تصنيف معدن البيوتيت المتواجد في صخور منطقة سيلات (الهقار الغربي، الجزائر): مثال باتوليثين من نمط TTG (أهمباتو وإهلي) والمركّب الغرانتي من نمط A (التويين)

فاتن بشيري بن مرزوق¹⁻²، سارة مقدم¹⁻²، خديجۃ بوزيد²⁻²، حميد بشيري⁴، رقيَۃ خلوي²⁻⁴، فاتن بشيري بن مرزوق¹⁻²، سارة مقدم¹

- 1- مخبر تعليميات العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة القديمة، الجزائر faty_benmerzoug@yahoo.fr
 - 2- قسم العلوم الطبيعيّة، المدرسة العليا للأساتذة، القبة القديمة، الجزائر
 - 3- مركز البحث العلمي والتقني للمناطق الجافة القرية الجامعية محمد خيضر، بسكرة
- 4- كليّة علوم الأرض والجغرافيا والتّهيئة العمرانيّة، جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا، باب الزّوار الجزائر
 - 5- قسم علوم التربة، المدرسة الوطنية العليا للفلاحة، 1 شارع حسان بادي، الحراش
 - 6- UMR8148 "IDES"، جامعة باريس-جنوب، F-91405 Orsay Cedex (فرنسا)

Classification of the Silet area's rocks biotite (Western Hoggar, Algeria): Example of two TTG-type batholiths (Ahambatou & Eheli) and A-type complex (Tioueine)

Faten BECHIRI-BENMERZOUG¹⁻², Sarra MOKADDEM¹⁻², Khadija BOUZID¹⁻³, Hamid BECHIRI⁴, Rékia KHÉLOUI ²⁻⁴, Farida MELLAH ²⁻⁴, Bachir HENNI², Nadia BOUREGHDA⁵, Sabiha TALMAT¹⁻², Bernard BONIN⁶

- 1- Laboratoire « Didactique des Sciences », École Normale Supérieure, Vieux-Kouba, Alger (Algérie) <u>faty_benmerzoug@yahoo.fr</u>
- 2- Département des Sciences Naturelles, ENS, Vieux-Kouba, Alger (Algérie) B.P N°92 16308
- 3- Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (C.R.S.T.R.A) Campus Universitaire Mohamed Khider, Biskra
- 4- FSTGAT/USTHB, BP32, El Alia, 16111-Bab Ezzouar, Alger (Algérie)
- 5- Département de sciences du sol, École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) 1 rue Hassan Baddi El Harrach
- 6- UMR8148 'IDES', Université de Paris-Sud, F-91405 Orsay Cedex (France)

الملحقص: تمّت دراسة الخواص الكيميائيّة لأربع عيّنات من معدن البيوتيت المتواجد في أربع صخور حامضيّة مندسة، متواجدة جميعها بالجزء الأوسط من منطقة سيلات الواقعة في الهقار الغربي (الهقار هو الجزء الجزائري من درع الطّوارق). تمّ اختيار صخرتين من الباتوليتين أهمباتو وإهلي & Ahambatou) هو الجزء الجزائري من درع الطّوارق). تمّ اختيار صخرتين من الباتوليتين أهمباتو وإهلي & Ahambatou) (Ainam at index من نمط TTG (ت ت غ) ذواتي العمر الإدياكاربان وعينتين من المركّب الغرانتي تيويين (Tioueïne) من نمط A ذي العمر الإدياكريان-الكمبري، الأولى تنتمي لسحنة هالة المركّب والثّانيّة تنتمي للسحنة المركزيّة له. تتواجد المركّبات الثّلاثة في كتلة سيلات المعرفة على أنها أقواس جزر محيطيّة قديمة، يعود تشكّلها للدورة البانيّة للجبال لعموم أفريقيا المتدة من 850 إلى 530 مليون سنة. الصّخور الاربعة بها البيوتيت كمعدن حديدي مغنيسي أساسي مع أو بدون الأمفيبول. من خلال هده الدّراسة، تمّ تعريف أربعة أنواع من معدن البيوتيت في المخطّط الرّباعي (– هن 100 المفيبول. من خلال هده الدّراسة، تمّ تعريف أربعة أنواع من معدن البيوتيت في المخطّط الرّباعي (– هن 100 الكنية الارتات) الدّراسة، تمّ تعريف أربعة أنواع من معدن البيوتيت في المخطّط الرّباعي (– هدون الأمفيبول. من خلال هده

(1) بيوتيت غني بالحديد (Fe-biotite) ينتمي إلى غرانيت سحنة هالة مركّب التّويين (Tioueïne) (2) بيوتيت عني بالحديد (Fe-Mg biotite) يتواجد في سحنة الغرانيت المركزي لمركّب التّويين (Ahambatou)، (3) بيوتيت غني بالالمنيوم (Ahambatou)، يخص عينات باتوليت أهمباتو (Ahambatou) و(4) بيوتيت مغنيسي (Eheli) يميز عينات باتوليت إهلي (Eheli).

التَّركيب الكيميائيّ لمعدن البيوتيت يعكس الظَّروف الفيزيائيّة والكيميائيّة التي تتحكّم في تطوّر الصِّهارة الأمّ، كما تظهر جيّدا الطَّبيعة الكيميائيّة للصخور الحاويّة عليها ولكن بدرجة أقل بالنّسبة للمواقع الجيوديناميّة. ومع ذلك، فإنّ الجمع بين معطيات الصّخور بأكملها (العناصر الرّئيسة، النّادرة والشّحيحة) يبقى ضروريًا لاستكمال دراسة بترولوجيّة معمّقة.

الكلمات المفتاحيّة: تصنيف البيوتيت، جيوكيمياء، باتوليت من نمط TTG، مركّب غرانيتي من نمط A، تمييز موقع النّشأة، الهقار، الجزائر.

Abstract :Biotite from four plutonic rocks of the central part of Silet terrane (Western Hoggar, Algeria) have been examined and characterized by chemical methods. Tow rocks from Ediacaran TTG batholiths (Ahambatou and Eheli) and two rocks from peripheral and center of Tioueïne A-complex were chosen for their emplacements in an oceanic island arc. The essentials differences between these rocks are their chemical composition and age of emplacement. These rocks are acids with biotite as essential ferromagnesian phase with or without amphibole.

Four types of biotites were defined in the quadrilateral annite – siderophyllite – phlogopite - eastonite diagram (Alt vs $Fe^{2+}/(Fe^{2+} + Mg)$: (1) **Fe-biotite** belongs to the Tioueïne peripheral granite , (2) **Fe-Mg biotite** , determined in the Tioueïne central granite; (3) **Al-biotite** characterizing Ahambatou and (4) **Mg-biotite** characterizes Eheli batholith.

The chemical composition of biotite is an excellent marker of physic-chemical conditions that controls the evolution of parent magmas and seems to clearly inform the chemical affinity of host rocks but to a lower degree of the geodynamic sites. However, the combination of whole rock data (major, trace and rare earth elements) remains essential to complete the necessary investigations for any petrological study.

Keywords: biotite classification, chemistry, TTG batholiths, A-complex granite, tectonic discrimination, Hoggar, Algeria.

1. مدخل: يعتبر البيوتيت المعدن الحديدي المغنيسي الأساسي في الصّخور الحامضيّة النّاريّة، وقد يشاركه معدن الأمفيبول في كثير من الأحيان. يتمّ استخدام التّركيب الكيميائي للبيوتيت من قبل العديد (Nockolds, 1947; Engel and Engel, المضيفة , 1960; Foster, 1960; Deer et al., 1966; Nemec, 1972; Neilson and Ha Nachit et al., 1984; 1960; Foster, 1960; Deer et al., 1966; Nemec, 1972; Neilson and Ha Nachit et al., 1985. Rieder et al., 1998, 1999; Brigatti, 2000; Brigatti and Guggenheim, 2002; (المحمد في تطور المحمرة على الظروف الفيزيائيّة والكيميائيّة التحكم في تطور الصّهارة الأم (درجات حرارة التّبلور والضّغط وشرود الأوكسجين) (Wones and Eugster, 1965; Czamanske and Wones, 1073; Czamanske et al, 1977; Spear, 1987; Jacobs and Parry, 1979; Schreues et al, 1985; Hernry et al, 2002,2005; Paukov et al, 2007، وكذا لتمييز الموقع الجيودينامكي (Abdel-Rahman et al., 1994).

تم اقتناء عيّنات البيوتيت المختارة لهذه الدّراسة من اربع صخور حامضيّة مندسّة. تمّ اختيار صخرتين من نمط TTG ذات العمر الإدياكاريان (Ahambatou & Eheli batholith's) وعينتين من مركّب غرانيتي من نمط TG ذات العمر الإدياكاريان (The Tioueïne complex) A فرانيتي من نمط A (The Tioueïne complex) (الشّكال 1). تمّت المركزي من كتلة سيلات بالهقار الغربي (الجزائر) (Silet terrane Western Hoggar) (الشّكال 1). تمّت دراسة المركّبات الثّلاثة بالتقصيل (دراسة ميدانيّة جيولوجيّة، دراسة بتروغرافيّة وكيميائيّة للعناصر الرئيسيّة، النّادرة والشّحيحة، النّظائر، العمر المطلق والموقع الجيوديناميكي) (الشّكال 1). تمّت (A Azzouni-Sekkal, الركّبات الثّلاثة بالتّفصيل (دراسة ميدانيّة جيولوجيّة، دراسة بتروغرافيّة وكيميائيّة للعناصر الرئيسيّة، النّادرة والشّحيحة، النّظائر، العمر المطلق والموقع الجيوديناميكي) (المتّحيور في: (1) الرئيسيّة، النّادرة والشّحيحة، النّظائر، العمر المطلق والموقع الجيوديناميكي (() المتّحيور في: (1) الرئيسيّة بين هذه الصّحور في: (1) الرئيسيّة مصدر الصّهارة وطبيعتها، (2) طريقة تشكّلها وكيفيّة توضّعها في الموقع و (3) زمن تشكّلها. النقطة مصدر الصّهارة وطبيعتها، (2) طريقة تشكّلها وكيفيّة توضّعها في الموقع و (3) زمن تشكّلها. النقطة مصدر المتهارة والمتوعيا، (2) طريقة تشكّلها وكيفيّة توضّعها في الموقع و (3) زمن تشكّلها. النقطة مصدر الصّهارة وطبيعتها، (2) طريقة تشكّلها وكيفيّة توضّعها في الموقع و (3) زمن تشكّلها. النقطة مصدر الصّهارة وطبيعتها، (2) طريقة تشكّلها وكيفيّة توضّعها في الموقع و (3) زمن تشكّلها. النقطة مصدر الصّهارة وطبيعتها، (2) طريقة تشكّلها وكيفيّة توضّعها في الموقع و (3) زمن تشكّلها. النقطة المشتركة هي مكان تواجدها جغرافيا في كتلة سيلات المعرفة على أنها مجموعة من الجزر القوسيّة المستركة العديمة.

