

دراسة بترولوجية لقواطع الصخر

في المنطقة الوسطى من كتلة سيالات (الهقار الغربي، الجزائر)

فاتن بشري بن مرزوق¹ مقدم سارة¹، أرزقي ميتسانا²، جيلالي غزالي²، أمينة لوني-حسيني²
، حميد بشري²، كاتي لوكا³، برنار بونا³

1- مخبر تعليمات العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة القديمة، الجزائر.

2- كلية علوم الأرض والجغرافيا والتهيئة العمرانية، جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا، باب الزوار الجزائر

3- CNRS-UPS /UMR8148 "IDES" ، قسم علوم الأرض، جامعة باريس-ساكلاي، عمارة 504 شارع بالفيدار 91405 Orsay Cedex (فرنسا)

الملخص ABSTRACT

تشكل صخور الدولريت (dolerite) المنتشرة في المنطقة الوسطى لإقليم سيالات (الهقار الغربي الجزائر) قواطع مختلفة الحجم، السحنة، الطبيعة الكيميائية وكذا الانتشار الجغرافي. تتميز بالتركيب المعدني التالي: بلاجيوكلاز + بيروكسان $\pm$ أمفيبول + أكاسيد الحديد + تيتانيت + أباتيت. تنتظم هذه الفلزات في ثلاثة أنماط من النسيج: 1-نسيج دوليريتي ناعم الحبيبات، 2-نسيج دوليريتي متوسط الحبيبات و 3-نسيج دوليريتي خشن الحبيبات. سجلت جميع القواطع التحول السطحي المعروف في المنطقة، وينعكس ذلك من خلال انتشار المعادن الثانوية مثل الكلوريت والاكتنوت والميسكوفيت والابدوت وغيرهم. الطبيعة الكيميائية لبيروكسان الدولريت ذات النسيج المتوسط كلسية-قلوية في حين بيروكسان المتواجد في قواطع الدولريت ذات النسيج الخشن تولييتي.

يرجح أن توضع قواطع الدولريت في إقليم سيالات مرتبط بالمرحلة التي تسبق توضع المركبات الحلقية متأخرة النشأة أثناء الدورة البانية للجبل لعموم أفريقيا، كما هو الحال بالنسبة لقواطع تين زيان المقترنة بالمركب الحلقى "شمال تهمياتين". لكن لاعتماد هذه الفكرة، لابد من دراسة جيوكيميائية مفصلة لصخور قواطع الدولريت (العناصر الرئيسية والنادرة والشحيحة والنظائر) ولما لا تزمينها المطلق.

¹مخبر تعليمات العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة القديمة، الجزائر faty_benmerzoug@yahoo.fr

الكلمات المفتاحية: صخر الدُوليريت، القواطع، دراسة بتروغرافية، التركيبة الكيميائية للمعادن، سيلات، الهقار الغربي، الجزائر

Petrological study of dolerite dykes in central's area of Silet terrane (Hoggar, Algeria)

Fatene BECHIRI-BENMERZOUG¹, Sarra Mokaddem ¹, Arezki METSANA², Djillali GHEZALI², Amina LOUNI-HACINI², Hamid BECHIRI², Cathy LUCAS³, Bernard BONIN³

- 1- Laboratoire « Didactique des Sciences »/Ecole Normale Supérieure-Kouba, Alger, Algérie.
- 2- Laboratoire Métallogénie et Magmatisme de l'Algérie (LMMA-FSTGAT) USTHB, BEZ/ Alger, Algérie
- 3- CNRS-UPS UMR 8148 "GEOPS", Département des Sciences de la Terre, Université Paris-Saclay, Bâtiment 504, rue du Belvédère, 91405 Orsay Cedex, France.

Abstract

The dolerite dykes crossing the central part of the silet area (Silet Block, Western Hoggar) are oriented for the majority of them, East-West. They can be classified in three facies, according to their textures: 1 Fine-grained doleritic texture, 2- Medium-grained doleritic texture and 3- Coarse-grained doleritic texture.

The mineralogical composition is almost constant in all types and consists of plagioclase + pyroxene $\pm$ amphibole + titanite + apatite + opaque oxides. All rocks record low-grade metamorphism (green schist facies) with the appearance of chlorite + actinote + trimolite + calcite + quartz.

The formation of these dolerite dykes is probably related to period before the intrusion of 'Taourirt 'A-type granite complexes. Total rock analyzes (major elements, rare earth elements + trace elements + isotopes) are essential to understand the geodynamic context as well as the age of setting up dolerites.

Keywords: dykes, dolerite, petrographic study, mineral's chemical composition, Silet, western hoggar, Algeria

المدخل INTRODUCTION

تقع منطقة الدراسة في وسط كتلة سيالات التي تنتمي إلى درع الطوارق (Touareg shield) المتكوّن من خمس وعشرين كتلة ليتوسفيرية (Liegeois et al, 2019) (الشكل 1)، تشكّل كتلة سيالات وكتلتا عين تايدني وتين زواتين السلسلة الفاروزية (Pharusian belt) التي عرفها موريس للوبر (M. Lelubre, 1952)، وهي تشكيلات من الصخور البركانو-رسوبية التي يعود عمرها لحقب النيوبروتروزوي (Neoproterozoic)، توضع في محيط قديم نشأ بعد تفكك القارة العظمى رودينيا (Rodinia) (Dos Santos et al, 2008). تتميز صخور السلسلة الفاروزية بتحوّل سطحيّ طفيف في سحنة الشيسيت الأخضر (epizonal metamorphism) مما يجعلها تحافظ بنسبة عالية على خصائصها الأصلية وساهم في تسهيل مختلف الدراسات الجيولوجية.

تميّزت كتلة سيالات أثناء المرحلة الأولى من الدورة البانية للجبال لعموم أفريقيا (Pan african orogen) والممتدة ما بين 870 و 635 مليون سنة (J-P. Liégeois, 2019 ; and references therein) بظاهرة غوص محيطي- محيطي باتجاه الغرب مما أدى إلى تشكّل جزر قوسية بركانية وتوضع عدد كبير من الباتوليتات الحامضية من نمط (ت ت ج / TTG) (توناليت-ترونجميت-گرانوديوريت - Tonalite) (Bechiri-Benmerzoug, 2009 Trondhjemite - granodiorite) خلال مرحلة الذروة (630 - 580 مليون سنة) تمّ غلق كلّ للمحيط أماس (Ammas Ocean) الذي كان يفصل شبه الراسخ لاتيا (Metacraton LATEA) والسلسلة الفاروزية واتّصفت هذه الفترة بتموضع الباتوليتات الكلسية القلوية الغنية بالبوتاسيوم داخل شبه راسخ اللاتيا وفي كتلتي عين تايدني وتين زواطين (High K Calc-Alcalin batholiths). تتّصف المرحلة المتأخرة من الدورة البانية للجبال لعموم أفريقيا (575 - 520 مليون سنة) بانتشار المركّبات الغرانيتية الحلقية من نمط A على حدود الكتل الليتوسفيرية وأحيانا بداخلها (Azzouni-Sekkal et al, 2003). تجدر الإشارة إلى وجود مركّبات قاعدية إلى فوق قاعدية صغيرة إلى متوسطة الحجم، أحيانا ذات نسيج تراكمي، في جميع أنحاء منطقة الدراسة (الشكل 1ب)، مع الأسف لم يتمّ تأريخها لغاية اليوم ولكن بعض الدراسات التي اعتمدت على العلاقات البنيوية في الميدان ربطت زمن توضعها بالمرحلة الأولى للدورة البانية للجبال، لعموم أفريقيا (Bechiri, 2005 ; Kheloui, 2009). تنتشر قواطع مختلفة الشكل والحجم والطبيعة الكيميائية في منطقة الدراسة، منها الحامضية مثل قواطع السيينيت المحيطة بالمركّب الحلقّي تيويين (Boissonnas, 1974) ومنها المتوسطة والمتمثلة في صخور الديوريت التي تخترق باثوليت إهاراج (Bechiri-Benmerzoug, 2009) والقاعدية (صخور الدولريت، قيد الدراسة).

