## L'URANIUM EN ALGÉRIE : RESSOURCES ET PERSPECTIVES

#### Abdelkader SEMIANI\*, Ahmed ABED\* ET Mohamed BELLAL\* \* Office National de Recherche Géologique et Minière

### I. INTRODUCTION

C'est à partir de 1954 que le CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) français avec la collaboration du BRMA (Bureau de Recherche Minière en Algérie) a lancé le premier programme d'exploration de l'uranium au Hoggar ; ce qui a permis de mettre en évidence de timides indices (El Bema, Furon, Timgaouine...) sans intérêt économique.

En 1969, la **SONAREM** (Société Nationale de Recherche et d'Exploitation Minière) a entamé pour la première fois des travaux de reconnaissance générale sur l'uranium qui ont ciblé la vérification des indices déjà connus mais aussi les formations du socle précambrien ainsi que les terrains sédimentaires paléozoïques qui le ceinturent.

C'est sur cette base, qu'à partir de 1971 un vaste programme d'exploration a été élaboré et exécuté. Il comprend notamment un levé aérospectrométrique couvrant l'ensemble du territoire national, un levé radiométrique autoporté effectué sur les structures géologiques les plus potentielles et un levé géochimique des indices les plus intéressants.

En 1973, suite à la remontée spectaculaire des cours de l'Uranium et jusqu'à 1980, tous les indices répertoriés ont été explorés et évalués. Plus de 80 000 mètres de forage ont été exécutés. Les résultats majeurs obtenus sont :

- La délimitation des principales provinces géologiques favorables à la mise en place de minéralisation d'Uranium ;
- La circonscription d'une dizaine d'indices sérieux ;
- Le recensement de 78 points de minéralisation, de 319 anomalies (ponctuelles et superficielles) géochimiques et de 80 anomalies aérospectrométriques ;
- La découverte de quatre gisements d'uranium (Timgaouine, Abankor, Tinef et Tahaggart) avec des ressources mesurées estimées à plus de 12,7 millions de tonnes à 0,187% U, soit 23 000 tonnes d'uranium métal ;

Les types de minéralisations d'uranium identifiées sont les suivants :

- Filons de quartz et zones de broyage à molybdène uranium associées à des schear zones profondes ;
- Sédiments carbonatés et détritiques paléozoïques à phosphate uranium ;
- Zones de broyage silicifiées à uranium-sulfures encaissées dans des black shales néoprotérozoïques.



# **II. DESCRIPTION DES GISEMENTS DECOUVERTS**

# 1. Le gisement de Timgaouine

Le gisement de Timgaouine est situé à 220km au Sud-Ouest de Tamanrasset (figure 1). La minéralisation en uranium est contrôlée par une zone de cisaillement comportant un système de fractures parallèles de direction subméridienne avec un pendage de l'ordre de 65° vers l'ouest. L'uranium est porté par des filons de quartz et des brèches quartzo-feldspathiques rouges riches en oxyde de fer, en calcite et en sidérose. Les roches encaissantes sont représentées par des granites à biotite.

## 1.1. Travaux réalisés

- 1958-1960 : Reconnaissance du gîte par sondages courts (20 à 30m) et tranchées (CEA, France),
- 1969-1970 : Exploration générale par sondages et prospection radiométrique (SONAREM-GEOMINES),
- 1970-1972 : Exploration générale des zones d'Abankor et exploration détaillée des zones de Timgaouine et Tinef (GEOMINES),
- 1976 : Travaux géologiques complémentaires sur les zones de Timgaouine et Abankor (Montan Consulting).

Les travaux exécutés se résument à :

- Levés géologiques au 1/25 000 (345 Km<sup>2</sup>), 1/1000 (1,85 Km<sup>2</sup>), 1/5000 (0,12 Km<sup>2</sup>), 1/2000 (2 Km<sup>2</sup>),
- Levé topographique au 1/1000 (1,85 km<sup>2</sup>) couvrant le gisement
- Prospection radiométriques au 1/10 000 (120 Km<sup>2</sup>), 1/500 (3 Km<sup>2</sup>).
- Tranchées (500 m<sup>3</sup>),
- 99 forages (23 500 m) à maille régulière de 80x40 m et 80x80 m
- puits de recherche (24,5 m),
- puits d'exploration (93 m),
- galerie (140.3m),
- travers-bancs (99,5m).

