



Minéralisations et réservoirs pétroliers d'origine hydrothermale au Sud d'Ali Sabieh

Antoine, Marie Caminiti*

Chef de Projet chargé de l'Exploration Pétrolière

Correspondance, courriel : antoinecaminiti@yahoo.fr

Résumé

Cette étude préliminaire porte sur les minéralisations et sur d'éventuels réservoirs pétroliers secondaires, d'origine hydrothermale, observés et analysés au Sud de la ville d'Ali Sabieh. L'étude est au state initial et des recherches plus approfondies sont en cours. Des observations de terrain ont montré de roches sédimentaires d'âge Mésozoïque, très altérées, recristallisées, dolomitisées, silicifiées, dus aux intrusions volcaniques d'âge Tertiaire. Les roches carbonatées ayant subi un hydrothermalisme peuvent constituer de bons réservoirs pétroliers. La séquence carbonatée présente une paragenèse de minéraux de métamorphisme de contact, de remplacement de type skarn riche en sulfures et parfois en Au. Les dykes acides sont minéralisés en sulfures. L'ensemble de ces observations ont été faites dans l'oued Addayyalé et au Sud du massif Warâbaley. La minéralisation de type MVT signalée dans les pays voisins n'a pas été constaté pour le moment, et des études sédimentologiques, structurales, géochimiques devront être menées pour mettre en place la chronologie des différentes phases minérales.

Mots Clefs : Ali Sabieh, sulfure, Skarn, MVT, hydrothermalisme, réservoirs pétroliers secondaires

Abstract

This preliminary study examined the mineralization and the possibility of secondary oil reservoirs, hydrothermal origin, observed and analyzed in the south of the city of Ali Sabieh. The study is at the initial state and further investigation is underway. In the field, Mesozoic sedimentary rocks are highly altered, recrystallized, dolomitized, silicified, due to volcanic intrusions of Tertiary age. Carbonate rocks have undergone hydrothermal can be good oil reservoirs with high porosity and permeability. Close to the volcanic intrusion, the carbonated sequence has a paragenesis of contact metamorphic minerals, sulfur, skarn and Au. The felsic dykes present mineralization of sulfide. These observations were made in Wadi Addayyalé and south of the Warâbaley mount. The MVT type of mineralization reported in neighboring countries has not been found yet, and sedimentological, structural and geochemical studies must be conducted to establish the chronology of the different mineral phases.

Keywords: Ali Sabieh , sulfide, Skarn, MVT, hydrothermal, secondary oil reservoirs

Antoine, Marie CAMINITI

I - Introduction

Des acquisitions géologiques de terrain et d'analyses géochimiques, menées depuis plusieurs années, permettent d'avancer un nouveau type de minéralisation en République de Djibouti, situé au Sud d'Ali Sabieh. Les formations carbonatées du Jurassique (calcaires bitumineux, calcaires récifaux et bioclastiques, évaporites, dolomie) ont été fortement perturbés par des intrusions magmatiques durant le rifting Tertiaire. Ces nombreuses intrusions volcaniques (basaltes, gabbros, rhyolites), et la mise en place d'un laccolithe, ont provoqué un métamorphisme de contact avec l'encaissant carbonaté par l'intermédiaire de fluides hydrothermaux. Les processus métasomatiques ont provoqué une minéralisation de type Skarn. La présence éparse de minéraux identifiés (épidote, chlorite, pyrite, marcassite, quartz, calcite, grenat, zinc, plomb) dans le secteur, constitue une des paragenèses pour ce type de gîte (Meinert, 1989 ; Pirajno, 1992 ; Meinert, 1992 et 1997 ; Beaudoin, 2006 ; Jébrak et Marcoux, 2008). Des filons acides recoupent les calcaires ou le laccolithe basaltique et sont minéralisés en sulfures. Par ailleurs, des bancs calcaires de la Formation "Calcaires massifs pyriteux" ont subi un fort lessivage provoquant la formation de cavités et de veines, ainsi qu'une dolomitisation. Cette transformation de ces bancs carbonatés serait favorable à la formation de réservoirs pétroliers secondaires.

Une première approche est présentée dans cet article, et il est bien évident qu'il reste toute une étude d'évaluation des sites et du potentiel économique.

II - Cadre Géologie du secteur

Les récentes études géologiques (Daoud, 2008 ; Le Gall et *al.*, 2010 ; Oyster 2013 et 2014) et géophysiques menées par Oyster (2012, 2013 et 2014 ; Tarits et *al.*, 2015) ont montré la complexité du secteur d'Ali Sabieh, nombreuses intrusions volcaniques basiques et acides au sein de la formation sédimentaire Mésozoïque, et la mise en place d'un laccolithe basique. Ces intrusions volcaniques ont provoqué une minéralisation de métamorphisme de contact affiliée à l'hydrothermalisme. Les formations sédimentaires et volcaniques ont été décrites par de nombreux auteurs (Dreyfuss 1931, Besairie, 1949 ; Barrere et *al.*, 1974 ; Chessex et *al.*, 1975 ; Boucarut et *al.*, 1980 ; Mazet et *al.*, 1986 ; Caminiti, 2007) et ont été récemment revues et corrigées (Daoud, 2008 ; Le Gall et *al.*, 2010, Oyster, 2013 ; 2014b).

Le socle fait défaut dans le secteur du à la mise en place d'un laccolithe formant ainsi les massifs du Mont Arrey, du Mont Warabaley et des massifs associés. L'estimation de l'épaisseur du laccolithe étant de plus de deux milles mètres (Le Gall et *al.*, 2010) et elle est concordante avec les études géophysiques menées par Oyster Oil & Gas Ltd (2012, 2013, 2014a et c).