تظهر أغلب قواطع الدولريت (Dolerite) في الميدان باتجاه شرق-غرب على امتداد قد يصل إلى 20 كلم، وتوجد أخرى ذات اتجاه شمال شرق-جنوب غرب وثالثة تظهر باتجاه شمال-جنوب لكنها نادرة. قمنا

من خلال هذه الدراسة بترتيبها حسب بنيتها المجهرية (النسج) إلى ثلاثة أنواع: دولريت ذات نسيج حبيبي ناعم، ودولريت ذات نسيج حبيبي متوسط ودولريت ذات نسيج حبيبي خشن.

2. الوسائل Materials

كان موريس غرافل (Maurice Gravelle, 1969) أول من قام بتعيين قواطع الدولريت خلال إنجازها للخريطة الجيولوجية الخاصة بـ "سيلات-تباھوين" بمقياس 1:100000 ولكنه لم يقدم أي دراسة تفصيلية لها. أثناء الرحلات الميدانية المنجزة ما بين سنتي 2001 و 2010، قمنا بجلب عشر عينات لصخور قواطع الدولريت المنتشرة في المنطقة الوسطى لإقليم سيلات (الجدول 1). ثم قمنا بإنجاز مجموعة من الشرائح الزجاجية في مخبر الصخور المتواجد في قسم علوم الأرض بجامعة أورسي-ساكلاي (Université Paris-Saclay) بجنوب باريس (فرنسا). تم إجراء التحاليل الكيميائية لمعادن هذه الصخور بجهاز المسبار المجهرية المتواجد بجامعة بيار وماري كوري بباريس (Camparis of Jussieu- Université Pierre et Marie Curie (UPMC)) في الظروف العادية المتوافق عليها: أي باستعمال شعاع 10 nA وبفلطية متسارعة قدرها 15 keV يبلغ قطر الشعاع الإلكتروني 0.5 μm وتستغرق مدة تحليل كل عنصر 20 ثانية.

3. النتائج RESULTS

أفضت الدراسة البتروغرافية المجهرية وكيميائية المعادن لمختلف عينات الدولريت المتواجدة في إقليم سيلات إلى تحديد ثلاثة أنواع من النسج مقابل تشكيلة معدنية متشابهة من حيث الشكل وقليلة الاختلاف في تركيبها الكيميائية.

3.1. الدراسة المجهرية لصخور قواطع الدولريت

تترتب المعادن المكونة لقواطع الدولريت في: 1- نسيج دولريتي ناعم الحبيبات، 2- نسيج دولريتي متوسط الحبيبات، 3- نسيج دولريتي خشن الحبيبات

3.1.1. نسيج دولريتي ناعم الحبيبات Fine-grained doleritic texture : تمت ملاحظة هذه القواطع في المنطقة الشمالية والجنوبية من إقليم الدراسة، لكنها أكثر انتشارا في الجهة الشمالية ومنها ما يقطع (على سبيل المثال) باتوليت من نمط (TTG) المعروف بأهمباتو (Ahambatou)، نسبة لواد أهمباتو الذي يجتازه، وهو مؤرخ في 651 ± 6 مليون سنة (Bechiri-Benmerzoug, 2009). يتراوح طول قواطع دولريت هذه من بضعة أمتار إلى 3 كلم وعرضها ما بين 50 سم إلى 2 متر (اللوحة 1 الصورة a و b). الصخرة داكنة اللون ذات ملمس ناعم، عند كسر العينة، تظهر بلون مخضر غامق أين يمكن ملاحظة بعض الحبيبات بالمكانة. تحت المجهر، تظهر الصخور بنسج حبيبي ناعم (اللوحة 1 الصورة c) أين تظهر بلورات أغلب البلاجيوكلاز (ما بين 35 إلى 45 % من الحجم الكلي للصخر) داكنة اللون بسبب فسادها إلى مزيج من

أكاسيد الحديد والميكا. تتداخل المقاطع المتطاولة في ما بينها مشكّلة فراغات تملؤها بلّورات البيروكسين (30 إلى 40 %) الذي يظهر بلون ورديّ فاتح ممّا يدلّ أنّها تحتوي على نسبة مرتفعة من التيتانيوم. تنتشر بلّورات متطاولة من الأمفيبول (3 إلى 5%) ذات تبدّل لونيّ مباشر من البنيّ الغامق إلى البنيّ الفاتح، تصل نسبة المعادن العاتمة (أكاسيد الحديد) إلى 10 %. أمّا المعادن الملحقة فهي ممثّلة بالأباتيت والتيتانيت (Apatite + Titanite)، كما تنتشر وريقات صغيرة برّاقة من الميكا البيضاء والابيدوت والكلوريت والكوارتز وهم يعكسون التحوّل السطحي الذي تعرّضت له الصّخور.

2.1.3 نسيج دولريتي متوسّط الحبيبات Medium-grained doleritic texture: تتميّز هذه القواطع بانتشارها الكبير في الجزء الجنوبيّ من منطقة الدّراسة حيث يتعدّى طولها 20 كلم، وعرضها يصل المترين، اتجاهاها الرئيسيّ شرق-غرب ويمكن أن تكون باتجاه شمال شرق-جنوب غرب ونادرا جدّا ما تكون باتجاه الشّمال. تخترق هذه القواطع الباتوليتات الغرانوديوريتيّة من نمط TTG كباتوليث طامطق (Tamteq) المؤرّخ في 5 ± 742 مليون سنة، مرّكب سيلات (Silet) المؤرّخ في 3 ± 648 مليون سنة وباثوليث إهارج (Iharedj) غير المؤرّخ (اللوحة 1، الصّورة d). تتميّز صخورها بلمس ناعم ذي مظهر أخضر اللون فاتح إلى داكن وعند كسر العيّنة يمكن مشاهدة بلّورات متجانسة الحجم أكثرها عاتمة اللون وتتخلّلها أخرى فاتحة. تظهر الدّراسة المجهرية نسيج دولريتيّ متوسّط الحبيبات (اللوحة 1، الصّورة e) شبه أوفيتي (Subophitic texture)، أين تظهر بلّورات البيروكسين كبيرة وتضمّ مقاطع مستطيلة من البلاجيوكلاز (اللوحة 1، الصّورة f). أظهرت بعض الشّرائح وجود بلّورات من الأمفيبول السّمراء (من 10 إلى 15%) وكذلك مقاطع رقيقة ومتطاولة (ليفية الشّكل) من الأكتنوت والتّريموليت (Actinote-Trimolite) وهي ناتجة من تغيّر البروكسين. المعادن العاتمة منتشرة بصورة نظاميّة ونسبتها لا تتعدّى 20 %. يشكّل الكوارتز والكلوريت والكالسيت المعادن الثّانويّة التي نشأت نتيجة التّجوية الكيميائيّة للمعادن الرئيسيّة.

