pour toute leur
aide.*

Résumé

Le Hoggar est caractérisé par la présence de plusieurs gisements et indices des pierres précieuses et semi-précieuses pouvant avoir un intérêt en joaillerie ou bien pour l'industrie. Ces minéralisations ont fait l'objet de quelques études géologiques et géologique sommaires. Ces dernières ont révélé le caractère précieux ou semi précieux des minéraux recherchés.

Notre travail vise à créer une carte géologique moderne de Hoggar par le système d'information géographique (SIG) qui contient la localisation des indices et des gisements des pierres précieuses et semi-précieuses

Pour recueillir des informations géologiques et l'emplacement de ces indices et gisements, Une étude bibliographique très importante a précédé les travaux de terrain. Cette étude a touché tous les rapports de travaux de recherche systématique et de prospection de l'O.R.G.M et des entreprises mères ainsi que des rapports de travaux effectués par le B.R.M.A et le B.R.G.M.

Ainsi nous avons recensés soixante et un (61) indices de pierres semi-précieuses concernant dix-neuf (19) types de matières. Il s'agit de : Béryl, Corindon, Topaze, Zircon, Grenat, Tourmaline, Disthène, Spath d'Islande, Turquoise, Apatite, Piezo-Quartz, Quartz rose, Agate, Calcédoine, Nephrite, Serpentine, Roches à olivine, Fluorine et Jaspe.

Le logiciel Arc GIS permis de placer les indices dans leurs contextes géologiques sur la carte minéralogique prévisionnelle ainsi que d'établir un répertoire avec les coordonnées, les structures géologiques.

Abstract

The Hoggar is characterized by the presence of several deposits and indices of precious and semi-precious stones that may have an interest in jewelry or for the industry. These mineralizations have been the subject of some basic geological and geological studies. These have revealed the precious or semi-precious nature of the sought-after minerals.

Our work aims at creating a modern geological map of Hoggar through the Geographic Information System (GIS) which contains the location of the indices and deposits of precious and semi-precious stones

To collect geological information and the location of these clues and deposits, a very important bibliographic study preceded the field work. This study covered all systematic research and prospecting reports of O.R.G.M and parent companies as well as reports of work done by B.R.M.A and B.R.G.M.

Thus we have returned sixty-one (61) semi-precious stone indices concerning nineteen (19) types of materials. These are: Beryl, Corundum, Topaz, Zircon, Garnet, Tourmaline, Disthenes, Iceland Spath, Turquoise, Apatite, Piezo-Quartz, Rose Quartz, Agate, Chalcedony, Nephrite, Serpentinite, Olivine, Fluorite and Jasper.

The Arc GIS software made it possible to place the indices in their geological contexts on the projected mineralogical map as well as to establish a directory with the coordinates, the geological structures.

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciement

Résumé

Abstract (Anglais)

Liste de figure

INTRODUCTION GENERALE.....11

Chapitre I : Géologie de Hoggar13

I : La géologie de Hoggar

I - Généralité.....13

II- Aperçu Géologique du massif du Hoggar.....15

II-1 Le massif métamorphique.....15

II-1-1 Le Hoggar Central16

II-1-2 Le Hoggar Occidental19

II-1-3 Le Hoggar Oriental21

II-2 Les dépôts sédimentaires du massif du Hoggar22

II-2-1 Le Cambro Ordovicien22

II-2-2 Le Silurien23

II-2-3 Le Dévonien23

II-2-4 Le Carbonifère23

II-2-5 Le Crétacé supérieur.....24

Chapitre II : Classifications et descriptions des indices et des gisements des pierres semi-précieuses du Hoggar :... ..26

II- 1 Introduction26

II-2 Classifications et Descriptions des indices et gisements des pierres semi-précieuses du Hoggar :.....26

1- Le Béryl26

2- Le Corindon.....	29
3- La Topaze.....	32
4- Le Piezo-quartz.....	34
5- Le Disthène	36
6- Le Spath d'Islande	36
7- Le Grenat	37
8- Le Zircon	38
9- La Fluorine.....	38
10- L'Agate.....	44
11- Le Jaspe.....	46
12- La Calcédoine.....	47
13- La Tourmaline	47
14- La Turquoise	47
15- Le Quartz rose	48
16- La Néphrite	49
17- La Serpentinite	50
18- L'Olivinite	50
19- L'Apatite.....	50
Chapitre III : Cartographie SIG des pierre semi-précieux.....	51
I - Introduction	51
I-1 Définition de SIG.....	51
I-2 Architecture et fonctionnement D'un SIG.....	54
I-3 Fonctionnalités d'un SIG.....	54
I-4 Les données dans les SIG.....	55
I-5 Les domaines d'application	65
II - Application à la région d'étude :.....	66
II- 1 Vectorisation de la carte géologique par logiciel(Map info et Arcgis).....	66
II-2 Vectorisation l'information Ponctuelle (Point).....	66
II-3 Mise en page	70
Conclusion Générale	78
Références bibliographies	
Annexes	

Liste de figure

Chapitre I : Géologie du Hoggar :

Figure 1 : Carte des principales subdivisions et des principaux domaines structuraux du Hoggar, d'après Caby et al., 1981

Chapitre II : Classification et description des indices et des gisements des pierres semi-précieuses du Hoggar :

Figure 2 : Répartitions de granites intrusifs minéralisés, Béryl, Topaze, Apatite, Fluorine, Zircon.....(13)

Figure 3 : Structure IGHARGHAR Schéma géologue avec emplacement des corps à Corindon.....(28)

Figure 4 : Schéma géologique de 1^{er} indice de Corindon de Tadoumet.....(31)

Figure 5 : Schéma géologique de l'indice de piezo-quartz de Tin-Baggan..(34)

Chapitre III : Cartographie SIG des pierres semi-précieuses du Hoggar :

Figure 6 : Composants d'un SIG.....(52)

Figure 7 : Structure d'un SIG (Abdelbaki C., 2012).....(53)

Figure 8 : Superposition sous un SIG.....(54)

Figure 9 : Exemple de sélection (Mihoubi et Abdelbaki, 2003)(55)

Figure 10 : Opération de digitalisation.....(56)

Figure 11 : Extraction des couches.....(56)

Figure 12 : Exemple de résultat de digitalisation.....(57)

Figure 13 : Extrait d'une carte scannée.....(57)

Figure 14 : Exemple de photos aériennes.....(58)

Figure 15 : Exemple d'image satellitaire.....(59)

Figure 16 : Exemple d'importation de fichiers vers le SIG.....(59)

Figure 17 : Types de données dans un SIG.....	(60)
Figure 18 : Données spatiales.....	(61)
Figure 19 : Notion de couches de données.....	(61)
Figure 20 : Modes de données dans un SIG.	(62)
Figure 21 : Décomposition du monde réel en couches d'information.....	(63)
Figure 22 : Mode vecteur.....	(63)
Figure 23 : Mode Raster.....	(64)
Figure 24 : Domaines d'application des SIG.....	(66)
Figure 25 : Exemple de catalogue de minéralisation (Extrait de 3 points) avant sa transformation en fichier Excel.....	(67)
Figure 26: Exemple de fiche Excel (Document fait à partie de la base de données SIG)	(68)
Figure 27: Mode mise en page dans l'interface ArcMap.....	(70)
Figure 28 : Liste d'outils disponibles à l'insertion.....	(71)
Figure 29: Boite de dialogue pour insérer un titre à la carte.....	(71)
Figure 30: Sélection d'une flèche de Nord.....	(72)
Figure 31 : Sélection d'une barre d'échelle.....	(72)
Figure 32 : L'assistant de légende (1).....	(73)
Figure 33 : L'assistant de légende (2).....	(73)
Figure 34 : L'assistant de légende (3).	(74)
Figure 35 : L'assistant de légende (4).....	(74)
Figure 36 : L'assistant de légende (5).....	(75)
Figure 37 :Choix de la résolution et du format de l'image en (sortie) Mise en page.....	(76)
Figure 38 : la carte SIG final des pierres semi-précieuses du Hoggar.....	(77)

Introduction générale

Introduction générale :

Le bouclier touareg, formé durant l'orogénèse Pan-Africaine (850-550 Ma) est caractérisé par des shear-zones majeures orientées Nord-Sud séparant des blocs crustaux aux géologies contrastées. Il peut être ainsi interprété comme une amalgamation de Terranes, pris en tenaille entre le Craton Ouest Africain et le Craton Est Saharien, au cours de l'Orogenèse Panafricaine 850 - 550 Ma (Black et al., 1994 ; Liégeois et al., 2000). Cet événement correspond à la constitution du Gondwana central. Ceci s'est réalisé par une série de collisions entre plusieurs micro-continentes et l'accrétion d'arcs insulaires. Cet orogénèse et les mouvements décrochants le long de mega-shear zones, qui ont eu lieu au cours des stades tardifs, ont provoqué une délamination de la lithosphère mantellique sub-continentale. Ultérieurement, à partir du Crétacé, un volcanisme intraplaque a permis la surrection de l'ensemble du Bouclier Touareg. La source de ce magmatisme semble lier à remontée de l'asthénosphère consécutive à la délamination de la lithosphère au cours du panafricain qui a permis de fertiliser le manteau.

Le Hoggar est situé en Algérie. Avec ces 550 000 km² de superficie, il est le plus important constituant du bouclier touareg. 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. Sa structure est caractérisée par de grands cisaillements N-S d'échelle continentale, les accidents 4°50' et 8°30'. Ils le séparent en trois grands domaines qui sont de l'Ouest vers l'Est: le Hoggar occidental, le Hoggar central et le Hoggar oriental (Bertrand et Caby, 1978). Chacune des ses entités est constituées de plusieurs terranes. Les corrélations entre ces blocs sont possibles par le biais de la géochronologie, d'études lithologiques et par des reconstitutions géodynamiques.

le Hoggar occidental, appelé également la Chaîne Pharusienne (Panafricaine) est séparée en deux partie par l'unité granulitique de l'In Ouzzal (UGIO), le rameau occidental et le rameau oriental. Ces rameaux datent du Protérozoïque supérieur-terminal. Ils sont formés de deux séries volcano-sédimentaires, la série à stromatolithes, à la base, et la série verte, au sommet, séparées par une discordance stratigraphique, la discordance infrapharusienne (Lelubre, 1952; Caby, 1970; Haddoum,

1992). Vers 800 Ma, le rameau occidental subit une période d'extension océanique, suivi d'une subduction avec un plan de Bénéioff incliné vers l'est, et finalement, vers 630 à 600 Ma, une collision avec le Craton Ouest Africain. Cette collision a entraîné la mise en place de nappes qui se déversent vers le C.O.A. et le bassin de Gourma. Elles sont affectées par un métamorphisme de haute pression pour les nappes internes et dans le faciès schiste vert pour les nappes externes. Ces événements correspondent au cycle panafricain (800 à 550 Ma).

Le rameau oriental connaît, quant à lui, entre 900 et 800 Ma, une évolution de type cordillère avec probablement un processus de collage d'arcs insulaires au cours d'un stade panafricain précoce. Situé au centre du Hoggar occidental, l'unité granulitique de l'In Ouzzal est un bloc allongé de direction nord-sud, de plus de 400 km de longueur. Large au nord de 80 Km à hauteur du massif d'In Hahaou, il s'amincit jusqu'à disparaître au sud vers la frontière malienne pour être relayé par l'Adrar des Iforas. L'In Ouzzal est séparé des rameaux de la chaîne pharusienne par des décrochements verticaux. La bordure mylonitique Est - In Ouzzal étudiée en détail dans la région de Tirek (Attoum, 1983) et Amesmessa (Djemai, 1996) est une faille verticale profonde avec une composante décrochante en jeu dextre. Le décrochement Ouest-ouzzalien est par contre, sénestre (Caby, 1970). Moussine-Pouchkine et al. (1988) ont mis en évidence que l'In Ouzzal, dans sa partie extrême Nord, chevauche les séries volcano-sédimentaires de l'Adrar Ahnet. En fait, des formations d'arc et métamorphiques à glaucophane témoignent de l'existence, dans cette région d'une zone de subduction panafricaine (Mokri, travaux en cours). Cette unité granulitique se caractérise par le fait que c'est un segment de croûte l'Archéen (3.3 - 2.5 Ga) ayant subi un événement tectono-métamorphique d'une très grande amplitude à l'Eburnéen (2000 Ma) qui l'a complètement remobilisé. La grande majorité des formations aussi bien ortho que para-dérivées dont il est constitué présentent ainsi les caractères géochimiques des terrains archéens, gneiss gris et ceinture de roches vertes, mais les associations minéralogiques et les caractéristiques structuraux ont été en majorité oblitérés par un métamorphisme granulitique Eburnéen de très haute température qui a dépassé les 1000°C.

Chapitre I : Géologie du Hoggar

I - Généralité

Le Hoggar est la principale composante du bouclier Touareg et fait partie de la chaîne panafricaine trans-saharienne , Il confine au Niger au S . E et au Mali au S W, Il est délimité par les coordonnées suivantes : 19° -27° de latitude Nord et 1° - 11° de longitude Est.

Le Hoggar est subdivisé en trois principaux domaines allongés N-S et présentant des caractéristiques structurales et lithologiques différentes : le Hoggar occidental, le Hoggar central polycyclique et le Hoggar oriental. (Figures 1), Ces trois domaines sont respectivement séparés par des accidents majeurs subméridiens : l'accident 4°50' et l'accident 8°30'.

Sur le plan administratif, le Hoggar comprend presque la totalité de la Wilaya de Tamanrasset et une grande partie des Wilayat d'Adrar à l'ouest et d'Illizi à l'Est.

Côté relief, les terrains du Hoggar sont différenciés. Tout comme sur le plan géologique, on peut y distinguer deux types morphologiques différents : le massif du Hoggar et les dépôts paléozoïques du Hoggar.

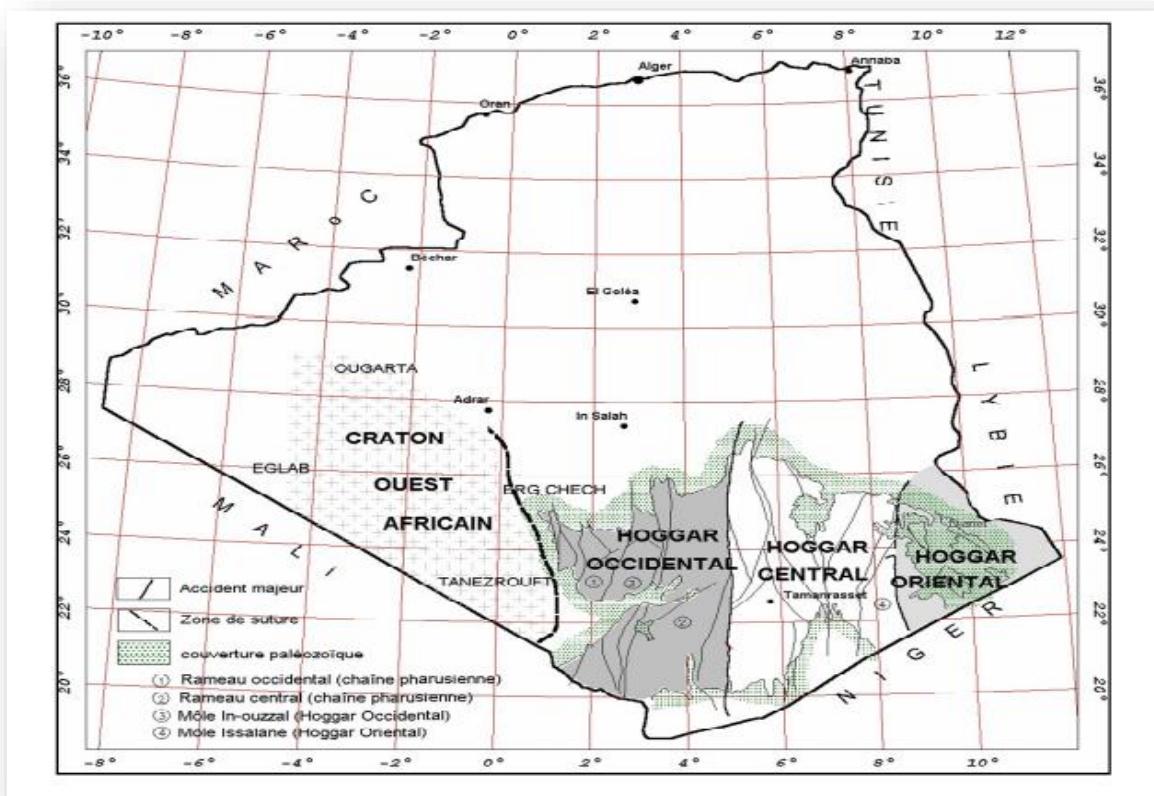


Fig.1 : Carte des principales subdivisions et des principaux domaines structuraux du Hoggar, d'après Caby et al., 1981.

Dans ses parties centrale, orientale et occidentale, celui-ci n'est pas homogène de point de vue relief et en distingue :

a) - Le Hoggar Central :

Il a, dans la majeure partie, le caractère d'un plateau typique avec des élévations isolées. Par endroits, il est montagnueux, notamment dans la partie centrale de cette région. Celle-ci est la partie la plus élevée de tout le Hoggar. Sur le périmètre du massif basaltique de l'Atakor, les altitudes vont de 1200 à 2900 m. Les sommets les plus élevés de cette région sont : Tahat (2908 m), Ilamane (2739 m), Tahlof (2726 m), Tizoujadj (2706 m), In Toraine (2696 m), Adad (2674 m).

Au Nord de l'Atakor s'étend une longue chaîne subméridienne de montagne (Tefedest) dont les points les plus élevés sont Tan-Fidjadj (2209 m) et Tagouma (1866 m).

La partie Nord du Hoggar central (région Garet-El-Djenoume, Amguid, Serouanet) a le caractère d'un plateau avec des élévations isolées parfois hautes. Les altitudes y vont de 480 à 2330 m (Garet-El-Djenoume, la plus grande montagne de cette région culmine à 2330 m d'altitude).

Les terrains situés au Sud de Tamanrasset (Tin-Beggane, Laouni) ont le même caractère pour ce qui est de leurs reliefs. Les altitudes sont de l'ordre de 600 à 800 m.

b) - Le Hoggar oriental :

Il est dans sa partie méridionale entièrement plat, avec de petites dénivellations (Timoletine, Tiririne, Tafassasset). Les altitudes relatives de cette région sont de 600-830 m en moyenne, le point le plus haut est le mont du métal (952 m).

Les parties centrale et septentrionale de la région ci-dessus sont plus variées. Les altitudes sont de 650 à 1330 m (Garoult 1332 m et Pic-Tisca : 1103 m).

c) - Le Hoggar occidental :

Il est plus différencié sur le plan morphologique. On y observe des formes géomorphologiques caractéristiques en bandes effilées longitudinales. Ce sont des dépressions sous forme d'étroits fossés souvent au contact ou avec des élévations avec des terrains à caractère de plateau. Les altitudes sont de 400 à 1750 m.

2 - Les Dépôts paléozoïques du Hoggar :

C'est le plateau du Tassili. Il se caractérise par de grands plateaux et falaises constituant les coupes géologiques naturelles de toutes les unités stratigraphiques du Paléozoïque. Ces types de relief dominent dans les parties Nord, (Arak-Anguid) ; Est (Djanet) et Sud (Tin-Rehroh ; In-Guezzan).

II. APERCU GEOLOGIQUE DU MASSIF DU HOGGAR :

Le massif du Hoggar englobe deux grandes unités géologiques :

- Le massif métamorphique.
- Les dépôts sédimentaires de ce massif.

II.1 -Le Massif métamorphique du Hoggar :

C'est un bouclier d'une ancienne plate-forme africaine, constitué de roches cristallines d'un degré variable de métamorphisme, principalement d'âge protérozoïque et entouré dans ses parties périphériques d'une couverture de dépôts non métamorphiques dont l'âge est daté de l'Ordovicien à crétacé supérieur. Le trait caractéristique est la façon dont se manifestent les roches cristallines du massif, avec disposition en bandes subméridiennes.

Ceci est le résultat de la naissance, pendant le Protérozoïque, de grands horsts séparés de dépressions, limités par de grandes failles orientées N-S. Une partie de celles-ci a été rajeunie au Protérozoïque supérieur.

La première Division lithostratigraphique et tectonique de la région a été élaborée par LELUBRE (1952). L'auteur divise les roches précambriennes en trois groupes :

- Précambrien inférieur (Suggarien) : celui-ci est généralement formé de schistes et de gneiss catamétamorphiques dont les cycles sédimentaires se sont terminés avec l'orogénèse suggarienne .
- Précambrien moyen (pharusien) : Il se caractérise par un degré plus faible de métamorphisme. Il constitue un ensemble composé principalement de conglomérats, de quartzites et de marbres, reposant sur les formations plissées du suggarien.
- Précambrien supérieur (Nigritien) : Il est composé de formations molassiques nées après le plissement pharusien (conglomérats, grès).

Une autre classification lithostratigraphique et des processus tectono-métamorphique a été présentée par les chercheurs français, CABY et BERTRAND (1978). Ils ont distingué six formations sur le périmètre du massif du Hoggar :

- Des formations archéennes (2700 M.A) ou présumées de cet âge : Ouzalien, Série rouge des Oumelalen, Série de l'Arechoum.