نهدف من خلال هذه الدّراسة إلى مقارنة الخصائص الكيميائيّة لبيوتيت الصّخور الاربعة المختارة بغرض تصنيفها(K. Bouzid, 2014) .

1.1 **الإطار الجيولوجي العام**: يتكوّن درع الطّوارق من التّحام 23 كتلة ليتوسفيريّة (Black et al, الإ**طار الجيولوجي العام**: يتكوّن درع الطّوارق من التّحام 23 كتلة ليتوسفيريّة (1994، 1994، تفصلها فوالق مقصيّة عملاقة (R. Caby, 1968)، معظمها ذات اتّجاه شمال جنوب. بعض هذه الكتل تشكّلت في حقبة البروتيروزوي الحديث ولها أصل محيطي (الشّكلّ 1). تمّ حفظها اثناء بلوغ الكتل تشكّلت في حقبة البروتيروزوي الحديث ولها أصل محيطي (الشّكلّ 1). تمّ حفظها اثناء بلوغ الكتل تشكّلت في حقبة البروتيروزوي الحديث ولها أصل محيطي (الشّكلّ 1). تمّ حفظها اثناء بلوغ الكتل تشكّلت في حقبة البروتيروزوي الحديث ولها أصل محيطي (الشّكلّ 1). تمّ حفظها اثناء بلوغ الدّورة البانيّة للجبال لعموم أفريقيا ذروتها باغترابها فوق الرّواسخ وأشباهها , 2003) الكتري التقي كتلة يلات Silet بليق في تظهر على شكلّ شريط ضيق ومتطاول (2003. تنتمي كتلة يلات على 200 كم ويصل أقصى عرضه 60 كم.

تتطابق حدود كتلة سيلات Silet الشّرقيّة مع الفالق الرّئيسي 4°50' الذي يفصلها عن شبه الرّاسخ لاتيا (LATEA) المعرف على انه قارة صغيرة يتراوح عمر تشكيلاتها الجيولوجيّة المتنوعة من الآركي إلى البروتيروزوي الحديث (Liégeois et al., 2003) . يحد كتلة سيلات Silet من الجهة الغربيّة كتلة عين تايديني (In-Teidini) المعرفة بصخور فتيّة لا يتعدّى عمرها البروتيروزوي الحديث (Black et al., 1994). منطقة التحام الكتلتين المثلّة بفوالق مقصيّة عميقة مرصّعة احيانا بمركّبات غرانيتيّة متأخّرة النّشأة من نمط A والمعرفة بسلسلة تاوربرت (Azzouni-Sekkal et al., 2003) (The «Taourirt» province)



الشَكلَ 1. الخريطة الجيولوجيّة لمنطقة سيلات a: يحدّد الإطار موقع كتلة سيلات ضمن درع الطُوارق. b: التَشكيلات الجيولوجيّة لكتلة سيلات c, : تحديد موقع المركّبات قيد الدَراسة في الخريطة الجيولوجيّة لمنطقة سيلات.



تحتوي كتلة سيلات (Silet) على سلسلتين من تشكيلات الصّخور البركانيّة-الرّسوبيّة قليلة التّحوّل يعود عمرها لحقبة البروتيروزوي الحديث : هما السّلسلة الفاروزيّة الأولى والسّلسلة الفاروزيّة الثّانيّة اللتان تعرضتا لدورات تكتونيّة متباينة يفصلهما سطح عدم التّوافق الفاروزي الفروي قاعديّة على (The intra-Pharusian دورات تكتونيّة متباينة يفصلهما سطح عدم التّوافق الفاروزي قاعديّة على هيأة تكتّلات يتراوح طولها بعض عشرات الامتار، ذات نسيج حبيبي تراكميّ، تمّ تفسيرها على انها بقايا هيأة تكتّلات يتراوح طولها بعض عشرات الامتار، ذات نسيج حبيبي تراكميّ، تمّ تفسيرها على انها بقايا لقطع من صخور الأوفيوليت (Black et al., 1994). النّشاط الماغماتي ممثل بباثوليتات من نمط (ت ت غ- TTG) (توناليت – تغونجيميت - غرانوديوريت) (Anorogenic) (الشّكلّ رقم1)، علاوة على واخرى بوتاسيّة ومركّبات غرانيتيّة من نمط متأخر النّشأة (Anorogenic)) (الشّكلّ رقم1)، علاوة على بعض المركّبات الصّغيرة الحامضيّة من نوع غرانيت مزدوج الميكا. تتخلّل المنطقة شبكات من قواطع لمحفور ناريّة مختلفة الحجم والطّبيعة (الشّكلّ رقم1).

يحتلّ إقليم سيلات Silet (قيد الدّراسة) الجزء المركزي من كتلة سيلات ويحدد الرّباعي 22 °51' - N 15'N 20 °22 و 4° 45'4' 26 °4 - 3 حيث تصل مساحته الى حوالي 3300 كم² ، (الشّكلّ رقم1). يتشكلّ جيولوجيا من عدة انواع من الصّخور ابرزها باثوليتات من نمط TTG - Trhondjemite - Trhondjemite من نمط (Tonalite - Trhondjemite - TTG) جيولوجيا من عدة انواع من الصّخور السّلسلة الفاروزيّة الأولى والثّانيّة (Tonalite - Trhondjemite - TTG) (الشّكلّ 1-ج). النّشاط الماغماتي المسؤول عن تشكلّ اغلب الباتولتات، أقدم من مرحلة التّصادم الكبرى (الشّكلّ 1-ج). النّشاط الماغماتي المسؤول عن تشكلّ اغلب الباتولتات، أقدم من مرحلة التّصادم الكبرى للدورة التّكتونيّة لعموم أفريقيا (Pan africain orogen) والمحدّدة ب 630 مليون سنة خلت. كتلة سيلات Silet لم تسجّل خلالها أيّ ظواهر ماغماتيّة على نقيض أجزاء أخرى من درع الطّوارق. خلال الحد الفاصل بين الدّور الايدياكاريان والكمبري، تمّ توضع مركّبات غرانيتيّة قلويّة من سلسلة «تاوريرت» الحد الفاصل بين الدّور الايدياكاريان والكمبري، تمّ توضع مركّبات غرانيتيّة قلويّة من سلسلة «تاوريرت» وميثال نذكر مركّب The Taourit والكمبري، المؤرخ ب 523 ± 1مليون سنة من الأسكلّ (الشّكلّ 3)، كمثال نذكر مركّب Tioueïne (قيد الدّراسة)، المؤرخ ب 523 ± 1مليون سنة مالاحيان (الشّكار منف تراكمي (R. Kheloui, 2009).

2.1 **السنلسلة الفاروزينة الأولى** (Pharusian I): تأثّرت التّشكيلات الرّسوبيّة -البركانيّة التّابعة للدورة الفاروزيّة الاولى بطورين من التّشوهات التّكتونيّة للعموم أفريقيا : الطّور الاول F1 ممثل بطيات مائلة يتجه محورها شمال شرق-جنوب غرب (NE SW)، الطّور الثّاني F2، يتميز بطيات مستقيمة ذات محاور متجهة شمال-جنوب (N-S) (الشّكلّ 2 أ). تظهر الصّخور الرّسوبيّة القديمة في سحنات تحوي طبقات من الكلس المتعدّد الالوان، الكوارتزيت والرّخام أمّا الصّخور البركانيّة فهي ممثّلة ببازلت قلويّ على شكلّ وسائد وبريشيا، متداخلة مع رسوبيّات العتبة القاريّة. 1.5 السئلسلة الفاروزية الثانية (Pharusian II): التَشكيلات البركانية-الرّسوبية التّابعة للسلسلة الفاروزية الثّانية تحتل مساحة كبيرة في كتلة سيلات Silet وكتلتي عين تايديني وتين زواطين In-Teidini) (In-Teidini ورزيّة الثّانية تحتل مساحة كبيرة في كتلة سيلات Silet وكتلتي عين تايديني وتين زواطين In Zaouatene terranes) ممثل الفاروزيّة الثّانية تحتل محاور متّجهة شمال-جنوب (N-S) (الشّكل 2 أ) مصحوبة بتحوّل من الدّرجة الضّعيفة (سحنة الشّيست الاخضر). أغلب صخور السّلسلة الفاروزيّة الثّانيّة حطاميّة، ممثّلة في شمال الضبّعيفة (سحنة الشّيست الاخضر). أغلب صخور السّلسلة الفاروزيّة الثّانيّة حطاميّة، ممثّلة في شمال الضّعيفة (سحنة الشّيست الاخضر). أغلب صخور السّلسلة الفاروزيّة الثّانيّة حطاميّة، ممثّلة في شمال المنتقيقة المدروسة بسلسلة أمداد (La série d'Amded) والمركّب البركاني إغلوشم Audine) الرّملي والفتات البركاني إغلوشم عمالية والحجر الرّملي والفتات البركاني أغلوشم عمالية والحجر الرّملي والفتات البركاني، في قمّة السّلسلة توجد قواطع من صخر الدولريت. أمّا المركّب البركاني إغلوشم للزمي والحجر الرّملي والفتات البركاني، في قمّة السّلسلة توجد قواطع من صخر الدولريت. أمركب البركاني إغلوشم كارمي والمي والفتات البركاني، في قمّة السّلسلة توجد قواطع من صخر الدولريت. أمّا المركّب البركاني إغلوشم كارمي والمي والفتات البركاني، في قمّة السّلسلة توجد قواطع من صخر الدولريت. أمّا المركّب البركاني إغلوشم كنوسيائية كلسيّة-قلور البريشيا تليا صخور من البازلت الانديزي ثم صخور الرّيوليت، جميعها ذات طبيعة في مياي كيميائية كلسيّة-قلويّة (Chikharoui, 1981; Dupont, 1987).