## 1.2. Cadre Géologique

Le gisement de Timgaouine est situé dans le terrane d'Iskel (figure 1.1). Il s'agit d'un bloc tectonique Néoprotérozoïque développé sur une superficie de plus de 50 000 km<sup>2</sup>. Il est délimité à l'est et à l'ouest par des zones de cisaillement subméridiennes profondes matérialisées par des mylonites et des cataclasites. Il comporte des formations volcano-sédimentaires et gréso-détritiques, structurées en bandes linéaires parallèles d'allongements nord-sud. Elles sont séparées entre elles par des batholithes de granitoïdes calcoalcalins qui représentent plus de 70% des affleurements. Les roches mafiques et ultramafiques affleurant en petits massifs isolés sont intimement liées aux formations volcano-sédimentaires.

Enfin, le terrane d'Iskel comprend plusieurs corps sub-circulaires de granites post orogéniques réputés par leur richesses en minéralisation de wolfram, étain, béryl et parfois en Uranium.

### 1.3. Minéralisations

La minéralisation est associée au grand batholite granitique de Timgaouine qui affleure dans une large vallée plate d'environ 140Km de long sur 40Km de large. Il est intrusif et formé essentiellement d'un granite alcalin à deux micas composé de quartz idiomorphe, d'orthose perthitique, d'albite-oligoclase et accessoirement d'apatite.

Les minéralisations portées par des filons de quartz, des brèches et des métasomatites jalonnent le toit d'une zone de cisaillement subméridienne dénommée la faille 4°18. Elle est soulignée par des granites broyés, altérés. Les longueurs des zones minéralisées varient de 300 à 1200m.

La coupe géologique (fig. 1.2) établie à partir des sondages montre d'Ouest en Est la succession suivante : des granites roses à deux micas ; une brèche granitique silicifiée ; une zone de stockwerk et filons associés à un dyke de diabase ; un granite rouge métasomatique à calcite, hornblende et épidote ; des filons de syénite (ou épisyénite) ; et enfin des granites roses à deux micas.

L'association minéralogique est caractérisée par la pechblende en se présentant en trois générations (I, II, III), oxydes noirs d'uranium renfermant du molybdène (molybdates d'uranium ?), minéraux secondaires d'uranium (gummite, autunite ?), molybdénite, pyrite à deux générations dont la première est contemporaine à la pechblende I et quelques sulfures (chalcopyrite, marcasite, galène, sphalérite.

La pechblende primaire (I) montre des structures collomorphes d'aspect sphérolitique et des structures de retrait irrégulières. La pechblende II est identifiée grâce à sa réflectivité réduite, dureté prononcée et surtout par l'absence des fissures de retrait. Celle-ci repose sur la pechblende primaire en formant des anneaux extérieurs.

La pechblende III marque le passage vers les oxydes noirs. Les Pechblende I et II sont les plus répandues et apparaissent même au niveau -90m (voir travers-banc). Les oxydes noirs renfermant du molybdène se localisent dans les granites fortement cataclasés et métasomatisés. Ils remplissent avec les carbonates les fissures des grains de quartz où ils forment de petites veines. Les minéraux secondaires de couleur jaune à jaune verdâtre ont été décrits soit comme des autunites ou bien un mélange d'uranotile et de gummite.

Zones	Minerais (tonnes)	Teneur (%)	métal (tonnes)	
Zone centrale (C1)	1 366 000	0.28	3800	
Zone nord (C2)	3 554 000	0.20	7000	
Zone sud (C2)	930 000	0.16	1470	
Total (C1+C2)	5 850 000	0.21	12 270	
Ressources II (C2)	3 500 000	0.046	1600	
Ressources III (C1)	190 000	0.11	210	

#### **1.4 Ressources**

Nb/Les ressources ont été estimées avec une teneur de coupure est de 0.07%U.



Fig. 1.1 - CARTE GEOLOGIQUE DE LA FEUILLE TIMGAOUINE



Figure 1.2 : Coupe géologique du gisement de Timgaouine

## 2. Le gisement d'Abankor

Le gisement d'uranium d'Abankor est situé à l'Est de Timgaouine (figure 1). La minéralisation est de type filon et stockwerk. Elle s'inscrit dans deux systèmes de fractures, orientés respectivement N 10°E et N 40°-50°E. Ces fractures sont matérialisées par des mylonites et des cataclasites dans un environnement dominé par des granites hyperalcalins à riebeckite - egyrine.