- Des formations d'âge Protérozoïque inférieur (entre 2000 et 2700 M.A) : Série de Tassendjanet, Série de l'Arechoum, Série des Grou Oumelelen.
- Des formations d'âge protérozoïque moyen (entre 1000 et 2000 M.A) : Série de l'Aleksod, Série des quartzites de l'Adrar Ahnet, du Tidéridjaouine, Série à Stromatolités, et "Pharusien I" du rameau central.
- Des formations d'âge protérozoïque terminal (800- 650 M.A).
- Des formations d'âge éocambrien à cambrien (moins de 570 M.A) : série pourprée du N.O du Hoggar et « série intermédiaire » de rameau central.

Les processus tectono-métamorphiques ont été divisés comme suit :

- L'évènement éburnéen (2000 M.A plus ou moins 200 M.A) ; bien défini au Tassendjanet, dans le môle d'In-Ouzzal, en Aleksod et au Gar Oumelalen.

- L'évènement Kibarien (1000 M.A plus ou moins 100 M.A) ; défini pour l'instant, et avec certaine imprécision, en Aleksod.

- L'évènement Pan-Africain précocose (chaîne pharusienne, 650-600 M.A) ; bien défini dans l'Ouest du Hoggar.

- L'évènement Pan-Africain Tardif (chaîne tiririnièn - ne : 550-500 M.A) défini à l'Est du Hoggar.

Par ailleurs, le territoire du Hoggar a été divisé en trois ensembles structuraux :

- Le Hoggar central polycyclique.
- Le Hoggar occidental.
- Le Hoggar oriental.

Ces trois (03) ensembles sont séparés entre eux par de grandes failles orientées N.S (4°50' et 8°30').

II.1.1 - Le Hoggar central :

Il est affecté par plusieurs phases de métamorphisme de Hoggar central polycyclique. Dans sa majeure partie, il est constitué de roches métamorphiques (gneïss, amphibolite, marbres et quartzites) d'âge éburnéen. Ces formations sont recoupées par des granites jeunes (Taourirts) auxquels sont associées les minéralisations de Wolfram et d'Étain. Dans certains bassins on note des formations volcano-sédimentaires pharusiennes (Bassin d'In-Abegui de Tahifet et de Laouni...). Il existe également dans le Hoggar central un volcanisme mio-plio-quadernaire.

Trois zones, accentuées par de grandes fractures et de grandes zones de mylonites, ont été distinguées : ce sont d'Ouest en Est la zone Tefedest-Atakor, la zone Egéré-Arefsa et la zone orientale (Oumelalen-Temasint).

a) - La Zone Tefedest -Atakor :

Les limites Ouest et Est de ce sous-domaine sont déterminées respectivement par la grande fracture 4°50' et par celle d'Amguid-Arefsa. Les limites Sud et Sud-Est sont conventionnelles.

Les traits caractéristiques de cette zone sont la prédominance des gneïss à haut degré de métamorphisme et des migmatites, l'abondance des granites et des granitoïdes d'âge présumé Pan-Africain et l'abondance des mylonites. Dans la région qui affleure à l'Est de la grande fracture 4°50', au sein du complexe gneïssique daté du Suggarien, deux formations ont été distinguées : il s'agit de la série leucocrate de l'Oued Tinef, composée de leptynites et de granitogneïss et de la série mésocrate de l'Oued Azanou, composée de gneïss calco-alcalins à biotite et amphibole, d'amphibolites et de quartzites à diopside et hyperstène.

Dans la région de Tamanrasset, la formation encaissante des granites est méta-sédimentaire (gneïss, marbres et pyroxénites) et comprend des lentilles d'amphibolites.

Dans la région de l'Amsinassème, on a distingué la série de l'Arechoum (gneïss rubanés et filons de polymigmatite) et la série de l'Amsinassème méta-sédimentaire (marbres, pyroxénites, gneïss à pyroxène et amphibole, quartzites et gneïss à sillimanite et grenats).

b) - La zone Egéré -Arefsa :

Cette zone comprend la région d'Aleksod et Tazoulet, la région de l'Arefsa oriental et la région de l'Egéré.

Dans la première région, on a distingué la série de l'Arechoum datée entre 1450 et 2200 M.A (gneïss rubanés à plagioclases ; formation méta-sédimentaire peu découverte contenant des marbres, pyroxénite, quartzite, micaschiste à biotite et sillimanite et de gneïss ; Gneïss oillés à texture amigdalair) et la série de l'Aleksod datée entre 900 et 1000 M.A. Elle est plus récente que la première et comprend de bas en haut :

- des amphibolites massives à grenats recoupées par des pegmatites
- formation gneïssique où dominant les gneïss à plagioclases parfois à amphiboles
- formation calco-magnésienne constituée d'amphibolites massives à gros grenat, de pyroxénite et de gneïss à plagioclases, biotite et disthène.

La deuxième région (Arefsa orientale) comprend une formation de schistes moins métamorphisée et moins compliquée du point de vue structural que les gneïss qui l'encaisse.

La troisième région (Egéré) comprend une formation qui se caractérise par l'abondance de gneïss et micaschistes alumineux à sillimanite, de marbres et d'amphibolite.

c) - La zone orientale : Gar Oumelalen-Temasit :

Ses limites occidentales sont accentuées dans la zone centrale et Sud par les graviers quaternaires de l'Amador et par une grande fracture dont la zone de mylonite de l'Oued Tin-Tarabine constitue le prolongement. On distingue dans cette zone ; deux régions : La première région (région de l'Erg Tihodaine et des Gar Oumelalen) comprend trois séries :

Série rouge : constituée de gneïss rubanés et oillés avec de rares intercalations méta-sédimentaires (marbres et quartzites).

Série des Gour-Oumelalen qui comprennent des gneïss divers à biotite, grenat, hornblende, gneïss alumineux à sillimanite, leptynite à magnétite et une formation d'itabirites associée à des quartzites à muscovite chromifère surmontant un complexe basique. Des charnockites acides et basiques s'intercalent entre ces différents termes.

Série de Toukmatine : constitue probablement l'équivalent de la série d'Aleksod. C'est un complexe monotone de micaschistes à deux micas et grenat. Par endroits, on y trouve des quartzites à micas, des conglomérats et marbres.

La deuxième région (Serouanet et "bassin Temasint") comprend deux séries :

Série Tin N'Afaza : Très monotone, constituée de quartzites à mica, de mica-schistes à grenat, avec un niveau d'amphibolites, et des lentilles de marbre et de roches ultrabasiques serpentinisées.

Série d'Amadit : Débute par le marbre, puis prend le caractère de flysch (schistes intercalés de volcanites basiques).

II.1.2 - Le Hoggar occidental :

Il constitue la chaîne pharusienne d'âge panafricain (850-580 M.A) composée de formations (volcano-sédimentaires peu métamorphisées (méta-sédiments, basalte, andésito-basalte...) injectées de roches plutoniques de composition ultrabasique à acide du Protérozoïque supérieur.

La chaîne pharusienne est divisée en rameau oriental et rameau central séparé par le môle granulitique d'In-Ouzzal d'âge archéen (2700 M.A).

a) - Le Rameau occidental :

Il est divisé en grands compartiments subméridiens par de grands cisaillements et contient trois fossés molassiques (série pourpée) de Ouallen, d'Egatalis et d'In-Semmen.

La série pourpée occupe environ 40 % des affleurements à l'Ouest du môle In-Ouzzal. Le trait caractéristique du rameau occidental est une grande évolution des séries quartzitiques d'âge protérozoïque moyen et supérieur, et un développement très monotone de faciés de granwackes volcaniques dans de différents synclinoriums.

b) - Le Môle In-Ouzzal :

Il a la forme d'un triangle dont le sommet est dirigé vers le Sud et est long de 450 Km. Les limites longitudinales du môle ont un caractère tectonique. Il est principalement constitué de roches cata-métamorphiques de faciés granulite.

La série granulitique comprend une grande variété de roches supracrustales rubanées. L'élément dominant est la présence de leptynites rubanées.

Les métasédiments sont représentés par les gneïss pélitiques hypéralumineux, leptynites à biotite ou hypersthène, divers quartzites, quartzites à magnétite, marbres et gneïss calciques. Tous les métasédiments forment des lentilles étirées et boudinées au sein des leptynites.

Les roches éruptives anciennes (norite, pyroxénites) se manifestent également sous forme de lentilles qui correspondent parfois à la zonalité de granulites. Les syénites gneïssiques leucocrates apparaissent sous forme de sills dans la partie N.E du môle ; une minéralisation en Thoriun y est associée.

Les charnockites forment des massifs à contours irréguliers. Elles se sont probablement formées à la suite de l'anatéxie des leptynites.

Les roches éruptives plus récentes (complexe andésito-basaltique) se sont conservées localement à l'Est de l'Adrar Akafou.

Aux contacts submendiens du môle In-Ouzzal, délimités par deux cisaillements bordiers, on trouve des zones de mylonites épaisses de quelques dizaines à quelques centaines de mètres, qui présentent une linéation horizontale correspondant aux directions des dislocations tectoniques.

c) - Le Rameau central :

Le rameau central est constitué principalement de formations méta-sédimentaires et métavolcaniques peu métamorphisées (épizonales) et de granites. Ses limites occidentales et orientales sont en fait deux fractures majeures à rejeux multiples qui le séparent du môle In-Ouzzal à l'Ouest et du Hoggar central polycyclique à l'Est.

Cinq grandes unités tectono-métamorphiques et chrono-stratigraphiques ont été distinguées sur les terrains en question : les noyaux d'âge éburnéen (Pr1), les formations rapportées au Protérozoïque moyen (Pr2), les formations épizonales et les batholites associés rapportés au Protérozoïque supérieur (Pr3), les formations volcano-sédimentaires et le magmatisme associé du Protérozoïque terminal (Pr 4) et les formations molassiques (série intermédiaire : Eo-Canbrien).

d)-Les noyaux d'âge présumé (Pr1) :

Ceux-ci sont représentés par des gneïss remobilisés sur les formations à faciès amphibolitiques du Protérozoïque moyen et supérieur, connus jusqu'à ce jour exclusivement dans la région de Timgaouine.

e)- Les formations du Protérozoïque moyen (Pr2) :

Les formations de Protérozoïque moyen forment une bande méridienne s'étendant à l'Est du môle In-Ouzzal. Dans la partie Sud, la série est exprimée dans le faciès amphibolitique profond recoupé de multiples granites et granitoïdes. Cette formation est constituée de quartzites qui présentent des chaînes fortement plissées, de schistes argileux (alumineux), marbres blancs parfois boudinés, amphibolites, orthogneïss alcalins. Dans sa partie centrale (entre 22° et 23°), la formation est représentée par les quartzites, marbres, amphibolites et gneïss à amphibole, tous recoupés par le massif de syénites. Dans la partie Nord (Tin-Tanetfirt, Arak), cette formation est partiellement cachée sous les dépôts du Protérozoïque terminal.

f)- Les formations du Protérozoïque supérieur (Pr3) :

On y trouve les formations de faciès épizonal, ainsi que les batholites de même âge recoupant celles-ci. Dans la région de Timgaouine, au Protérozoïque supérieur sont rapportés les restes de la série carbonatée et le complexe de roches plutoniques. La série à Stromatolites de la région de Timgaouine comprend, les marbres à stromatolites, les pelites bleutées et les diabases amphiboliques. Dans la région centrale (Silet, Tin-Chaffao,)

Le Protérozoïque supérieur est représenté par la série de Timerselarsine qui contient, les marbres et les

Dolomies, les quartzites et les formations volcaniques et volcano-sédimentaires (diabases, basaltes, diverses laves).

La formation du Pr3 est traversée par de nombreuses intrusions de diorites quartzitiques ayant la forme d'accolite, de gabbros et de granites (granite de Tan-Chffao).

g)-Les formations du Protérozoïque terminal (Pr4) :

Les formations du Pr 4 reposent en discordance sur les formations du Protérozoïque moyen. Dans la partie Est (Silet - Tesnou) les formations de cet âge se sont conservées dans les fossés subméridiens fortement serrés. Elles sont représentées par des arkoses de base à galets (galets granodioritiques et diorites quartziques), des grès arkosiques à galets de diorites quartziques, des conglomérats polygéniques à galets d'origine plutonique, des pélites ardoisières grises ou bleutées, des microconglomérats et tufs acides. Le plutonisme pré-tectonique, représenté par un ensemble remarquablement épais de granite, granodiorites et diorites quartziques, est associé à la formation ci-dessus.

Les séries intermédiaires :

Sous forme de lambeaux, les séries se sont conservées dans les bassins résiduels et fossés. Elles contiennent des pelites, grès fins et conglomérats.

II.1.3 - Le Hoggar oriental :

Sur les terrains du Hoggar oriental, trois domaines ont été distingués : le môle d'Issalane, le rameau orogénique tiririnién (série de Tiririne) et la zone pré-tiririniénne de Tafassasset.

a) - Le Môle d'Issalane :

On y distingue, outre les granites, deux formations -apparemment concordantes :

- Une formation gneïssique formée de gneïss rubanés associés à des gneïss veinés très potassiques, dont l'âge n'est pas précisément connu.

- Un complexe méta-sédimentaire qui comporte des quartzites verts à mica-chronifère, des marbres, des gneïss politiques, le plus souvent remplacés par des migmatites à très gros grains. Les leptynites rubanées à composition alcaline sont associées à ce complexe des méta-sédiments.

b) - La Série de Tiririne :

L'âge de cette série est de 580 M.A (cycle orogénique pan-africain tardif) et l'âge du socle à 660 M.A. Le socle de la série de Tiririne est constitué de marbres, granites (Tafassasset), granodiorites et gneïss (Synclinal d'Arirer), et granites altérés (base minière de Tiririne).

En général, parmi les formations constituant la série tiririnienne on peut distinguer trois groupes séparés de diverses discordances, à savoir :

- Les formations argilo-carbonatées à stromatolites, et jaspes.
- Les formations à caractère détritique de couleur grise ou vertes, dont la granulométrie, tant horizontale que verticale, est très variée.
- Les formations à caractère détritique dont la granulométrie horizontale, est moins variés que dans le cas précédant.

c) - La Zone Pré-Tiririnienne de Tafanasset :

Sur le plan lithologique, cette zone correspond au socle de la série de Tiririne, mais elle est plus ancienne (660 M.A.). La zone en question est très différenciée.

Elle est constituée de méta-sédiments, de méta-volcanites et d'un grand nombre de roches plutoniques.

II.2 - Les dépôts sédimentaires de massif du Hoggar :

C'est ce que l'on appelle les Tassilis. On distingue les dépôts paléo-mésozoïques au Nord et les dépôts paléozoïques dans la partie Sud.

Selon le schéma de KILIAN (1932), la partie interne de la ceinture tassilienne est constituée de dépôts cambro-ordoviciens (grès inférieurs), la dépression intra-tassilienne, de schiste siluriens et les tassilis extérieurs de grès supérieurs du dévonien.

II.2 .1 - Le Cambro-Ordovicien (non différencié) :

Il débute par les conglomérats de base qui reposent sur la formation molassique de l'Eocambrien ou directement sur le socle cristallin du Protérozoïque. Les conglomérats comportent par endroits des intercalations de grès quartzeux à grains fins et grossiers avec une stratification oblique et horizontale bien visible. L'épaisseur de cet horizon est de 80 m au maximum. Celui-ci a été observé dans la partie centrale du Tassili

Inférieur dans la région d'Amguid. Au-dessus, on trouve un horizon de grès quartzitiques, hétérogrenus avec des intercalations et des lentilles de conglomérats. L'épaisseur de l'horizon ci-dessus est de 50 à 200 m (région d'Amguid). Au sommet, on voit des grès quartzitiques fins, argileux à micas, avec des intercalations de grès grossiers et moyens. L'épaisseur de cet horizon dans la région d'Amguid est de 20 à 120 m et dans la région d'Arak de 20 à 80 m.

La sédimentation de l'Ordovicien se termine par les grès quartzo-feldspathiques, plus rarement quartzeux avec des intercalations de quartzites, et par les argiles, schistes argileux, microconglomérats composés de siderite et de phosphorite.

II.2.2 - Le Silurien :

L'étage inférieur du Silurien est représenté par des schistes argileux à graptolites mis en place dans les conditions de sédimentation marine, et l'étage supérieur par des grès argileux.

L'épaisseur du Silurien sur le plateau Mouydir est d'environ 150 m et est de 600m sur le plateau de l'Ahnet.

II.2.3 - Le Devonien :

On distingue le Dévonien inférieur, moyen et supérieur.

Les sédiments du Dévonien se sont mis en place dans des conditions continentales ou d'une mer peu profonde. La sédimentation de ce sous-étage débute par les grès quartzeux à grain fin, sur lesquels reposent des grès fortement ferrugineux à ciment argileux comportant des intercalations de schistes argileux rouges. Le tout repose sur les assises grésoschisteuses à Spirifer et surmontés de calcaires tabulaires.

Au Dévonien moyen et supérieur, la plupart des formations se sont mises en place dans des conditions marines. Ce sont des calcaires sableux, par endroits ferrugineux, surmontés par des calcaires dolomitiques et des schistes argileux intercalés de grès calcaires et d'argiles rouges. L'épaisseur de formations du Devonien est de 250 à 300 m.

II.2.4 - Le Carbonifère :

Le carbonifère inférieur est le plus rencontré.

Il est représenté par les formations de Tournaisien et du viséen.

Le Tournaisien est exprimé sous forme d'une série d'argiles rouges recouverte par les grès microgènes verts ou gris sous forme de couches peu épaisses (en plaquette), contenant des intercalations de conglomérats à ciment ferrugineux.

Le Viséen inférieur est développé dans un faciès de grès moyens et d'argiles rouges ou vertes.

Au toit de la série, on trouve des calcaires organogènes, gris sombres, avec un niveau d'argile verte et de grès gris-vert.

La sédimentation se termine par des bancs de calcaires massifs rouges ou brun-gris.

Sur les formations du Carbonifère inférieur reposent les dépôts du continental intercalaire qui est représenté par trois formations :

- formation inférieure (argiles et grès rouges).
- formation des quartzites (grès quartziteux).
- formation lagunaire (argiles bariolées avec quelques lits de carbonates).

Sur les formations du continental intercalaire reposent en concordance les dépôts du Crétacé supérieur, représenté par le Cénomaniens, le Turonien et le Sénonien.

II .2.5 - Le Crétacé Supérieur :

a) - Le Cénomaniens :

Celui-ci débute par les argiles à gypses d'El-Goléa dont la Partie inférieure est attribuée au continental intercalaire et la partie supérieure au Cénomaniens inférieur exprimé dans un faciès lagunaire. Les formations du Cénomaniens inférieur ont un caractère marin. Ce sont des calcaires blancs-crèmes, organogènes avec de multiples fossiles (Néolobites, Exogyra, Oursins), et des calcaires dolomitiques gris à Colyoceras.

L'épaisseur des calcaires dans les zones occidentales et centrale est d'environ 7 m, dans la zone orientale elle est d'environ 20 m.

b) - Le Turonien :

En générale, la série du Turonien débute par les argiles et les marnes comportant à la base quelques bancs isolés de calcaires marneux à vascoceras. L'épaisseur totale de cet horizon est d'environ 54 m.

Au-dessus, on trouve une "dalle Turonienne" constituée de calcaires et dolomies (épaisseur 17 m).

Dans la partie Est, le Turonien est réduit (absence des argiles et des marnes) et est représenté par des calcaires et dolomies avec de multiples ammonites (épaisseur 35 m).

C) - Le Senonien :

Selon la division stratigraphique adoptée pour la région, on distingue les formations de Sénonien inférieur et les formations du Sénonien supérieur (Campanien, Santonien Maestrichtien).

Le Sénonien inférieur est exprimé en faciés continental et lagunaire. Le Sénonien continental est représenté par les argiles, argiles gréseuses, sables et grès d'In-Belbel.

Le Sénonien lagunaire saumâtre se manifeste sous forme d'argiles à gypses et d'un niveau de calcaires rubanés à silice.

Le Sénonien inférieur a une épaisseur d'environ 97 m à l'Ouest et d'environ 250 m à l'Est.

CHAPITRE II :
CLASSIFICATIONS ET
DESCREPTIONS DES INDICES
DES PIERRES SEMI-
PRECIEUSES

II -1 INTRODUCTION :

A partir de l'étude bibliographique nous avons recensés 60 indices de pierres précieuses et semi-précieuses concernant 19 types de matière. Sur ces indices des travaux ont été effectués et la compilation des résultats obtenus ainsi que l'étude de la géologie par site nous a permis de placer les indices dans leurs contextes géologiques sur la carte minéralogique prévisionnelle ainsi que d'établir un répertoire avec les coordonnées, les structures géologiques et les valeurs économiques

L'étude des sites ainsi qu'une comparaison avec les gisements dans le monde pourrait servir de guides pour des recherches tactiques spécialisées. Des recommandations et des orientations seront faites dans ce sens.

II-2- CLASSIFICATIONS ET DESCRIPTIONS DES INDICES DES PIERRES SEMI-PRÉCIEUSES DU HOGGAR :

- 1- **Le Béryl** : C'est un cyclosilicate de béryllium, la formule chimique est $Al_2 Be_3 (Si_6 O_{18})$, Dureté 7,5 (à l'échelle de Mohh) ; densité 2,8.

On distingue 4 Indices de Béryl dans le Hoggar (Hoggar central) :

1 -1 indice de Béryl d'Alous-Ouan-Réchla :

Il est situé sur la feuille Laouni (NE-31-VI) au Sud du Hoggar central. Ses coordonnées sont : 5° 09' 00" Long Est et 20° 30' 30" Lat Nord. Se situe à la rencontre de 3 importants systèmes de failles remplis par des filons béchiques siliceux orientés Sud et Sud-Ouest. Il est encaissé dans un granite migmatitique porphyroïde dans lequel on peut voir des époinçements de grises de taille très variable (de quelques mètres à 100 mètres). Fig.2.