3.1.3 نسيج دولريتي خشن الحبيبات Coarse-grained doleritic texture: تمّت ملاحظتها في الجهة الجنوبيّة من منطقة الدّراسة فقط، حيث تخترق الباثوليت التّوناليتي طامطق (اللوحة 1، الصّورة g). تظهر في الميدان على شكل قواطع قصيرة إلى متوسّطة الطّول، حيث تظهر أحيانا على مسافات، تتراوح من 15 إلى 30 متر ثمّ تختفي تحت الرّسوبيّات والحصى. بيّنت الدّراسة المجهرية نسيج دولريتيّ حبيبي خشن من نوع بيني (Intersertal doleritic texture)، يتراوح فيه طول بلّورات البلاجيوكلاز من 1 إلى 2 ملم (اللوحة 1، الصّورة h) وهو المعدن المسيطر من حيث الحجم الكليّ للصّخر (من 45 إلى 50%) ويظهر على شكل صفائح متطاولة مختلفة الابعاد. تبدي بعض أفراد البلاجيوكلاز تغييرا جزئيّا أو كليّا إلى وريقات الميكا البيضاء (السّيريسيت) البرّاقة كما تحتوي بعض البلّورات على أكاسيد الحديد على مستوى التّوأمة المركّبة.

تبدو بلّورات البيروكسان (من 40 الى 45%) على شكل كامل وبتضاريس قويّة. يبدي أغلب أفرادها تبديلاً لونها مباشراً من الشّفاف نحو البنيّ.

تظهر الأمفبول بين بلّورات البلاجيوكلاز والبيروكسين بنسبة قليلة لا تتجاوز 5% من الحجم الكليّ للصخر. نفس الفلزات الموجودة في القواطع الناعمة والمتوسطة، تشكّل مجموعة المعادن الملحقة والثانويّة (accessory and seconder minerals).

2.3. دراسة التركيبة الكيميائية للمعادن الرئيسيّة

تخصّ التحاليل الكيميائيّة المنجزة قواطع الدّولريت ذات النّسيج الحبيبي المتوسّط (نعتمدها الأولى في النّص) وقواطع الدّولريت ذات النّسيج الحبيبي الخشن (نسميها الثّانيّة) فقط، أمّا قواطع دولريت ذات النّسيج الناعم، فلم نتمكن من إجراء تحاليل كيميائيّة لمعادنها.

1.2.3 التركيبة الكيميائية لمعدن الفلسبار

التّحليل الكيميائيّ لمعدن الفلسبار والصّيف البنيويّة معطاة في الجدول رقم 1، تبين هذه الأخيرة أنّ الفلسبار المتواجد في قواطع الدّولريت، ذات النّسيج متوسّط الحبيبات، ممثّل بالفلسبار البوتاسي (ساندين+أورتوكلاز) والفلسبار الكلسي-الصّودي (البلاجيوكلاز) (الشّكل 2)، للإشارة فإنّنا لم نستطع ملاحظة بلّورات الفلسبار البوتاسي مجهرياً لصغر حجمها وتبيّن وجودها بواسطة التّحليل فقط. أمّا البلاجيوكلاز فهو من نوع أوليغوكلاز-لابرادور (An_{60-20})، ممّا يدلّ على أنّ تبلور البلاجيوكلاز كان متواصلاً حتّى التّبلور الكامل للقواطع. في قواطع الدّولريت ذات النّسيج الخشن، والمنتشرة في المنطقة الجنوبيّة من منطقة الدّراسة فإنّ البلاجيوكلاز من نوع اندزين-لابرادور (An_{60-40})

وجود الألبيت في الدّولريت الأولى، يعكس التّوازن المتأخّر لمعدن البلاجيوكلاز وذلك قد يكون مرتبطاً بنشاط المحاليل الساخنة الثّانويّة أو بالتحوّل السّطحيّ المسجّل في المنطقة عموماً.

2.2.3 تركيبة الكيميائية لمعدن البيروكسين

التّحليل الكيميائيّ لمعدن البيروكسين والصّيف البنيويّة معطاة في الجدول رقم 2.

تعكس النّتائج المتحصل عليها جل الملاحظات المشاهدة بالمجهر حيث إنّ البيروكسين المدروس في قواطع الدّولريت المتواجدة في الجزء الجنوبيّ، ينتمي للنظام البلوري ثلاثي الميل (Clinopyroxene) وبلغت نسبة أكسيد السّليس (SiO_2) بين 47.1 و 51.71% في دولريت ذات النّسيج متوسّط الحبيبات وبين 51.37 و 52.71% في دولريت النّسيج الخشن. قيم أكسيد الألومينيوم (Al_2O_3) أيضاً تعكس اختلافاً كبيراً في النّسب حيث تراوحت بين 0.99 و 6.4% في الدّولريت الأولى وتأرجحت بين 0.20 و 0.89% في الدّولريت الثّانيّة. نفس الملاحظة يمكن تسجيلها بالنّسبة لأكسيد التيتانيوم (TiO_2) بحيث تراوح نسبته ما بين 0.55 و 2.49% في الأولى وما بين 0.03 و 0.21% في الثّانيّة. وهو ما يتوافق مع التّباين المسجّل كذلك في نسب

أكاسيد الكالسيوم (16.81-20.95% و 21.24-22.02%) والحديد (8.008-15.58% و 8.38-10.38%) على التوالي. تبقى قيم أكسيد المغنيزيوم متقاربة جدًا (11.57-14.44% و 12.15-13.22%)، على التوالي) في كلتا السحنتن. ينعكس هذا التباين في مخطط موريموتو وآخرون (Morimoto et al ; 1988) (الشكل 3) أين نلاحظ أن البيروكسين المتواجد في دولريت النسيج الخشن هو من نوع ديبوسيد (Diopside) في حين أنه من نوع ديبوسيد-أوجيت في دولريت النسيج المتوسط (Diopside – augite).

تظهر الطبيعة الكيميائية لمعدن البيروكسان بوضوح في المخطط Ti/Alt (الشكل 3) المقترح من طرف (Leterrier et al, 1982) أين تظهر الميزة الكلسية-القلوية في الدولريت ذات النسيج المتوسط وتلك التوليتية (Tholeitic) في الدولريت ذات النسيج الخشن. تبين هاتين الميزتين أن المواقع الجيوديناميكية المحتملة لنشأة الدولريت الأولى هي مناطق الغوص والجزر القوسية المتميزة مقابل الظهات وسط محيطية والجزر القوسية والأسطح البركانية القارية (Trapps) بالنسبة للدولريت الثانية.