4.1 باتوليث اهمباتو مساحة تقدر ب300 : يحتل باثوليت اهمباتو مساحة تقدر ب300 كم² (الشّكلّ 1 ج)، تظهر مكاشفه على شكلّ اسطح مبعثرة او على شكلّ موائد مستديرة لا يتجاوز علوها المترين (الشّكلّ 1 ج)، يقطع أهمباتو (Ahambatou batholith) تشكيلات السّلسلة الفاروزيّة الأولى (Pharusian I) من الجهة الغربيّة والجنوبيّة. في حين تختفي الحدود الشّماليّة للباتوليث تحت رواسب وادي أمداد الكبير وتحجب حمم السّطح البازلتي تاهالغا (Tahalra) الحد الشّرقي منه.

حسب التركيب المعدني والخصائص الكيميائية لصخور أهمباتو، تمّ تحديد ثلاثة انواع من الصّخور وهي : توناليت + غرانوديوريت + مونزوغرانيت، تترتب في نسيج بورفيري متوسط إلى خشن. اما معادنها فهي ممثّلة بالبلاجيوكلاز + الصّفاح القلويّ + الكوارتز + البيوتيت ± الامفبول + السّفان + الألانيت + الأباتيت + الزّركون +أكاسيد الحديد plagioclase + alkali feldspar + quartz + biotite ± amphibole) + titanite + allanite + apatite + zircon + Fe-Ti oxides)

تمّ تبديل معظم صخور اهمباتو في ظروف تحوّل خفيفة من نمط epizonal مع ظهور معادن ثانويّة مثل الكلوريت والإبيدوت (chlorite and epidote). (الشّكلّ 2 د).

حسب تصنيف بيكوك (Peacock, 1931) فإنّ صخور اهمباتو كلسيّة-قلويّة، (Na₂O / K₂O > 1.49) حسب تصنيف بيكوك (Peacock, 1931) فإنّ صخور اهمباتو كلسيّة-قلويّة، (Metaluminous, 1.01 <A/CNK < 1.16). تتشابه قيم نسب (3.3->) ومتوسطة التّشبع بالألومنيوم (La/Yb)n < 106) ومتوسطة الشّحيحة (106 > 107) مع قيم غرانيت الجزر القوسيّة البركانيّة المشتقّة من الصّهارة التي تنشأ في مناطق الغوص.

حسب تصنيف Moyen and Martin (2012) فإن اهمباتو (Ahambatou) ينتمي إلى صخور (ت ت غ-TTG) من نمط كلسيّ فقير العناصر الارضيّة الثّقيلة

Trondhjemite + Tonalite + Granodiorite) TTG sodic Low HREE)، وهو مؤرخ في 651 ± 6 مليون

سنة (حسب طريقة U / Pb zircon SHRIMP) ويتميز ENd بقيم موجبة تتراوح بين 1.01 إلى 3.35، ممّا يدلّ على نقاء مصدر الصّهارة الامّ (F. Bechiri-Benmerzoug, 2009; 2011).

5.1 **باتوليث إهلي** (Anou-Eheli) نتمت تسميّة الباتوليث بإهلي (Eheli) نسبة للبئر الارتوازيّة آنو إهلي (Anou-Eheli) التي تتوسطه، يمتد الباتوليث من الشّمال إلى الجنوب على مسافة 30كم (الشّكلّ 1 ج). يقطع باثوليت إهلي تشكيلات السّلسلة الفاروزيّة الأولى وتغطيه جزئيا حمم السّطح البازلتي تاهالغا (Tahalra) من الجهتين الشّماليّة والشّرقيّة. حدوده الغربيّة عبارة عن منطقة فوالق مقصيّة يساريّة الاتّجاه (Iharedj batholith). أغلب مكاشف الصّخور غير مرتفعة والبعض منها يظهر على شكلّ "ظهر الحوت" (الشّكلّ 20). أنواع الصّخور الرّئيسيّة هي غرانوديوريت إلى مونزوغرانيت، وفقًا لكميّات متفاوتة من بلورات الصّفاح الورديّ (K-feldspar).

التَّركيبة المعدنيّة لا تختلف عن تلك المعرفة في أهمباتو (Ahambatou) مع غياب الأمفيبول، في كثير من الأحيان تتغيّر البيوتيت إلى كلوريت + إبيدوت (الشّكلّ f2). صخور إهلي (Eheli) غنيّة بالصّوديوم (2.17 > Na₂O/K₂O > 2.17) ومشبّعة بالألومينيوم (1.07 > A/CNK > 0.10) و تبدي تطوّرا من كلسيّ قلويّ إلى كلسيّ حسب بيكوك (1931) Peacock وفقا لتعريف Moyen and Martin (2012) فإن نسبة La/Yb تصنّف صخور إهلي ضمن ت ت غ (TTG) من نمط كلسيّ فقير العناصر الارضيّة الثّقيلة مثل صخور باتوليث أهمباتو(La/Yb)n <45.69).

تم تزمين صخور إهلي (Eheli)بطريقة (U-Pb / zircon SHRIMP) واعطت عمرا يقدر ب 638 ±5 مليون سنة، وهو أصغر عمر للباتوليتات المتواجدة في اقليم سيلات من نوع (ت ت غ) والتي تم تزمينها لحدّ الآن كما تراوحت قيم ENd مابين 4.7- إلى 8.3-، الشِّيء الذي يترجم مساهمة قشرة قديمة في نشأة الصِّهارة الأم (2011; F. Bechiri-Benmerzoug, 2009).

6.1 **مركَب تويين** The Tioueïne complex :ينتمي مركّب تيويين (Tioueïne) لسلسة تاوريرت المعرفة في المنطقة (A. Azzouni, 1989) والتي تشمل عشرين مركّبا، تتراوح أطوالها من بضعة كيلومترات إلى خمسين كم بينما تتشابه في شكلها الدّائري المميّز (الشّكلّ 1). تحتلّ هذه المركّبات كتلتي سيلات و عين تايديني (Silet و Silet و In Tedeïni) ويقع بعضها على الحدود التي تفصل بينهما. يقع مركّب تيويين (Tioueïne) غرب باتوليث أهمباتو ويتداخل في صخور السّلسلة الفاروزيّة الاولى. يتميّز مركّب تويين بشكله البيضوي الذي يبلغ طوله 14كم وعرضه 9كم، يتعالى مركّب تيويين وسط رواسب وادي أمداد الذي يفرقه إلى جزءين وفقا لاتّجاه شمال شرق- جنوب غرب (الشّكلّ 2) المطابق للفالق الكبير المسمى فالق أمداد. نميز في مركّب تيويين حلقتين من الصّخور الغرانتيّة المختلفة، الهالة الغارجيّة ممثّلة بتلال يتراوح ارتفاعها من عرب مركّب تيويين حلقتين من الصّخور الغرانيّة المختلفة، الهالة الخارجيّة ممثّلة بتلال يتراوح ارتفاعها من عرب مناقر إلى معادام، والمسمّاة "الجزيرة السّوداء" وجبل تيويين على التّوالي، في حين الحلقة الدّاخليّة مسطّحة لا يكاد يتعدّى علوقه الحماة الموداء" وجبل تيويين على التّوالي، في حين الحلقة الدّاخليّة غير المشبّعة حلقات متقطّعة حول الغرانيت المركزي (Boissonnas, 1973) (الشّكلّ 2)، هذا الاخير مكوّن من غرانيت كلسي-قلويّ بينما صخور تلال الهالة الخارجيّة، في غرانتيّة من نمط مفرط القلويّة ممثّلة بالمعادن الآتيّة: الميزوبرتيت + كوارتز + بلاجيوكلاز + بيوتيت + أمفيبول + زركون + ألانيت + تيتانيت + أكاسيد الحديد. يتميز الغرانيت المركزيّ باحتوائه على نوعين من معدن الصّفاح وهما البرتيت والاوليقوكلاز بالاضافة إلى نفس مجموعة المعادن الموجودة في غرانيت الهالة المحيطيّة.(Fig.2h) لقد ثبت جيّدا أن تشكل مركّب تيوين متزامن مع نشاط مناطق القص الموجهة شمال-جنوب (Boissonnas, 1973) لقد ثبت جيّدا أن تشكل مركّب تيوين متزامن مع نشاط مناطق القص الموجهة شمال-جنوب (Boissonnas, 1975) الوشاح العلوي، على مركّب تيوين متزامن مع نشاط مناطق القص الموجهة شمال-جنوب (Boissonnas, 1973) الوشاح العلوي، على مستوى منظقة غوص (Azzouni-Sekkal, 1995). يعود تاريخ نشأة غرانيت الهالة الخارجيّة إلى و55± 7 مليون سنة (Bowden et al., 2014)، بينما يرجع تاريخ توضّع الغرانيت الهالة تيويين (Inoueïne) مع نهائة غرانيت المركزي إلى الخارجيّة إلى و55± 7 مليون سنة (Bowden et al., 2014)، بينما يرجع تاريخ توضّع الغرانيت المركزي إلى تيويين (Tioueïne) مع نهائة فرانيت الموطدام لعموم أفريقيا التي تتميّز بحركات تباعديّة أفقيّة في تيويين (Inoueïne) مع نهايّة فترة ما بعد الاصطدام لعموم أفريقيا التي تتميّز بحركات تباعديّة أفقيّة في تيويين (Inoueïne) مع نهايّة فترة ما بعد الاصطدام لعموم أفريقيا التي تتميّز بحركات تباعديّة أفقيّة في تيويين (Inoueïne) مع نهايّة فترة ما بعد الاصطدام لعموم أفريقيا التي تتميّز بحركات تباعديّة أفقيّة في درع الطّوارق. تترجم هذه الحركات التكتونيّة استرخاء القشرة القاريّة ممّا سمح بتوضّع عدد كبير من المركّبات الاندساسيّة الدّائريّة التي تنتمي لسلسلة تاوريرت والمصنّفة بغرانيتات متأخرة النّشأة او بعد درع الطّوارق. تترجم هذه الحركات التكتونيّة استرخاء القشرة القاريّة ممّا سمح بتوضّع عدد كبير من المرورة البانيّة للجبال.(Post orogenic granie)).