Ce qui est intéressant c'est le fait d'avoir des Béryls de 1 à 4cm de longueur qu'on peut utiliser en bijouterie s'ils présentent certains critères tels que : transparence, non fissurés, pas d'inclusions visibles, belles couleurs (jaune d'or ou vert émeraude) .

1 - 2 Indice de Béryl de NAHDA (Adrar Renaissance) :

Il est situé sur la feuille Laouni (NF-31-VI) à 22 km au N-E de l'indice de Béryl d'Alous- Ouan-Réchla . Ses coordonnées sont : 5°28' 35" Long Est et 20° 48' 12" Lat Nord.

Le Béryl est très abondant dans le massif de granite intrusif de NAHDA, d'Age pharusien et se présente de manière diverses :

- Dans des poches de pegmatites zonées qui apparaissent à la bordure du massif. Le Béryl apparaît sous une forme bien cristallisée, de couleur verte ou jaunâtre avec des longueurs de 10cm.
- Dans des filonnets de pegmatites remplissant les fissures du granite. Les cristaux de Béryl isolés sont de dimensions variées. Quand la pegmatite forme des lentilles de 0.60m X 0.30m et plus
- En cheminée : Une seule cheminée affleurant au niveau du sol a été remarquée. Son diamètre est de 40cm environ. Des éboulis de Béryl (pesants parfois près de 1 kg)

C'est un indice très intéressant. La seule estimation a été donnée par SINTCHOUK (1984). Dans son rapport, il est mentionné des réserves potentielles (jusqu'à 100m de profondeur) de 10 000 tonnes d'oxyde de béryllium.

1-3 Indice de Béryl du massif "Brigitte" :

Il est situé sur la feuille Laouni (NF 31 VI), au Nord du massif Alous-Ouan -Réchla à proximité de la grande cassure qui passe au N-E de ce dernier et à quelques 13km au S-E du massif Nanda (Fig 2). Ses coordonnées sont : 5° 09' 10" Long Est et 20°31' 30" Lat Nord.

Le Béryl se présente sous forme de cristaux de 5mm de taille plus ou moins régulièrement répartis dans la masse de la roche. Il est de couleur verte blanchâtre ou verte émeraude. Dans les zones de silicification, il prend une coloration bleue intense.

1-4 Indice de Béryl de Guérioune (Tin-Réhroh) :

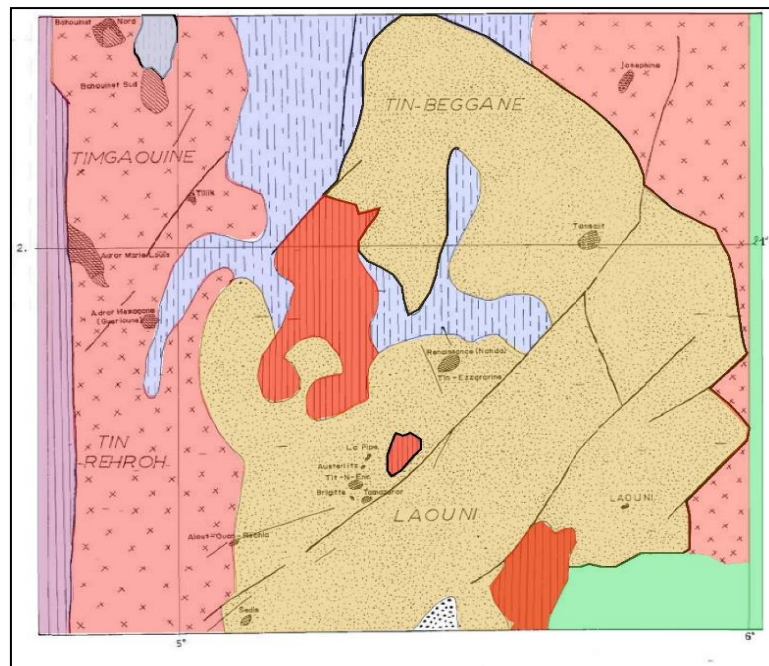
Il est situé sur le massif Guérioune (massif Hémagone) au N-E de la feuille Tin-Réhroh (NF 31 V). Il est distant d'environ 20 à 22 km de l'indice de Nanda et à 18 km de l'indice d'Alous-Ouan-Réchla de la feuille Laouni (Fig 2). Ses coordonnées sont : 4° 56' 10" Long Est et 20° 55' 02" Lat Nord.

Le massif "Guérioune » est constitué de granites "Taourirt". De forme ovale, il couvre une superficie de 3 X 2.5 km.

La mise en place de l'intrusion s'est effectuée en deux étapes : une phase principale et une phase complémentaire. La minéralisation se concentre dans les apogranites mésogrenus 151micacés où elle apparaît sous forme de schlierens béryllifères.

La surface totale occupée par les apogranites béryllifères dans le massif est de 4.5-5 km² pour une épaisseur du gîte minéralisé de 30-35 m. La quantité des schlierens par rapport à la masse globale des apogranites varie de 1.5 à 13.5%. La teneur en oxyde de béryllium dans les schlierens varie de 1.86 à 6.88%.

Dans les corps de pegmatites, on rencontre du Béryl sous forme de cristaux de 2 à 3mm de teinte verdâtre et bleue verdâtre et de 3 à 5cm de teinte verte bleuâtre et verte brunâtre.



LEGENDE :








-  Grés de Tassili
-  Granites migmatitiques et syntéctoniques Pharusien
-  Bassin Pharusien
-  } Sugarien
-  migmatite }
-  granite intrusif
-  Faille

Figure 2 : Répartition des granites intrusifs minéralisés en Béryl, Topaze, Apatite, Fluorine et Zircon .

1-5 Les indices de béryl d'Edimbo :

Ils sont au nombre de deux et n'ont pas été étudiés sur terrain. Nous ne pouvons donc donner des descriptions détaillées.

Ils sont situés sur la feuille Edimbo (NF 32 XXIII) dans le Hoggar oriental. Leurs coordonnées sont : 10° 33' Long Est et 23° 12' Lat Nord pour le premier et 10° et 23° 4' 45" Lat Nord pour le deuxième. 32' Long

Pour le premier indice, l'auteur (DORONKINE 1982) signale seulement la présence de Béryl dans des zones de broyage de quelques centaines de mètres de long et 5m de large avec la présence d'hématite.

Pour le deuxième indice, le même auteur signale uniquement la présence de Béryl dans des zones d'accidents tectoniques séparant les dépôts des Tassilis des granites.

1-6 Les indices de Béryl de Tafassasset :

Ils sont au nombre de deux et sont situés sur la feuille Tafassasset (NF 32 XVI) dans le Hoggar oriental. Leurs coordonnées sont : 10° 00' 00" Long Est et 22° 41' 30" Lat Nord pour le premier et 9° 25' 00" Long Est et 22° 25' 00" Lat Nord pour le deuxième.

Dans les deux cas, il s'agit d'affleurements isolés degrés à grains irréguliers et stratification oblique. Les zones sont constituées de formations béchiques fortement hématitisées et ont une puissance de 1-10m sur une longueur de plusieurs km.

Le Béryl n'a jamais été observé et les échantillons prélevés ont donné de très faibles teneurs en Béryllium.

Ce sont des indices sans aucune importance

2 – Le CORINDON :

C'est un oxyde d'aluminium dont la formule chimique est Al_2O_3 , dureté 9 ; densité :3,9.

On distingue 04 indices de Corindon sur le massif du Hoggar :

2-1 L'indice de Tin-Beggane :

Il est situé au N-E de la feuille Tin-Beggane (NF 31 XII) au centre du massif du Hoggar. Ses coordonnées sont : 21° 56' 00" Lat Nord et 5° 56' 00" Long Est. Cet indice est situé à environ 100 km au S-E de la ville de Tamanrasset. Cet important indice est situé à l'embouchure de l'oued Igharghar.

Le secteur Igharghar dont l'étendue est d'environ 3 X 5 km est situé sur la rive droite de l'oued du même nom dans la partie N-E-de la feuille. Il englobe essentiellement des structures synclinales de l'assise quartzito-gneissique du Protérozoïque inférieur.

Cinq corps stratofiliformes spatialement rapprochés de métasomatites à corindon bleu (Fig 3). Sur le plan structural, ces cinq corps sont discordants dans la partie Nord. Les dimensions des corps varient de 10-15 m à 50-60 m en longueur et de 0.2 à 3-4 m en largeur. La direction est de 40°-60° et 300°-320°. A côté des corps pegmatoidiques , sont discernés des fragments (0.5 x 15 cm) et des éboulis (20 x 50-100 cm) de corindonite .

D'après l'analyse minéralogique, les teneurs en corindon varient de 95% à 98%. Cette même analyse réalisée sur les pégmatoïdes à corindonite a montré la présence de corindon bleu transparent (saphir).

Les cinq corps de métasomatites à corindon mis en évidence dans le secteur Igharghar sont prometteurs pour la recherche du corindon à des fins techniques et de bijouterie.

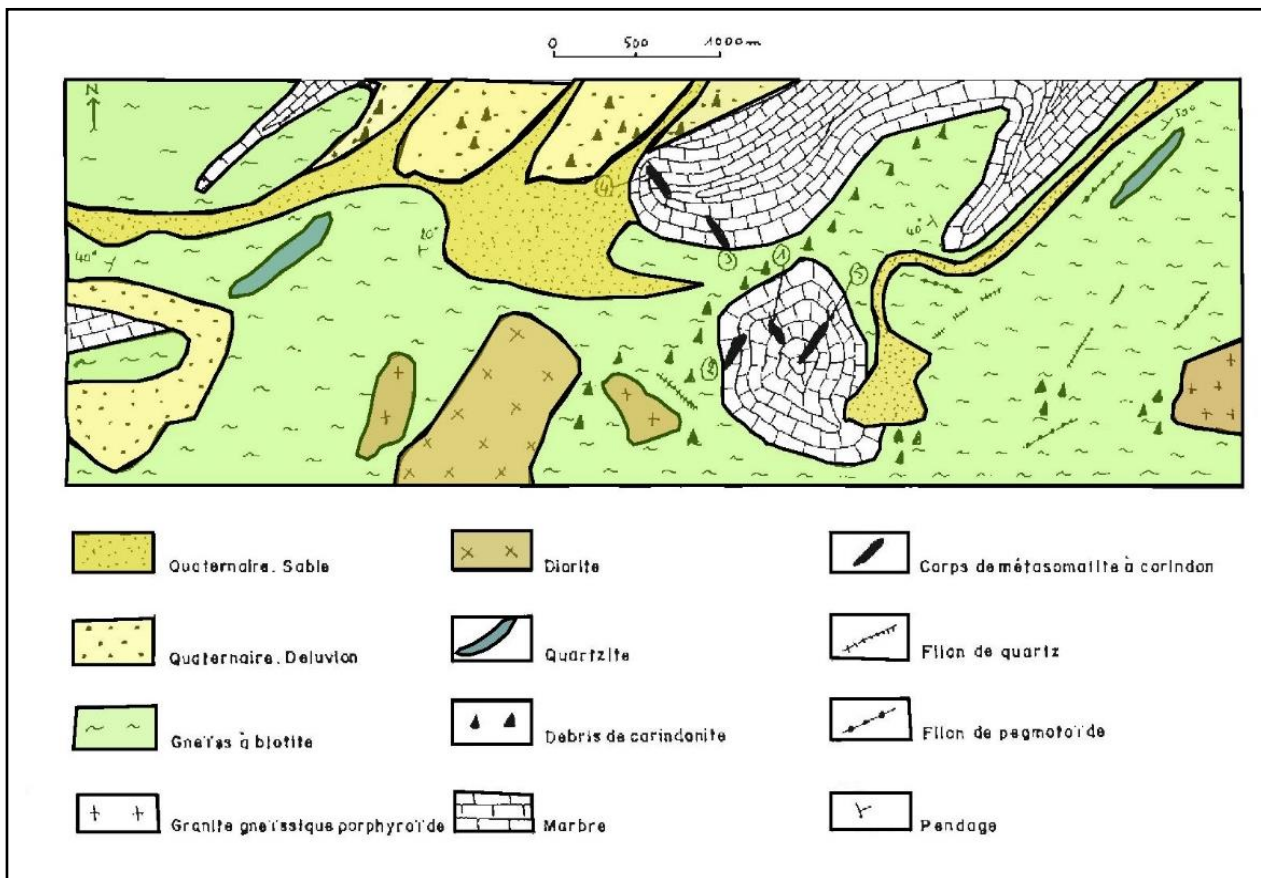


Figure 3 : Structure IGHARGHAR Schéma géologique avec emplacement des corps à Corindon

2-2 Les indices de corindon de Tadoumet :

Le premier indice situé sur la feuille Tadoumet (NF 32 XV) dans le -Sud Est du Hoggar, Les coordonnées de l'indice sont : 8° 06' 00" Long Est et 22° 29' 23" Lat Nord.

Dans les granito-gneiss de la îerie d'Aleksod, sur une distance de plus de 400 m, on observe une série de lentilles résiduelles de schistes contenant du corindon (Fig 4). Ces schistes sont à structure lépidogranoblastique et la composition minéralogique est la suivante :

- quartz (45 à50%), - plagioclase (5 à 7%) , - biotite (35 à 55%), - muscovite (3 à 15%)

Le corindon se présente rarement sous forme de gros cristaux et de barillets de 1 à 5 cm, de couleur gris-violacée et rose mais souvent sous forme de petits cristaux arrondis de 0.5 à 1 cm. Les parties granitisées des lentilles de schistes contiennent également des cristaux de corindon. La teneur en Al₂O₃ dans les lentilles de schistes varie entre 45 et 80% tandis que dans les secteurs granitisés elle varie entre 8 et 18%.

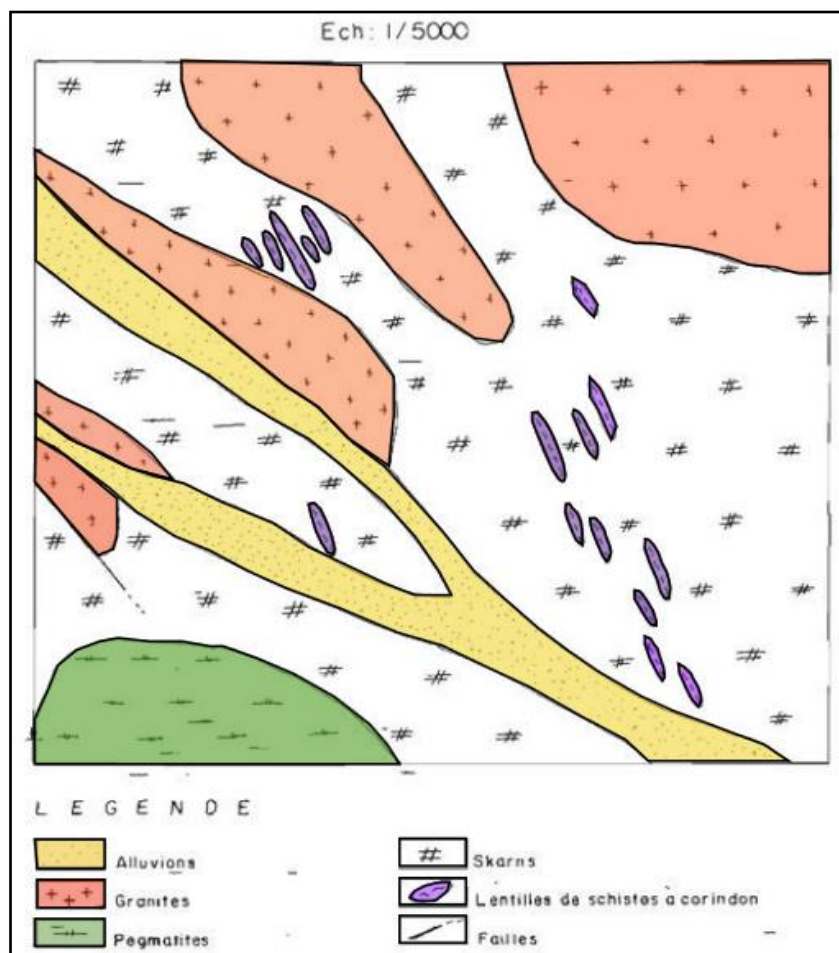


Figure 4 : Schéma géologique de 1^{er} indice de Corindon de Tadoumet

Pour le deuxième indice se situe à environ 20 km au Nord Est du premier indice. Ses coordonnées sont : 8° 20' Long Est et 22° 42' 12" Lat Nord.

Il s'agit d'une lentille constituée de skarns à micas-corindon concordante à la direction des roches. Cette lentille est située dans des skarns magnésiens.

Le corindon se présente sous forme de cristaux hexagonaux allongés ou trapus de 2-4 mm à 3 cm. Sa couleur est grise à gris-rosâtre.

Les teneurs en corindon varient de 40 à 80%. Cet indice à lui tout seul n'a aucun intérêt économique mais constitue un guide direct dans la recherche de gisements de corindon précieux (saphir) ou abrasif dans les skarns et les skarnoides de la Série Aleksod.

2-4 L'INDICE DE TIREK :

Il est situé sur la feuille Tirek (NF 31 IX) dans le Hoggar occidental. Ces coordonnées sont : 2°40'00" Long Est et 21° 37' 00" Lat Nord.

Il s'agit de formations lenticulaires (métasomatites) riches en corindon et en tourmaline noire dans un massif de serpentinite au voisinage de l'Adrar Soaf. La longueur de la zone est de 2 km et sa largeur de quelques mètres.

Le corindon se présente sous un aspect identique à celui de Tin-Beggane sauf que l'encaissant est différent. Les cristaux de corindon bleu à bleu violacé sont inférieurs à 1cm. La teneur en Al₂O₃ dans la roche est de 95%.

3 - LA TOPAZE :

C'est un nesosilicate de fluor dont la formule chimique est Al₂Ft₂Si₄O₁₄ Dureté 8 ; densité 3,5.

Sur le site de Hoggar on distingue 04 indices importants :

3-1 L'indice de Hananere (Tamanrasset) :

Sur la feuille de Tamanrasset (NF 31 XVIII) dans le Hoggar central, il existe plusieurs indices de Topaze qui ont été signalés mais qui n'ont jamais été étudiés. Cette région se caractérise par la présence de plusieurs gisements et indices de Wolfram- Etain.

L'indice de Hananere est situé à une vingtaine de km au N-E de Tamanrasset, et il est La Topaze se trouve un peu partout dans le massif en accompagnant le Béryl dans les poches à pegmatites. Les cristaux sont translucides, légèrement bleutés et formant des prismes à section losangique presque carrée. Leur clivage est net.

constitué d'une coupole de greisen qui se présente en dôme d'extension limitée (70m x 30m). Elle est parcourue par des filons de quartz minéralisés en cassitérite et wolframite et bordée par une pegmatite à Topaze en position sub-verticale. L'encaissant de cet indice est composé de gneiss quartzo-feldspathique et de granite à biotite d'extension régionale.

La Topaze de Hananere se présente soit :

- en cristaux isolés dans une gangue de quartz ; ils sont généralement verts. Ces Topaze se rencontrent dans la zone 2.

- en cristaux assemblés de grandes tailles (10 cm en moyenne) qui soulignent le contact entre la pegmatite et la coupole greisinisé. Ils sont de couleur brun rougeâtre dûe probablement à des hydroxides de fer. Ces cristaux sont souvent associés aux quartz, aux micas et aux feldspath.

3-2 L'indice de Guerioune Massif "Hexagone » (Tin-Rehroh) :

Sa position géographique et son contexte géologique sont identiques à ceux de l'indice de Béryl de GUERIOUNE (Hexagone).

La présence du gros cristal de topaze dans deux corps de pegmatites de 60X120m et 10X40m. Aucune description du minéral n'a été faite.

3-3 L'indice d'Alous-Ouan-Réchla (Laouni) :

La position géographique ainsi que le contexte géologique sont les mêmes que ceux de l'indice de Béryl puisqu'il s'agit du même massif.

La Topaze accompagne le quartz dans les festons de Zinwaldide sous un aspect pierreux et sans formes nettes. Par contre elle est bien cristallisée dans la partie Nord des pegmatites. La Topaze est assez abondante.

La présence de Béryl dans ce massif ainsi que celle de Topaze dans le massif Nanda (proche de 45 km), donne un intérêt non négligeable à cette minéralisation.

3-4 L'indice du massif NAHDA (Adrar Renaissance) :

La position géographique ainsi que le contexte géologique ont déjà été mentionnés (voire indice de Béryl de Nanda).

La Topaze se trouve un peu partout dans le massif en accompagnant le Béryl dans les poches à pegmatites. Les cristaux sont translucides, légèrement bleutés et formant des prismes à section losangique presque carrée. Leur clivage est net.

On peut également voire des Topazes à proximité du massif, soit en petits grains rougeâtres, soit dans des petits filonnets de quartz où elles sont en petits grains sans formes.

4 - LE PIEZO-OUARTZ :

Formule chimique SiO_2 , dureté 7, densité 2,6

On distingue 04 indices importants :

4-1 L'indice de Tin-Beggane (Fig. 5) :

Il est situé au S-O de la feuille Tin-Beggane (NE 31 XII) dans le Hoggar central, sur la rive droite de l'oued Tin-Amzi.

Cet important indice se caractérise par la présence de trois lentilles de quartz granulaire encaissées dans une série métamorphique du Protérozoïque inférieur

L'encaissant des stocks de quartz se compose d'une série avec gneiss et granito-gneiss partiellement migmatique à la base.