3.2.3 التركيب الكيميائي لمعادن أكاسيد الحديد والتيتانيوم

تنتشر معادن أكاسيد الحديد في قواطع صخور الدولريت المنتشرة في إقليم سيلات بصورة شبه ثابتة حيث تشكل ما بين 15 إلى 20% من الحجم الكلي للصخر. تبين التحاليل الكيميائية لهذا المعدن أنها من نوع مغنتيت تيتانية (Ti-Magnetite)، إلمنيت (Ilmenite) و هيماتيت (Hematite). نعرض في الجدول رقم 3 التراكيب الكيميائية لأكاسيد الحديد من نوع مغنتيت تيتانية (Ti-Magnetite).

من خلال هذه النتائج، نلاحظ أن نسبة أكسيد التيتانيوم (TiO_2) متقاربة في كلا النوعين من النسيج حيث تتراوح بين 52.05 و 53.66% في الدولريت ذات النسيج المتوسط وما بين 51.87 و 53.07% في دولريت النسيج الخشن. نسبة أكسيد الحديد في الدولريت الأولى ($40.82\% \leq FeO \leq 41.41\%$) أقل من تلك المسجلة في الدولريت الثانية ($42.74\% \leq FeO \leq 44.38\%$) وهو ما يتعادل مع نسبة أكسيد المغنيز التي ترتفع قليلا في الدولريت الأولى ($2.01\% \leq MnO \leq 4.41\%$) مقارنة مع الدولريت الثانية ($1.43\% \leq MnO \leq 2.11\%$).

4- المناقشة والخلاصة Discussion and Conclusion

تمثل صخور الدولريت المرحلة الانتقالية بين صخور الغابرو التي تتبلور في باطن الأرض وصخور البازلت المتبردة على سطحها، فهي تتبلور قريبا من السطح مما يجعل نسيجها ناعم في أغلب الأحيان. الدولريت صخور قاعدية ($44\% \leq SiO_2 \leq 52\%$) تتميز بنسبة كبيرة من البلاجيوكلاز (تصل حتى 60%) الغني بالكالسيوم ونسبة أقل من البيروكسين (من 45 إلى 50%) وتواجد كل من الأولفين (أقل من 20%) والأمفبول (أقل من 10%) في بعض الأحيان. تتموضع صخور الدولريت في الموقع ذاته على شكل قواطع في أغلب الأحيان، حيث تصل بين الغرفة الماغماتية والبركان أثناء نشاطه (في وسط قاري أو محيطي).

حسب المعطيات المتوفرة لدينا فإن دراسة قواطع الدولريت المنتشرة في الهقار قليلة عموماً بالرغم من أنها كثيرة الانتشار في الميدان خاصة في الهقار الغربي، مثل قواطع تين زيبان (Tin-Zibane) الواقعة في كتلة تاسنجاننت (Tassendjanet) على مقربة من حدودها الشرقية مع كتلة عين أوزال (In-Ouzzal). قواطع تين زيبان عبارة صخور الدولريت وكتل من صخور الغابرو وقواطع من الغرانيت شبه ألومنيّة إلى فوق قلوية (Hadj-Keddour et al; 1998)، جميعها نابعة من الوشاح الفتي (Depleted mantle source) أثناء مرحلة ما بعد التصادم (Post-collisional setting) المرتبطة بالدورة البانية للجبال لعموم أفريقيا. توضع هذه الصخور على مستوى مناطق القصّ أثناء حركات ما بعد التصادم اليسارية (Post-collisional sinistral movements along the shear zones). قام المؤلفون بتحديد تاريخ تموضعها ب 592.2 ± 5.8 مليون سنة (19 WR Rb-Sr isochron) وهو ما يتوافق مع توضع المركب الحلقي الغرانيقي المسمى "شمال تهميماتين" (North Tihimatine) الذي تمّ تزمينه في حدود 600 مليون سنة (Fezaa et al; 2019). يقع هذا المركب في شمال كتلة عين أوزال المعرفة بأنها راسخ منذ 2 مليار سنة خلت، حيث سجلت بصفة سطحية تأثيرات الدورة البانية للجبال لعموم أفريقيا، ومنه أصبحت تعتبر شبه راسخ. تجدر الإشارة إلى أنّ المؤلفين قارنوا توضع المركب بنشاط الفوالق الناتجة من مقاومة راسخ عين أوزال لحركات الضغط الناجمة عن تقارب الدرع الصحراوي (Saharan Metacraton) شرقاً والدرع الغرب-أفريقي (West African Craton) غرباً، ممّا أدى إلى هجرة درع الطوارق نحو الشمال خلال الفترة الممتدة من 630 إلى 580 مليون سنة وهي تعتبر آخر مظاهر نشاط الدورة البانية للجبال لعموم أفريقيا. كذلك تمّ رسم خريطة قواطع الدولريت المنتشرة في عين أوزال باستعمال تقنية (SIG) وكذا تحديد طبيعتها الكلسية-القلوية (F. Baraki et al; 2012) النابعة من ماغما متشكّل أثناء نشاط الجزر القوسية. بالنسبة لقواطع الدولريت التوليتية المصاحبة للمركب فوق القاعدي المكّي عين الأران (In Allarene ultramafic complex)، والمتواجد في جنوب عين أوزال فهو يعتبر المركب فوق القاعدي الوحيد الذي يعود تموضعه إلى الدورة البانية للجبال لعموم أفريقيا حيث تشكّل أثناء غوص ليتوسفير محيطي تحت الكتلة القارية لعين أوزال (Talbi et al; 2015).

تظهر قواطع الدولريت في الهقار الشرقي على مستوى الطية المحدبة لتين سريين (Tin serririne) والمنتمية لسلاسل الطاسيلي (Tassili series) ذات العمر الباليوزوي. حسب المؤلفين (Djellit et al; 2006) فإنّ هذه الصخور ذات طبيعة كيميائية قلوية ويعود عمرها للكربوني الأسفل (Tournaisian) 347.6 ± 16.2 مليون سنة باستخدام طريقة $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ (WR & Feldspath) (and)، توضع خلال الامتداد المقترن بإعادة نشاط الفوالق متأخرة النشأة التي تنتمي للدورة البانية للجبال لعموم أفريقيا. في الهقار الأوسط، أشار الكثير من الباحثين (eg. M. Kesraoui, 2005) لوجود قواطع من صخور الدولريت ولكن حسب علمنا، لم يتمّ دراستها بصورة مفصلة.