La séquence pré-rift Jurassique Supérieur- Crétacé a été subdivisées ont plusieurs formations mais dont la base est enfouie sous le laccolithe. Les formations carbonatées observées et décrites d'âge Jurassique Supérieur sont (Mazet et *al.*, 1986 ; Caminiti, 2015):

- Formation des "Calcaires massifs pyriteux" d'âge Oxfordien Terminal : épaisseur de 120 mètres, elle est caractérisée essentiellement par des bancs de calcaires micritiques noirs parfois bleutés, présence de nombreux grains pyriteux souvent oxydés, de cristaux de quartz bipyramidés, de cristaux de gypse. Ces bancs sont intercalés avec des lits cherteux. Présence de bancs métriques de biostromes de stromatoporiés.
- Formation des "Marnes gréseux à ammonites" d'âge Kimméridgien Supérieur à Tithonique Inférieur : son épaisseur est estimée entre 45 et 70 mètres. Elle est constituée de marnes gréseuses noires, présence de grains de pyrite et cristaux de gypse, de calcaires marneux noirs feuilletés à laminés, et de calcaires gréseux jaunâtres à ammonites. Elle est très affectée par de nombreux dykes et sills magmatiques (gabbro, basalte, rhyolite).
- Formation des "Calcaires Compacts" d'âge Tithonique Moyen à Supérieur: elle est la mieux représentée des formations jurassiques et elle occupe une grande surface dans les monts Arrey et Warâbaley. Son épaisseur serait de 170 mètres. Elle est constituée par des grandes dalles épaisses, à la base un niveau gréseux, des calcaires massifs fins à niveau cherteux, puis :
 - alternance de calcaires micritiques, de biostromes de stromatoporiés, de calcaires bioclastiques à coraux et gastropodes silicifiés et des niveaux oolithiques
 - au sommet, des calcaires marneux et des marnes noires feuilletées
- Formation des "Calcaires marneux - marnes gypsifères - dolomies" d'âge Tithonique Supérieur : elle est très peu développée, formant une ceinture discontinuée à l'Ouest du horst d'Arrey et à l'Est de Dadin. Son épaisseur est de 113 mètres dans l'oued Sofe Elle est constituée de la base au sommet de :
 - grès fins verdâtres, 25 mètres d'épaisseur
 - calcaires micritiques, stromatolithiques, des passées de gypse et dolomitiques
 - de bancs de gypse massif blanc saccharoïde avec des joints marneux noirs
 - alternance de calcaires gréseux, de marnes gypsifères et dolomies
 - marnes versicolores, verdâtres, jaunâtres, rouges ou lie de vin, gypsifères
- Formation des "Grès et calcaires gréseux" : elle affleure d'une manière ponctuelle en formant un escarpement (rive droite de l'oued Hassan Gouled, en bordure de l'oued Dadin, et entre les oueds Sofe et Dounyar). Son épaisseur est de 35 mètres. Elle correspond à des niveaux de transition, passage au Crétacé continental, aux "Grès d'Ali Sabieh".

La coupe de l'oued Hassan Gouled étant la plus complète, on observe de la base au sommet :

 - une discordance de ravinement affectant les dépôts sous-jacents
 - des grès grossiers à dragées de quartz
 - des grès blancs tacheté en oxyde ferrique et disposés en bancs lités décimétriques
 - des calcaires gréseux fossilifères marins
 - des grès très fins, laminés, à joints silteux
 - des marnes gréseuses versicolores, grises, rouges, lie-de-vin, jaune, et présence de cristaux de gypse

Le sommet de cette Formation est raviné par les "Grès d'Ali Sabieh".

Barrere et *al.* (1974) ont interprété le sommet de cette Formation comme étant des poches d'un paléosol riche en fer.

- Formation des "Grès d'Ali Sabieh" d'âge Crétacé : elle se situe autour des massifs calcaires. En superficie, elle représente 80% des affleurements sédimentaires et son épaisseur est variable pouvant atteindre 500 mètres (Mazet et al., 1986). Récemment la compagnie pétrolière "Oyster Oil & Gas Ltd" a estimé son épaisseur à plus de 1 600 mètres d'épaisseur (Oyster, 2014b).

Mazet et al. (1986) ont subdivisé cette Formation en deux ensembles :

- un ensemble inférieur correspondant à des bancs conglomératiques à blocs de grès ferrifères remaniés et de rhyolites mésozoïques.
- un ensemble supérieur constitué de microconglomérats à dragées de quartz et de grès très fins. De nombreuses figures sédimentaires ont été observées dans cet ensemble et notamment des ripple-marks, des stratifications entrecroisées et obliques, des figures de chenaux formant des lentilles à éléments grossiers avec une cimentation d'oxyde de Fe - Mn.