A l'échelle de l'affleurement, le quartz est blanc laiteux sur les bordures des lentilles et transparent au centre. Il a un aspect massif. Les structures cristallines ne sont pas visibles. Quelques rares grains de pyrite et paillettes de séricite , d'une taille moyenne d'un millimètre peuvent être observés sur des échantillons de bordures .

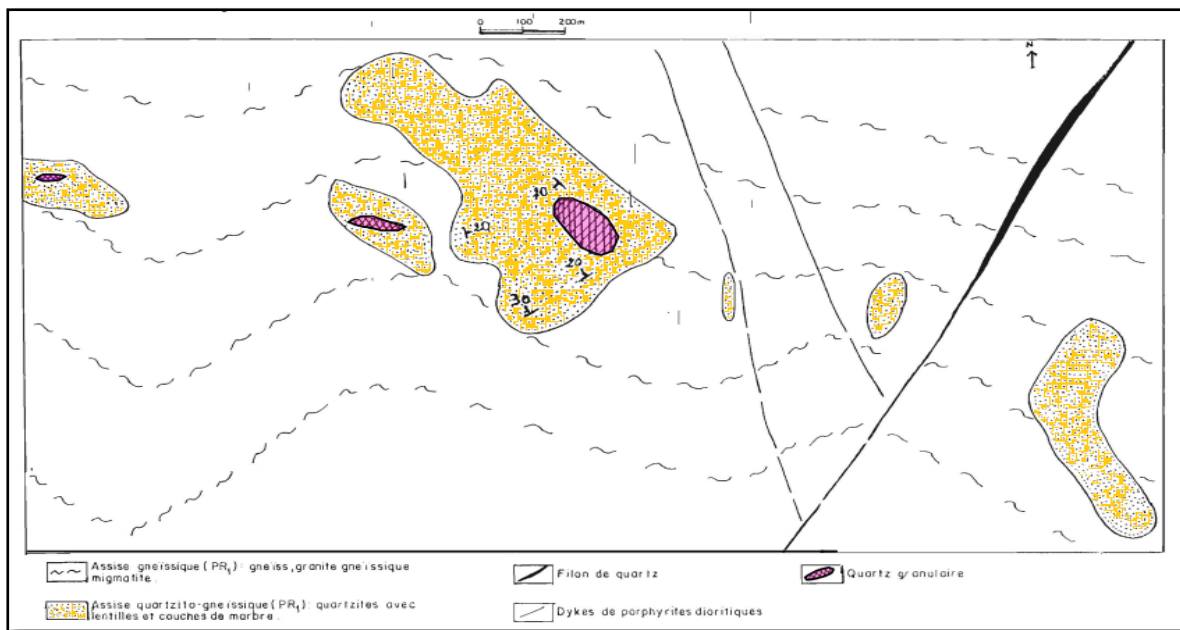


Figure 5 : Schéma géologique de l'indice de piezo-quartz de Tin-Baggane

4 - 2 L'indice d'In-Rabir :

Il est situé sur la feuille In-Rabir (NE 31 XXII) dans le Hoggar occidental. Ses coordonnées sont : 8° 58' 25" Long Est et 23° 36' 10" Lat Nord.

Dans les granites à grains moyens du Protérozoïque supérieur encaissés au milieu de la série volcanogéno-sédimentaire composée de conglomérats, grés, marbres, schistes et roches effusives, on remarque la présence d'une douzaine de filons de quartz de 20 à 200m de long et de 1 à 5m d'épaisseur orientés N-E et N-O

Les petits cristaux constituent 30% du volume total de la masse cristalline tandis que les gros cristaux ne dépassent pas les 5-10% du volume.

Les échantillons prélevés ont donné des teneurs en SiO₂ de 98%. Cet indice tel qu'il est vu en surface ne présente pas d'intérêt% pratique.

4-3 L'indice de Serouanet :

Il est situé à l'Est de la partie centrale de la feuille Serouanet (NG 32 II) dans le Hoggar oriental. Ses coordonnées sont : 7° 49' Long Est et 24° 29' 30" Lat Nord.

Il s'agit d'une zone de broyage intense près de l'Adrar Tessalit dans la série de l'Egérée (Fig 17). Cette zone de broyage se manifeste par des filons de quartzite de plus de 3 km de long et s'étale sur une distance de presque 2 km de large. Ces filons de quartzite ont une direction N-S et se présentent sous un aspect gréseux.

Le quartz cristallisé remplit les cavités très nombreuses de ces quartzites. Il se présente sous formes de druses longues de 0.5 à 5 cm et de 0.5 à 2 cm en section transversale. Les cristaux de quartz sont parfaitement transparents , rarement translucides ce qui nous laisse supposer qu'ils possèdent des propriétés piézo-électriques remarquables .

4-4 L'indice de Djanet :

Il est situé sur la feuille Dânet (NG 32 VI) dans le Hoggar oriental. Ses coordonnées sont : 9° 35' 45" Long Est et 24° 25' 45" Lat Nord.

Il s'agit d'une série de filons de pegmatites de 1.5 à 2 m d'épaisseur et de 25-35 m de longueur dans des granites du Protérozoïque supérieur. C'est dans ces pégramatites à structure graphique qu'il a été découvert des cristaux de quartz longs de 35 à 40 cm avec un diamètre de 12 à 15 cm.

Le quartz est légèrement translucide mais contient des tronçons parfaitement transparents . Les cristaux sont bien facettés . C'est un indice favorable pour une prospection plus détaillée .

5 -LE DISTHENE DE SEROUANET :

Formule chimique $Al_2 Si O_5$ - dureté 5,5; densité 3,5 à 3,7.

Il est situé dans la partie N-JD de la feuille Serouanet (NG 32 II) . Il est situé à 20 km au Sud de "Toukmatine" et à proximité de la piste Djanet-Amguid. Les coordonnées de l'indice sont : 7° 11' Long Est et 24° 45' Lat Nord .

Il s'agit d'un indice considerable associé aux micaschistes et aux micaschistes quartzeux du Pharusien qui se développent sur une superficie d'environ 50 000 m² (Fig 18) .

Le disthène se présente sous formes de baguettes aplaties-longues de 1 cm à 4 cm parfois 6 cm et larges de 0.5 à 1 cm . La couleur est bleu-verdâtre. A l'oeil nu , la teneur en disthène est d'environ 10 à 15 % .

6 - LE DE SPATH D'ISLANDE :

C'est la forme transparente et incolore de la calcite. Sa formule chimique est $CaCO_3$; dureté 3; densité 2,7

Deux indices différant :

6-1 L'indice de Tadoumet.

Il est situé au centre de la feuille Tadoumet (NF 32 XV) dans le Hoggar oriental. Les coordonnées de l'indice sont : 8° 34' Long Est et 22° 54' 30" Lat Nord.

Ce type génétique de Spath d'Islande est des plus prometteur.

En surface, les dimensions des cristaux sont de 10x5x3 cm, légèrement fissurés et présentant des contours nets. Ils sont sous forme de plaquettes, avec une couleur blanche et semi-transparents à opaques.

En profondeur (à partir de 0.5 m), on obtient des cristaux assez grands de 25 x 20 x 15cm et plus avec des contours nets et une forme parfaite de prisme ou de rhomboèdre. Ils sont transparents à semi-transparents. Dans les zones d'altération, ces prismes sont légèrement fissurés.

Il est à noter également la présence de nombreux débris de Spath d'Islande de 5x2x1cm et moins de dimensions aux alentours de la lentille, parfois loin jusqu'à 300 m environ.

6 - 2 L'indice de Ouallen :

Il est situé sur la feuille Ouallen (NO 31 II) au N-0 du Hoggar occidental, Cet indice est localisé au N-E de l'adras Ougda .

Dans les filons de calcite de direction E-0, puissants de 30 m au maximum et recoupant les grés de l'assise térrigène de la série verte, ont été rencontrés de beaux cristaux de Spath d'Islande transparents à translucides, de forme losangique et dont les fines plaquettes sont translucides suivant les plans de clivage. Ils forment des agrégats de 20 à 25 cm de diamètre.

7 - LE GRENAT :

On peut distinguer deux indices de Grenats sur le Hoggar :

7-1 L'indice d'Issalane :

Il est situé sur la feuille Issalane (NE 32 XIV) dans le Hoggar oriental. Les coordonnées de l'indice sont : 7° 24' 30" Long Est et 22° 52' 30" Lat Nord.

Il s'agit d'une zone de micaschistes et de schistes quartzo-micacés à grenat, localisée dans les migmatites à muscovite du Suggarien (Prl).

La zone de schistes a une direction N20° et un pendage de 80°Est. La longueur de l'indice est d'environ 6 km et la puissance est de 250 m pour les micaschistes et de 300 m pour les schistes quartzo-micacés.

Les micaschistes sont de couleur grise argentée, à structure lépidoblastique et à texture schisteuse.

On trouve dans les schistes des grenats de 0.4 à 1.5 cm de diamètre de couleur gris-brun, altérés et renfermant des petites inclusions de quartz et de muscovite.

On remarque que les grenats ont subi une chloritisation partielle et une oxydation (oxydes de fer) .

La teneur en grenat a été estimée macroscopiquement à 30% en moyenne.

7-2 L'indice de Tirek :

Il est situé sur la feuille Tirek (NE 31 IX) dans le Hoggar Occidental. Ses coordonnées sont : 2° 8' Long Est et 21° 19' Lat Nord.

Le grenat est localisé dans les niveaux des granulites alumineuses du complexe In Ouzal. Il s'agit de formations archéennes constituées de pyroxénites , gabbros , norites et schistes

cristallins à bipyroxènes avec grenat et magnétite , anorthosite , gabbro-anorthosite ainsi que des lentilles de roches ultrabasiques avec olivine , spinelle et éclogite .

La concentration du grenat dans les granulites alumineuses peut parfois atteindre 40% du volume de la roche où il se présente sous forme de cristaux bien développés atteignant quelques 1-2 cm.

L'extension maximale des granulites alumineuses riches en grenat forme plusieurs niveaux puissants de 20 m et long de 350m.

8 -LE ZIRCON

On marque deux indices :

8-1 L'indice de Laouni :

Cet indice a été localisé dans le massif Nanda. Les coordonnées, la position géographique ainsi que le contexte géologique sont mentionnés au paragraphe traitant l'indice de Béryl du massif

On note l'absence d'informations sur cet indice. L'auteur ne fait que mentionner une présence appréciable de zircon dans les corps de pégmatisés du massif Nahda . Il est donc à vérifier.

8-2 L'indice de Guérioune (Tin-Rehroh) :

Il est situé dans le massif Guerioune , dont la position géographique et le contexte géologique sont mentionnés dans le paragraphe qui traite de l'indice de Béryl de Guerioune (page_3_4).

On note l'absence d'informations sur cet indice. L'auteur ne fait que signaler l'abondance de zircon dans les corps de pegmatites du massif.

9- LA FLUORINE :

Il existe 09 indices et un seul gisement de fluorine sur le Hoggar :

9-1 - Le gisement de fluorine d'Aït-Oklan (feuille Tesnou):

Le gisement de fluorine d'Aït-Oklan se situe sur la feuille Tesnou (N.O.31 V) au N.W du Hoggar. Les coordonnées géographiques du gisement sont 24°-165 Lat Nord et 4°-15' Long Est. Ce gisement est situé à 156 Km au Nord de Tamanrasset.

Il existe trois champs minéralisés à savoir Aït-Oklan Nord, Aït Oklan Sud I et Aït-Oklan Sud II. Celui du Nord se trouve à 5,6 Km des deux autres .

9-1-1 - Aït-Oklan-Nord :

Il est représenté par un certain nombre de corps de minéral de quartz fluorine. Ces corps sont associés à une zone quartzifiée de broyage de même orientation (que les corps) , traversant le massif granitique Aït-Oklan. La même zone de brèches quartziques (épaisseur jusqu'à 5-6 m) porte aussi la minéralisation d'uranium qui était dans les années cinquante et soixante l'objet des travaux de recherche à l'aide de sondage et de puits de mines.

La minéralisation de fluorine est représenté par deux types principaux zones étendues de roches de quartz-fluorine et zones encaissantes fluorinitisées se trouvant d'une manière sub-parallèle à une distance variant de 10-12 m à 450 m.

9-1-2 - Aït-Oklan Sud I:

La minéralisation de fluorine, dans la plupart des cas, est associée aux zones de contact entre des porphyrites andésitiques et des granites. Elle est irrégulière.

Tous les corps minéralisés, sans exception (série filonienne et filons isolés) sont d'origine de remplissage des fissures. La formation de toutes ces structures s'est produite probablement, successivement mais la minéralisation en fluorine (donc la formation des corps filoniens) est de même âge que les filons.

D'après la composition minéralogique on distingue deux types de minéralisation : l'une à fluorine et l'autre à fluorine-baryte.

La composition minéralogique des corps minéralisés est relativement simple. Ils sont constitués en règle générale de fluorine. Les minéraux accompagnateurs sont : quartz, rarement baryte.

9-1-3 - Aït-Oklan Sud II:

Il se situe dans la partie marginale de la même structure contrôlant la minéralisation. Les roches sont extrêmement fissurées et des petits dykes à composition felsitique sont abondants. Ces derniers ont généralement deux directions : N.E (parallèle à la structure centrale) et N.W (perpendiculaire à cette structure). Dans la partie S.W du chantier, dans la zone de la faille principale, est reconnue un pointement de l'intrusion granodioritique (100-130 m de diamètre) qui n'a pas été constaté auparavant. Ses contours exacts ne sont pas déterminés. Ce corps aussi bien à la surface qu'en profondeur a un contact tectonique avec les granites encaissants du massif d'Aït-Oklan.

La minéralisation est la même que celle du chantier Sud I c'est à dire qu'on distingue une minéralisation à fluorine et l'autre à fluorine-baryte.

9-2 - LES INDICES DE FLUORINE D'IN-ECKER :

Ils sont au nombre de cinq (05) et sont situés sur la feuille In-Ecker (N.O-31-VI) dans le Hoggar central. La minéralisation en fluorine a été constatée dans tous les sites étudiés.

9 - 2 - 1 - 1er Indice :

Il est situé au lieu dit Oued Dékhine. Ses coordonnées sont 5°-24'-20" Long Est et 24°.22'-00" Lat Nord. La minéralisation en fluorine a été constatée dans un filon de brèche quartzeuse situé dans la partie centrale (axiale) de la faille d'Ifersedjene.

Le filon a une longueur d'environ 1700 m avec une puissance 3 à 5 m. Sa direction est N 20° et son angle de pendage est de 85°. Les roches encaissantes sont représentées par des mylonites.

On distingue trois types de minéralisation :

- Une minéralisation sous forme de filonnets orientés conformément au filon de quartz (sublongitudinale). La longueur des filonnets est de 1 à 1.5 m et la puissance de 0.5 à 20cm. La fluorine est de couleur blanche, rose clair et rose foncé sous forme de cristaux.
- Une minéralisation sous forme de nids remplissant les vides dans la brèche quartzeuse. Le diamètre des nids varie de 0,5 à 3 cm. La fluorine est de couleur blanche et rose.
- Une minéralisation sous forme de cristaux bien développés de 1 à 5 mm de diamètres recouvrant les plans de fracture de quartz. La fluorine est de couleur rose.

Les échantillons prélevés des filons ont donné des teneurs en C-àF₂ de 37,5 %; 38,20 % et 40 %. La teneur en CaF₂ dans les mylonites est en moyenne de 12,5 % .

9 - 2 - 2 - 2ème Indice :

Ses coordonnées sont 5°.44'-00" Long Est et 24°-201-00" Lat Nord. Il est également situé au lieu dit Oued Dekhine.

Il s'agit d'un filon de quartz à fluorine se trouvant dans les granites roses et schistifiés (contact avec la zone de mylonitisation de la faille d'Yfersedjene).

La longueur du filon est de 2 Km et sa puissance varie de 1 à 6 m. Il est orienté N 200° et son pendage est de 70°.

Dans ce filon, on a constaté deux types de minéralisation :

- Une première sous forme de filons de 2 à 10 cm d'épaisseur et de 0.5 à 6 cm de longueur. Cette minéralisation est très développée dans les parties Nord et Sud du filon de quartz. La fluorine est de couleur blanche.

- Une deuxième minéralisation apparaît sous forme de concentrations lenticulaires de cristaux de fluorine de 0,5 cm à 1,5 cm de diamètre. La puissance des lentilles est quant à elle de 1 à 2 m avec une longueur de 30 à 40 m. La fluorine apparaît sous une couleur blanche, Verte ; rose-clair et violette.

9-2-3 - 3^{ème} Indice :

Ses coordonnées sont 5°-13'-40" Long Est et 24°-28'-30" Lat Nord.

Il s'agit d'une surface de 20 x 100 m constituée de roches à Feldspath_ potassique et dans lesquelles apparaît la minéralisation de fluorine sous forme de grains fins située dans des nids des roches.

La quantité de fluorine par rapport à la roche est d'environ 15 % et la teneur en caF₂ est de 10 % en moyenne.

9-2-4 - 4^{ème} Indice :

Coordonnées 5°-43'-00" Long Est et 24°-09'-54" Lat Nord.

Il s'agit d'un indice sans intérêt situé dans des granites schistifiés.

La minéralisation de fluorine se présente sous forme de petits nids éparpillés dans la masse et associés à des filonnets de baryte.

9 - 2 - 5 - 5^{ème} Indice :

Coordonnées : 5° - 44' - 53" Long Est et 24°-21'18" Lat Nord .

Il s'agit d'un filon de quartz brèchique puissant de 3 à 5 m et long de 100 m. La minéralisation de fluorine apparait sous forme de petit critaux de 0,5 cm formant des filonnets et des lentilles de 10 cm à 20 cm. La fluorine est de couleur blanche à rosâtre.

9 - 3 - L'INDICE DE FLUORINE DE SEROUANET :

Il est situé dans la partie N.E de la feuille Serouanet (NO-32 II). Ses coordonnées sont : 7°-54'-30" Long Est et 24°-37'-37" Lat Nord .

Il s'agit d'une zone de quartzification de direction submeridienne de 300 m de long et de quelques 20 m de large. Elle est situé dans des granites porphyroïdes à grains moyens.

Dans cette zone quartzifiée, on observe de rares nids de fluorine d'ordre millimétriques de couleur blanche, légèrement violacée . La teneur moyenne en fluorine est très faible (2-3 %).

9 - 4 - L'INDICE DE FLUORINE DE GUERIOUNE (TIN REHRAH) :

Il est situé dans le massif Guerioune (Hexagone) : (voire localisation et géologie de la région dans le paragraphe : Indice de beryl de Guerioune).

une minéralisation en fluorine incolore dans les épontes des filons quartzeux situés à l'Ouest du massif granitique "Guerioune". La minéralisation importante se présente sous forme de veinules de 0,2 m concordante aux filons de quartz.

9 - 5 - 2eme INDICE DE FLUORINE DE TIN - REHROH :

Cet indice est situé à environ 1,5 Km à l'Est de massif Guerioune. Ses coordonnées sont 4°-57 1 -00" longitude Est et 20°-51'-30" latitude Nord.

Une accumulation de fluorine verte et violette localisée dans les greisens au contact de zones intrusives à l'Est du massif Guerioune.

Une autre minéralisation importante en fluorine à environ 10 Km au Nord de la première. Il s'agit de filons de quartz avec nids de fluorine.

9 - 6 - LES INDICES DE FLUORINE DE TIN-TANETFIRT :

Ils sont au nombre de deux (02) et sont situés sur la feuille Tin-Tanetfirt (N.O.31-IV) dans le Hoggar occidental.

9 - 6 - 1 - 1er Indice :

Ses coordonnées sont : 3°-31'-00" Long Est et 24°-13'-00" Lat Nord.

C'est dans une petite brèche quartzeuse, de 500 m de long et de direction N-S qu'apparaît des petits cristaux de fluorine de couleur blanche. La brèche quartzeuse se poursuit vers le Nord par un filon de calcite de 250 m de long et de 1-2 m de large. Les teneurs en fluor sont faibles.

9-6-2 - 2ème Indice :

Ses coordonnées sont 3°-51'-40" Long Est et 24°-36'-25" Lat Nord. Cet indice est situé au sein des granites de "Mouydir" à la limite Est de la feuille en question. La fluorine n'a pas été observée et les résultats des analyses donnent des teneurs très faibles.

9 - 7 - LES INDICES DE FLUORINE D'IN-TAKELKEBA :

Ils sont au nombre de deux (02) et sont situés sur la feuille In-Takelkeba (N.E-32-XX) dans le Hoggar oriental. Ils ont été mis en évidence par GOLOVINE (1976) lors des travaux de recherche systématique.

9-7-1 - 1er Indice :

Ses coordonnées sont 7°-54'-30" long Est et 23°-37'-00" Lat Nord.

Il s'agit d'une zone de silicification dans les granites biotitiques à grains moyen d'aspect porphyrique du massif "Honadj". La longueur de cette zone de silicification atteint 300 m, tandis que son épaisseur est de 20 m. C'est dans les limites de cette zone que l'on note la présence de grains et de rares cristaux de fluorine. Les teneurs en CaF₂ sont très faibles : elles varient de 2 % à 5 %. Ce indice ne présente pas d'intérêt pratique.

9 - 7 - 2 – 2ème Indice :

Ses coordonnées sont 7°-51'-15" Long Est et 23°-28'-45" Lat Nord.

Il s'agit d'une zone de silicification et d'épidotisation dans les granites de "Honodj". Les dimensions de la zone sont de 300 m x 1-3 m. La minéralisation en fluorine est irrégulière et est représenté par des petits grains éparpillés. La teneur en fluor est de 1-2 %.