## 2.1. Travaux réalisés

Les travaux réalisés sur l'ensemble des secteurs d'étude (Abankor centre, Abankor Nord, Daïra Nord, Daïra Sud, Hichem,) sont les suivants :

- Levé géologique au 1/10000 (35 km<sup>2</sup>), 1/1000 (3.2 km<sup>2</sup>), 1/500 (0.1 km<sup>2</sup>),
- Levé topographique à 1/10000 (17km²), 1/1000 (3.2 km²), 1/500 (0.3km²),
- Prospection radiométrique au 1/10 000 (296 km<sup>2</sup>), 1/5000 (80 km<sup>2</sup>),
- Tranchées (2400 m<sup>3</sup>),
- 55 Forages totalisant 9878 m selon une maille de 80x40m,
- Puits de recherche (42 m),
- Galeries (323.5 m),
- Prélèvement et analyse de 1668 échantillons,

## 2.2. Cadre Géologique

Comme pour le gisement de Timgaouine, le gisement d'Abankor est situé dans la partie Est du terrane d'Iskel (figure 2.1). L'environnement géologique est marqué par la présence de deux formations volcano-sédimentaire Néoprotérozoïque séparées par une discordance

*La série inférieure* est composée essentiellement de marbres, quartzites et schistes chloriteux associées à des méta-andésites et méta-basaltes en pillows Elle est recoupée par des intrusions basiques et ultrabasiques ainsi que par des batholites syn à tardi-tectoniques datés respectivement à 870 Ma et 840Ma

La série supérieure débute par des conglomérats de base, surmontés par une alternance de gés et pellites. Ces derniers sont recouverts par un volcanisme calco-alcalin important (andésite, rhyodacite) qui peut être lié à une zone de subduction.

Toutes ces séries sont recoupées par de grands batholites calco-alcalins pré à syntectoniques. Enfin des séries intermédiaires de type molassique affleurent dans des bassins résiduels et grabens, en discordance sur les deux séries décrites ci-dessus.

### 2.3. Minéralisations

Le gisement Abankor (figures 2.1 et 2.2) apparaît sous forme d'une petite colline (h = 15m) ayant un fond radioactif élevé (> 50µRh) par rapport aux autres zones étudiées de la région. Il est caractérisé par un réseau filonien





associé à des stockwerks ou amas de formes diverses. La partie centrale du gisement est représentée par deux corps de minerai. Il s'agit d'un filon appelé « filon du mur » et d'un grand amas dénommé « inflexion » représentant à eux deux plus de la moitié des réserves du gisement avec de fortes teneurs ( 0.3-0.35 % U). Le minéral principal est la pechblende qui apparaît en trois générations :

- *pechblende primaire I*, reconnaissable grâce à ses structures collomorphes d'aspect sphérolitique ou cellulaire.

- *pechblende II,* issue de la transformation et remplacement de la pechblende I. Elle est caractérisée par une réflectivité réduite et l'absence de fissures de retrait. Elle forme des anneaux extérieurs.

- *pechblende III*, très répandue, elle marque le passage vers les oxydes noirs. C'est un minéral tendre à réflectivité encore plus faible.

*Les produits noirs* sont également très répandus et se présentent souvent en petits filonnets. Ils apparaissent en surface et en profondeur.

*Les produits jaunes d'oxydation* (uranotile, gummite) se rencontrent dans les mêmes niveaux que les produits noirs.

Les autres minéraux métallifères se présentent sous forme de petits grains développés le long de fissures ou en fines imprégnations dans la masse rocheuse. Ce sont : la pyrite qui constitue plusieurs générations, étroitement liée à la pechblende ; la marcassite liée aux produits noirs ; l'hématite très développée surtout au toit de la minéralisation d'uranium où elle imprègne les roches en leur conférant une teinte rouge ; la molybdénite qui marque les zones riches ( ex. dans l'intervalle 17-18m du travers-banc , Mo=0.2-0.5% pour U=1-2%). La chalcopyrite et la sphalérite sont rares.

Comparativement au gisement de Timgaouine, le gisement d'Abankor est caractérisé par :

- La présence de l'uraninite ;

- l'abondance des produits noirs avec absence de molybdène ou en très infime quantité ;

- l'abondance des pechblendes II et III ;

- la rareté des minéraux de cuivre et zinc ainsi que les faibles teneurs en Pb.