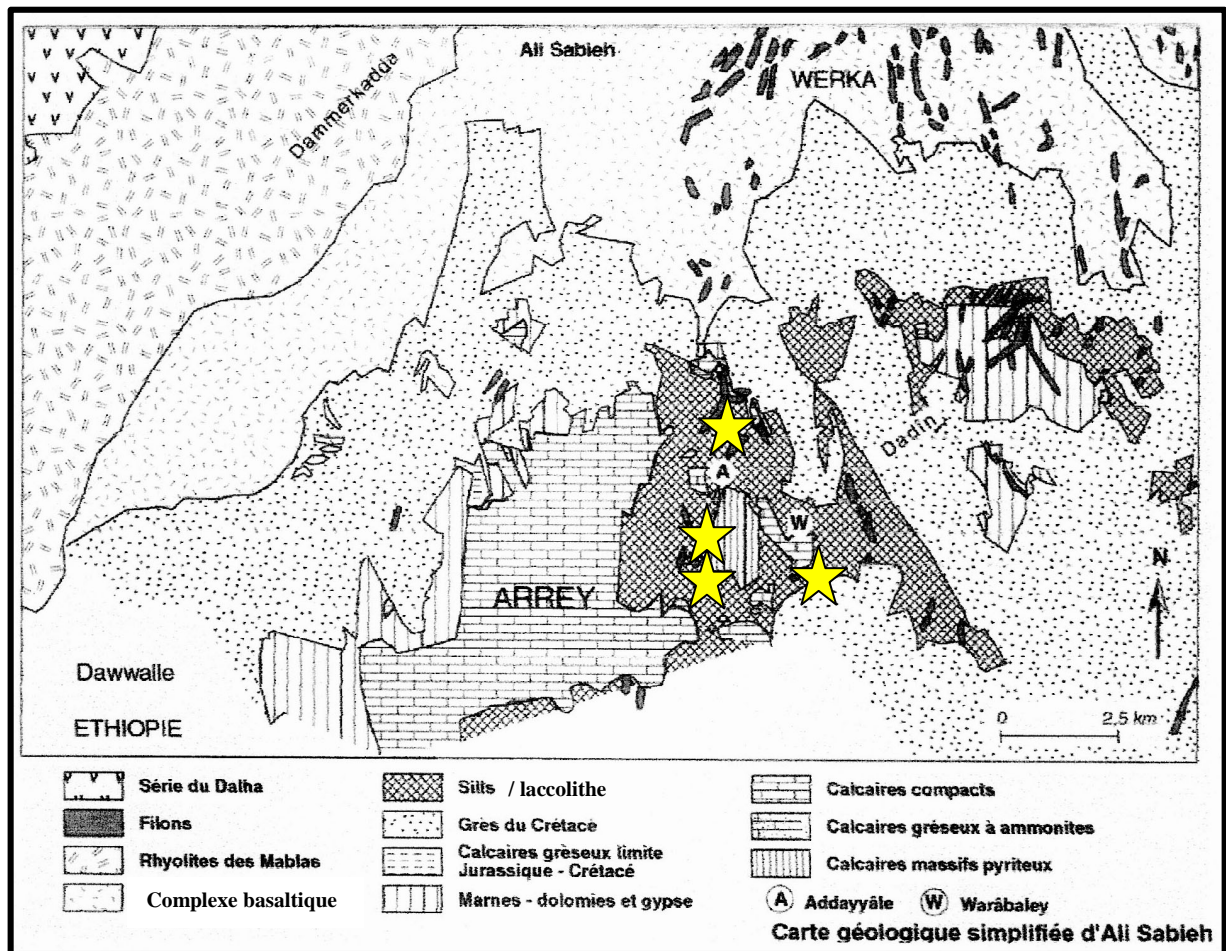


Figure N° 1 : Carte géologique simplifiée du secteur Sud Ali Sabieh (d'après Mazet et al., 1986 modifiée). ★ : Localisation des sites étudiés

Les formations volcaniques, d'âge Oligocène Terminal-Miocène, ont été revues et décrites récemment par Daoud (2008) et Le Gall et al.(2010). Il s'agit d'un complexe magmatique composé de trois unités :

- **l'intrusion principale**, de formation basaltique, affleure principalement au sud-ouest, au cœur de l'antiforme d'Ali-Sabieh, et elle est limitée par des failles NW-SE. L'âge de cette unité est compris entre 28 et 20 Ma. Son épaisseur maximale est estimée à 400 m, à proximité du toit de l'antiforme.
- **le complexe filonien est composé de deux sous-unités** :
 - Des filons basaltiques qui recoupent les formations sédimentaires mésozoïques basculées et dont leur mise en place est contemporaine du laccolithe.
 - Un réseau de dykes et sills se situe principalement dans la région de Werka. Leur orientation est NE-SW à NS, et leur disposition avec l'encaissant est sub-vertical, avec des épaisseurs qui varient entre 4 et 20 mètres.
- **la série effusive subaérienne** est comprise entre les grès crétacés et la formation acide de Mabla. Elle se présente sous forme de couches stratifiées, basculées (25-30°) et recoupées par endroit par des dykes. Cette série est très altérée et très variée avec des séquences effusives de coulées basaltiques de type ankaramite, des dépôts conglomératiques d'origine volcanique (lahar) et des tuffs. L'épaisseur de la série est estimée à 200 mètres (Le Gall et *al.*, 2010..)

III - Les minéralisations

Six échantillons ont été sélectionnés et analysés au laboratoire de géochimie du CERD. Les analyses des éléments mineurs ont été faites par l'ICP - AES, et la méthode utilisée est celle du MTA (Direction Général de Recherche Minière et d'Exploration de Turquie).

A - Formation des calcaires Jurassique

1. **"Formation de Calcaires Massifs Pyriteux" (J⁷)** : Présence de microfissures à remplissage de barytine (Mazet et *al.*, 1986 : carte géologique d'Ali Sabieh). Ci-dessous photo, roche Skarn, faciès Hornfelds, calcaire transformé par les fluides.