تجدر الإشارة إلى أنّ الأحواض الرسوبية الباليوزوية المنتشرة في الجهة الغربية للصحراء الجزائرية والواقعة شمال الهقار (أحواض بشار والحنك ورقان وتندوف ومنطقة فريضة) تتميز باحتوائها على قواطع من الدولريت وبعض التدفقات البازلتية (A. Mekkaoui, 2015 ; M. Chabou, 2008) التي تنتمي إلى أكبر إقليم ناري في العالم، (Large Igneous Province of Center Atlantic ; LIPCA) والمكّي الإقليم الناري الكبير للأطلسي الأوسط، شواهد موزعة حاليًا على أربع قارات (أمريكا الشمالية والجنوبية وأوروبا وأفريقيا). في الجزائر، توضع قواطع الدولريت وصخور البازلت المصاحبة لها أثناء تفكك القارة العظمى بانجيا في الجوراسي الأسفل (200.8 ± 2.3 مليون سنة $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ - plagioclase) على إثر انفتاح المحيط الأطلسي الأوسط (Chabou et al, 2007) وهي ذات طبيعة كيميائية توليتية. من خلال ما تقدم، يظهر أنّ نشأة قواطع الدولريت مرتبطة بالتكتونية التوسعية والتقاربية على حد سواء بحيث تتميز بتركيبية:

1- توليتية أثناء تشكّل الريف القاري وخلال نشاط الظّهرات الوسط محيطية.

2- كلس-قلوية في مناطق الغوص وعند تشكّل الجزر القوسية.

3- قلووية إلى فوق قلووية عند اقترانها بالفترة المتأخرة من الدورة البانية للجبال أي عند الاسترخاء بعد التصادم.

4- قلووية أثناء إعادة نشاط الفوالق أثناء مراحل دورات بانية للجبال جديدة.

علما أنّ المنطقة الوسطى من إقليم سيلات مشكلة من التّحام مجموعة من الجزر القوسية التي انضمت إلى الواجهة الغربية للشّبه الرّاسخ لانتيا (LATEA) بعد غلق محيط أماس (Ammas) على مستوى الفالق الرئيسي $4^{\circ}50'$ أثناء الدورة البانية للجبال لعموم أفريقيا (J-P. Liégeois, 2019)، فإنّ وجود قواطع الدولريت ذات الطبيعة التوليتية إلى الكلس-قلوية (حسب الخصائص الكيميائية لمعدن البروكسان) يتوافق تماما مع السياق الجيودينامي العام للمنطقة. لكن تبقى فترة تموضع هذه القواطع مجهولة.

من المنطقي أنّها تشكّلت بعد تموضع الباتوليتات الغرانوديوريتية والتّوناليتية من نمط (TTG) والمؤرخة ما بين 742 و 649 مليون سنة (Bechiri-Benmerzoug, 2018) لأنّها تقطّعها، لكن هل هي مرتبطة بنشاط الفوالق المصاحب لتوضع المركّبات الغرانيتية الحلقية المتأخرة للنشأة في كتلي عين تايديني وسيلات التي تمّ تزمينها ما بين 560 و 540 مليون سنة (Bonin et al, 2017) ؟ أم أنّها مرتبطة بمرحلة غير معروفة بعد في المنطقة؟

الخلاصة Conclusion

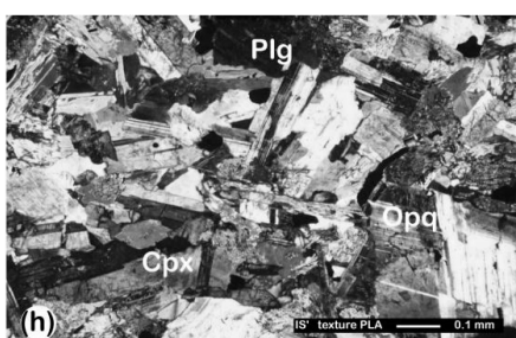
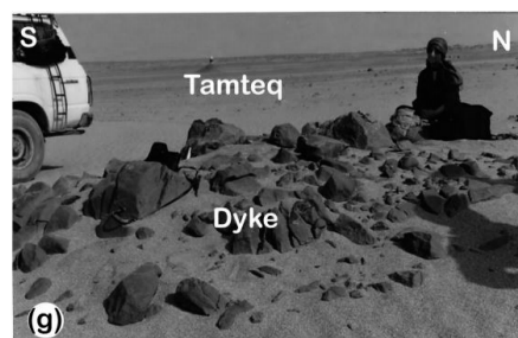
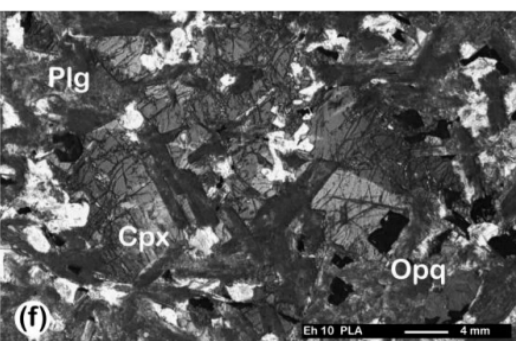
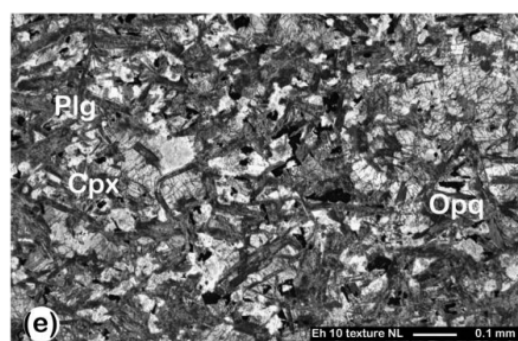
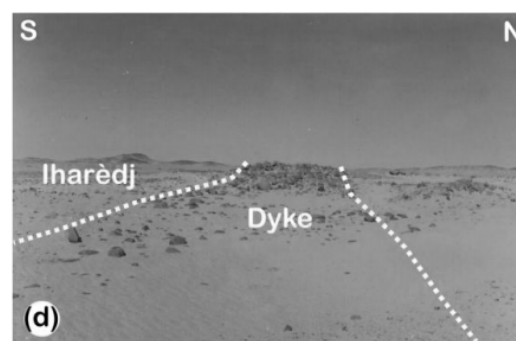
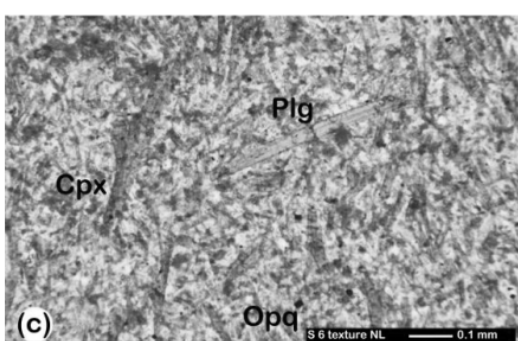
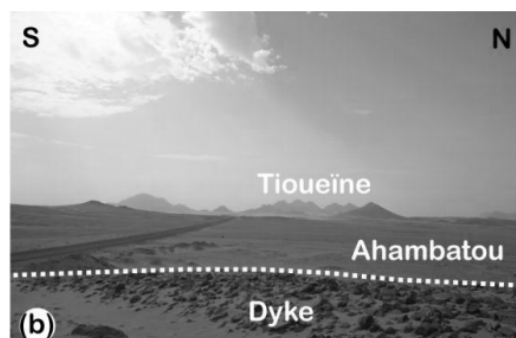
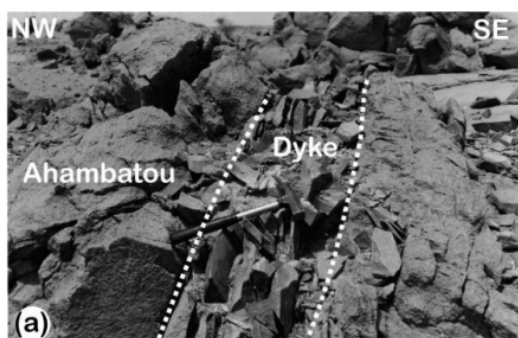
نلخص من خلال مناقشتنا للنتائج المحصلة إلى أبرز الملاحظات التي يمكن اعتبارها خلاصة هذه الدراسة بخصوص البيتروغرافية والكيميائية لمعادن قواطع الدولريت المتواجدة في إقليم سيلاط ويمكن حصرها في النقاط التالية:

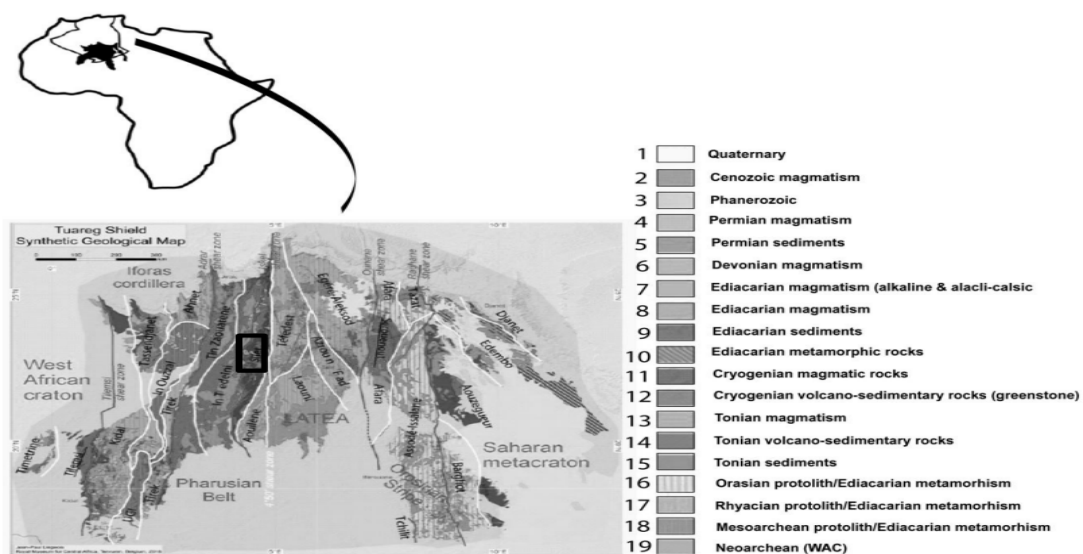
1. تتميز بانتشارها الواسع في المنطقة الجنوبية من الدراسة، كما أنها متواجدة بصفة أقل في المنطقة الشمالية منها.
 2. أهم الاتجاهات في الميدان هي شرق-غرب مع وجود اتجاهات شمال شرق-جنوب غرب ونادرا ما تكون متجهة شمال-جنوب.
 3. يوجد ثلاثة أنواع من الأنسجة، ناعمة متوسطة، وخشنة الحبيبات، مما يدل على أن تبلور قواطع الدولريت، كان في مستويات متباينة من القشرة الأرضية.
 4. التركيبة المعدنية متشابهة في جميع أنواع النسيج وهي ممثلة بمعادن البلاجيوكلاز البيروكسين التيتانيت، الأباتيت وأكاسيد الحديد المختلفة (Ti-Magnetite+Ilmenite+Hematite).
 5. سجلت جميع القواطع التحول السطحي المعروف في المنطقة، وينعكس ذلك من خلال انتشار المعادن الثانوية مثل الكلوريت، الأكتينوت، الميسكوفيت والابيدوت وغيرها.
 6. الطبيعة الكيميائية لبيروكسين الدولريت ذات النسيج المتوسط كلس-قلوية في حين البيروكسين المتواجد في قواطع الدولريت ذات النسيج الخشن توليبيتي.
- على الأرجح أن توضع قواطع الدولريت في إقليم سيلاط مرتبط بالمرحلة التي سبقت توضع المركبات الحلقية المتأخرة النشأة، أثناء الدورة البانية للجبال لعموم أفريقيا (سجلت التحول السطحي في سحنة الشيسست الأخضر على خلاف المركبات الغرانيتية الحلقية)، كما هو الحال بالنسبة لقواطع تين زيبان المقترنة بالمركب الحلقى "شمال تهمياتين". لكن لاعتماد هذه الفكرة، لابد من دراسة جيوكيميائية مفصلة لصخور قواطع الدولريت (العناصر الرئيسية والنادرة والشحيحة والنظائر) ولم لا؟ تزمينها المطلق كذلك.