الشكلّ 2a: صورة فوتوغرافيّة توضّح طورين من التّشوه في السّلسلة الفاروزيّة الأولى (سحنة الكوارتزيت).d: صورة فوتوغرافيّة توضح طورا واحدا من النّشوه في السّلسلة الفاروزيّة الثّانيّة. c: صورة لمكشف باتوليث اهمباتو (Ahambatou) الذي يظهر على شكلّ موائد.b: صورة لنسيج بورفيري لباتوليث اهمباتو (Ahambatou) (عينة S33).e: صورة لمظهر تكشف "ظهر الحوت" لباتوليث إهلي (Eheli)، في الخلفيّة تظهر السّلسلة البركانيّة-الرّسوبيّة الأولى.f: صورة لمنسيج بورفيري متوسّط إلى خشن الحبيبات في باتوليث إهلي (Eheli)، في الخلفيّة تظهر السّلسلة البركانيّة-الرّسوبيّة الأولى.f: صورة لنسيج بورفيري متوسّط إلى خشن مع محتوبات الأباتيت والزركون (الهالة الخارجيّة لمركب تيويين (Tioueine)، باتجاه الغرب.h: صورة لبيوتيت

Fig. 2a. Photography showing two deformation phases in the Pharusian I sedimentary and volcanic series (quartzite).2b. Photography viewing one deformation in the Pharusian II. 2c. The outcrop in balls of the Ahambatou batholith. 2d. Typical porphyritic texture of Ahambatou batholith (sample S33). 2e. The foreground, the outcrop in "whale back" of Eheli batholith, the background the volcano-sedimentary series of the Pharusian I.
2f. Medium to coarse grained porphyritic texture in Eheli batholith (sample Eh 16). 2g. Adrar Tioueine complex, looking west. 2h: Biotite with apatite and zircon inclusions (Tioueïne peripheral; sample Ti59).

2- النتائج والمناقشة: بلغ عدد تحاليل العناصر الكيميائية الرّئيسيّة الموجودة في معدن البيوتيت اثنان وستون (62)، منها ثلاثة عشر (n = 13) خاصّة بباتوليث أهمباتو (Ahambatou) وتسعة (n = 09)، وقد خاصّة بباتوليث إهلي (Eheli)، وعشرون (n = 20) من غرانيت الهالة الخارجيّة لتويين (Tioueïne)، وقد تمّ إجراء التّحاليل الكيميائيّة بجهاز المسبار المجهري المتواجد بجامعة بيار وماري كوري بباريس (Camparis of Jussieu- Université Pierre et Marie Curie (UPMC)) في الظروف العاديّة المتوافق عليها : أي باستعمال شعاع n 10 وبفلطيّة متسارعة قدرها 20 ما 15 ، يبلغ قطر الشّعاع الالكتروني (Tioueïne) ومديقة تحليل كلّ عنصر 20 ثانيّة .كما جرى قياس تحاليل أخرى لبيوتيت (Tioueïne). تضمنت ماري بالتعمال شعاع n 20 وبفلطيّة متسارعة قدرها 20 ما 20 ، يبلغ قطر الشّعاع الالكتروني الماري المنتخرق مدّة تحليل كلّ عنصر 20 ثانيّة .كما جرى قياس تحاليل أخرى لبيوتيت (Tioueïne). تضمنت بالمتحف الوطنيّ لتاريخ الطّبيعة بباريس (Museum national d'Histoire naturelle-Paris). تضمنت المارجية (n = 09) تحاليل بالنّسبة للغرانيت المركزي وأحد عشر (n = 11) تحليلا لبيوتيت غرانيت الهالة الخارجيّة .(Azzouni-Sekkal, 1989).

تمّ حساب الصّيغ التّركيبيّة للبيوتيت على أساس 22 أكسجين، أما التّمييز بين الحديد الثّنائي والثّلاثي (³⁺ Fe²⁺ and Fe) من الحديد الكلي FeOt فقد تمّ حسابه اعتمادا على Haynes and al (1995) باستعمال القاعدة 1/3 = Fe₂O₃/FeO (الجداول 1، 2، 3 و4).

يتراوح مجموع أكاسيد العناصر الكيميائيّة الرّئيسيّة لبيوتيت أهمباتو (Ahambatou) من 93.26 إلى 96,21% (الجدول 1)، وبيوتيت إهلي (Eheli) من 92.78 إلى 96.20% (الجدول 2) مما يشير إلى وجود نسب هامة من الهيدروكسيد (OH). في حين يظهر إجمالي العناصر نفسها لبيوتيت تويين (Tioueïne) نسبا أعلى، حيث يتراوح مجموعها في الغرانيت المركزي من 94.7% إلى 97.72%، في حين يسجل غرانيت الهالة الخارجيّة قيما محصورة بين 94.77 و 98.02%.





في التّحاليل الجديدة لبيوتيت الهالة الخارجيّة الخاصّة بمركّب تيويين (Tioueïne) (العينة59 Ti، الجدول4)، تمّ تحديد نسبة كلّ من عنصري الفلور والكلور (Ahambatou)، وقد لاحظنا بأن قيمهما اعلى من نظيرهما في كلّ من بيوتيت أهمباتو اعلى من نظيرهما في كلّ من بيوتيت أهمباتو (Ahambatou) (F < 0.45; Cl < 0.035) (Ahambatou) وهي ميزة خاصّة بالمركّبات الغرانيتيّة القلويّة مثل وهي ميزة خاصّة بالمركّبات الغرانيتيّة القلويّة مثل المتجمّد الشّمالي Mefjell Plutonic Complex المتجمّد الشّمالي East Antarctica (Z. Li & al., 2003) East Antarctica عن ميكا حقيقيّة (Fe-biotite في الغرانيت المركزيّ والهالة الخارجيّة لمركّب تيويين (True trioctahedral micas (2.53 < M < 2.92 apfu)، نلاحظ بيوتيت حديدي Fe-biotite في الغرانيت المركزيّ والهالة الخارجيّة لمركّب تيويين (Tioueïne)، نلاحظ تخطّي بعض نقاط الهالة الخارجيّة الحد الفاصل بين نوع Fe-biotite وهو ما يعكس ارتفاع نسبة الحديد فيها مقارنة مع البيوتيت الاخرى. أما ميكا أهمباتو وإهلي فهي من فئة بيوتيت مغنيسي (Mg-biotite).