Il s'en suit qu'à la différence de Timgaouine qui est un gisement d'uranium à molybdène, celui d'Abankor est presque un gisement monométallique. La minéralogie suggère, tout comme à Timgaouine la possibilité d'un important enrichissement secondaire.

Il est à signaler que la roche initiale quartzo feldspathique a subi quelques processus de transformation à savoir : mylonitisation, hématitisation, albitisation , silicification, désilicification, carbonatisation , pyritisation , sericitisation , chloritisation et argilisation.



Fig. 2.2 - Coupe géologique du gisement de Abankor

#### 2.4. Ressources

Les ressources ont été calculées par la méthode des coupes géologiques.

Coupes	U (%)	Minerai (en tonnes	Ressources	
		)	métal ( tonnes)	
Coupe I	0.233	230 660	537.4	
Coupe II	0.443	757 180	3354.3	
Coupe III	0.401	660 960	2650.0	
Coupe IV	0.216	670 400	1448.0	
Coupe V	0.182	381 000	693.4	
Coupe VI	0.277	162 880	451.2	
Total	0.319	2 863 080	9134.2	

### 2. GISEMENT DE TINEF

Le gisement de Tinef développé sur une superficie de 21 km<sup>2</sup> est situé à 30 km au nord du gisement de Timgaouine, près de la bordure ouest du batholite (figure 1).

### 3.1. Travaux réalisés

Les travaux de recherche ont été réalisés sur une superficie totale de 21km<sup>2</sup>. Les sondages carrotants, réalisés au cours de l'étape préliminaire, ont été implantés dans les périmètres perspectifs radiométriques suivant un intervalle de 2-3km, ensuite de 1 - 1,5 km.

Les sondages de prospection (à percussion) ont été réalisés sur toute l'étendue de la zone (sur environ 10km du Nord au Sud) avec une maille de 200 x 200m. Dans les zones fortement minéralisées, la maille a été réduite jusqu'à 50x60m. Parfois, sur une ligne de sondages, la maille a été réduite à 25x50m, dans le but de vérifier la variation de la minéralisation selon ses paramètres estimatifs (teneur et épaisseur).

#### 3.2. Cadre géologique

Le gisement de Tinef de même que ceux de Timgaouine et d'Abankor se localisent dans la partie Est du terrane d'Iskel ou deux cycles volcanosédimentaires, séparés par une discordance ont été distingués : Le Pharusien I et Le Pharusien II.

*Pharusien I* : Il est composé essentiellement de marbres, quartzites, et schistes chloriteux associées à des méta-andésites et méta-basaltes en pillow. Il est recoupé par des intrusions basiques et ultrabasiques ainsi que des batholites syn à tardi tectoniques de Tin Tekadiouit et Taklet, datés respectivement de 870 Ma et 840Ma.

*Pharusien II* : Il repose en discordance sur le Pharusien I et débute par des conglomérats de base suivi d'un remplissage gréso-pélitique. Ces termes sont surmontés par un volcanisme calco-alcalin important (andésite, rhyodacite). Cet ensemble est recoupé par de grands batholites calco-alcalins pré à syntectoniques dont celui d'Aouilène daté à 629Ma.. Les derniers événements clôturant l'orogenèse panafricaine correspondent à la mise en place des granites circonscrits, post-tectoniques dits « Taourirts ».

Cet édifice est surmonté, en discordance sur les formations du Pharusien II, par des séries de type molassique (série Bourzzekal) qui affleurent dans des bassins résiduels et des grabens.

#### 3.3. Minéralisations

La minéralisation en uranium de la zone de Tinef est semblable à celle des deux autres gisements, Timgaouine et Abankor. Elle s'inscrit dans des filons de quartz, des brèches et des métasomatites jalonnent le toit d'une zone de cisaillement subméridienne dénommée la faille 4°18.

Les minéraux uranifères sont représentés par des produits jaunes (uranolite, gummites et sporadiquement de l'autunite) et produits noirs (oxyde d'uranium). Ces minéraux proviennent de l'altération des minéraux primaires du groupe « pechblende – uraninite et peut être coffinite ».