5- المراجع References

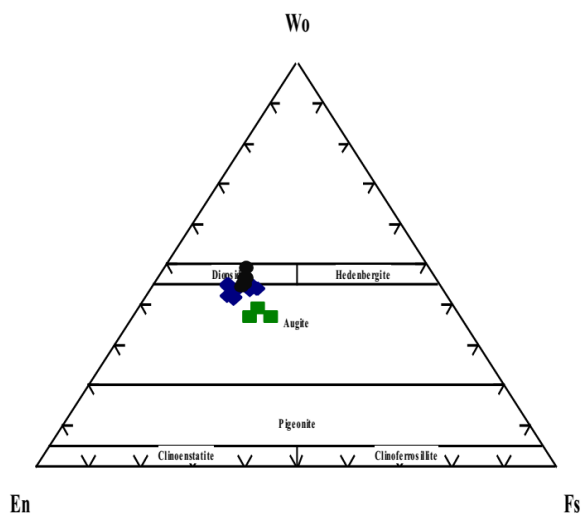
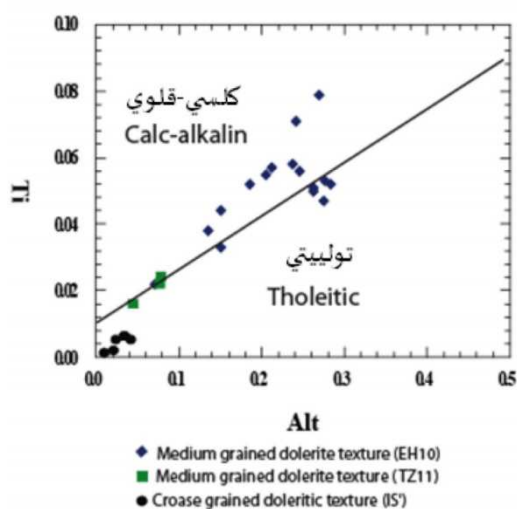
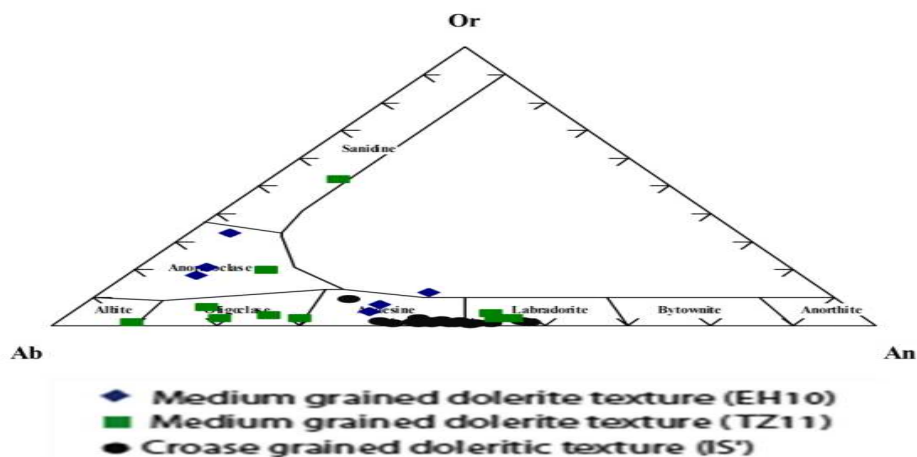
1. Azzouni-Sekkal, A., Liégeois, J-P., Bechiri-Benmerzoug, F., Belaidi-Zinet, S., Bonin, B (2003). The "Taourirt" magmatic province, a marker of the closing stage of the Pan-African orogeny in the Tuareg Shield: review of available data and Sr-Nd isotope evidence. *Journal of African Earth Sciences* 37, 331-350
2. Bechiri-Benmerzoug, F. (2009). *Pétrologie, géochimie isotopique et géochronologie des granitoides Pan-africains de type TTG de Silet : contribution a la connaissance de la structuration du bloc d'Iskel (Silet, Hoggar occidental) Algérie*, Thèse Doctorat, Université des Sciences et Techniques Houari-Boumedienne, Alger, 398p.
3. Bechiri-Benmerzoug, F., Liégeois, J.P., Bonin, B., Azzouni-Sekkal, A., Bechiri, H., Kheloui, R., Matukov, D.I., Sergeev, S.A. (2011). The plutons from the Cryogenian Iskel composite oceanic island arc (Hoggar, Tuareg Shield, Algeria): U–Pb on zircon SHRIMP geochronology, geochemistry and geodynamical setting. *Seventh Hutton Symposium on Granites and Related Rocks*, Avila, Spain, July 4–9 2011, p. 17.
4. Berraki, F., Bendaoud, A., Brahimi, B., Djemai, S., Kienast, J-R., Deroin, J-P. et Ouzegane, K. (2012). Cartographie et étude pétrographique et minéralogique des dykes de dolérites de l'In Ouzal (Hoggar occidental, Algérie). *Photo Interprétation European Journal of Applied Remote Sensing* V48, N1-2, pp 26-36
5. Boissonnas, J. (1973). *Les granites a structures concentriques et quelques autres granites tardifs de la chaîne pan-africaine en Ahaggar (Sahara central, Algérie)*. Thèse Doct. Etat, Ed C. N.R.S- C. R. Z. A. Série géologie, No. 16. 2 vol., 662 pp.
6. Bonin B, Azzouni-Sekkal A, Bowden P, Belousova E, Greau Y, Griffin WL & Bechiri-Benmerzoug, F. (2017). U-Pb and Lu-Hf Isotopic Systems in Zircon within Ediacaran – Paibian Granitoid "Taourirt" Ring-Complexes (Silet Terrane, Tuareg Shield, Algeria, West Africa): Implications for Tectonic Setting and Regional Correlation, *Goldschmidt* 13- 18 August, Paris. France.
7. Chabou, M., Sebai, A., Féraud, G., Bertrande, H. (2007) Datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de la province d l'atlantique central dans le sud-ouest algérien, *comptes rendus géosciences*, 339, 970-978.
8. Chabou, M.C. (2008). *Datation $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ et géochimie de la province magmatique de l'atlantique central dans le Sud-Ouest algérien*. Thèse de Doctorat, Ecole nationale supérieure polytechnique.
9. Djellit, H., Bellon H., Ouabadi, A., Derder, M., Henry, B., Bayou, B., Khaldi, A., Baziz, K., Merahi, M. (2006). Âge $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$, Carbonifère inférieur, du magmatisme basique filonien du synclinal paléozoïque de Tin Serririne, Sud-Est du Hoggar (Algérie). *Comptes Rendus Geoscience*, 338, pp. 624-631

10. Dos Santos, T. J. S.; Fetter, A. H.; Neto, J. A. N. (2008). Comparisons between the northwestern Borborema Province, NE Brazil, and the southwestern Pharusian Dahomey Belt, SW Central Africa. The Geological Society of London. Retrieved 2010-01-31.
11. Fezaa N, Liégeois JP, Abdallah N, Bruguier O, De Waele B, Ouabadi A. (2018) The 600 Ma-old Pan-African magmatism in the In Ouzzal terrane (Tuareg Shield, Algeria): witness of the metacratonisation of a rigid block. The geology of the Arab world—an overview. Springer Geology, https://doi.org/10.1007/978-3-319-96794-3_3
12. Gravelle, M. (1969) Recherches sur la géologie du socle Précambrien de l'Ahaggar centro-occidental dans la région de Silet Tibehaouine. Thèse de Doctorat d'Etat, Paris, p 781 (unpublished)
13. Hadj-Kaddour ZH, Liégeois JP, Demaiffe D, Caby R. (1998) The alkaline—peralkaline granitic post-collisional Tin Zebane dyke swarm (Pan-African Tuareg shield, Algeria): prevalent mantle signature and late agpaitic differentiation. Lithos 45:223–243
14. Kesraoui, M. (2005). Nature et évolutions comparées de granites à métaux rares dans le Hoggar central (Algérie) à travers la pétrologie, la cristallogénie des micas et des minéraux à Ta, Nb, Sn, W et la géochimie. Thèse Doctorat es Sciences. USTHB. 237p.
15. Kheloui. R. (2009). Etude pétrographique, minéralogique et géochimique du massif mafique – ultramafique d'Iddeleh (Silet, Bloc d'Iskel, Hoggar. Thèse de magister, FSTGAT. 102pp
16. Lelubre, M. (1952). Recherche sur la géologie de l'Ahaggar central et occidental (Sahara central).Thèse d'Etat, Paris, France tome 1, p 354, tome 2, p 385
17. Leterrier, J., Maury R.C., Thonon P., Girard D., Marchal M. (1982) - Clinopyroxene compositions as a Method of identification of the magmatic affinities of paleovolcanic séries. Earth Planetary Science Letters 59, 139-154.
18. Liégeois, J.P. (2019). A New Synthetic Geological Map of the Tuareg Shield: An Overview of Its Global Structure and Geological Evolution, The Geology of the Arab World—An Overview, Springer Geology, https://doi.org/10.1007/978-3-319-96794-3_2
19. Liégeois, J.P., Latouche, L., Boughrara, M., Navez, J., Guiraud, M. (2003). The LATEA metacraton (central Hoggar, Tuareg shield, Algeria): Behaviour of an old passive margin during the Pan-African orogeny. Journal of African Earth Sciences 37.
20. Morimoto, N. (1988). Nomenclature of pyroxenes. Mineralogy and Petrology 39, 55-76
21. Talbi, Mohamed, Bendaoud, Abderahmane, Ouzzegane, Khadidja. (2015); The In Allarene ultramafic complex (Western Hoggar, South Algeria) EGU General Assembly 2015, held 12-17 April, 2015 in Vienna, Austria. id.3219