9-8 - LES INDICES DE FLUORINE DE TIMGAOUINE

Ils sont au nombre de deux et sont situés sur la feuille Timgaouine (N.E-31-XI) dans le Hoggar central. Leur coordonnées sont 4°-48'-00" Long Est et 21°-00'-30" Lat Nord pour le premier et 4°-53'-00" Long Est et 21°-30'-00" Lat Nord par le deuxième.

Les deux indices n'ont pas été étudiés pour des raisons de sécurité. Les seules informations que nous avons sont :

1er Indice :Présence d'une importante minéralisation de fluorine dans des filons de quartz.

2ème Indice: Présence d'une importante minéralisation en fluorine et Baryte dans les filons de la partie N.E du massif granitique "BAKHOUINE".

9 - 9 - L'INDICE DE FLUORINE D'EGATALIS :

Il est situé sur la feuille Egatalis (N.E-31-XX) dans le Hoggar occidental. Ses coordonnées sont : 1°-55'-15" Long Est et 23°-46'-36" Lat Nord.

Il s'agit d'une zone linéaire allongée de 1 x 0,3 Km constituée de granites à grains moyens traversés par des dykes isolés de porphyres liparitiques, où l'on observe de fins filonnets de quartz drusiques. La zone est surmontée au S.E par un_ensemble de granites bréchifiés où la bréchification affecte surtout les corps des dykes.

La minéralisation en fluorine de teinte violet foncé, irrégulière se présente en lentilles de quelques mètres de long avec une puissance de 1 m.

9 - 10 - INDICE DE FLUORINE DE LAOUNI :

Cet indice est également situé près du massif NAHDA (Feuille Laouni) .

Une minéralisation importante en fluorine sous forme de lentilles et en dissémination dans

Des filons de quartz puissants de 20 m et étendus sur 1 Km.

10 - L'AGATE :

On distingue 05 indices d'agate :

Il est situé dans la partie S.W de la feuille Serouanet (N.O-32-II) dans le Hoggar oriental. Les coordonnées de l'indice sont : 7°-03'-40" Long Est et 24°-02'-00" Lat Nord .

La feuille Serouanet se caractérise par une structure géologique très complexe. Dans ses limites on observe les séries importantes des roches métamorphiques de l'anté-Cambrien (PR2 et PR1) ainsi que les formations sédimentaires et volcaniques du Crétacé et du Quaternaire. Une forte discordance angulaire sépare l'étage inférieur, composé (de roches métamorphiques et magmatiques de l'antécambrien de l'étage structural supérieur composé de roches - sédimentaires et volcaniques du Crétacé et du Cénozoïque.

Les accidents cassants sont très nombreux. Les plus grands sont représentés par des séries de failles Nord-Est dans la partie centrale et Nord-Ouest dans les limites des zones structuro-formationnelles Est et Ouest. L'étendue des failles varie de 10 à 100 Km.

L'indice d'Agate est situé dans les alveoles gazeuses des basaltes inférieurs qui surmontent la Série Imadouazène

Les exsolutions à zonalité concentrique sont composées d'Agate et d'opale avec incrustation de druses de quartz au centre. L'Agate est d'une très belle couleur bleuâtre, rougeâtre, jaunâtre et parfois gris clair.

10- 2 - L'INDICE D'AGATE DE TAZROUK :

Il est situé au S.E de la feuille Tazrouk (N.E-32-XIX) dans le Hoggar central. Les coordonnées de l'indice sont : 7°-00'-00" long Est 23°-19'-01" Lat Nord.

Il s'agit de dykes de quarzites de plus de 1000 m de longueur et de 20 à 30 m de largeur. Ils sont de direction N.E-S.W et se trouvent dans une série essentiellement gneïssique (Série de l'Arechoun) formée de gneïss à biotite et grenat, à biotite, à biotite et muscovite, à muscovite, à sillimanite.

L'Agate est très grossière, très mal dessinée, de couleur maron foncée à maron claire parfois bleuâtre. Le plus souvent, le litage est imparfait mais on rencontre parfois des morceaux bien dessinés avec un litage fin (ordre du cm) .

10- 3 - INDICE D'AGATE DE TIN - SENASSET :

Il est situé au S.O de la feuille Tin-Senasset (N.O-31-III) au N.O de Hoggar occidental. Ses coordonnées sont : 2°-12'-22" long Est et 24°-07'-36" Lat Nord.

Il est localisé dans la formation inférieure de la série volcano-terrigène. La minéralisation d'Agate est associée au porphyrites andésitiques, dacito-andésitiques et leurs tufs. L'Agate remplit des cavités très nombreuses et - de grandes dimensions dans des andésites porphyriques et dans les dacites andésitiques porphyriques.

Les dépôts alluvionnaires des oueds et de leurs affluents dans la partie Nord de l'indice sont également enrichis en agate.

Les agates sont de couleur bleue, jaune, grise à gris foncée et possèdent des propriétés décoratives élevées.

10- 4 - INDICE D'AGATE DE TIN -TANETFIRT :

Il est situé sur la feuille Tin-Tanetfirt (N.G-31-IV) dans le Hoggar occidental. Ses coordonnées sont 3°-30'-30" Long Est et 24°-37' Lat Nord.

Cet indice est situé au Nord de l'Adrar Seghouar. Il s'agit d'un dyke dans une zone de faille. Ce dyke long de 500 m consiste en une brèche quartzeuse de direction subméridionale . Cette dernière est de couleur blanche-grise avec des particules de quartz anguleux de 1-10 cm de taille ; elle présente grossièrement un aspect d'Agate. Mais c'est en centre du dyke, que l'on observe les belles agates de couleur blanche, grise , orange , maron rougeatre de 10 x 10 cm de dimension . On peut extraire de morceaux de 30 x 20 cm . On note la présence de nodules d'agate au voisinage du dyke, dans les dépôts alluvionnaires .

10 - 5 - INDICE D'AGATE DE TIBHAOUINE :

Il est situé au Sud de la feuille Tibehaouine (NE 31 XVI) dans le Hoggar occidental . Les coordonnées de l'indice sont : 3°-37'-45" longitude Est et 22°-00'-50" latitude Nord.

Cet indice est associé à une zone de bréchification localisée dans les granites du massif Tin-Missaou. On a révélé beaucoup de zones pareilles dans ces granites. Les zones en - question sont constituées de débris de roches encaissantes cimentées par des agates de teinte grise et blanche .

11 – Le Jaspe de SEROUANE :

Il est situé à proximité de l'indice d'agate. Mêmes coordonnées et même cadre géologique (voir indice d'agate de sérouanet)

C'est un indice important. Les roches sont réparties sur une superficie de quelques kilometres carrés et pourrait se poursuivre dans la partie Sud Est de la feuille In-Sekane. Les dimensions exactes ne sont pas déterminées.

Il s'agit de formations de Jaspe multicolores (gris jaune, rouge à noire) présentant de très beaux dessins. On peut extraire des monoblocs de quelques dizaines à centaines de decimetres cubes.

12 - Indice de Calcédoine et d'Opale de Timolitine :

Il est situé sur la feuille de Timoletine (NE;32.IX dans le Hoggar oriental. Il a été mis en évidence par KATCHEVSKI (1981) lors de travaux de recherches systématiques. Ses coordonnées sont : 8° 47' 45" Longitude Est et. 21° 53' 00" Latitude Nord.

Il s'agit d'une zone de 45 kms de long sur 1,5 km de large, orientée grossièrement N S et au contact d'une assise sédimentaire. Cette zone est constituée de sables quaternaires recouvrant des zones de contact et où apparaissent des intrusions de gabbros et de granodiorites.

Au contact des intrusions, il a été constaté la présence de filonnets de 1-10 cm de quartz et de calcedoine renfermant des lentilles d'opale. Les plus grandes concentrations de calcedoine et d'opales sont constatées dans les sables quaternaires recouvrant les zones de contact. La calcedoine se présente sous forme de fragments de 1 à 8-10 cm de diamètre et de couleur crème foncé, jaune, gris foncé, marron, rouge....

La calcédoine est plus abondante au voisinage de filons de quartz et des intrusions de gabbros et de granodiorite.

L'opale est de couleur blanche à blanc-rosâtre et moins abondante que la calcédoine.

13 – LA TOURMALINE DE TAZROUK

Il est situé au centre Est de la feuille TAZROUK (NE. 32. XIX) dans le Hoggar Central. Comme l'indice d'agate, celui de la tourmaline n'est mentionné dans aucun rapport, mais nous a été signalé par des géologues ayant travaillé dans la région. Les coordonnées de cet indice sont : 6° 41'34" Longitude Est et 23° 19' 01" latitude Nord.

La tourmaline (très abondante) est localisée sur la rive Ouest de l'oued Tfinagh dans les granites à grains moyens et gros, dans les filons de quartz et dans les pegmatites et ceci à grande échelle (environ 1 km²). La tourmaline est de couleur noire avec des formes allongées et souvent en aiguille de 1 à 3 cm de long. On a remarqué dans cette région la couleur noirâtre des dépôts alluvionnaires et des sables due à la présence de tourmaline.

14 - INDICE DE TURQUOISE DE TIN-EZZARARINE (Laouni)

Il est situé sur la feuille LAOUNI (NE; 31.VI) . Ses coordonnées sont: 5° 31' 00" Longitude Est et 20° 39' 00" Latitude Nord. Il a été mis en évidence par CHILAK lors de travaux de recherche systématique à 1/200000 effectués sur les feuilles LAOUNI, IN-G AM; et IN- ATTEI de 1982 à 1986.

Cet indice nous n'avons pas pu l'étudier. Nous avons repris uniquement les descriptions faites par l'auteur.

Il s'agit de filons de turquoise de 2 m de puissance qui sont localisés dans des brèches tectoniques dans le secteur de TIN-EZZARARINE (fig 8) dont la superficie d'extension est de 200 à 250 m. Les filons en échelons forment souvent un réseau. D'après l'auteur, il s'agit d'un indice assez important.

15- LE QUARTZ ROSES :

On distingue 03 indices :

15.1 - Indice de quartz rose de TIBHAOUINE :

Il est situé sur la feuille TIBHAOUINE (NE-31-XVI) dans le Hoggar Occidental. Les coordonnées sont: 3° 37' 45" Longitude Est et 22° 00' 50" Latitude Nord. Cet indice est associé à celui de l'agate.

Dans les fissures d'une grande zone de bréchification localisée dans les granites du massif Tin-missaou, on a constaté beaucoup de quartz rose. Celui-ci se présente sous forme de filonnets allant jusqu'à 5 cm de largeur et les longueurs atteignent parfois 20-25 m. On a également rencontré sur une superficie de 100 x 150 m des éboulis de quartz rose dont les dimensions ne dépassent pas 5 x 10 cm.

Comme l'indice d'agate, ce quartz présente des paramètres répondant aux conditions industrielles (belle couleur rose, transparence, absence de fissures et d'inclusions visibles). Toutefois, il ne peut être utilisé que par l'industrie artisanale et les produits d'ornementation à cause de ses petites dimensions.

15.2 - L'indice de quartz rose de DJANET :

Il est situé sur la feuille Djanet (NE32 VI) dans le Hoggar Oriental. Ses coordonnées sont: 09° 02' 30" Longitude Est et 24° 13' 40" Latitude Nord.

C'est à 18 km au Nord de la montagne Tismar, sur une superficie de 0,8 km², parmi des gneiss à biotite, des quartzites et des amphibolites d'âge protérozoïque inférieur et moyen qu'on voit de nombreux filons de quartz rose. La longueur des filons varie de 10 à 15 m, parfois 20-25 m et la puissance moyenne est de 0,4 à 0,5 m atteignant parfois 0,8 m. Le quartz est de couleur gris clair à rose cerise. La coloration est parfois rubannée et irrégulière.

parmi ces filons, il en existe cinq (5) dont le quartz est de haute qualité . Il possède de belles couleurs rosâtre à rougeâtre. On peut extraire des blocs de 0,3 x 0,1 x 0,1 m jusqu'à 0,4 x 0,2 x 0,1 m . Cet indice paraît être favorable à la prospection.

15.3 - Indice de quartz rose de Zaouatalaz :

Il est situé sur la feuille Zaouatalaz (NO 32 III) dans le Hoggar oriental. Ses coordonnées sont: 8 ° 51' 11" Longitude Est et 24° 20' 16" Latitude Nord. Cet indice est situé au Sud de la montagne GHALINDJAM. Il s'agit d'un champ filonien composé de plus de 70 filons de 30 m de long et 0,3 à 3 m de puissance , orienté N. 40° 60° et N 310° 330° .

Ces filons sont localisés parmi les granites à grains fins et le gneiss à biotite du Suggarien. Les dimensions de la zone filonienne sont de 150 x 300 m. Le quartz est de teinte blanchâtre, rose gris et parfois rougeâtre. La coloration est tachetée, rubanée et irrégulière. Parmi tous ces filons, il en existe 4 qui présentent un quartz de bonne qualité et avec de belles couleurs rosâtres. On peut extraire des blocs de 0,1 x 0,1 x 0,1 m à 0,2 x 0,4 x 0,5 m.

16 - LE NEPHRITE :

Deux indices sur le Hoggar :

16.1 - L'indice de Nephrite de Tessalit :

Il est situé sur la feuille TESSALIT (NE. 31. II) au Sud-Ouest du Hoggar Occidental. Ses coordonnées sont : 1° 50' Longitude Est et 20° 45' Latitude Nord.

Il s'agit d'un massif de roches vertes veinulées d'amiante associées aux serpentines apopéridotiques. La néphrite de couleur jaune et verte est observable dans les bordures. Les affleurements sont de 50 X 15 m. Nous ne pouvons donner d'autres renseignements car c'est un indice que nous n'avons pas pu étudier pour des raisons de sécurité. Nous nous sommes contentés des renseignements donnés par l'auteur.

16.2 - Indice de nephrite de TIMOLETINE :

Il est situé sur la feuille Timoletine (NE 32 II) dans le Hoggar Oriental. Ses coordonnées sont : 8° 43' 25 " Longitude Est et 21° 40' 00" Latitude Nord.

Il s'agit d'un filon de nephrite, de 20-30 m de long sur 1-4 m de large. situé dans une zone de contact d'une intrusion de serpentinite avec des roches éffusives acides.

La nephrite est de couleur vert-claire et contient des inclusions de magnétite noire. On la trouve également sous forme de grands Brocs de 20-30 cm de diamètre.

17 – LA SERPENTINITE DE TIN-FELKI :

Il est situé au S.O de la feuille Tin Felki (NE 31 XVIII) dans le Hoggar central. Ses coordonnées sont : 4° 5' 00" Longitude Est et 23° 10' 00" Latitude Nord

Cette région est appelée ADERNIBA. L'indice est caractérisé par une longue zone de massif de serpentinite en forme de chapelet et qui s'étend sur une longueur de presque 80 km le long du méridien Est 4 ° 05". Il s'agit de la plus grande zone de serpentinite dans le Hoggar.

Parfois la roche est rencontrée sous une couleur vert foncée à vert claire à jaunâtre et parfois on la trouve sous une couleur plus sombre presque noire.

Le plus souvent la roche est dure et compacte mais on la rencontre également fissurée avec un aspect talqueux.

18 - INDICE DE ROCHE A OLIVINE DE TIN FELKI :

Il est situé au S E de la feuille Tin Felki (NE 31 XVIII) dans le Hoggar central.

Ses coordonnées sont : 4° 38 ' 00" Longitude Est et 23° 04' 00" Latitude Nord.

Cet indice est situé dans le secteur " TIN DAHOU NORD".

C'est parmi les serpentinites apopérotiques qu'il a été découvert des dykes d'olivine à magnétite peu altérée. Ce sont des roches vertes claires à vert foncé composées d'olivine et de magnétite disséminée (3-9/0). Les dimensions des dykes sont de 150 m à 300 m de longueur et de 10-30 m de largeur.

Ces olivines sont de très belle couleur, de haute qualité, faciles à traiter et peuvent être utilisées comme matière première décorative. Les réserves atteignent plusieurs milliers de mètres cubes. Elles sont rarement fissurées ce qui permet leur exploitation par monoblocs de Quelques décimètres carré.

19 - L'APATITE DU MASSIF NAHDA (LAOUNI) :

La position géographique ayant déjà été donnée et le contexte géologique décrit, nous pouvons directement aller à la description du minéral.

L'apatite est très fréquente dans ce massif et elle se présente sous deux aspects :

- en gros cristaux carrés de couleur blanc verdâtre
- en minuscule cristaux aplatis dans les aphtes qui ceinturent le massif. Elle est bleu foncé.

CHAPITRE III : Cartographie SIG des pierres semi-précieuses

Chapitre III : Cartographie SIG des pierres soumis-précieuses du Hoggar

I.INTRODUCTION

Dans cette partie, il nous est apparu utile d'introduire quelques notions essentielles sur les systèmes d'information géographique. Le concept de système d'information géographique(SIG) est apparu dans les années 1960-1970. Depuis ce temps, des définitions plus ou moins similaires et cohérentes ont fait leur apparition. Afin de bien situer le rôle et l'usage d'un SIG, nous allons également en préciser sa définition. Signalons qu'il n'existe pas encore une définition claire et communément admise par l'ensemble de la communauté scientifique. La plupart des définitions citées sont plutôt d'ordre général et couvrent un large spectre de sujets et d'activités.

I.1 DEFINITIONS

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace.

Un système d'information géographique est aussi un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées.

C'est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision.

Un système d'information géographique, est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation, le stockage et l'exploitation de données, dont la majorité est spatialement référencée, destinée à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et l'aide à la décision.

I .2 : ARCHITECTURE ET FONCTIONNEMENT D'UN SIG :

a- Les composants d'un SIG : Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs (Figure 6) :

a.1- Matériel :

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

a.2- Logiciels :

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

Principaux composants logiciel d'un SIG :

- Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques.
- Système de gestion de base de données.
- Outils géographiques de requête, analyse et visualisation.

a.3 - Données :

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

a.4 - Utilisateurs :

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

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

a.5 - Méthodes :

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

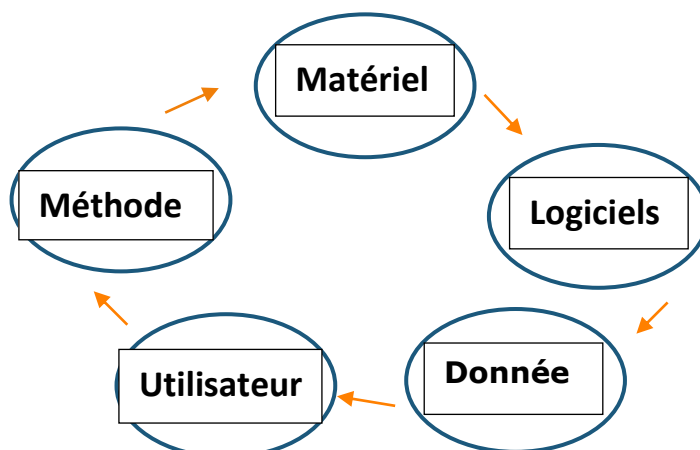


Figure 6 : Composants D'un SIG

b) - STRUCTURE D'UN SIG :

La figure 7 met en évidence quatre groupes de fonctionnalités au-dessous d'une couche d'applications : l'acquisition des données géographiques d'origines diverses, la gestion pour le stockage et la recherche des données, l'analyse spatiale pour le traitement et l'exploitation et enfin la présentation des résultats sous forme cartographique.

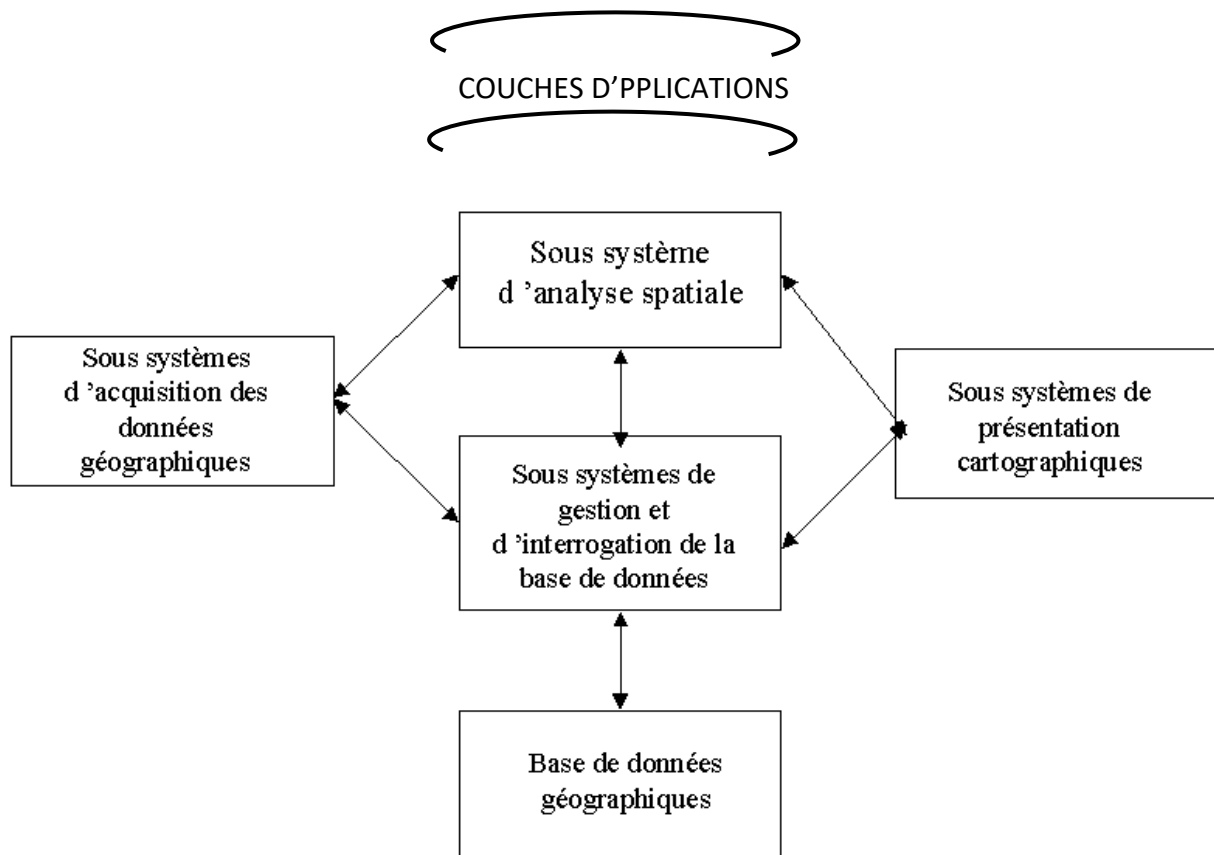


Figure 7 : Structure d'un SIG (Abdelbaki C., 2012)

I.3 FONCTIONNALITES D'UN SIG :

Un SIG complet, permettra non seulement de dessiner puis tracer automatiquement le plan, mais en outre :

- De disposer les objets dans un système de référence géographique, de les convertir d'un système à un autre.