Sample	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jampie	S 33	S 33	S 33	S 33	S 33	S 33	S 33	S 33	S 33
	79	80	81	82	83	85	91	98	99
SiO ₂	36,229	35,914	35,251	36,828	34,169	36,44	36,021	35,176	35,063
TiO ₂	2,754	3,036	2,322	2,33	1,535	2,078	2,329	2,707	3,116
Al ₂ O ₃	15,807	15,934	15,992	16,066	16,595	16,204	16,156	16,253	16,328
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0,095	0	0,032	0,023	0	0,016
FeO	13,94	14,1	14,65	14,12	14,14	13,64	14,15	13,34	13,74
Fe ₂ O ₃	6,65	6,7	6,88	6,71	7,05	6,55	6,72	6,45	6,58
MnO	0,56	0,585	0,701	0,562	0,727	0,624	0,391	0,656	0,522
MgO	9,703	9,123	10,464	10,202	11,164	9,419	9,474	9,504	9,803
CaO	0,013	0,038	0,052	0,024	0,088	0	0,01	0,024	0,01
Na₂O	0,009	0,096	0,032	0,04	0	0,027	0,063	0,004	0,092
K₂O	9,192	9,457	8,467	9,019	7,215	9,54	9,573	9,197	9,305
F	0,45	0,276	0,616	0,2	0,582	0,549	0,645	0,501	0,251
CI	0,017	0,014	0	0,022	0	0	0	0,255	0,01
Total	95,324	95,273	95,427	96,218	93,265	95,103	95,555	94,067	94,836
Formules st	ructurales	basée sur	22 oxygèn	es					
o:	E E70	E E AG	E 477	E E04	E 94	E 005	E EGA	E E04	E 44 E
SI IV	5,573	5,540	5,477	5,594	5,31	5,605	5,504	5,504	5,415
Al'' -	2,427	2,454	2,523	2,406	2,69	2,395	2,436	2,496	2,585
Z	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Al ^v '	0,436	0,443	0,403	0,468	0,347	0,54	0,503	0,499	0,385
Ti	0,319	0,353	0,271	0,266	0,179	0,24	0,271	0,319	0,362
Fe ³⁺	0,694	0,696	0,701	0,685	0,818	0,694	0,697	0,706	0,697
Fe ²⁺	1,672	1,679	1,689	1,651	1,82	1,672	1,679	1,57	1,679
Cr	0	0	0	0,011	0	0,004	0,003	0	0,002
Mn	0,073	0,077	0,092	0,072	0,096	0,081	0,051	0,087	0,068
Mg	2,225	2,1	2,424	2,31	2,587	2,16	2,182	2,217	2,257
Y	5,42	5,35	5,58	5,46	5,85	5,39	5,39	5,4	5,45
Ca	0,002	0,006	0,009	0,004	0,015	0	0,002	0,004	0,002
Na	0,003	0,029	0,01	0,012	0	0,008	0,019	0,001	0,028
K	1,804	1,863	1,678	1,748	1,431	1,872	1,887	1,836	1,833
X	1,81	1,9	1,7	1,76	1,45	1,88	1,91	1,84	1,86
Cations	15,228	15,246	15,277	15,227	15,293	15,271	15,294	15,239	15,313
0	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Fe/Fe+Mg	0,43	0,44	0,41	0,42	0,41	0,44	0,43	0,41	0,43
Mg/Fe+Mg	0,57	0,56	0,59	0,58	0,59	0,56	0,57	0,59	0,57
T°(Henry 20	691	704	672	666	598	643	666	697	710
Alt	2,863	2,897	2,926	2,874	3,037	2,935	2,939	2,995	2,97

.الجدول 1. تحليل المسبار الإلكترونيّ (% W) والصّيغ البنيويّة لبيوتيت اهمباتو

Table 1. Electron microprobe analysis (W %) and structural formulae of Ahambatou's biotite

Comula	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sample	EH 16	EH 16	EH 16	EH 16	EH 16	EH 16	EH 16	EH 16	EH 16	EH 16	EH 16	EH 16	EH 16
	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276
SiO ₂	35,457	36,364	36,173	35,758	35,951	36,588	35,262	35,146	35,489	34,892	35,448	35,66	35,546
TiO₂	3,376	2,921	2,594	2,856	3,453	3,758	3,099	3,021	2,942	3,204	3,046	3,496	3,309
Al ₂ O ₃	14,868	14,79	14,462	15,246	14,558	14,709	15,355	14,866	15,367	14,987	14,77	14,981	15,546
Cr ₂ O ₃	0,08	0	0	0,088	0,056	0,016	0,08	0,016	0	0,056	0,143	0	0
FeO	12,12	12,45	10,87	11,98	12,85	12,21	12,73	12,34	13,09	13,49	13,16	12,48	12,23
Fe ₂ O ₃	5,71	5,82	5,29	5,66	5,95	5,74	6,24	6,11	6,36	6,5	6,39	6,16	6,08
MnO	0,529	0,473	0,564	0,586	0,713	0,69	0,439	0,301	0,362	0,25	0,21	0,414	0,527
MgO	12,266	11,975	12,93	12,504	12,089	11,679	10,668	10,842	10,31	10,796	11,381	10,146	10,003
CaO	0,02	0,059	0,098	0,031	0,046	0,021	0	0	0	0	0,032	0	0
Na₂O	0,089	0,027	0,013	0,031	0,063	0,031	0	0,032	0	0,027	0,027	0,04	0,059
K ₂ 0	9,368	9,654	9,061	9,156	9,778	9,862	9,728	9,481	9,914	9,843	9,223	9,964	9,693
F	0,587	0,888	0,588	0,56	0,688	0,335	0,354	0,579	0,423	0,426	0,423	0,912	0,534
CI	0	0,01	0	0	0,014	0,012	0	0,055	0,017	0,012	0,024	0	0,005
Total	94,47	95,431	92,643	94,456	96,209	95,651	93,955	92,789	94,274	94,483	94,277	94,253	93,532
Formules s	tructurales	s basée su	r 22 oxygèi	nes									
Si	5,492	5,609	5,625	5,51	5,542	5,588	5,474	5,505	5,522	5,46	5,505	5,535	5,508
AI ^Ⅳ	2,508	2,391	2,375	2,49	2,458	2,412	2,526	2,495	2,478	2,54	2,495	2,465	2,492
Z	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
AI ^{VI}	0,204	0,296	0,273	0,277	0,185	0,234	0,281	0,247	0,338	0,222	0,206	0,273	0,345
Ti	0,393	0,339	0,303	0,331	0,4	0,432	0,362	0,356	0,344	0,377	0,356	0,408	0,386
Fe ³⁺	0,582	0,58	0,584	0,579	0,579	0,574	0,7	0,707	0,702	0,706	0,7	0,7	0,699
Fe ²⁺	1,425	1,419	1,3	1,418	1,418	1,405	1,558	1,572	1,562	1,57	1,559	1,558	1,555
Cr	0,01	0	0	0,011	0,007	0,002	0,01	0,002	0	0,007	0,018	0	0
Mn	0,069	0,062	0,074	0,076	0,093	0,089	0,058	0,04	0,048	0,033	0,028	0,054	0,069
Mg	2,832	2,754	2,997	2,873	2,778	2,659	2,469	2,532	2,392	2,518	2,635	2,348	2,311
Y	5,52	5,45	5,53	5,57	5,46	5,4	5,44	5,46	5,39	5,43	5,5	5,34	5,37
Ca	0,003	0,01	0,016	0,005	0,008	0,003	0	0	0	0	0,005	0	0
Na	0,027	0,008	0,004	0,009	0,019	0,009	0	0,01	0	0,008	0,008	0,012	0,018
K	1,851	1,9	1,798	1,8	1,923	1,922	1,927	1,895	1,968	1,965	1,827	1,973	1,916
Х	1,88	1,92	1,82	1,81	1,95	1,93	1,93	1,91	1,97	1,97	1,84	1,99	1,93
Cations	15,396	15,368	15,349	15,379	15,41	15,329	15,365	15,361	15,354	15,406	15,342	15,326	15,299
0	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Fe/Fe+Mg	0,33	0,34	0,3	0,33	0,34	0,35	0,39	0,38	0,4	0,38	0,37	0,4	0,4
Mg/Fe+Mg	0,67	0,66	0,7	0,67	0,66	0,65	0,61	0,62	0,6	0,62	0,63	0,6	0,6
T°(Henry 2	748	725	723	725	747	754	720	720	710	728	723	734	726
Alt	2,712	2,687	2,648	2,767	2,643	2,646	2,807	2,742	2,816	2,762	2,701	2,738	2,837

الجدول 2. تحليل المسبار الإلكترونيّ (% W) والصّيغ البنيويّة لبيوتيت إهلي

Table 2. Electron microprobe analysis (W %) and structural formulae of Eheli's biotite

Sample	Ti24	Ti24	Ti26	Ti26	Ti26	Ti26	Ti28	Ti28	Ti28
	3	7	1	14b	2b	3c	15	20	21
SiO ₂	35,48	36,34	36,85	38,53	37,24	35,62	37,19	37,22	37,61
TiO ₂	1,67	2,79	3,61	2,09	2,81	2,95	2,19	2,89	2,78
Al ₂ O ₃	15,2	15,19	13,21	13,77	13,54	13,92	13,73	13,81	14,22
Cr ₂ O ₃	0	0,75	0	0	0	0	0	0,11	0
FeO	17,46	17,52	16,97	16,02	16,71	16,57	16,66	16,85	16,01
Fe ₂ O ₃	8,49	8,51	7,99	7,67	8,24	8,19	7,89	7,95	7,67
MnO	0,2	0,22	0,13	0,41	0,47	0,4	0,17	0,4	0,6
MgO	6,68	6,36	7,72	8,91	7,83	7,13	8,64	7,48	7,38
CaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na₂O	0,06	0	0,09	0	0,05	0,01	0,11	0,05	0,07
K₂O	9,46	9,87	9,94	10,32	10,11	9,95	10,19	10,26	10,21
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	94,7	97,55	96,51	97,72	97	94,74	96,77	97,02	96,55
Formules struct	urales basé	ée sur 22 o	xygènes						
0:	E 040	F	F 7F	E 0.27	E 704	E E00	E 704	E 770	E 700
	5,010	5,558	5,75	5,637	5,704	5,590	5,701	5,772	5,785
AI 7	2,384	2,442	2,25	2,163	2,296	2,404	2,239	2,228	2,217
Z	ð	8	8	8	ð	8	ð	8	8
AI*'	0,45	0,294	0,178	0,294	0,146	0,172	0,266	0,294	0,358
TI	0,199	0,321	0,424	0,238	0,324	0,349	0,255	0,337	0,322
Fe³⁺	0,952	0,92	0,821	0,797	0,921	0,945	0,815	0,816	0,809
Fe ²⁺	2,118	2,175	1,958	1,901	2,05	2,102	1,943	1,945	1,929
Cr	0	0,091	0	0	0	0	0	0,013	0
Mn	0,027	0,029	0,017	0,053	0,061	0,053	0,022	0,053	0,078
Mg	1,576	1,45	1,796	2,012	1,788	1,67	1,995	1,729	1,692
Y	5,32	5,28	5,19	5,3	5,29	5,29	5,3	5,19	5,19
Ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0,018	0	0,027	0	0,015	0,003	0,033	0,015	0,021
K	1,91	1,926	1,979	1,995	1,976	1,994	2,014	2,03	2,003
Х	1,93	1,93	2,01	2	1,99	2	2,05	2,05	2,02
Cations	15,25	15,206	15,2	15,29	15,281	15,288	15,343	15,232	15,212
0	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Fe/Fe+Mg	0,57	0,6	0,52	0,49	0,53	0,56	0,49	0,53	0,53
Mg/Fe+Mg	0,43	0,4	0,48	0,51	0,47	0,44	0,51	0,47	0,47
T°(Henry 2005)	575	660	714	628	672	679	641	678	671
Alt	2,834	2,736	2,428	2,457	2,442	2,576	2,505	2,522	2,575