- 1 : توضعات الرباعي 2 : النشاط الماغماي السينوزوي 3 : الفانبروزي 4 : النشاط الماغماي البرمي 5 : صخور رسوبية البرمي
6 : النشاط الماغماي الديفوني 7 : النشاط الماغماي الأدياكاريان (فلوي وكلسي-فلوي) 8 : النشاط الماغماي الأدياكاريان 9 : رسوبيات الأدياكاريان
10 : صخور متحولة الأدياكاريان 11 : صخور نارية الكريوجينيان 12 : صخور بركانية-رسوبية الكريوجينيان (الصخور الخضراء)
13 : النشاط الماغماي التونيان 14 : صخور بركانية-رسوبية التونيان 15 : رسوبيات التونيان 16 : أودازيان بروتولايت تحول إدياكاريان
17 : راسبان بروتولايت تحول إدياكاريان 18 : الأركي المتوسط بروتولايت تحول إدياكاريان 19 : الأركي الحديث (الدرع الغرب افريقي)



Sample	EH 10	EH 10	EH 10	EH 10	IS'	IS'	IS'	IS'	IS'	IS'
analyses	82	83	84	91	2	3	51	52	53	58
SiO ₂	0,019	0,083	0,09	0,086	0,034	0,066	0,045	0,066	0,113	0,058
TiO ₂	52,329	52,052	52,633	53,29	53,665	52,691	51,745	53,078	51,872	51,964
Al ₂ O ₃	0,595	0,763	0,217	0,435	0	0	0	0,121	0	0
Cr ₂ O ₃	0	0	0,022	0	0,039	0,047	0,094	0,039	0,094	0,117
FeO	41,412	40,82	40,938	40,805	42,881	43,837	44,381	42,743	43,435	43,815
MnO	4,165	4,41	3,787	4,386	2,01	2,008	1,942	1,755	2,111	1,433
MgO	0,096	0,07	0,154	0,096	0,138	0,123	0,143	0,129	0,126	0,166
NiO	0	0	0,052	0,117	0	0	0,02	0,101	0	0
CaO	0,104	0,169	0,406	0,154	0,042	0,069	0,108	0,027	0	0,018
Na ₂ O	0,057	0,042	0,007	0,035	0	0,092	0,008	0	0	0,023
K ₂ O	0	0,037	0,037	0,019	0,01	0,025	0	0,069	0,012	0,016
ZrO ₂	0,135	0,239	0,143	0,066	0	0	0,042	0	0	0,074
Cl	0	0,028	0	0,022	0,033	0,018	0,024	0,002	0	0,002
BaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0,219	0	0	0,222	0	0,073	0	0,365	0,218
P ₂ O ₅	0,016	0,046	0,025	0,007	0,053	0,021	0,023	0	0	0
Total	98,928	98,978	98,512	99,517	99,127	98,996	98,647	98,13	98,129	97,903

قائمة الأشكال

- الشكل 1: خريطة جيولوجية لدرع الطّوارق تبين الكتل الليتوسفيرية الخمسة وعشرين (محددة باللون الأبيض أو الأزرق) حسب (Liégeois et al, 2019). يمثل الإطار إقليم سيلات.
 - الشكل 2: التصنيف الكيميائي لفلسبار قواطع الدولريت المدروسة في المنحنى الثلاثي (Or-Ab-An) أورتوز-ألبيت-أنورتيت.
 - الشكل 3: بيروكسين قواطع الدولريت في منحنى (Wo-En-Fs)
 - الشكل 4: منحنى Ti Vs Al_T لقواطع الدولريت المدروسة.
- اللوحة 1: صور فتوغرافية لقواطع الدولريت.
- (a) قاطع الدولريت سنتيمري (b) منظر عام لقاطع الدولريت من الحجم الكبير (يخترق باثوليت اهمباتو) (c) نسيج دوليرتي ناعم الحبيبات العينة S06 (بالمجهر المستقطب بدون محلّل) (d) منظر لقاطع من الدولريت في باثوليت إهارج (e) نسيج دوليرتي متوسط الحبيبات (Eh 10) (f) معدن البيروكسين يحتوي على صفائح البلجيوكلاز (g) قاطع دوليرتي يخترق باثوليت طامطق (h) نسيج دوليرتي خشن الحبيبات العينة (IS') (PLA) ضوء مستقطب بالمحلّل، (NL) ضوء طبيعي بدون المحلل، (Cpx) بيروكسين (Plg) بلاجيوكلاز (Opq) أكاسيد الحديد والتيتانيوم.

قائمة الجداول

1. الجدول 1: التحاليل الكيميائية لمعدن الفلسبار والصَّيغ البنيويَّة (حساب على أساس 8 أوكسجين)
2. الجدول 1: التحاليل الكيميائية لمعدن البيروكسين والصَّيغ البنيويَّة (حساب على أساس 6 أوكسجين).
3. الجدول 1: التحاليل الكيميائية لمعدن أكسيد الحديد والتيتانيوم.

Figure List

1. Figure 1: Geological map of the touareg shield display the 25 terranes (marked in white or blue lines) (Liégeois , 2019), Silet area (Black frame)
2. Figure 2: Classification of the dolerite dykes' feldspar (Silet area)
3. Figure 3: Classification of the dolerite dykes' pyroxene in the Morimoto diagram (1988)
4. Figure 4: Alt Vs Ti of the dolerite dykes' pyroxene (Silet area)

Planch 1: Photography of Silet's dolerite dykes

(a) Centimeter dolerite dykes (b): general view of the dolerite dykes of large size (Ahambatou batholith) (c) Fine-grained doleritic texture (Sample S06) (with a polarized microscope without an analyzer) (d): view of a dolerite dykes in the Iharedj batholith (e) Medium-grained doleritic texture (sample Eh 10) (f): The pyroxene mineral contains plagioclase sheets (g) Dolerite dykes occur cross Tamteq batholith (h): Coarse-grained doleritic texture (sample IS'), (PLA) Polarized Light Analysed (NL) Natural Light without Analyzer, (Cpx) Pyroxene (Plg) Plagioclase (Opq) Fe-Ti Oxides

Tables list

1. Table 1: Chemical analyzes of feldspar and structural formulas (calculation based on 8 oxygen).
2. Table 1: Chemical analyzes of pyroxene and structural formulas (calculation based on 6 oxygen).
3. Table 1: Chemical analyzes of Ti-Fe oxide