Les produits jaunes, plus abondants apparaissent macroscopiquement sous forme de croûtes millimétriques à éclat résineux ou vitreux, comblant les fissures et les fentes. L'association minéralogique comporte essentiellement : uranolite, gummite, carbonates (calcite, dolomite, sidérose), quartz, oxydes et hydroxydes de fer et minéraux de titane. Au microscope, les gummites se présentent sous diverses formes : masses cryptocristallines touffues, en petites plages et sporadiquement en agrégats de cristaux.

Les produits noirs se manifestent sous forme de croûtes, plaquages millimétriques et sous forme de revêtement pelliculaire. Ils se localisent dans les fissures de l'encaissant ou dans les poches de dissolution souvent associées aux carbonates, quartz, et parfois sulfures.

La distribution de la minéralisation (en épaisseur et teneur) est irrégulière tant en superficie qu'en profondeur du fait qu'elle est diversement répartie: tout d'abord dans les fissures, ensuite dans les roches hématitisées et carbonatées, enfin dans les nœuds (petites zones enrichies) formés par le croisement des filons.

ρέριμέτρες	Superficie	Epaisseur	Poids	U (%)	Minerai (t)	Réserves
PERIMETRES	(m)	(m)	(a/cm <sup>3</sup> )			ivietai (t)
	00 500	() 00 F	(g/ 0 ) 0 Г	0.400	0 740 005	0740
D)	66 500	22.5	2.5	0.100	3 /40 625	3740
A et B)	382 500	10	2.5	0.05	9 562 500	4781
F	718 000	2.25	2.5	0.08	4 038 750	3231
Total						11752

#### 3.4. Ressources

#### 4. GISEMENT DE TAHAGGART

Le gisement de Tahaggart est situé sur la feuille Asséo, à environ 300km au SE de la ville Tamanrasset.

Outre le gisement de Tahaggart, d'autres indices (Timouzzeline et Tamart-N-Blis) sont mis en évidence, et font de cette bordure du bassin paléozoïque (plusieurs centaines de Km<sup>2</sup>) un district minier intéressant.

La minéralisation uranifère peut être localisée aussi bien dans les terrains d'altération que dans les parties marginales des premiers niveaux de base de la couverture sédimentaire paléozoïque.

#### 4.1. Travaux réalisés

- Levés géologiques au 1/1000 (2.70km<sup>2</sup>) et au 1/2000 (1.71km<sup>2</sup>), levé topographique au 1/1000 (2.7km<sup>2</sup>).
- Prospection radiométrique au 1/10 000 (291km<sup>2</sup>), détails radiométriques au 1/2000 (1.50km<sup>2</sup>), au 1/200 et 1/400 (1.22km<sup>2</sup>).
- Forage à percussion et carottant (9881m).
- Travaux miniers : tranchées (110m<sup>3</sup>) et puits (15m).
- Echantillonnage (270points).

Les sondages sont implantés suivant une maille carrée 20x20m et 40x40m. Dans les parties où la minéralisation est discontinue, ils sont réalisés selon une maille lâche supérieure à 40m.

### 4.2. Cadre géologique

Le bassin de Tin Siririne (figure 3.1) est représenté par les dépôts tabulaires d'âge Paléozoïque.

#### Cambro-Ordovicien

Il repose en discordance sur le socle cristallin. Les premières couches sont constituées par des grès du coté d'In-Azzaoua. Sur le flanc NE du synclinal de Tin Siririne et dans d'autres endroits plus ou moins éloignés de la zone de Tahaggart apparaissent des conglomérats à gros galets de quartz (Ø>3cm) de puissance de 2-10m environ, formant le terme inférieur transgressif et discordant sur le socle.

Au-dessus des conglomérats, reposent des grès grossiers en alternance avec des micro conglomérats et suivis par des grès fins. Ces derniers sont marqués par une stratification entrecroisée comprenant des lentilles d'argiles et de grains de quartz très dispersés. L'épaisseur de ces grès est variable et elle peut atteindre 50m, vers l'axe du synclinal.

#### Silurien (Gothlandien)

Identifié grâce à la présence de graptolites, il forme une bande plus ou moins étroite entre le Cambro-Ordovicien et le Dévonien. Il existe des endroits où le Silurien disparaît et le Dévonien est directement transgressif sur le socle cristallin.

#### Dévonien

Les formations du Dévonien sont les plus développées dans ce synclinal. On distingue le Dévonien Inférieur et le Dévonien Supérieur.