Fig. N° 2 : Remplacement de carbonates par skarn

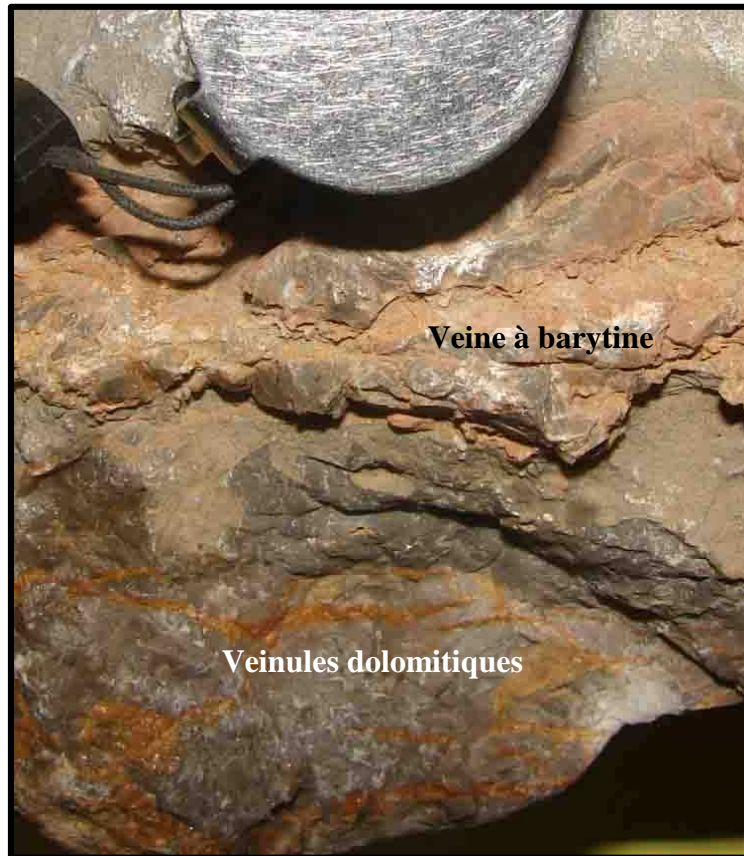


Fig. N° 3 : Veine de barytine et veinules de dolomite d'origine hydrothermale

2. **"Formation des "Calcaires gréseux à ammonites" (J⁸)** : Calcaires schisteux riches en matière organique (roche-mère d'hydrocarbures), présence de passées finement détritiques et à évaporites, ayant subi un métamorphisme de contact. Vers la frontière éthiopienne, nombreux lambeaux de la Formation " Calcaires gréseux à ammonites" flottant sur des intrusions volcaniques sont très affectés et métamorphisés. Une étude de terrain réalisée sous la direction de Oyster Oil & Gas Djibouti, par le consultant Christopher Toland (*Oolithica Geoscience Ltd*, 2013), a mis en relief que les calcaires bitumineux, roche mère, qui ont un TOC de plus de 2%, ont été brûlés et dont la maturité ne peut être exprimée. Des minéraux de métamorphose de contact ont été relevés : porphyroblastes de grenat (grossulaire), chlorite, sillimanite, feldspath, quartz, et, l'évaluation de la température attendue serait entre 400 et 550 °C. Aussi, d'après Mazet et *al.* (1988), cette Formation a subi un métamorphisme de contact avec une recristallisation de la calcite dans les calcaires. Ainsi, des calcaires impurs se sont transformés en cornéennes calciques, aspect laminé jaspé, éclat gras et leur texture a été modifiée, matrice recristallisée avec la formation de lits de grenats calciques, idocrase et épidotes.

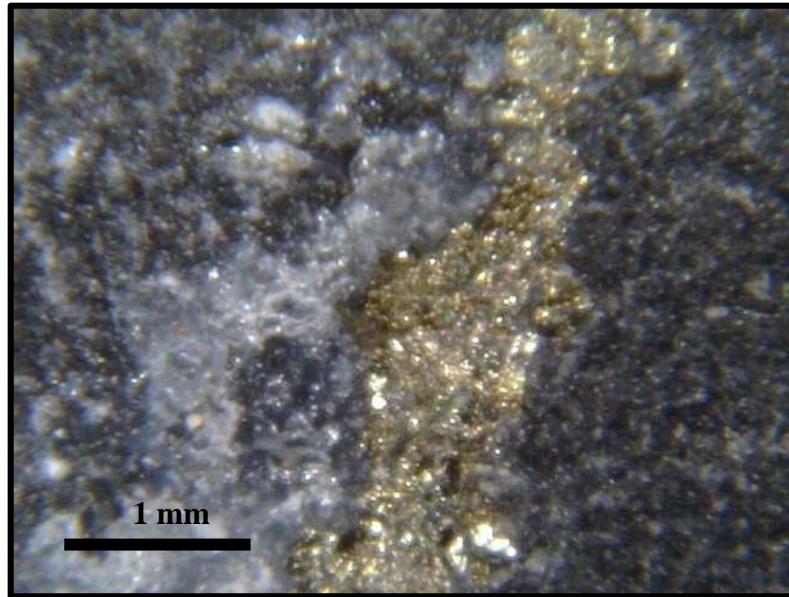


Fig. N° 4 : Calcaire noir recristallisé avec amas de sulfures, et en cours de silicification, Formation "Marnes gréseux à ammonites" Kimméridgien Supérieur à Tithonique Inférieur

3. "Formation des "Calcaires compacts" (J^9_a)" : semble être très affectée, remplacement de carbonates par skarn. Au Sud du Mont Warâbaley, site "Idriss Guirreh Farah", contact entre des calcaires en bancs massifs et une masse étrangère sombre à sulfures. La pyrite se présente en "*figures de Widmansitâten*" (entrecroisements de lamelles donnant des figures triangulaires), typique de roche Skarn. Des analyses géochimiques ont données 14,5 g/t d' Au, et des anomalies en zinc et en Ba.