- De rapprocher entre elles deux cartes (deux plans) de sources différentes, de faciliter leur superposition comme c'est illustré dans la **figure 8**.

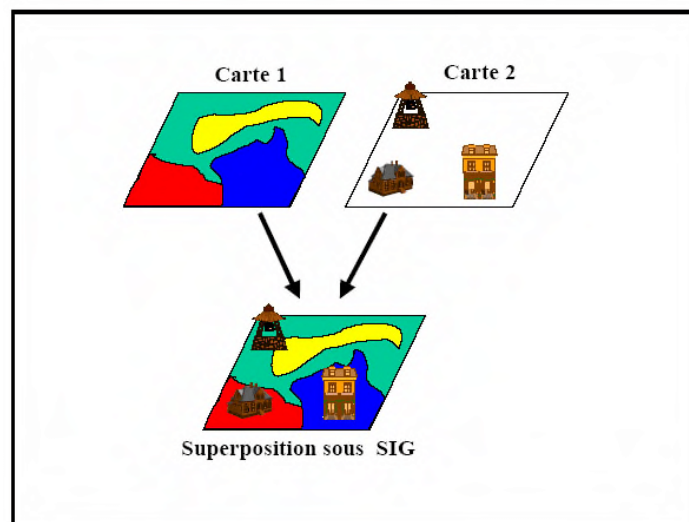


Figure 8 : Superposition sous un SIG

- De corriger certains contours de la moins fiable en reprenant les coordonnées correspondantes de la plus fiable.

- D'extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée, d'un carrefour, d'une route ou des rives d'un lac.

- D'extraire tous les objets situés dans un périmètre donné comme c'est présenté dans la **figure 9**.

- De fusionner tous les objets ayant une caractéristique commune, par exemple les parcelles adjacentes ayant la même densité de surface bâtie.
- De déterminer, sur un réseau, l'itinéraire le plus court pour aller d'un point à un autre.

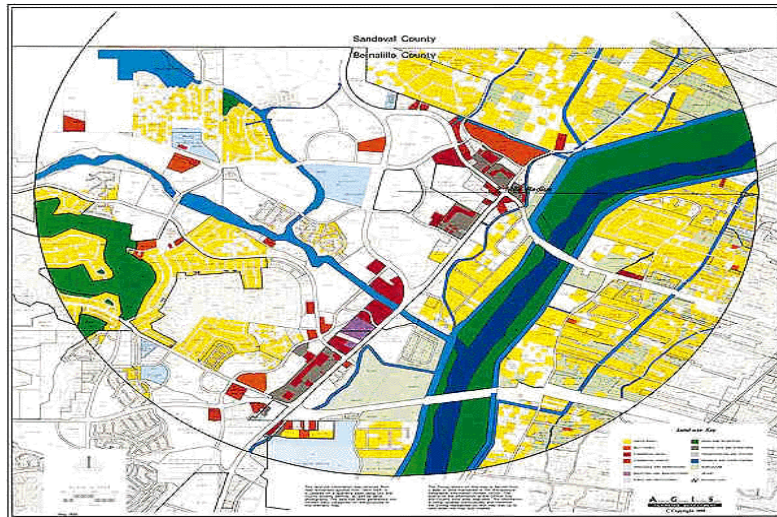


Figure 9 : Exemple de sélection (Mihoubi et Abdelbaki, 2003)

I.4 LES DONNEES DANS LES SIG

Le premier aspect auquel on pense quand on évoque la notion de logiciel de cartographie informatique ou de système d'information géographique est celui de manipuler les données. Dès lors, un certain nombre de questions se posent : Comment l'information contenue dans une carte peut-elle être stockée dans un ordinateur ? Quelles sont les données traitées par les SIG ? La section suivante apporte les réponses aux différentes questions posées et met le point sur les modes d'acquisition de données dans un SIG.

I.4.1 Modes d'acquisition de données

Dans la pratique, les données géographiques proviennent de sources différentes, ont des modes d'acquisition différents, sont sur des médias différents, on dit qu'elles sont multi sources. Certaines données sont directement mesurées sur le terrain (levés topographiques) ou captées à distance (système de positionnement Global GPS, photos aériennes, images satellitaires), ou saisies à partir de cartes ou de plans existants, ou récoltées par des organismes de production de données et ensuite importées. Il s'agira d'intégrer ces données

Hétérogènes, car de qualité, de fiabilité, de précision et d'extensions spatiales bien différentes. Nous présentons dans ce qui suit les principales méthodes d'acquisition de données.

a. Numérisation

La numérisation (digitalisation ou vectorisation) permet de récupérer la géométrie des objets disposés sur un plan ou une carte préexistante comme illustré dans la figure 10.

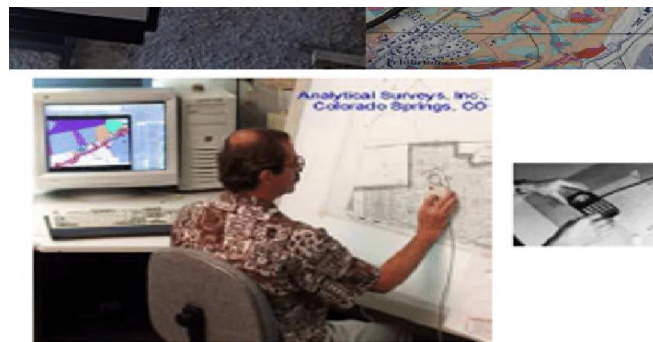


Figure 10 : Opération de

Elle consiste à faire évoluer un curseur sur un plan posé sur une table à digitaliser et préalablement calé en coordonnées. La table est réceptive aux signaux électriques émis par le curseur. Elle peut localiser ces signaux sur le plan de la table avec une précision de l'ordre du dixième de millimètre. **La figure 11** présente un exemple d'extraction des couches et **la figure 12** présente le résultat de la digitalisation.

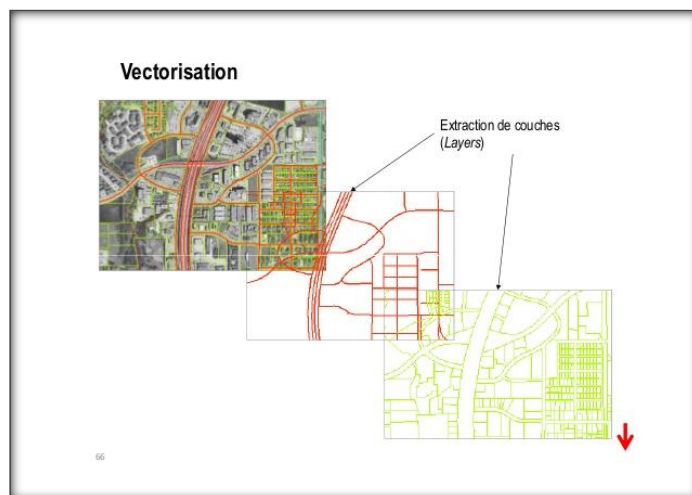


Figure 11 : Extraction des couches

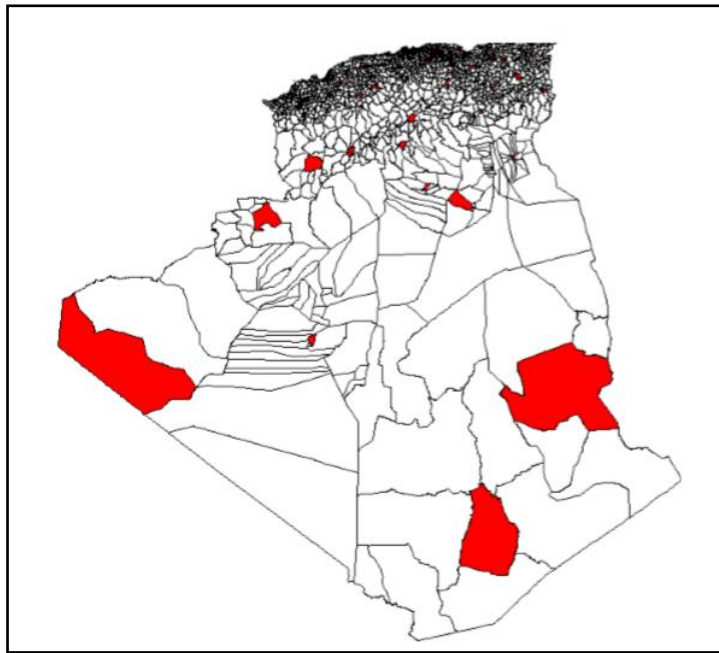
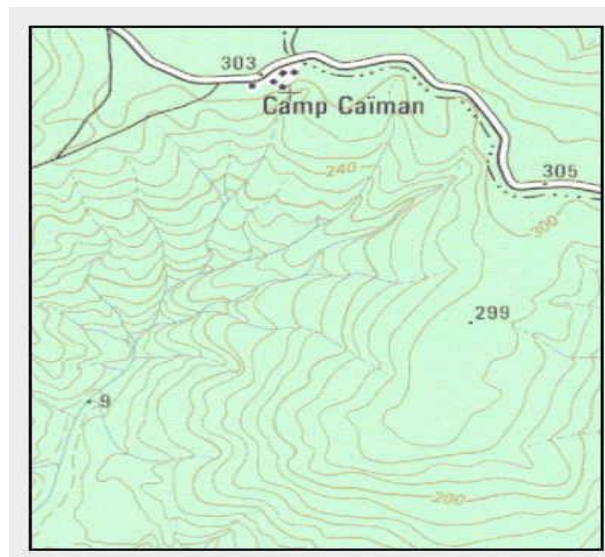


Figure 12 : Exemple de résultat de digitalisation

b. Balayage électronique (scannérisation)

Le balayage électronique (réalisé avec un scanner) est un autre moyen de saisir un plan existant (**figure 13**). Il est plus rapide que la digitalisation manuelle.



c. Photogrammétrie

La photogrammétrie aérienne est utilisée de façon systématique pour constituer les cartes à moyenne échelle. Elle est retenue également dans les pays dont la couverture cartographique et géodésique est déficiente et utilisée pour la constitution de plans à grande échelle pour un coût qui peut être très avantageux. **La figure 14** présente un exemple de photos aériennes.

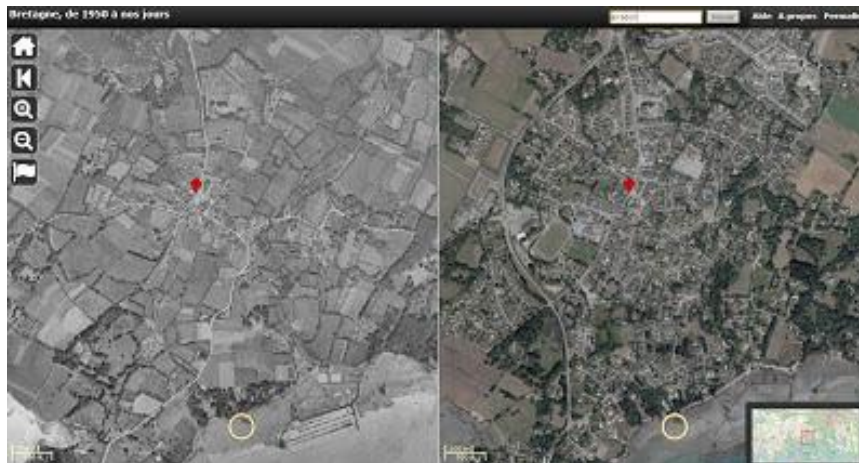


Figure 14 : Exemple de photos

d. Images satellitaires (télédétection)

La télédétection est un moyen très commode de créer les données à introduire dans les SIG. Il s'agit en effet d'utiliser, dans des conditions particulières et rigoureuses, soit les photographies aériennes, soit les images enregistrées et transmises par satellite comme c'est illustré dans **la figure 15**.

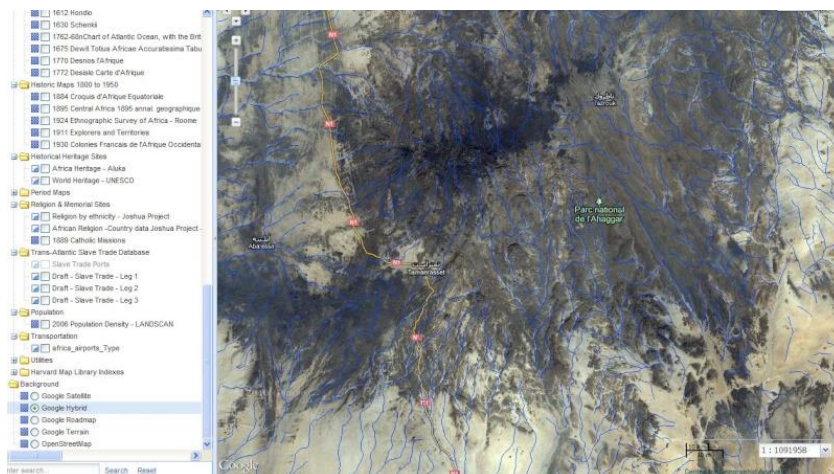


Figure 15 : Exemple d'image satellitaire

e. Import de fichiers

C'est une façon de réduire les coûts de saisie et de récupérer des données existantes et de les convertir au format, au système d'unités et au système de projection souhaités comme c'est illustré dans la figure 16. Pour cela, on utilise des interfaces qui permettent :

- soit de transformer directement les données dans le format interne du SIG récepteur grâce à des bibliothèques de conversions à ce format interne.
- soit de passer par l'intermédiaire d'un format d'échange reconnu, par une fonction d'importation de données du SIG récepteur.

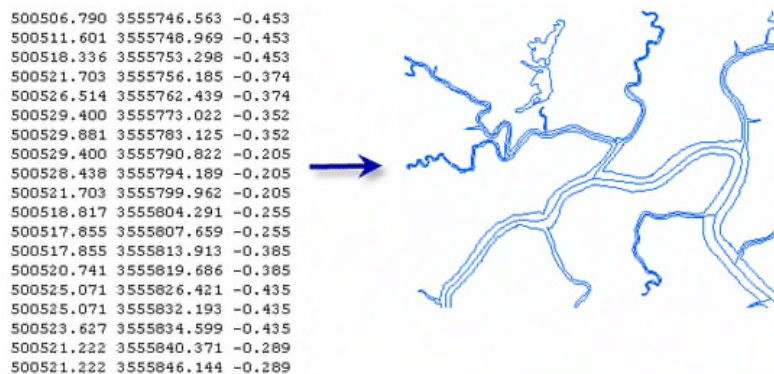
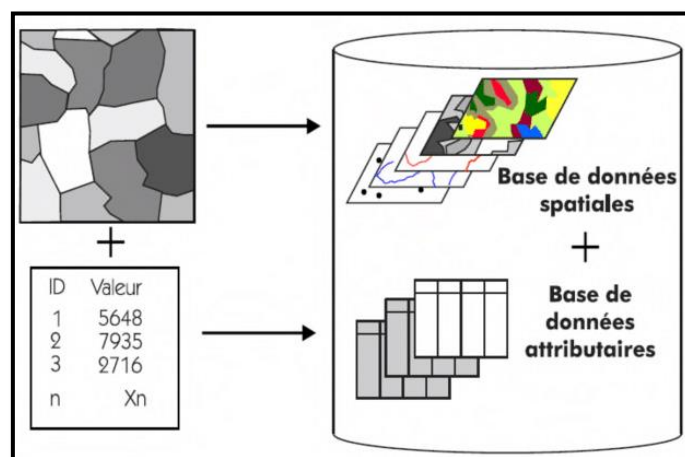


Figure 16 : Exemple d'importation de fichiers vers le SIG

I.4.2. Types de données dans un SIG

Généralement pour qu'un objet spatial soit bien décrit et prêt à être utilisé par un SIG, trois informations doivent être fournies :

- sa position géographique dans l'espace
- sa relation spatiale avec les autres objets spatiaux : topologie
- son attribut, c'est à dire ce qu'est l'objet avec un caractère d'identification (code) Les systèmes d'information géographique permettent de traiter les données spatiales et associées (**figure 17**).



I.4.2.1 Données spatiales

Elles déterminent les caractéristiques spatiales d'une entité géographique où sont représentés et identifiés tous les éléments graphiques :

- La localisation : coordonnées par rapport à une échelle graphique de référence.
- La forme : point, ligne, surface.
- La taille : longueur, périmètre, surface. Les informations font référence à des objets de trois types (figure 18) :
- Point : est désigné par ses coordonnées et à la dimension spatiale la plus petite.
- Ligne : a une dimension spatiale constituée d'une succession de points proches les uns des autres.
- Polygone (zone ou surface) : est un élément de surface défini par une ligne fermée ou la ligne qui le délimite.

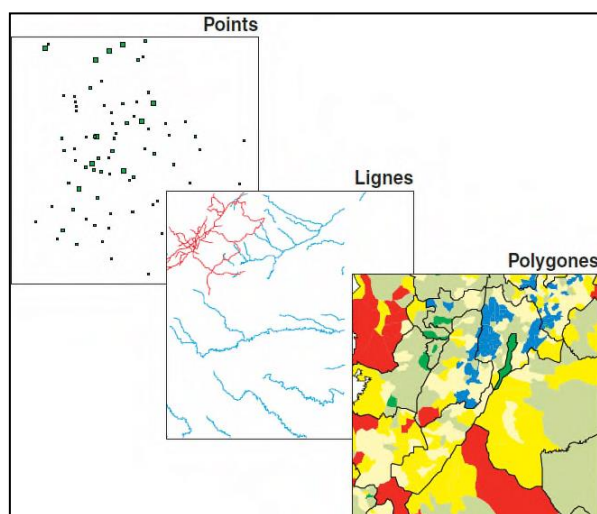


Figure 18 : Données spatiales

I.4.2.2 Données associées

Les données associées des entités géographiques permettent de compléter la représentation géométrique de l'entité spatiale. Chaque élément de l'espace reçoit un code d'identification qui peut être numérique ou littéral (**figure 19**). Ce code constitue en quelque sorte une étiquette caractérisant le point, la ligne ou le polygone. Parmi ces données il faut distinguer :

a) Données de classification : Ces données permettent de ranger le point isolé, la ligne ouverte ou la ligne fermée, dans une catégorie : limite administrative, contour de parcelle, bordure de trottoir, arbre d'alignement, conduite de réseau d'eau... Souvent ces distinctions seront prises en compte par l'organisation même du travail de saisie. Tout se passe, comme si l'on distinguait plusieurs couches d'informations, que l'on saisit successivement.

b) Données d'identification : Ces données permettent d'individualiser chaque objet figurant sur le plan : nom propre de l'objet, par exemple nom de la commune ou numéro permettant de l'identifier : numéro de parcelle, numéro de vanne...

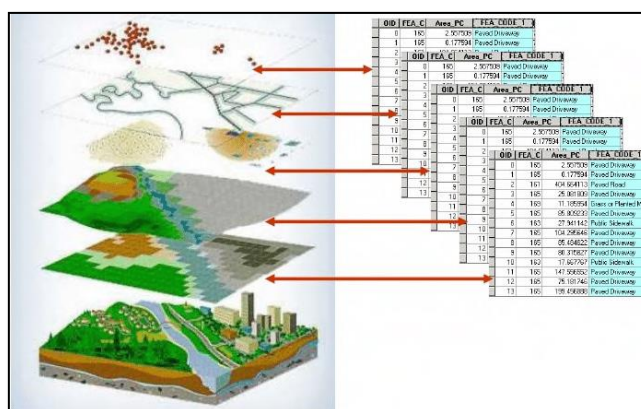


Figure 19 : Notion de couches de données

c) Données attributaires :

Ces données viennent apporter une information supplémentaire, propre à chaque objet identifié : le propriétaire de la parcelle, le diamètre de la conduite d'eau...

Souvent ces informations sont déjà disponibles sur des fichiers informatiques, où elles sont liées à l'identifiant de chaque objet.

En général, la classe d'objet est déterminée, au moins en partie, par le processus de digitalisation, les identifiants étant introduits souvent en bloc à la fin.

I.4.3. Modes de données dans les SIG :

La reprise de documents cartographiques existants sur support papier en vue de les introduire dans un SIG, pouvait recourir à des techniques différentes : la digitalisation et le balayage électronique par exemple. Le premier conduit directement, comme c'est illustré à la **figure 20**, à des données cartographiques numériques de type vecteurs, la seconde à des données tramées.