الجدول 3. تحليل المسبار الإلكترونيّ (% W) والصّيغ البنيويّة لبيوتيت الغرانيت المركزي لمركّب تيويين

Table 3. Electron microprobe analysis (W%) and structural formulae of central Tiouëne's complex biotite

Sampla	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sample	Ti 59	Ti 59	Ti 59	Ti 59	Ti 59	Ti 59	Ti 59	Ti 59	Ti 59	Ti 59
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SiO ₂	35,56	35,87	35,54	35,83	35,8	35,91	35,36	35,68	35,73	34,93
TiO ₂	3,3	3,27	3,16	3,22	3,35	3,32	3,37	2,64	3,12	2,44
Al ₂ O ₃	12,95	13,04	13,35	13,06	12,93	13,66	13,65	14,006	14,43	15,05
Cr ₂ O ₃	0,079	0,022	0,06	0,0032	0,009	0,07	0,038	0,025	0,006	0,0064
FeO	19,73	19,36	20,2	20,34	19,91	19,53	19,25	20,02	20,85	20,3
Fe ₂ O ₃	9,58	9,45	9,73	9,78	9,64	9,51	9,42	10,01	9,95	9,77
MgO	4,39	4,74	3,98	4,27	4,33	3,87	3,9	3,3	3,26	3,47
MnO	0,86	0,55	0,57	0,63	0,63	0,47	0,39	0,39	0,38	0,48
CaO	0,0799	0,04	0,039	0,0056	0,0077	0,02	0,015	0,158	0,091	0,21
Na₂O	0,09	0,003	0,04	0,05	0,057	0,06	0,018	0,033	0,04	0,11
K₂O	8,77	9,16	9,12	9,04	8,87	9,4	9,1	8,87	8,67	8,13
F	1.21	0.872	0.82	0.84	0.91	0.59	0.78	0.83	0.7	0.28
CI	0,13	0,15	0,12	0,14	0,12	0,14	0,13	0,122	0,13	0,088
Total	96,7289	96,527	96,729	97,2088	96,5637	96,55	95,421	96,084	97,357	95,2644
Formules s	tructurales	basée sur	22 oxygèr	ies						
Si	5,662	5,703	5,671	5,697	5,696	5,67	5,671	5,637	5,673	5,597
Al ^Ⅳ	2.338	2.297	2.329	2.303	2.304	2.33	2.329	2,363	2.327	2.403
Z	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
AI ^{VI}	0,09	0,145	0,18	0,142	0,119	0,21	0,249	0,243	0,371	0,437
Ti	0,395	0,391	0,379	0,385	0,401	0,394	0,407	0,314	0,373	0,294
Fe ³⁺	1.077	1.076	1.08	1.076	1.076	1.068	1.085	1.188	1.074	1.084
Fe ²⁺	2 53	2 393	2 535	2 526	2 528	2 509	2 414	2 643	2 523	2 546
Cr	0.01	0.003	0.008	0	0.001	0.009	0.005	0.003	0.001	0.001
Mn	0.116	0.074	0.077	0.085	0.085	0.063	0.053	0.052	0.051	0.065
Mg	1,042	1,123	0,947	1,012	1,027	0,911	0,933	0,777	0,772	0,829
Ϋ́	5,26	5,21	5,21	5,23	5,24	5,16	5,15	5,22	5,17	5,26
Ca	0,014	0,007	0,007	0,001	0,001	0,003	0,003	0,027	0,015	0,036
Na	0,028	0,001	0,012	0,015	0,018	0,018	0,006	0,01	0,012	0,034
K	1,782	1,858	1,857	1,834	1,8	1,893	1,862	1,788	1,756	1,662
Х	1,82	1,87	1,88	1,85	1,82	1,91	1,87	1,83	1,78	1,73
Cations	15,084	15,071	15,082	15,076	15,056	15,078	15,017	15,045	14,948	14,988
0	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Fe/Fe+Mg	0,71	0,68	0,73	0,71	0,71	0,73	0,72	0,77	0,77	0,75
Mg/Fe+Mg	0,29	0,32	0,27	0,29	0,29	0,27	0,28	0,23	0,23	0,25
T°(Henry 2(682	682	674	678	684	680	686	641	669	630
Alt	2,428	2,442	2,509	2,445	2,423	2,54	2,578	2,606	2,698	2,84

الجدول 4. تحليل المسبار الإلكترونيّ (% W) والصّيغ البنيويّة لبعض تحاليل بيوتيت غرانيت الهالة الخارجيّة لمركّب

تيويين

					biotite					
Sample	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Jampie	Ti 59	Ti 59	Ti 59	Ti 59	Ti 59	Ti 59				
	20	21	22	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	35,87	36,28	35,85	35,74	35,15	35,88	36,02	35,45	35,61	36,21
TiO ₂	2,36	3,22	1,72	3,87	3,37	3,22	3,2	3,49	3,19	3,48
Al ₂ O ₃	14,62	14,39	15,42	13,31	13,35	14,401	13,8	13,71	14,27	12,92
Cr ₂ O ₃	0,018	0,031	0,05	0,058	0,028	0,009	0,019	0,071	0,022	0,006
FeO	20,73	20,31	19,25	19,56	19,32	19,37	19,94	19,73	19,5	20,08
Fe ₂ O ₃	9,91	9,77	9,42	9,52	9,44	9,46	9,65	9,58	9,5	9,69
MaO	3.42	3.33	3.67	3.95	4.19	4.05	3.94	3.83	3.78	4.32
MnO	0.42	0.511	0.47	0.36	0.46	0.5	0.52	0.56	0.47	0.62
CaO	0,06	0,072	0,015	0,024	0,01	0,01	0,024	0,057	0,11	0,01
Na₂O	0,054	0,06	0,02	0,03	0,045	0,06	0,015	0,039	0,03	0,001
K₂O	8,96	8,89	8,9	9,1	9,11	9,2	9,07	9,07	9,01	9,21
F	0.97	0.25	0.69	0.94	0.89	0.59	0.75	0.75	0.97	0,49
CI	0,08	0,09	0,11	0,11	0,109	0,12	0,13	0,12	0,14	0,12
Total	97,472	97,204	95,585	96,572	95,472	96,87	97,078	96,457	96,602	97,157
Si	5.698	5.696	5.698	5.656	5.656	5.651	5.682	5.627	5.626	5.714
SI	5,698	5,696	5,698	5,656	5,656	5,651	5,682	5,627	5,626	5,714
Al'' 7	2,302	2,304	2,302	2,344	2,344	2,349	2,318	2,373	2,374	2,286
	8	8	8	8	8	8	ð	8	8	ð
Al ^{*'}	0,433	0,356	0,584	0,137	0,186	0,322	0,246	0,19	0,281	0,115
Ti	0,282	0,38	0,206	0,461	0,408	0,381	0,38	0,417	0,379	0,413
Fe°⁺	1,075	1,062	1,075	1,071	1,089	1,066	1,067	1,074	1,069	1,068
Fe ²⁺	2,524	2,494	2,393	2,515	2,422	2,371	2,506	2,522	2,51	2,508
Cr	0,002	0,004	0,006	0,007	0,004	0,001	0,002	0,009	0,003	0,001
Mn	0,057	0,068	0,063	0,048	0,063	0,067	0,069	0,075	0,063	0,083
Mg	0,81	0,779	0,87	0,932	1,005	0,951	0,927	0,906	0,89	1,016
Y	5,18	5,14	5,2	5,17	5,18	5,16	5,2	5,19	5,19	5,2
Ca	0,01	0,012	0,003	0,004	0,002	0,002	0,004	0,01	0,019	0,002
Na	0,017	0,018	0,006	0,009	0,014	0,018	0,005	0,012	0,009	0
K	1,816	1,78	1,805	1,837	1,87	1,848	1,825	1,837	1,816	1,854
X	1,84	1,81	1,81	1,85	1,89	1,87	1,83	1,86	1,84	1,86
Cations	15,026	14,953	15,011	15,021	15,063	15,027	15,031	15,052	15,039	15,06
	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
re/re+Mg	0,76	0,76	0,73	0,73	0,/1	0,/1	0,73	0,74	0,74	0,/1
wg/re+Mg	0,24	0,24	0,27	0,27	0,29	0,29	0,27	0,26	0,26	0,29
I (Henry 20	022	0/3	209	/ U4	00/	0/0	0/4	000	0/3	089
AIT	2,135	2,00	2,886	Z,4ŏ1	2,53	2,0/1	2,364	2,563	2,000	Z,40

Table 4. Electron microprobe analysis (W %) and structural formulae from peripheral Tioueïne's complex