Fig. N° 5 : Remplacement de carbonates/skarn Zn-Pb (Au), Formation des "Calcaires compacts" Tithonique Moyen à Supérieur, échantillon *Idriss Guirreh Farah*

B - Grès d'Ali Sabieh Crétacé

Les "Grès d'Ali Sabieh" d'âge Crétacé sont représentés à leur base par des grès roses à ciment hématitique, secteur entre Dagahha-Dadanayya et Obolley (Mazet *et al.*, 1986). A Assamo, des lentilles de grès grossiers correspondant à des chenaux fluviaux ont une cimentation à oxyde de Fe-Mn. L'origine de ces minéralisations reste inconnue (Mazet *et al.*, 1986). Ces lentilles gréseuses sont affectées par de nombreux sills basaltiques. A Bihendula, les Grès de Jesomma du Crétacé (Somalie du Nord) renferment des nodules d'oxydes de Fe-Mn et dont Turi *et al.* (1980) ont montré que le manganèse proviendrait de l'altération de lentilles riches en manganèse appartenant au socle.

A Dounyar, les grès roses à ciment hématitique sont affectés par des veines ou fractures remplies en Fe-Mn. L'origine est-elle un phénomène de ségrégation remplissant la fracture ou plutôt par un fluide hydrothermale riche en Fe-Mn ?



Fig. N° 6 : Grès rose et fractures remplies de Fe- Mn

L'analyse d'une croûte Fe-Mn sur les grès Crétacé a donné une teneur de 28,9% en fer. Cette anomalie en fer dans les grès du Crétacé ne constitue pas forcément l'existence d'un gîte.

C - Complexe basaltique

Métamorphisme de contact (hydrothermal) : épidote, chlorite, sulfures (marcassites, pyrite) à Ali Addé et à Da'asbyyo.

D - Complexe filonien d'âge Miocène

Dyke basaltique dans l'oued Addayyâlé

Un dyke basaltique recoupant la Formation "Marnes gréseux à ammonites" contient de nombreuses pyrites framboïdales.

Dykes acides dans l'oued Addayyâlé

Un dyke acide correspond à une rhyolite à sphérules minéralisé en sulfures recoupe la Formation des "Calcaires massifs pyriteux" d'âge Oxfordien Terminal. L'analyse d'un échantillon a donné une anomalie en Au de 2,36 g/t, et, des anomalies en Zn.

Un second dyke acide, fort puissant, microbrèchiques et veinules riche en sulfures, recoupant le laccolithe a donné des anomalies surtout en zinc.

Dans le Mont Boura, près d'Ali Addé, une veine de quartz décimétrique (ANACONDA VEIN) a des anomalies e Au et Cu (Moussa 2012 ; Moussa et *al.*, 2012)

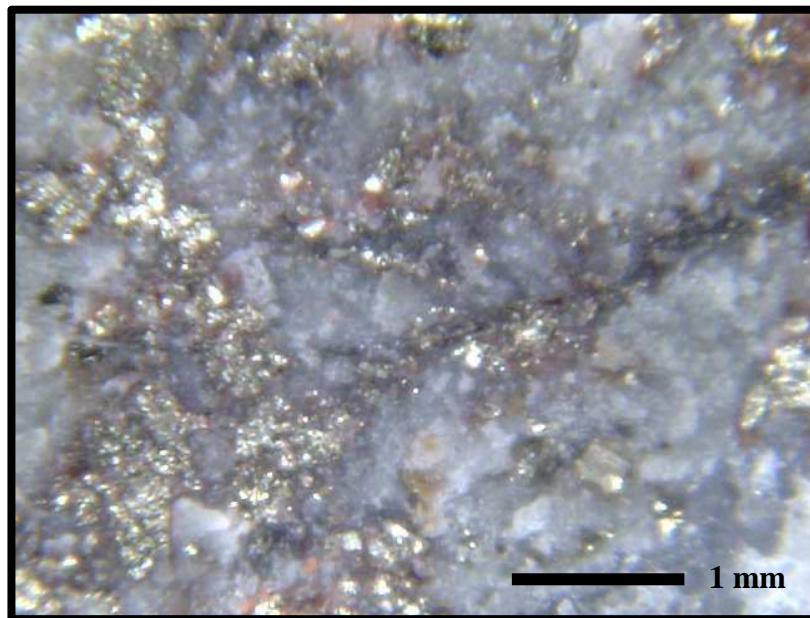


Fig. N° 7 : Filon rhyolitique microbrèchique et veinules à sulfures, Oued Addayyâlé

IV- Perspective minière et intérêt économique

Les récentes études géologiques, structurales et géophysiques montrent que cette région a subi un magmatisme complexe au Tertiaire dont le soubassement et le contact socle/sédiments sont enfouis à plusieurs centaines de mètres de profondeur (plus de 3 000 mètres). L'épaisseur des formations volcaniques, volcano-sédimentaires et sédimentaires recouvrant les roches mésozoïques serait de 1,8 km en moyenne (Le Gall et al., 2010 ; Oyster Oil & Gas, 2012).

Les nombreuses intrusions volcaniques (basaltes, gabbros, rhyolites) ont provoqué un métamorphisme de contact, processus métasomatiques ou de remplacement et mise en place d'une minéralisation de type Skarn. Malgré des dépôts sédimentaires qui s'y prêtent (calcaires bitumineux, évaporites, dolomie) une minéralisation de type MVT (Mississippi Valley Type)

n'a pas été constatée, et, fort probablement masquée par le volcanisme Tertiaire. Des métaux accumulés dans le socle, dans la série sédimentaire d'Inda'Ad (Somalie du Nord) et dans les dépôts carbonatés du Jurassique, ont été remobilisés par les injections magmatiques et les fluides hydrothermaux, permettant un nouveau type de minéralisation. Les analyses ont relevés des indices de Zn, dans les calcaires des Formations "Calcaires massifs pyriteux", "Marnes gréseux à ammonites" et "Calcaires compacts" et dans les filons rhyolitiques.