#### Dévonien inférieur

La base du dévonien inférieur est constituée par des grès grossiers et des conglomérats dont l'épaisseur atteint parfois 300m (In-Atei). Ce complexe est surmonté par une couche argilo – gréseuse avec des niveaux carbonatés. Dans la zone sud du synclinal, on note aussi la présence d'une stratification entrecroisée des niveaux de conglomérats, de grès et d'argile.

#### Dévonien supérieur - Carbonifère

A In-Atei, au-dessus des formations décrites, apparaissent des dalles gréseuses d'age Ginétien sur lesquelles débute le Dévonien supérieur. Il est représenté par une formation nettement gréseuse et très ferrugineuse. Dans la zone du Dévonien, existe aussi le Carbonifère formant ainsi la série dite « série de Tibéria » d'épaisseur 450m environ qui s'étend vers le sud jusqu'à la frontière avec le Niger.

### 4.3. Minéralisations

La minéralisation de la zone de Tahaggart est localisée au contact entre le socle cristallin éburnéen et les sédiments du Cambro-Ordovicien. Elle est représentée par les produits secondaires d'uranium riche en phosphore (autunite, thorbernite) sous forme d'agrégats lamellaires fins, sous forme de nids, de plages et en fines imprégnations dans le ciment et veinules.

A la surface, les secteurs minéralisés sont inégalement distribués. Plusieurs corps minéralisés étirés en direction Nord Ouest - Sud Est, avec un pendage au Sud Ouest, ont été découverts sur le territoire de l'étude (6 Km<sup>2</sup>). Il a été établi que les parties frontales de ces couches étaient les plus minéralisées (jusqu'à quelques pourcents), avec diminution des teneurs en uranium dans le sens du pendage.

Les épaisseurs des corps minéralisés horizontaux varient de 1 à 8 mètres. Les minéraux secondaires sont : autunite, sabugolite, thorbernite, carnotite. Ces minéraux se trouvent sous forme de nids et de veinules.

#### 4.4. Ressources

Les ressources ont été calculées par la méthode des blocs géologiques.

Les zones riches ont été prospectées par des sondages à maille carrée (20x20m et 40x40m). En revanche, les zones où la minéralisation est discontinue la maille prospection par sondage est plutôt lâche (>40m).

Les ressources globales dans la zone de Tahaggart sont estimées à 800 000 tonnes de minerai à une teneur de 0.215% U, soit 1 700 tonnes d'Uranium métal.



Figure 3.1 - Carte géologique de la feuille Asséo

## **III. PERSPECTIVES**

### 1° Minéralisation en Uranium liée aux inconformités

La discordance qui sépare le socle panafricain des terrains paléozoïques constitue un environnement géologique favorable à la mise en place des minéralisations uranifères (minéralisations liées aux surfaces d'inconformités).

Cette inconformité (discordance) se développe sur tout le pourtour du massif du Hoggar représentant une superficie globale de l'ordre de 30 000km<sup>2</sup>. Elle est souvent représentée par des conglomérats à ciment silico-ferrugineux dans lequel on trouve des minéraux d'altération de l'uranium. L'épaisseur de la couche inférieure est d'environ 1-3m.

#### <u>2° Minéralisation en Uranium de type stratiforme</u>

Les minéralisations d'uranium identifiées dans les formations sédimentaires sont situés dans 3 bassins paléozoïques. Il s'agit de Tin Seririne, Tafassasset et de l'Ougarta.

Hormis les gîtes liés aux inconformités (interface socle cristallin-bassin sédimentaire paléozoïque, il existe également un niveau repère gréseux uranifère dans les formations du Devonien qui rapele d'abord le gisement d'Arlit qui est localisé dans le carbonifère. on cite le champ minier de Tamart In Iblis, couvrant une aire d'environ 300 km<sup>2</sup> qui lui. Ce type de formation est très développé notamment en bordure nord du bouclier du Hoggar sur une étendue de plus de 1000 km.

#### <u>3° Minéralisation en Uranium de type filonien</u>

Elle est représentée par des multiples indices de minéralisation uranifère qui sont associé aux zones de broyage et de silicification affectant les terrains volcanoterrigènes.

Ainsi, les zones de broyage découvertes au voisinage de l'indice de Tin Ezzararine (feuille Laouni), dans les schistes noirs du Néoprotérozoïque, sont minéralisées en Uranium et Thorium avec des sulfures (pyrite).