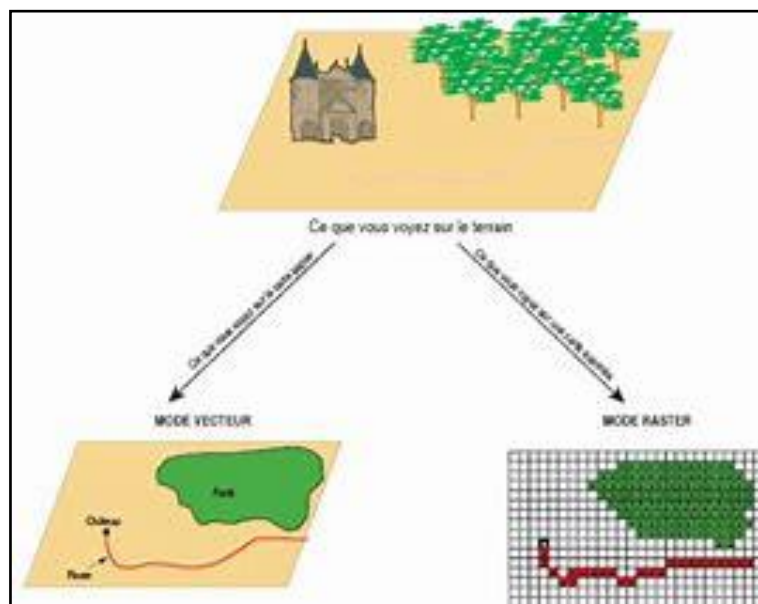


Figure 20 : Modes de données dans un SIG

I.4.3.1 Mode vecteur :

Ce mode répond au souci de représenter un objet de manière aussi exacte que possible. Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, on décompose le territoire en couches thématiques (**figure21**) (relief, routes, bâtiments...) structurées dans des bases de données numériques.

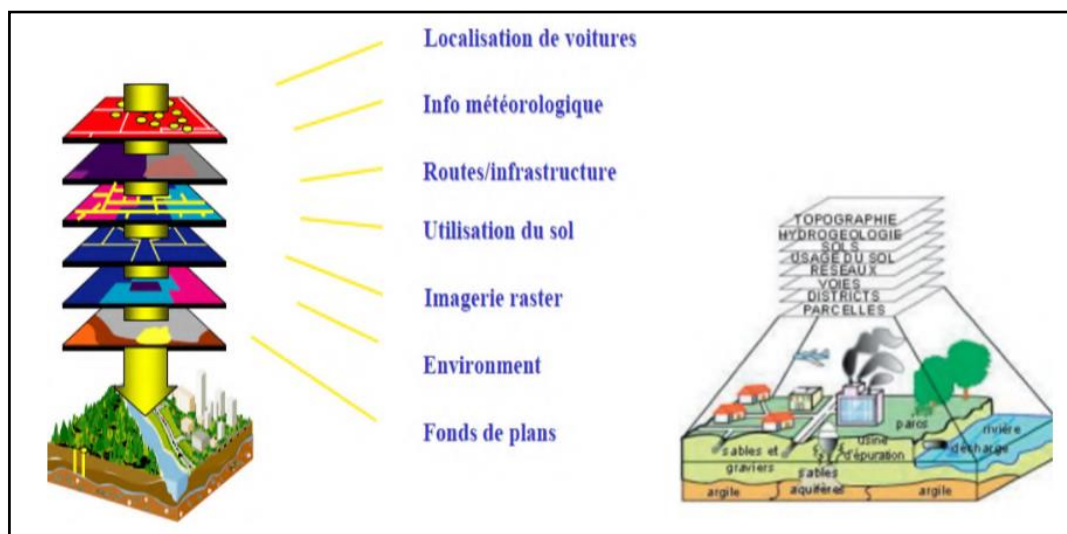


Figure 21 : Décomposition du monde réel en couches d'information

Une couche réunit généralement des éléments géographiques de même type. Les éléments géographiques (objets spatiaux) peuvent être représentés sur une carte par des points, des lignes ou des polygones (**figure 22**).

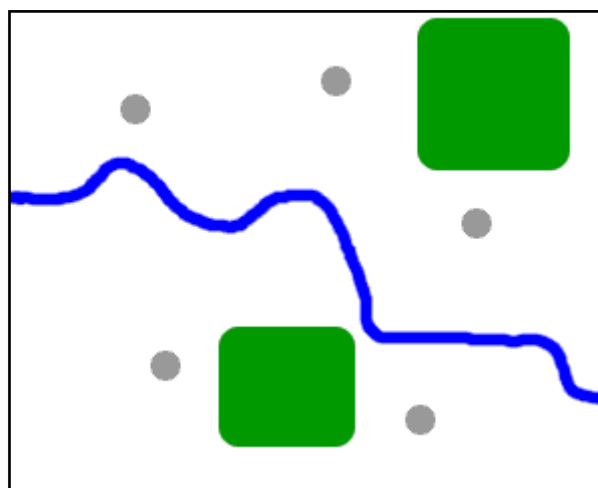


Figure 22 : Mode vecteur

Les avantages du mode vecteur sont :

- Une meilleure adaptation à la description des entités ponctuelles et linéaires.
- Une facilité d'extraction de détails.
- Une simplicité dans la transformation de coordonnées.

- Les inconvénients du mode vecteur sont :
- Les croisements de couches d'information sont délicats et nécessitent une topologie parfaite.

I.4.3.2 Mode raster :

Le mode trame ou raster est également appelé modèle matriciel. Contrairement au mode vecteur qui ne décrit que les contours, le mode raster décrit la totalité de la surface cartographique point par point (Figure 23). Il est utilisé principalement dans les systèmes à balayage (scanners, capteurs en télédétection ...)

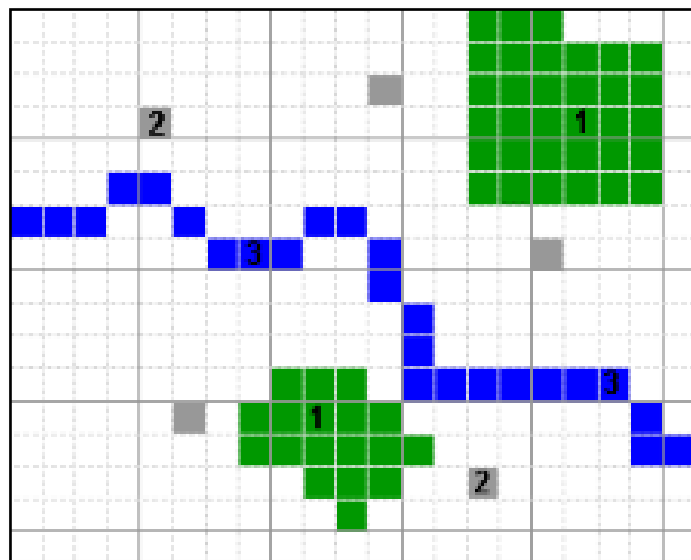


Figure 23 : Mode Raster

Les avantages du mode raster sont :

- Meilleure adaptation à la représentation des détails surfaciques.
- Acquisition des données à partir d'un scanner à balayage.
- Meilleure adaptation à certains types de traitements numériques : filtres, classifications

Les inconvénients du mode raster sont :

- Mauvaise adaptation à la représentation des détails linéaires.
- Obligation de parcourir toute la surface pour extraire un détail
- Impossibilité de réaliser certaines opérations topologiques, la recherche du plus court chemin dans un réseau par exemple.

Ces deux modes sont complémentaires. Le raster est mieux adapté à certains types d'applications (télédétection) et apporte une réponse économique à certains besoins. L'exploitant d'un réseau pourrait par exemple se contenter de scanner des fonds de plans

En les conservant au format raster et en numérisant par-dessus son réseau en mode vecteur (qui nécessite une définition par formes géométriques). Le vecteur correspond à l'ensemble des besoins courants en gestion de données localisées.

I.5. DOMAINES D'APPLICATION DES SIG

Les approches sont mises en évidence le fait qu'un système d'information géographique est un outil de gestion et d'aide à la décision. C'est un outil de gestion pour le technicien qui doit au quotidien assurer le fonctionnement d'une activité.

Le SIG doit aussi être un outil d'aide à la décision pour le décideur (directeur, administrateur) qui doit bénéficier de sa puissance et disposer de cartes de synthèses pour prendre les meilleures décisions. C'est cette finalité qui permet d'employer le terme de système d'information et de donner aux SIG les domaines d'applications suivants (figure 24) :

Pour les grandes échelles :

- La gestion foncière et cadastrale (recensement des propriétés, calcul de surfaces)
- La planification urbaine (plan d'occupation des sols et d'aménagement)
- La gestion des transports (voies de circulations, signalisation routière)
- La gestion des réseaux (assainissement, AEP, gaz, électricité, téléphone ...)
- La gestion du patrimoine (espaces verts, parcs, jardins ...)
- Les applications topographiques (travaux publics et génie civil)

Pour les échelles moyennes et petites :

- Les études d'impact (implantation d'un centre commercial ou d'une école)
- Les études d'ingénierie routière (constructions de routes ou d'autoroutes)
- Les applications liées à la sécurité civile (prévention des risques naturels et technologiques).
- La gestion des ressources naturelles (protection de l'environnement, études géologiques, climatologiques ou hydrographiques).

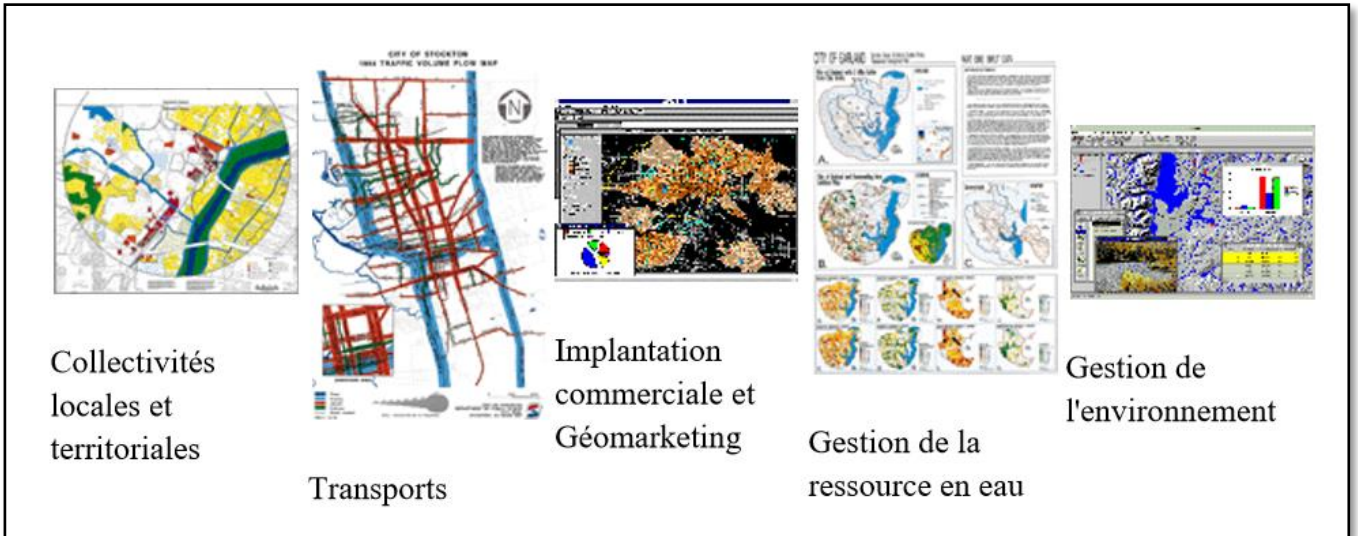


Figure 24 : Domaines d'application des SIG

II - Application à la région d'étude :

II- 1 Vectorisation de la carte géologique par logiciels (Map info et Arcgis)

Dans cette méthode nous avons importé les formations de la carte sous forme d'un fichier Mapinfo et son habillage (la légende, le titre, la flèche Nord, l'échelle ...etc) (figure A).

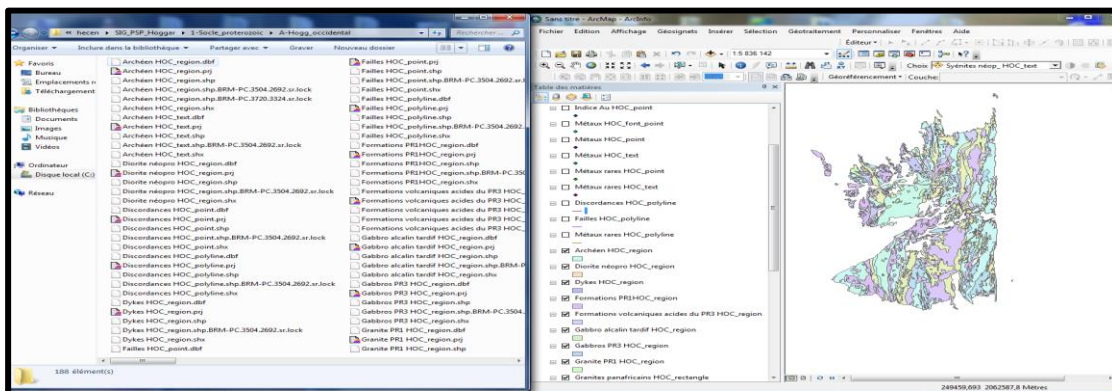


Figure A :Importation des formations de la carte sous forme d'un fichier Mapinfo vers Arc Map

II-2 Vectorisation de l'information Ponctuelle (Point)

Minéralisations :

Pour réaliser cette étape nous avons tout d'abord préparé un fichier Excel dans lequel sont mentionnées les positions géographiques des différentes indices et gisements des pierres semi-précieuses sur la carte SIG de Hoggar. La préparation consiste d'abord à inventorier puis examiner tous les documents et les rapports élaborés par l'ORGM qui contiennent ce type d'information. Ces documents sont des différents rapports de recherches systématiques et

Chapitre III : Cartographie SIG des pierres semi-précieuses du Hoggar spécifiques (**Figure : 25**) qui sont transformés en fichier Excel (**Figure : 26**) ce qui représente un travail colossal de synthèse géologique et géologique.

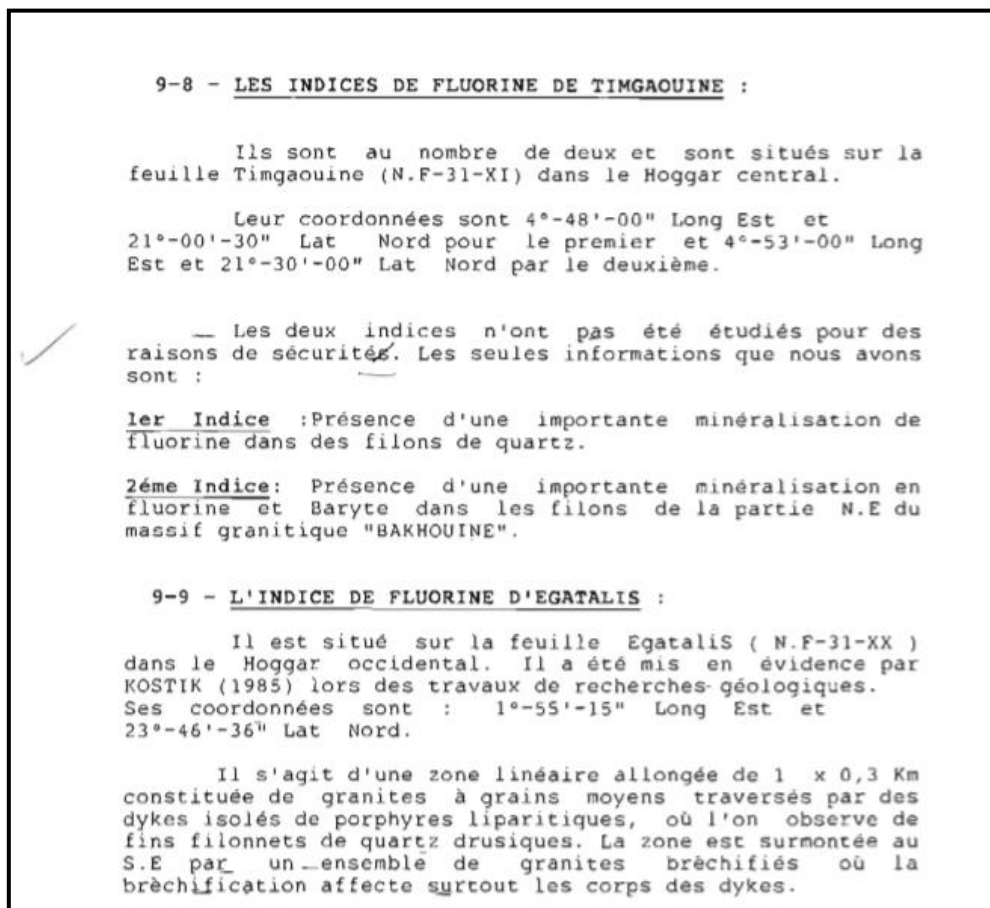


Figure (25) : Exemple de catalogue de minéralisation (Extrait de 3 points) avant sa transformation en fichier Excel.

Dans ces documents nous sommes intéressés à plusieurs types d'informations des 60 indices sont : Type de gîte, Substances, Situations Géographiques,

Coordonnées géographiques, Encaissant, Dimension, Direction, Teneur, année et N° de rapport...etc. Chaque information correspond à une colonne dans le fichier Excel une ligne correspond à une minéralisation.

N° D'ordres	Type de gîte	Substances	Nom du gîte	Situation géographique	
1	Indice	Béryl	Alous-Ouan-Réchla	La feuille Laouni (NE -31 -VI)	5
2	Indice	Béryl	NAHDA (Adrar Renaissance)	La feuille Laouni (NE -31 -VI)	5
3	Indice	Béryl	Massif " Brigitte "	La feuille Laouni (NE -31 -VI)	5
4	Indice	Béryl	Guérioune (Tin-Réhroh)	La feuille Tin -Réhroh (NE -31 -V)	4
5	Indice	Béryl	Edimbo 01	La feuille Edimbo (NE 32 XXIII)	10
6	Indice	Béryl	Edimbo 02	La feuille Edimbo (NE 32 XXIII)	10
7	Indice	Béryl	Tafassasset 01	La feuille Tafassasset (NE 32 XVI)	10
8	Indice	Béryl	Tafassasset 02	La feuille Tafassasset (NE 32 XVI)	9
9	Indice	CORINDON	Tin-Beggane	La feuille Tin-Beggane(NE 31 XII)	5
10	Indice	CORINDON	Tadoumet 01	La feuille Tadoumet (NE 32 XV)	8

Figure (26): Exemple de fiche Excel (Document fait à partie de la base de données SIG)

- En ArcMap, les coordonnées géographiques fonctionnent en degré décimale donc une nécessité de faire la conversion des coordonnées de chaque point. Pour effectuer cette transformation on applique une formule suivante :

$$DD = D + (M/60) + (S/3600).$$

DD : Degrée décimale. **D** : Degrée, **M** : Minutes, **S** : Secondes.

- Grâce à l'automatisme de l'Excel, tous les points sont calculés automatiquement en Degrée Décimale après insertion de cette formule.
- Après la préparation des fichiers Excel, il est intégré dans ArcMap sous forme de points suivant une méthode adéquate. Ce dernier ne fut points de

localisation géographiques de chaque élément principal est affiché sur ArcMap.

Le fichier Excel doit être ensuite exporté sur ArcMap sous format Shape file, 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. Pour convertir le fichier Excel en Shape file il faudrait suivre ces étapes :

Fichier → Ajouter des données → Ajouter des données XY →

Choisir la table → modifier la référence spatial en choisissant →
« Geographic Coordinats Systèmes » World « WGS1984.prj ».

La classification et la discrétion consiste à classer les 60 indices en deux

classes de base :

a)- **Classe (A)**: Selon l'influence de la substance on distingue 02 groupes:

- 1 – Groupe des gisements
- 2 – Groupe des indices

b)- **Classe (B)** : Selon la composition chimique et minéralogique on distingue 05 groupes :

- 1- Groupe de la Silice qui contient : Piezo-quartz, Agate, Jaspe et Calcedoine.
- 2- Groupe lié aux roches métamorphiques qui contient : Corindon, Disthène, Grenat et Tourmaline .
- 3- Groupe lié aux Métaux rares : Zircon, Béryl , Topaze , Apatite .
- 4- Groupe lié aux roches ultrabasiqes : On distingue : Nephrite , Serpentinite et Olivinite .
- 5- Groupe lié aux éléments volatiles : Sphath d'Islande et Fluorine .

II-2 Mise en page :

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

La mise en page d'une carte est une combinaison, de plusieurs éléments nécessaires dans une carte à savoir :

- Un titre
- Une légende
- Une flèche d'orientation Nord
- Une échelle graphique et/ou numérique
- Des cartes de localisation ou des grilles de coordonnées géographiques et/ou cartographiques
- Une source : auteur(s), année...
- ...etc.

Pour effectuer cette tâche on sélectionne le mode « mis en page »

: Menu → Affichage → Mode mise en page → ou en cliquant sur le symbole de mise en page **(Figure 27)**.



Figure (27): Mode mise en page dans l'interface ArcMap.