Dans la région, de nombreux gîtes ont été décrits au Nord de la Somalie dans le socle cristallin et en minéralisation stratiforme dans les calcaires du Jurassique (Kamenov & Petrov, 2012 ; Frizzo, 1993). En Ethiopie, dans la région de Mekele-Quiha, Getaneh et *al.* (1993) signalent la présence de dépôts de type MVT dans les calcaires de la Formation d'Antalo, et, au Yémen, le gisement historique en Zn - Pb et Ag de Jabali dans la série Jurassique a été étudié par Christmann et *al.* (1983) et par Al Ganad (1991).

La mise en place d'une prospection minière reste indispensable dans ce secteur, afin de définir les différentes phases minéralogiques. Les sites répertoriés sont des cibles potentielles et devront faire état d'une étude plus poussée, prélèvements d'échantillons encaissant et filons avec des analyses géochimiques voire des analyses isotopiques. Un levé cartographique des faciès carbonatés et une étude sédimentologique des dépôts sédimentaires restent indispensables. Aussi, une étude structurale, recensement des failles et des filons devra être intégrés. Ces études complémentaires permettront de distinguer les différents types de minéralisation Skarn, hydrothermalisme magmatique ou aussi MVT qui sont difficiles de les distinguer dans un contexte géologique complexe. Les anomalies en Zn, Ba et dolomitisation hydrothermale signalées devront être une des priorités de la recherche minière.

La Formation des "Grès d'Ali Sabieh" présentant des niveaux d'anomalie en Fe-Mn devra être sérieusement étudiée.

V - Réservoirs pétroliers secondaires

Dans l'oued Addayyâle, la Formation "Calcaires massifs pyriteux" présente des bancs très affectés par des fluides hydrothermaux, bancs rubanés en calcite, en barytine, en oxydes de fer, bréchifiés, dolomités, formation de pores vides. Les fluides hydrothermaux ont contribué à lessiver la roche et à augmenter sa porosité (cavités, formation secondaire de dolomite). En sub-surface, ces bancs pourraient constituer de bons réservoirs pétroliers.

Ce type de réservoir particulier et conventionnel devra être pris en considération lors du premier forage pétrolier. Le pays ayant subi plusieurs phases volcano-tectoniques, les fluides hydrothermaux ont entraîné des dissolutions et formé des morphologies de type karstique. La formation de dépôts dolomitiques hydrothermaux apporte une plus grande porosité et perméabilité augmentant ainsi les propriétés des réservoirs. Associés à de nombreuses failles, des réservoirs coin-faillé dolomitiques pourrait être des pièges intéressants. Récemment des gisements pétroliers à réservoirs conventionnels identiques ont été découverts au Canada (Petrolympic Ltd, 2013 ; Malo et *al.*, 2015).

Cette formation mériterait une étude plus poussée d'un point de vue géochimique et pétrographique.



Fig. N° 8 : Bancs de calcaire lessivé et transformé par les fluides hydrothermaux. Formation des "Calcaires massifs pyriteux" Oxfordien Terminal.

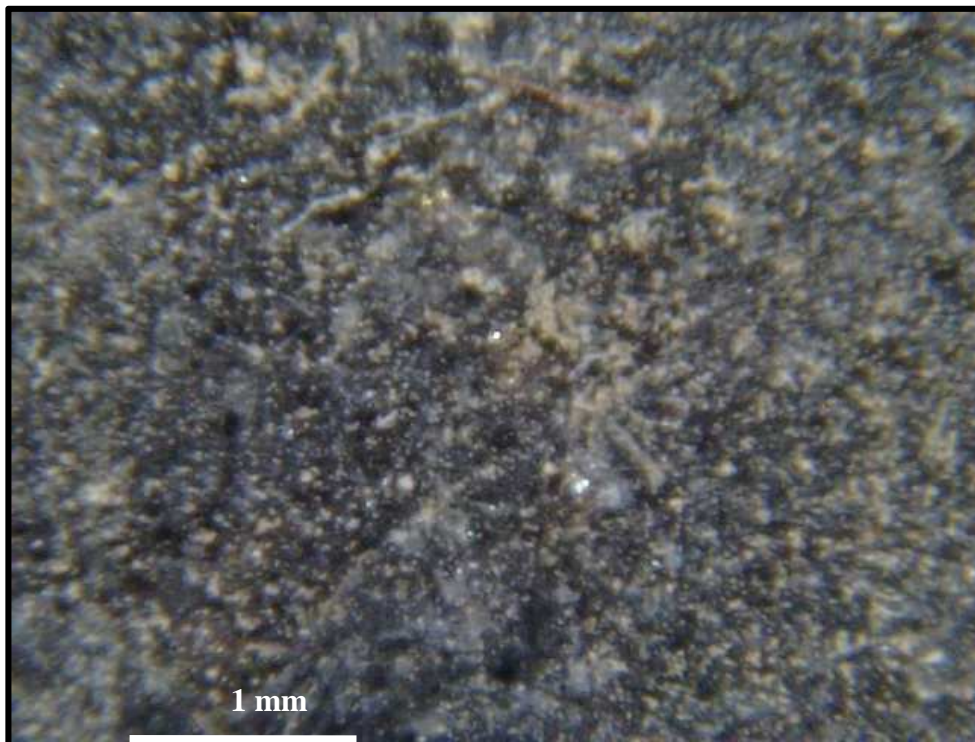


Fig. N° 9 : Dolomitisation du calcaire par des fluides hydrothermaux

VI - Conclusion

Les observations de terrain et des analyses de différentes équipes montrent à première vue une minéralisation de type hydrothermale et la formation de skarn dans un contexte classique entre intrusions magmatiques et formations carbonatées. Les formations carbonatées ont subi une transformation minérale par hydrothermalisme avec des anomalies en Zn, Ba, pour la Formation "Calcaires massifs pyriteux", et pour la Formation "Marnes gréseux à ammonites", en Au et Zn pour la Formation "Calcaires compacts". Les filons acides ont des anomalies en Zn, Ba, Nb et Au.