Elle coïncide spatialement avec le domaine d'extension de la couverture de plate-forme du Sud au Hoggar. Dans l'ensemble, cette sous formation semble offrir des perspectives pour la mise en évidence éventuelle de gros gisements d'uranium des formations métallifères phosphate-uranifère et uranifère a terres rares.

Les surfaces suivantes de la sous-formation apparaissent comme les plus favorables :

- a. La zone métallogénique de Tahaggart
- b. La zone métallogénique de Tamart-In-Iblis
- c. La zone métallogénique de Tamega
- d. La zone metallogénique d'Eridjane
- e. La zone metallogénique d'Intabarekkat

## Les Ceinture métallogénique du Hoggar Central

Il ne fait pas de doute que les zones metallogénique uranifères de la ceinture metallogénique du Hoggar Central sont des objectifs interessants qu'il faut continuer étudier.

- a) La zone métallogénique de Tazoud (20) correspond à un pluton de la formation granodiorite-granitique du Neoprotérozoïque. La pluton et son encaissant comporte de multiples dykes et corps du Vendien-Cambrian, et peut être même d'activation mesozoique (?). La zone minéralisés d'Ait Oklan El Bena est considérée comme la zone potentiellement la plus favorable.
- b) La zone metalogénique de Teg' Orek (32) correspond à un bloc granitogneissique intensément active, découpe par deux accidents tectoniques submeridiennes. Une anomalie géochimique et une anomalie radioactives ont été relevées dans cette zone qui comporte en outre l'indice de Teg' Orak.
- c) La région metallogénique de Timgaouine qui se subdivise en deux zones métallogénique de la formation molyddeno-uranifère.
  - La zone de Timgaouine Tinef
  - La zone d'Abankor

Il est évident que l'exécution de travaux de cartographie et de prospection géologique de détail et la réalisation de travaux radiometriques spécialisés auraient pour effet de revaloriser les perspectives minières de ces deux zones et permettraient éventuellement de localiser de nouveaux gisements.

Outre les zones metallogéniques sus mentionné, la minéralisation uranifère, en association avec l'or et le molybdène, pourrait vraisemblablement être encore localisée dans la zone metallogénique de l'accident 4'50' ainsi que dans d'autres structures jointives ou s'est manifesté l'activité magmatique du vendien-cambrien ou même d'âge mésozoïque.

## IV. METHODES D'EXPLORATION DE L'URANIUM

Les méthodes les plus utilisées pour l'uranium sont basées sur les caractéristiques radioactives de l'uranium et de ses produits de filiation. Ces éléments émettent des rayonnements radioactifs qui peuvent être mesurés (radiométrie). Toutefois la géochimie et les autres méthodes géophysiques sont aussi très utiles.

## 1. RADIOMETRIE

Les rayonnements radioactifs sont de plusieurs types Alpha ( $\alpha$ ), Bêta ( $\beta$ ) et Gamma ( $\gamma$ ). Le type et l'intensité du rayonnement sont caractéristiques de l'élément ou produit de filiation. L'intensité du rayonnement est proportionnelle à la quantité d'uranium et de produits de filiation. Les rayonnements alpha et gamma sont utilisés en radiométrie. Le rayonnement bêta étant très facilement arrêté par une barrière matérielle n'est pas utilisé en prospection.

## 1.1 RAYONNEMENT GAMMA

Le rayonnement gamma, à cause de ses propriétés de pénétration est le plus utilisé .

## 1.1.1 Scintillomètrie

La méthode radiométrique la plus utilisée pour la prospection de l'uranium est la scintillométrie. Le scintillomètre a remplacé le compteur Geiger. Un cristal d'iodure de sodium dans l'instrument est excité par le rayonnement gamma. L'excitation lumineuse résultante est ensuite transformée en courant électrique par l'intermédiaire d'une cellule photo - électrique. Ceci permet de mesurer le comptage total du rayonnement gamma.

Le discernement des rayonnements gamma spécifiques des trois éléments radioactifs principaux (Uranium, Thorium et Potassium) peut être fait en utilisant la spectrométrie.

### 1.1.1.1 **Prospection aéro spectrométrique**

La prospection aérienne mesure généralement :

- le comptage total du rayonnement gamma
- le rayonnement gamma du à l'Uranium, au Thorium et au Potassium.

Le principe est identique mais le cristal d'iodure de sodium utilisé dans l'aéronef est de grandes dimensions.