الجدول 4. تابع

	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14
Sample	Ti15	- Ti15	Ti15	Ti15	Ti15	Ti15	Ti20	Ti20	Ti20	Ti20	Ti20
	11'c	11b	1b	6b	8'c	8c	1	2	3	5	6
SiO ₂	35,72	35,59	36,08	35,69	35,54	36,13	36,46	36	36,41	37,37	36,22
TiO₂	3,53	3,39	3,43	3,95	4,01	3,56	3,87	3,75	3,48	3,88	3,51
Al ₂ O ₃	13.96	14.1	14.64	13.91	13.66	14.44	14.13	13.59	13.83	14.21	13.6
Cr ₂ O ₂	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0	0.1
	10.73	19.86	10 10	19.66	10.01	10 73	19.66	19.45	17 84	19.24	19 65
FeU En.O.	0.58	0.20	0 /	0.22	0.3/	0.58	0 90	0.45	0 61	0 75	0 99
	9,30	9,29	9,4	9,22	9,34	9,00	0,09	9,10	0,01	0,73	0,00
Mgu	3,53	3,97	3,47	3,54	3,29	3,45	4,53	4,43	4,87	4,50	4,81
MnO	0,18	0,01	0,14	0,39	0,43	0,28	0,69	0,49	0,52	0,8∠	0,67
CaU	0	0,32	U	0,14	U	U	U	0	0	U	0
Na₂O	0,08	0	0,05	0,04	0	0	0	0	0,08	0,02	0,1
K₂O	9,53	9,46	9,79	9,74	9,49	10,02	10,08	9,91	9,69	10,24	8,8
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	95,86	94,99	96,19	95,28	94,77	97,19	97,31	95,77	95,49	98,09	95,34
Formules st	ructurales	basée sur	22 oxygèn	es							
a 1	5.05	5 6 4 4	5.07	5.040	5 474	5 000	5 000	5 6 4 0	5 705	5 740	
Si	5,65	5,644	5,67	5,643	5,674	5,639	5,699	5,648	5,725	5,749	5,75
Al'	2,35	2,356	2,33	2,357	2,326	2,361	2,301	2,352	2,275	2,251	2,25
Z	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
AI ^{VI}	0,251	0,277	0,379	0,233	0,242	0,293	0,3	0,159	0,286	0,324	0,293
Ti	0,42	0,404	0,405	0,47	0,482	0,418	0,455	0,443	0,412	0,449	0,419
Fe ³⁺	1,07	1,073	1,063	1,07	1,08	1,056	0,94	1,061	0,946	0,925	0,955
Fe ²⁺	2,513	2,387	2,365	2,38	2,403	2,48	2,222	2,362	2,236	2,187	2,257
Cr	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0,013
Mn	0,024	0,001	0,019	0,052	0,058	0,037	0,091	0,065	0,069	0,107	0,09
Mg	0,832	0,939	0,813	0,834	0,783	0,803	1,056	1,036	1,142	1,046	1,138
Y	5,11	5,08	5,04	5,04	5,05	5,09	5,06	5,13	5,11	5,04	5,17
Ca	0	0,054	0	0,024	0	0	0	0	0	0	0
Na	0,025	0	0,015	0,012	0	0	0	0	0,024	0,006	0,031
к	1,923	1,914	1,963	1,965	1,933	1,995	2,01	1,984	1,944	2,01	1,782
Х	1,95	1,97	1,98	2	1,93	2	2,01	1,98	1,97	2,02	1,81
Cations	15,06	15,049	15,022	15,04	14,981	15,082	15,074	15,11	15,079	15,054	14,978
0	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Fe/Fe+Mg	0,75	0,72	0,74	0,74	0,75	0,76	0,68	0,7	0,66	0,68	0,66
Mg/Fe+Mg	0,25	0,28	0,26	0,26	0,25	0,24	0,32	0,3	0,34	0,32	0,34
T°(Henry 2(689	685	684	706	709	688	705	700	692	703	695
Alt	2,601	2.633	2,709	2.59	2.568	2.654	2.601	2.511	2.561	2.575	2.543

الجدول 4. تابع

يستعمل المخطّط البياني Fe²⁺/Fe²⁺ Mg Vs Alt في الصّخور النّاريّة بهدف توضيح العلاقة التّركيبيّة لمعادن الميكا ثلاثيّة الأوجه (Deer, 1966)، يبرز اسقاط مختلف النّقاط المثّلة للعينات المدروسة في رباعي اقطاب (ASPE) (annite - siderophyllite - phlogopite – eastonite) (الشّكلّ 4) تنوّعا كبيرا في التّركيبة الكيمائيّة لبيوتيت الصّخور الاربعة التي تمّت دراستها. وعليه استنادا لنسبة أوكسيد التركيبية الحديد/اوكسيد المغنيزيوم ونسبة اكسيد الالومنيوم في البيوتيت (Reer, 1966) ، يبرز اسقاط مختلف النّتواط المثلّلة للعينات المدروسة في رباعي اقطاب (ASPE) معادن المتحديد التي تمّت دراستها. وعليه استنادا لنسبة أوكسيد التركيبة الكيمائيّة لبيوتيت الصّخور الاربعة التي تمّت دراستها. وعليه استنادا معنادا لنسبة أوكسيد الحديد/اوكسيد المغنيزيوم ونسبة اكسيد الالومنيوم في البيوتيت(Reer All 20) ، قمنا الحديد/اوكسيد المعنيزيوم ونسبة الى أربعة أنواع:

1. بيوتيت غني بالحديد Fe-biotite العارجية (بنسبة عالية من الحديد > 5.31 - FeO^t/MgO > 9.16; 12.92 > Al₂O₃ > 15.42 w Fe-biotite (%ينتمي إلى غرانيت الهالة الخارجية لمركّب تويين (Tioueïne) ويتميّز بنسبة عاليّة من الحديد > 0.66) (Nachit et يفتري إلى غرانيت الهالة الخارجية لمركّب تويين (Nachit et يعة كيميائيّة قلويّة إلى قرب قلويّة المرابق (الشّكل 3) وهي صفة الصّهارة التي تنشأ في المجال المتأخر من الدّورات البانيّة للجبال (الشّكل 6).

2. بيوتيت حديدي مغنيسي Tioueïne > 3 حاليات المركاب > 203 - 2 - 203 - 2 - 203 - 2 - 203 - 2 - 203 - 200 -

3. بيوتيت غني بالالمنيوم Al-biotite، (% Al₂O₃ < Al₂O₃ < 16.59 w)، Al-biotite > 1.89 < FeO^t/MgO < 2.20; 15.80 < Al₂O₃ < 16.59 w)، مقارنة يخص عينات باتوليث أهمباتو (Ahambatou)، حيث يمتلك أعلى قيم Alt (3.04 > 2.82) مقارنة مع بيوتيت الصّخور الأخرى. بينما تتفاوت نسبة (Fe²⁺ + Mg) / ⁺² Fe²⁺ بشكلّ خفيف (2.50 إلى (1.50)، البيوتيت الالوميني (Al-biotite) كلسي-قلويّ (الشّكلّ 5) يترجم صخور السّلاسل النّاشئة خلال الدّورة البانيّة للجبال Addel Rahman, 1994) orogenic suites) (الشّكلّ 6).



Fig. 4 : Diagramme Fe²⁺/Fe²⁺+ Mg Vs Alt for area Silet's biotite (Deer, 1966) Fig. 5 : Diagramme Alt Vs Mg for area Silet's biotite (Nachit et al., 1985)

4. بيوتيت مغنيسي Mg-biotite : يميّز صخور باتوليث إهاي (Eheli) : 1.23 < FeO^t/MgO < 1.85; (Eheli) . ميّز صخور باتوليث إهاي (apfu : Mg < 2.98 > 2.30) . وأدنى (% א 15.54 w) وأدنى



(% Al₂O₃ < 15.54 w، ويتسم بنسبة عاليّة قيم الحديد (0.41 < Fe²⁺/Fe²⁺ Mg < 0.51). تتراوح قيمة الألومنيوم (1.48 < Alt > 1.48 و 1.82) بين تلك المسجّلة في Al-biotite و Fe-Mg biotite و Fe-Mg biotite و biotite(الشّكلّ 4، الجدول 1، 3 و4). بيوتيت إهلي (Mg-biotite) كلسي-قلويّ (الشّكلّ 5) يقترب من خصائص البيوتيت الألوميني (Al-biotite) المعرف في صخور أهمباتو (Ahambatou) المعرام (Abdel (Ahambatou) الشكلّ 6).

1.2 شرود الأوكسجين ودرجة حرارة النبلور : يعتبر معدن البيوتيت مؤشّرا جيّدا لمعرفة مدى أكسدة الصّهارة التي تبلور منها. وقد استخدم Wones and Eugester (1965) Wones التّركيبة الكيميائيّة للبيوتيت في النّظام الثّلاثي (KFe₃²⁺AlSiO₁₀(OH)₂-KMg₃AlSiO₁₀(OH)₂-KFe₃³⁺AlSi₃O₁₂(H₁) لتقدير درجات شرود الأوكسجين أثناء مراحل تبلور الصّهارة. يوضّح المخطّط الثّلاثي ⁺² Fe³⁺ - Fe³⁺ - Mg (الشّكلّ 7) أن جميع معادن بيوتيت منطقة سيلات Silet تقع بين مجال NNO (NNO (ON) ومجال Alber) والبيوتيت المغنيسي



(Fe₂O₃. بالتّدقيق في النّتائج , يمكن ملاحظة أن البيو (Mg-biotite) المنتسبين للصخور من نمط (ت ت غ -(TTG) إهلي واهمباتو على التّوالي، يشيران إلى حالة أكسدة منخفضة (نطاق مجال NNO وHM)، في حين البيوتيت الحديدي –المغنيسي (Fe-Mg biotite) في حين المعرف في الغرانيت المركزي لمركّب تيويين (Fioueïne) يتوضّع على حدود المجالHM. النّقاط الممثّلة للبيوتيت الحديدي (Fe-biotite) المميّز للهالة الخارجيّة للبيوتين تسقط فوق المجال نفسه، مما يعكس بيّئة مؤكسدة للغاية. 2.2 **المقياس الحراري لهنري** (Henry2005): يعتمد مقياس الحرارة الكمّي لـ Henry & al (2005) على مقدار عنصر التّيتانيوم (Ti) المحتوى في البيوتيت، وقد تمّ استخدامه لبيوتيت منطقة سيلات من اجل مقارنة النّتائج مع تلك المحصّل عليها بإستخدام طريقة Wones and Eugester (الجدول 5).