Vue la complexité du site, séquence stratigraphique pré-rift, volcano-tectonique Tertiaire, les dépôts MVT ont été enfouis ou intégrés dans le système hydrothermal de type skarn.

La Formation "Calcaires massifs pyriteux" a été lessivée, subie des dissolutions, et une dolomitisée par l'hydrothermalisme Tertiaire. Elle pourrait être un bon niveau de réservoirs pétroliers.

Des études bien ciblées, en géochimie, en pétrographie, une cartographie structurale, mais aussi géophysique en gravimétrie pourraient contribuer à une meilleure connaissance de l'ensemble des phénomènes des minéralisations et des réservoirs pétroliers conventionnels issus par l'hydrothermalisme.

Remerciements

Cet article est dédié à la mémoire du **Dr Idriss Guirreh Farah**, géologue incontournable de la région d'Ali Sabieh, collègue de travail et surtout un Ami. Humble, passionné, il était ouvert à toute discussion. Sa disparition nous a laissé un vide et dont certains de ses secrets ont été emporté à tout jamais. Les nombreuses sorties effectuées en sa compagnie, avec le Dr. Mohamed Osman Awaleh, étaient pleins de surprise et toujours riches d'information scientifique.

De 2004 à 2011, l'équipe de l'Université de UBO, constituée de Bernard Le Gall, de Joël Rolet et de René Maury, a sillonné l'ensemble du pays et apporté des données géologiques essentielles pour la compréhension du Rifting Afar. Le Dr Daoud a énormément contribué dans la région d'Ali Sabieh et apportant une meilleure connaissance géologique, région très complexe, et dont les études pétrolières de Oyster Oil & Gas Ltd en géophysique MT et gravimétrie, associées avec le CERD, l'ont confirmé.

Dr Moussa, métallogéniste du CERD, a contribué à une meilleure connaissance des minéralisations épithermaux dans les divers sites étudiés de la République de Djibouti.

Je tiens à remercier aussi le Directeur Général de Oyster Oil & Gas Ltd, Mr Shagi Ravindran, d'avoir autorisé quelques données confidentiels de l'exploration pétrolière menée actuellement.

Je remercie le Directeur Général du CERD, Dr Jalludin Mohamed, de m'avoir accueilli dans son Centre et son appui pour mes recherches minières et pétrolières.

Je tiens à remercier le Directeur de l'IST du CERD, Dr Mohamed Osman Awaleh, pour son appui constant à mes recherches et grâce à lui les échantillons ont pu être analysés dans le laboratoire de géochimie de l'IST.

Je remercie Mr SAMALEH IDRIS AHMED, d'avoir pris soin des échantillons et de les traiter le plus efficacement possible sans qu'ils soient trop contaminés.

Remarques

Pour des raisons de confidentialités, et en cours d'étude, les sites et les analyses ne peuvent être diffusés.

Références

- Al Ganad I.N.A., 1991.** Etude géologique et minéralogique du gisement Zn - Pb - Ag de Jabali (Bordure Sud du bassin de Wadi Al jawf, République du Yémen). Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, France.
- Barrere P., Boucarut M., Clin M., Moussie C., Muller J., Pouchan P., Thibault C. et Weidmann M., 1975.** Carte géologique du TFAI: feuille d'Ali Sabieh. Université de Bordeaux III et CEGD Eds.
- Beaudoin G., 2006.** Manuel de gîtologie et métallogénie. Manuel de cours, Faculté des Sciences et de Génie, Université Laval, Québec, 103p.
- Besairie H., 1949.** La Côte Française des Somalis. Bureau Géologique - Tananarive 1949
- Boucarut M., Clin M., Thibault C., 1980a.** Etude stratigraphique de la République de Djibouti. Ed. Université de Bordeaux III, pp. 1-49, 14 fig., 1 tab.
- Caminiti A.M., 2015.** Horizons à ooïdes en tant que réservoirs pétroliers. *Revue Sciences et Environnement*, CERD, *Revue Sciences et Environnement*, CERD n° 28, pp 84-99.
- Caminiti A.M., 2007.** Hydrothermalisme et minéralisation dans un contexte de rift actif - République de Djibouti. *Revue Science et Environnement*, CERD, n° 21, Djibouti.
- Chessex R., Delaloye M., Muller J. and Weidmann M., 1975.** Evolution of the volcanic region of Ali Sabieh (T.F.A.I.), in the light of K-Ar age determinations. *In Afar depression of Ethiopia, Pilger and Roster, Eds.*, Schweizerbart, Stuttgart, p. 221-227.
- Christmann P., Lagny P., Lescuyer J.L. et Sharaf Al Din A., 1983.** Résultats de trois années de prospection en République arabe du Yémen. Découverte du gisement de Jabali (Zn-Pb-Ag) dans la couverture jurassique. *Chron. rech. min.*, n° 473, pp 25-38, 6 fig., 2 tabl., 1 ph.
- Daoud M.A., 2008.** Dynamique du rifting continental de 30 Ma à l'Actuel dans la partie Sud Est du Triangle Afar. Tectonique et magmatisme du rift de Tadjoura et des domaines Danakil et d'Ali Sabieh, République de Djibouti. Thèse UBO Brest, 200p.

Dreyfuss M., 1931. Etudes de géologie et de géographie physique sur la côte française des Somalis. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, (1) 4, p. 287-385.