### 1.1.1.2 Prospection au sol

Un scintillomètre portable mesurant le comptage total du rayonnement gamma est un instrument suffisamment petit (inférieur à 30cm en dimension maximum) pour être utilisé au sol pour prospecter les affleurements et faire des plans compteurs de vérification d'anomalies aériennes. Ceci permet de faire une première approche. L'utilisation d'un spectromètre portable permet ensuite de discerner entre la radiation gamma due à l'uranium et celle due au Thorium.

## 1.1.1.3 Prospection radiométrique en fond de trou

La diagraphie « fond de trou » utilisée pour la prospection de l'uranium comprend une méthode scintillométrique qui permet de mesurer le comptage total du au gamma (gamma naturel). En faisant une courbe de corrélation entre mesure rayonnement gamma et uranium géochimique mesuré dans la carotte on peut calculer les teneurs a partir des mesures radiométriques.

Outre la mesure du gamma naturel, les diagraphies modernes comprennent généralement les mesures suivantes :

- Spectral Gamma
- Gamma gamma (Densité)
- Neutron (porosité)
- Mesures électriques (conductivité, résistivité)
- Mesures soniques (porosité)

### **1.2 RAYONNEMENT ALPHA**

Le rayonnement alpha est utilisé en prospection de l'uranium pour mesurer un produit de filiation : le gaz radon qui est un émetteur alpha.

Cette méthode permet de détecter des gisements d'uranium profonds. Le gaz radon émis par le gisement remonte a travers les couches géologiques susjacentes et si celles-ci sont suffisamment perméables le radon remonte à la surface. Deux types de méthodes existent pour mesurer la radiométrie alpha due au radon :

- *Pompe à radon*. Cet instrument comporte un tuyau métallique qui est enfoncé dans le sol. Une pompe permet d'amener le gaz provenant du sol dans une ampoule dont la paroi est recouverte par un produit devenant luminescent en présence du rayonnement alpha. La luminescence est transformée en courant électrique et la mesure peut être faite.
- Coupelles radon. Cette méthode est plus facile a utiliser. Un film sensible au rayonnement alpha est fixé au fond d'une coupelle en plastique. La coupelle est enterre, retournée, dans un trou profond de 10 a 30 cm. Apres queues jours la coupelle est ramassée et les impacts des particules alpha sur le film sont comptés. Des laboratoires spécialisés fournissaient les coupelles vierges et s'occupaient du comptage pour un prix unitaire.

Dans les deux cas les mesures sont faites suivant une grille qui permet d'obtenir des plans compteurs.

## 2. GÉOCHIMIE

La géochimie est proportionnellement moins utilisée pour la prospection de l'uranium qu'elle ne l'est pour la prospection d'autres métaux. La raison principale étant que pour beaucoup de gisement d'uranium une corrélation peut être obtenu entre les mesures radiométriques et les mesures géochimiques, en conséquence il est plus rentable dans ce cas d'utiliser la « teneur radiométrique ».

Toutefois un minimum de mesures géochimiques doivent être faites durant la prospection au sol pour s'assurer que le rayonnement gamma est du à l'uranium. Un certain nombre de forages carottés doivent impérativement être analysés de façon systématique pour pouvoir obtenir la corrélation radiométrie - géochimie.

# 3. AUTRES MÉTHODES GÉOPHYSIQUES

Toutes les autres méthodes géophysiques peuvent être utilisées en fonction des caractéristiques des gisements recherchés. Par exemple les méthodes electromagnétiques permettront de mieux localiser les gisements « sous discordance » du Protérozoïque qui sont généralement associés au graphite.

# V. CONCLUSION GENERALE

Au stade actuel des connaissances, l'Algérie recèle un potentiel raisonnable en uranium, localisé essentiellement au Hoggar.

Les nombreux indices et anomalies aéro – spectrométrie identifiées tant au Hoggar que dans d'autres régions telles que la Dorsale Reguibet, l'Ougarta ainsi que la Chaîne Tellienne nord Atlassique laissent penser et espérer que le potentiel de ressources à découvrir reste encore important.

Ce pronostic favorable est principalement basé sur l'existence de structures géologiques intéressantes, telles que les interfaces socle –couverture (Hoggar) ainsi que les formations superficielles (calcrétes) qui se développent sur le socle précambrien de la Dorsale Reguibat.