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

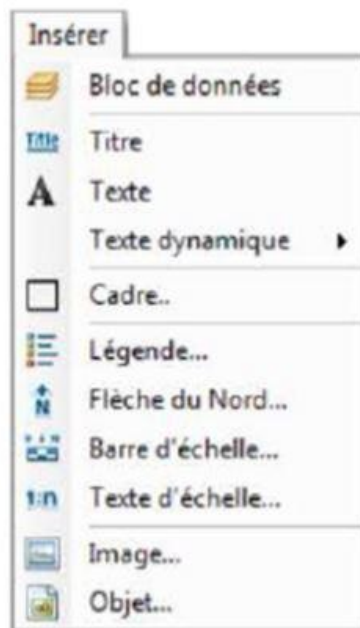


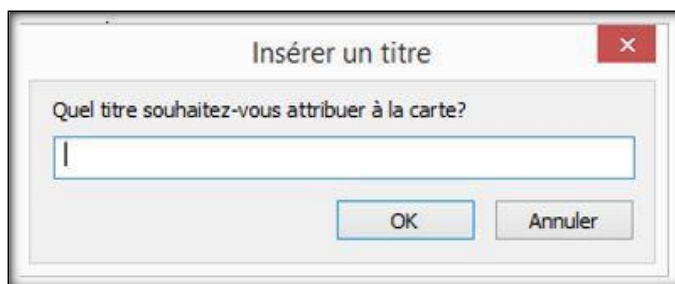
Figure (28) : Liste d'outils disponibles à l'insertion.

- Ajouter du texte :



Clic sur → puis on choisit son emplacement adéquat dans la carte.

- Ajouter un titre : Insérer → Titre.



Figure(29): Boite de dialogue pour insérer un titre à la carte.

- Ajouter une orientation :

Insérer → Flèche du Nord.

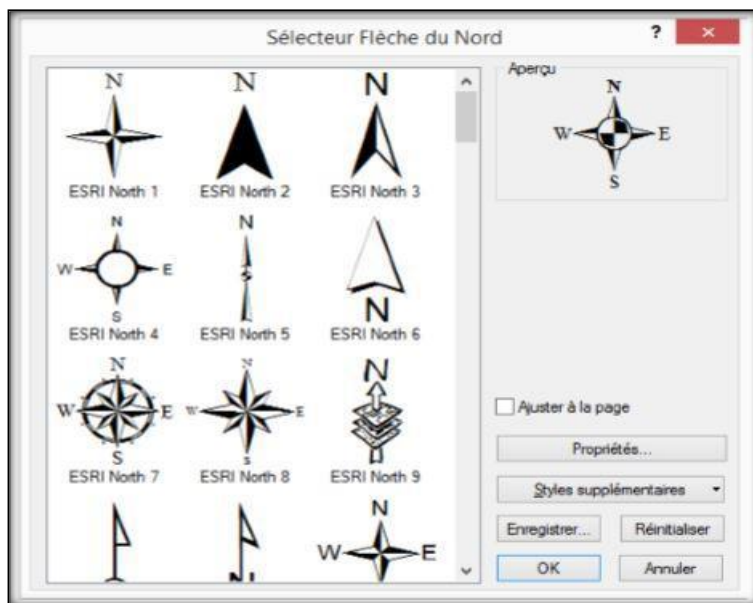


Figure (30): Sélection d'une flèche de Nord.

Il est aussi facile d'importer une flèche personnalisée.

- Ajouter une échelle graphique :

Insérer → Barre d'échelle.

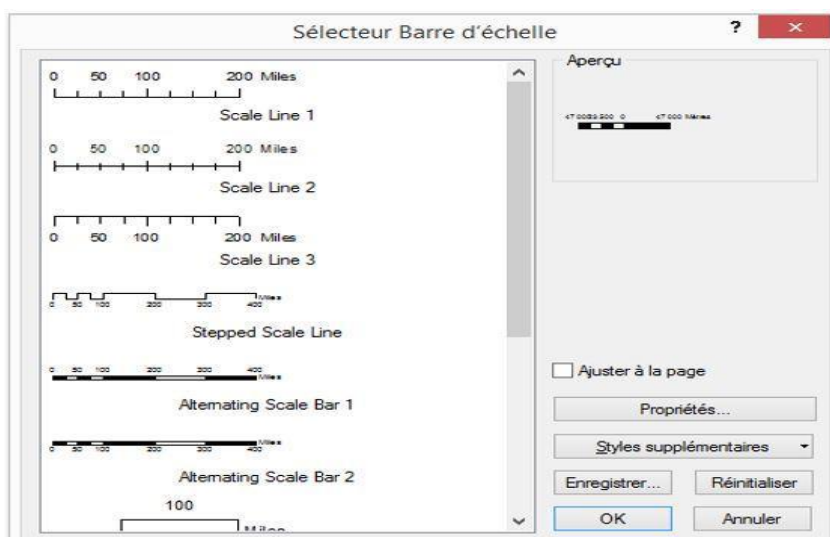


Figure (31) : Sélection d'une barre d'échelle.

- Ajouter une légende :

Insérer → Légende.

Une boîte de dialogue « L'assistant de légende » s'ouvre. La première fenêtre nous permet de sélectionner les couches qui seront intégrées dans la légende et de faire varier l'ordre d'apparition (organisation).

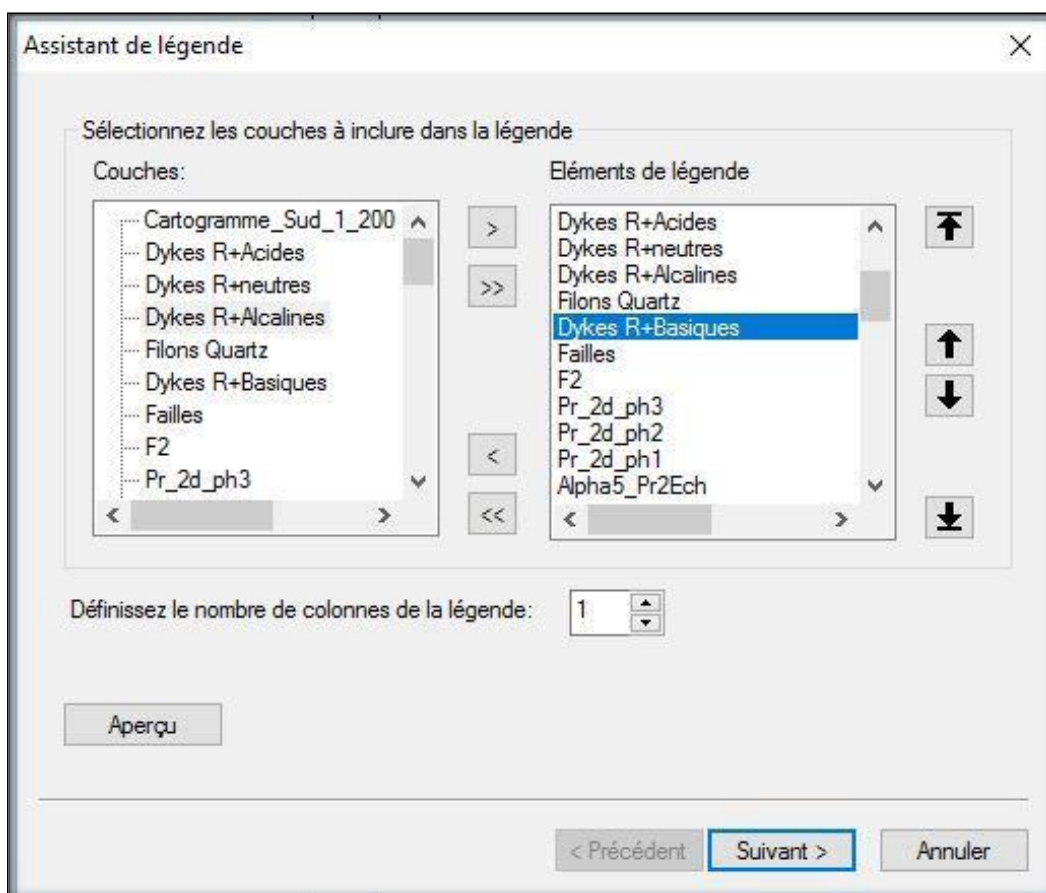


Figure (32) : L'assistant de légende(1).

Une fois qu'on clique sur « Suivant », la deuxième fenêtre nous permettra de personnaliser le style d'écriture et le titre de la « Légende »

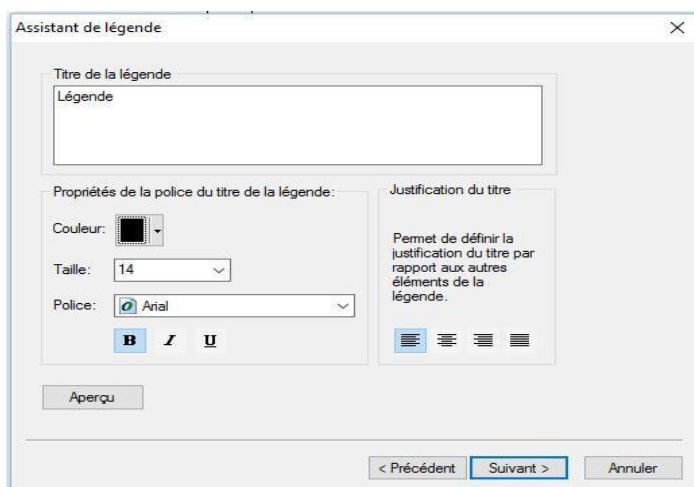


Figure (33) : L'assistant de légende (2).

Cliquer sur suivant nous donne l'accès à la troisième fenêtre de l'assistant de légende, cette dernière nous permet de personnaliser le cadre de la légende, voir la bordure, la couleur de l'arrière-plan, l'ombre portée...etc.

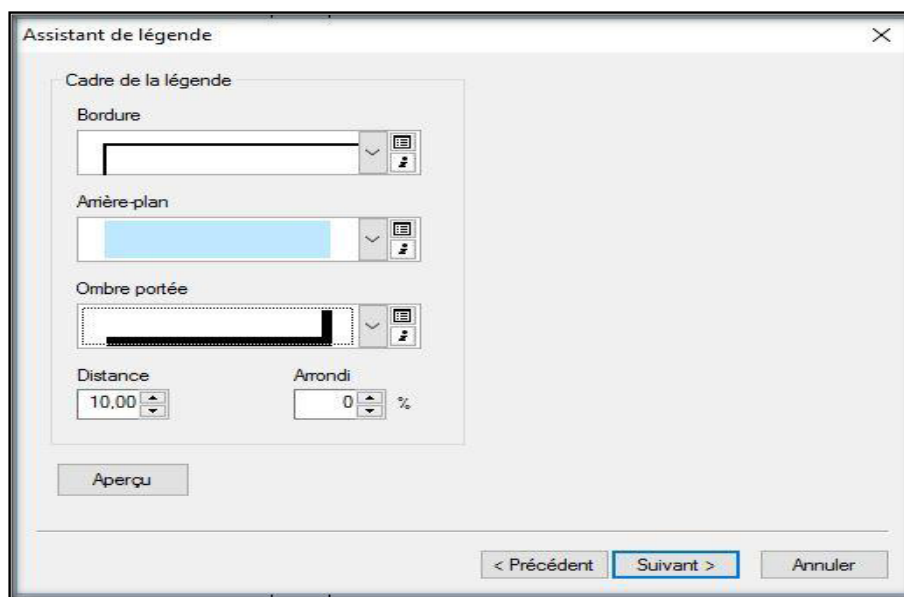


Figure (34): L'assistant de légende (3).

Cliquer sur Suivant, nous emmène vers la prochaine fenêtre de l'assistant de légende, cette quatrième fenêtre nous donne la possibilité de modifier la taille

Et la forme du gabarit utilisé pour représenter les entités linéaires et surfaciques de la légende.

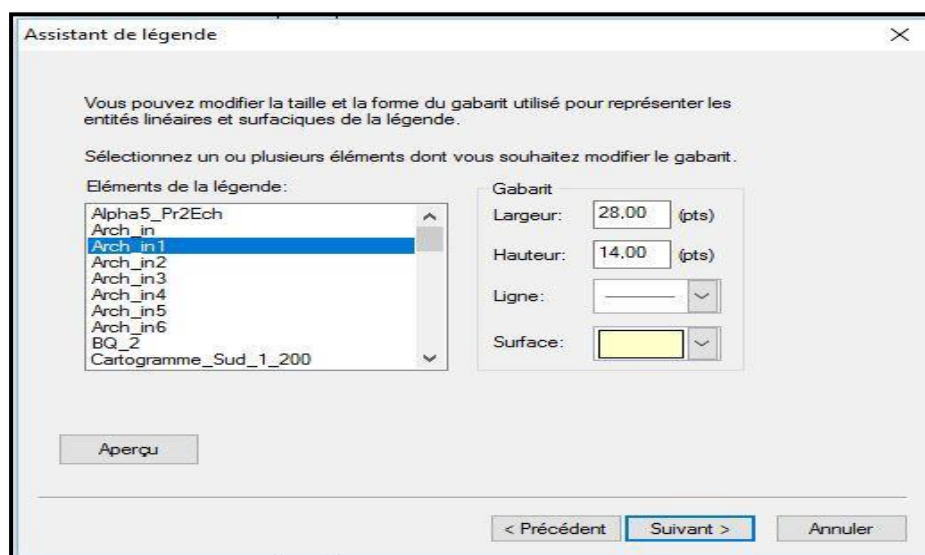


Figure (35) : L'assistant de légende (4).

Finalement, cliquer sur Suivant nous emmène vers la dernière fenêtre de l'assistant de légende, celle-ci nous permet de définir l'espacement entre les éléments de la légende.

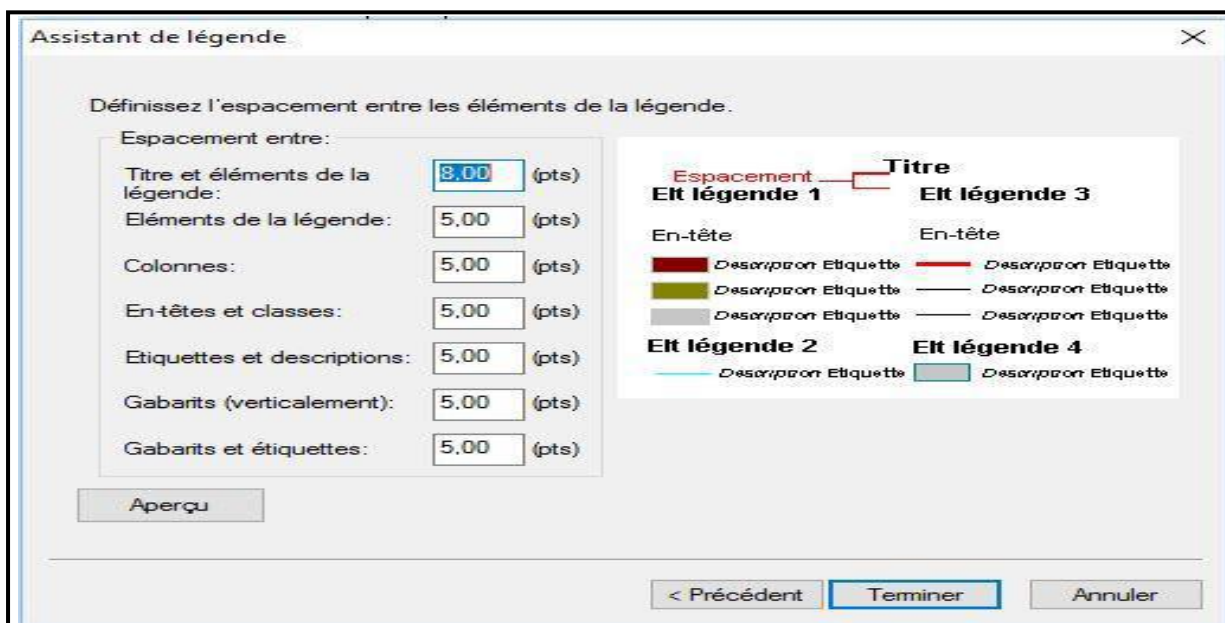


Figure (36) : L'assistant de légende (5).

Après avoir paramétré tout ça, notre Légende apparaît et on peut choisir sa position et son cadrage. A noter qu'on peut à tout moment modifier les styles de chaque élément, le cadre, la taille et la position de la légende, en effectuant un clic droit sur la légende → Propriétés.

➤ **Exportation de la mise en page :**

Une fois la mise en page achevée, on peut l'imprimer directement depuis le menu « Fichier → Imprimer » ou bien de l'exporter afin de l'insérer dans un document.

Pour exporter : Menu fichier → Exporter la carte.

Une boîte de dialogue s'ouvre, celle-ci nous permet de modifier la résolution, la qualité de l'image exportée et son format. On donne un nom à notre carte, on choisit le dossier de destination et on enregistre.

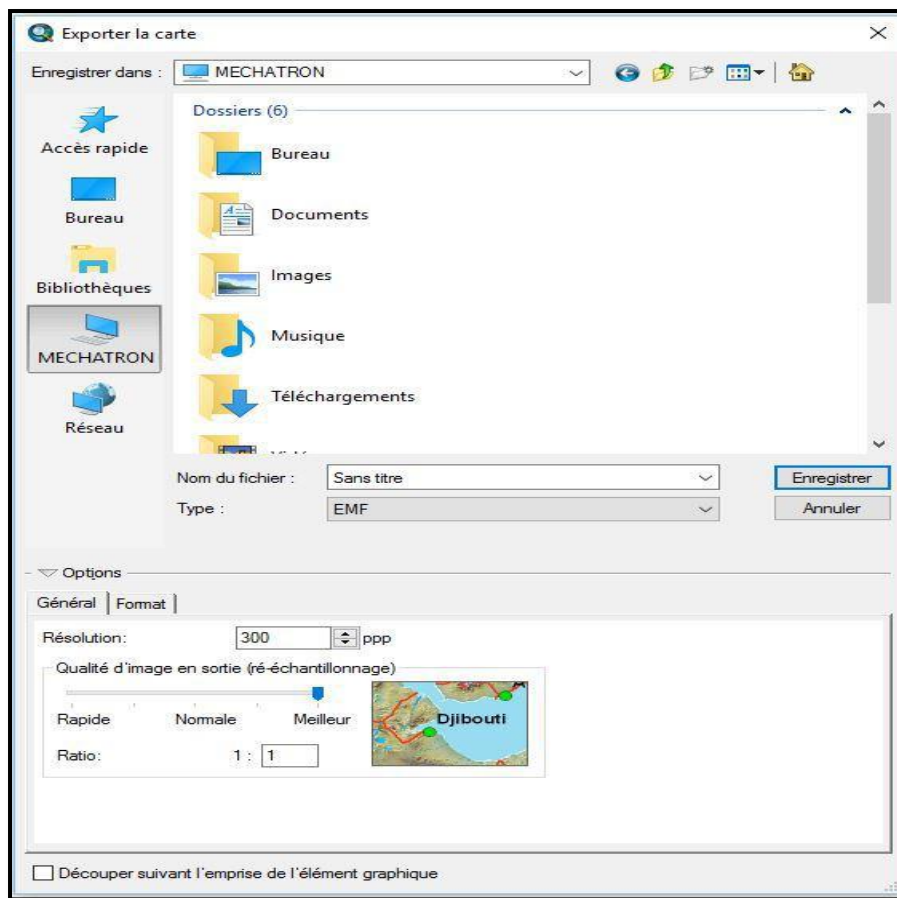


Figure (37) : Choix de la résolution et du format de l'image en (sortie) Mise en page

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

La mise en page d'une carte est une combinaison, de plusieurs éléments nécessaires dans une carte à savoir :

- Un titre
- Une légende
- Une flèche d'orientation Nord
- Une échelle graphique et/ou numérique

Des cartes de localisation ou des grilles de coordonnées géographiques et/ou cartographiques

Conclusion générale :

Conclusion générale :

Les SIG représentent aujourd'hui un outil technologique nouveau qui permet de mieux gérer l'information géologique.

Le Hoggar contient un grand nombre de gisements et indices de pierres précieuses et semi-précieuses d'un intérêt particulier. Ces minéralisations, qui ont fait l'objet de plusieurs études géologiques et gîtologiques ont nécessité l'édification d'un SIG.

Le présent travail a commencé par une étude bibliographiques qui a permis de :

- Etablir une synthèse géologique sur le Hoggar,
- Identifier 61 indices et gisements répartis en 19 types et placés dans un répertoire spécial (Fichier Excel).

Ensuite

- On a choisi un support géologique (Carte géologique au 1/1,000,000 du Hoggar)
- On a cherché à vectorisé la CG ou une Version Mapinfo de cette carte
- On a procédé à la mise en page de la carte des PSP du Hoggar

Le résultat obtenu de ce travail représente une carte interactive SIG qui facilite d'avantage la lecture, la manipulation et la gestion de l'information géologique concernant les PSP du Hoggar,

Références bibliographiques

1) <https://www.researchgate.net/publication/32354131> Les minéraux semi-précieux_ (introduction mémoire et power point)

2) <http://coursgeologie.com/> (géologie du Hoggar)

3) <https://sites.google.com/site/hoggargeologie/introduction-a-la-geologie-du-hoggar>

4) <https://studylibfr.com/doc/1510981/introduction-à-la-géologie-du-hoggar>

5) <https://www.universalis.fr/encyclopedie/hoggar-ahaggar>

6) <https://www.esri.com/fr-fr/home>

7)- RAPPORT FINAL SUR L'INVENTAIRE DES PIERRES SUMI-PRÉCIEUSES DU HOGGAR (N. BELKHOUDJA)

Annexes

La carte SIG importée d'une version final Mapinfo élaborée par : Mrs Bellel.M, Meriem .D et Boukhalfa. L (2000) des pierres semi-précieuses du Hoggar.