Frizzo, P., 1993. Ore geology of the cristalline basement of Somlaia. *Geology and mineral resources of Somalia and surrounding regions*. Ist Agron. Oltremare, Firenze, Relaz. e Monogr. 113, pp 517-540.

Mazet, G., Recroix, F., Barberi F., Gasse, F. et Varet, J., 1986. Carte géologique de la République de Djibouti : feuille d'Ali Sabieh. Ministère Français des Relations Extérieures et ISERST, ORSTOM Ed., notice 104 p.

Getaneh A., Pretti S. and Valera R., 1993. An outline of the metallogenic history of Ethiopia. *Geology and mineral resources of Somalia and surrounding regions*. Ist Agron. Oltremare, Firenze, Relaz. e Monogr. 113, pp 569-578.

Guirreh I., Caminiti A.M., Daoud M.A. & Moussa N., 2012. Rapport de synthèse sur "la Roche A Magnétite" de la région d'Ali Sabieh. CERD, Djibouti, rapport interne du mois de mai 2012.

Guirreh I., Caminiti A.M., Awalah M. O. & Moussa N., 2012. Compte rendu de la mission de terrain du 24 janvier 2012- "à la recherche de la Roche à Magnétite" région Ali Sabieh, secteur Guelilé-Oued Sofé. CERD, Djibouti, rapport interne, janvier 2012, 11p.

Kamenov, B.K. et Petrov P., 2012. Unidentified hydrothermal mineral occurrences in Northern Somalia - first mineral thermometry study. *Geochemistry, mineralogy and petrology*. Sofia, 49, 1-16.

Jébrak M. & Marcoux E., 2008. Géologie des ressources minérales. *Ressources naturelles et Faune - Québec*. Association géologique du Canada - Société de l'Industrie Minérale, 667p.

Le Gall B., Daoud M.A., Maury R.C., Rolet J. & Sue Ch., 2010. "Magmatism driven antiformal structures in the Afar rift. The Ali Sabieh range Djibouti". *Journal of Structural Geology*, 32, 843-854.

Malo M., Comeau F-A et Séjourné S., 2015. Etablissement des bassins géologiques analogues aux structures géologiques en Gaspésie, dans le Bas-Saint-Laurent et dans le golfe du Saint-Laurent. Rapport Final soumis au Ministère de l'Energie et des Ressources Naturelles, rapport de recherche 1631, 102p. INRS-université de recherche Québec.

Meinert L.D., 1989. Gold skarn deposits - Geology and exploration criteria. In Groves D. , Keays R. and Ramsay R., eds, *Proc. Of Gold '88, Economic Geology Monograph #6*, pp. 537-552.

Meinert L.D., 1992. Skarns and skarn deposits. *Geoscience Canada*, v. 19, pp. 145-162.

Meinert L.D., 1997. Application of skarn deposit zonation models to mineral exploration. *Expl. And Minig Geol.*, 6, pp. 185-208.

Moussa N., 2012. Métallogénie d'un rift en cours d'océanisation : Exemple de Djibouti. Thèse / Université de Bretagne Occidentale.

Moussa N. Fouquet Y., Le Gall B., Caminiti A.M., Rolet J., Bohn M., Etoubleau, Delacourt C. et Jalludin M., 2012. First evidence of epithermal gold occurrences in the SE Afar Rift, Republic of Djibouti. *Mineralium Deposita*, Int. Journ. Geology, Mineralogy and Geochemistry of Mineral Deposits, Springer-Verlag.

Oyster Oil & Gas Ltd, 2015. Djibouti: an Emerging Player in the Red Sea region. Red Sea Oil & Gas Summit, 23th & 24th February 2015, presented by Wilson Colin for Oyster Oil & Gas Ltd.

Oyster Oil & Gas Ltd, 2014a. Management Committee Meeting Blocks 1, 2, 3, 4 Djibouti. Presented the 14th October 2014.

Oyster Oil & Gas Ltd, 2014b. "Operators Report Q3 2014 / 1st July - 30 September 2014", including the report "Reconnaissance geology of the Ali Sabieh area, Block 1, onshore Djibouti": Results of the 2014 field Campaign. Report prepared by C. Toland from *Oolithica Geoscience Ltd* for Oyster oil & Gas Ltd, 198p.

Oyster Oil & Gas Ltd, 2014c. Management Committee Meeting Blocks 1, 2, 3, 4 Djibouti. Presented the 25th February 2014.

Oyster Oil & Gas Ltd, 2013. "Operators Report 1st July to 30 September 2013, including the report "Reconnaissance geology of Ali Sabieh, Block 1, onshore Djibouti", prepared by C. Toland from *Oolithica Geoscience Ltd* for Oyster Oil & Gas Ltd, 73p.

Oyster Oil & Gas Ltd, 2012. Operators Report 1st July to 30 September 2012, including the report "Djibouti gravity and magnetic interpretation study" prepared by Lorenzo Cascone & Simon Campbell from GETECH, 2012 In Republic of Djibouti for Oyster Oil & Gas Ltd.

Pirajno F., 1992. Hydrothermal Mineral Deposits. Principles and fundamental Concepts for the Exploration Geologist. *Springer-Verlag*, 708 p.

Petrolympic Ltd, 2013. Découverte d'un réservoir de gaz naturel conventionnel dans le Bas-Saint-Laurent. TORONTO, ONTARIO--(Marketwired - 15 nov. 2013).

Tarits P., Hautot S., Roach P. & Magareh H.M., 2015. Mapping Density Models onto Resistivity Structure through Joint Inversion of gravity and MT. Annual Conference SGE, New Orleans, USA, 4p.