تظهر النّتائج أن معادن بيوتيت الصّخورت ت غ (TTG) وبيوتيت الغرانيت المركزي لمركّب تيويين تملك قيمًا لدرجات حرارة التّبلور أقل عن تلك المحسوبة بالطّريقة السّابقة، على النّقيض من ذلك يتبلور معدن البيوتيت الحديدي (Fe-biotite) الموجود في الهالة الخارجيّة لمركّب تويين تحت درجة حرارة أعلى من تلك المعطاة بواسطة مقياس حرارة (Wones and Eugester (1965)، من المحتمل أن يرتبط ذلك بمقدار *Fe³⁺ - Fe³ المعاد حسابه.



⁽Abdel Rahman, 1994)

مجلّة العلوم والتّكنولوجيا

العدد التّجريبي (0)

السّداسيّ الثّاني 2019

Parameters attatt	<i>f</i> O2 (bar)	۲°C	T°C (Average)		
r arameters po ex,	Wones and Eugster (1965)	Wones and Eugster (1965)	Henry and al (2005)		
إهلي Eheli	10 ^{-12.5} - 10 ^{-11.5}	840 - 900	730 (n=9)		
أهمباتو Ahambatou	10 ^{-12.5} - 10 ⁻¹²	790 - 830	672 (n=13)		
تويين المركزي Central Tioueïne	10 ⁻¹⁵ - 10 ^{13.5}	550 - 600	658 (n=9)		
تويين الهالة Peripheral Tioueïne	10 ^{-17.5} - 10 ^{-15.5}	500 - 540	678 (n=31)		

الجدول 5. مقياس درجات الحرارة والضّغط لبيوتيت الصّخور المدروسة من منطقة سيلات

Table 5. Thermo-barometry of biotites from TTG batholiths and Tioueïne complex

٤-الاستنتاج: الخصائص البترولوجيّة الفارقة للصخور الاربعة المدروسة ملخّصة في الجدول رقم 6. نلاحظ من خلال التّركيب الكيميائي لمعدن البيوتيت، المميّز للصخور الاربعة أهمباتو وإهلي وتويين (الهالة الخارجيّة والغرانيت المركزي)، ان ثلاثة عناصر رئيسيّة تصنع الفارق وهي FeO و MgO و Al₂O₃ (الشّكلّ (الشّكلّ وقد حاول بعض المؤلفين تمييز الصّخور الحامضيّة المندسة من خلال دراسة معدن البيوتيت Yen). وقد حاول بعض المؤلفين تمييز الصّخور الحامضيّة المندسة من خلال دراسة معدن البيوتيت Land Goodwin, 1976; Barrière and Cotton, 1979; Stone, 2000; Batchelor, 2003; Shabani and Lalonde, 2003; Cesare, 2008; Buda et al., 2004; Kumar and Pathak, 2010; Karimpour et al., دراسما في تحديد المعالم البترولوجيّة للصخور الحاويّة عليها.

Tiou	eine	Eboli	Ahamhatou	خصائص الباتوليث او المركّب			
الغرانيت المركزي	الهالة الخارجيّة	Enen	Anambalou				
	يطيّة Islands Arcs	جزر قوسيّة مح	جزر قوسيّة م				
L A	نمط	TTG	نمط	نوع الصّخور			
تصادم	بعد التَ	لتّصادم	الموقع الجيوديناميكي				
النّقي	الوشاح	الوشاح + قشرة قاريّة	الوشاح النّقي	منبع الصّهارة			
523 ± 1 Ma	559 ± 7 Ma	638 ± 5 Ma	651 ± 6 Ma	التّزمين المطلق			
غرانيت	سيينيت	منزوغرانيت	غرانوديوريت	اسم الصّخر			
قلويّ مفرط كلسي- قلويّ		كلسي- قلويّ	کلسي- قلويّ	الطّبيعة الكيميائيّة			
0.49-0.60	0.66-0.77	0.41-0.51	0.52-0.55	Fe/Fe+Mg (biotite)			
Fe Mg biotite Fe biotite		Mg biotite	Al biotite	نوع البيوتيت			

الجدول 6. الخصائص البترولوجيّة لصخور العيّنات المدروسة من منطقة سيلات

Table 6. Petrological characters of the Silet area's batholiths and biotites

دراسة معدن البيوتيت المتواجد في صخور الباتولثين أهمباتو وإهلي من نمط Trondhjemite + TTG) Tonalite + Granodiorite) والمؤرخين في الدّور الإدياكاريا وبيوتيت من صخور من نمط متأخرة النّشأة (Tioueïne) A (Tioueïne) ذات العمر الإدياكريان-الكمبري، النّاشئة خلال الدّورة لعموم افريقيا، سمحت بتعريف أربعة أصناف من معدن البيوتيت وفقا للتركيبة الكيميائيّة :

1. **بيوتيت غني بالحديد** Fe-biotite متبلور من صهارة قلويّة، اصل غرانيت الهالة الخارجيّة لمركّب Tioueïne ؛

3. بيوتيت غني بالألومنيوم Al-biotite المتبلور من صهارة فتيّة كلسيّة-قلويّة اصل باتوليث أهمباتو (Ahambatou) من نمط TTG، هذه القيم العاليّة من الالومنيوم ترجع إلى وجود رواسب بحريّة في الصّفيحة مثل تلك المعرف في البيوتيت الالوميني Variscan Al-biotite من طرف (2004) Buda et al أو ربّما تتعلّق بوجود الأمفيبول. وفقا لغورباتشاف (Gorbatschev; 1970) فإن توزيع الألومينيوم بين البيوتيت والهوربلاند الخضراء يزيد ب0.25 في بنيّة البيوتيت عندما يتوايت عندما يتواجد مع المالية من الالومنيوم ترجع إلى وجود رواسب بحريّة العرق في الميوتيت الالوميني Variscan Al-biotite من طرف (لي الم المعرف في البيوتيت الالوميني وربّما تتعلّق بوجود الأمفيبول. وفقا لغورباتشاف (Gorbatschev; 1970) فإن توزيع الألومينيوم بين البيوتيت والهوربلاند الخضراء يزيد ب0.25 في بنيّة البيوتيت عندما يتواجد مع الأمفيبول.

4. **تطوّر البيوتيت المغنيسي Mg-biotite** من مصدر صهارة كلسي-قلويّ غير نقي، تشترك فيه قشرة قاريّة قديمة. وهو محدد في باتوليث إهلي من نمط TTG. هذه الصّفة نموذجيّة في السّلاسل الكلسيّة-القلويّة المتزامنة مع نظام تقارب الالواح.

التَّركيبة الكيميائيّة للبيوتيت مؤشر ممتاز للظروف الفيزيائيّة والكيميائيّة التي تتحكم في تطور الصّهارة الأمّ ويبدو أنّها تطلع بوضوح الألفة الكيميائيّة للصخور المضيفة ومواقع النَّشأة الجيولوجيّة. ومع ذلك، فإنّ الجمع بين بيانات الصّخور بأكملها (العناصر الكيميائيّة الرّئيسيّة، النّادرة والشّحيحة) تبقى ضروريّة لاستكمال الدّراسات البترولوجيّة.

74

4.الراجع

- 1. Abdel-Rahman, A.F.M., 1994. Nature of Biotites from Alkaline, Calc-alkaline, and Peraluminous Magmas. Journal of petrology 35(2) 525-541.
- Azzouni-Sekkal, A., 1989. Pétrologie et géochimie des granites de type « Taourirt » : un exemple de province magmatique de transition entre les régimes orogéniques et anorogéniques, au Pan-Africain (Hoggar, Algérie). Thèse Doctorat d'Etat, Université des Sciences et Techniques Houari-Boumedienne, Alger, et Mémoires Service Géologique Algérie 7, 288p.
- 3. 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
- 4. Bailey, S.W., (editor). 1984. Micas. Reviews in Mineralogy, 13. Mineralogical Society of America, Washington, D.C.
- 5. Barrière M. and Cotton, J., 1979. Biotites and associated minerals as markers of magmatic fractionation and deuteric equilibration in granites. Contrib. Mineral. Petrol. 70, 183-192.
- 6. Batchelor, R.A., 2003: Geochemistry of biotite in metabentonites as an age discriminant, indicator of regional magma sources and potential correlating tool. Mineral. Mag. 67, 807—817.
- Bechiri-Benmerzoug, F., 2009. Pétrologie, géochimie isotopique et géochronologie des granitoides Panafricains de type TTG de Silet : contribution a la connaissance de la structuration du bloc d'Iskel (Silet, Hoggar occidental) Algerie, Thèse Doctorat, Université des Sciences et Techniques Houari-Boumedienne, Alger, 398p.
- 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.
- Bowden, P., Cottin, J.Y., Belousova, E., Gréau, Y., O'Reilly, S.Y., Azzouni –Sekkal, A., Remaci-Benouda, N., Bechiri-Benmerzoug, F., 2014. Ediacaran granites in the Tuareg shield, West Afria : alkalilnity and end-Gondwanan assembly. Goldschmidt, Sacramento, California, United States June 8 – 13.
- 10. Brigatti, M.F., Frigieri, P., Ghezzo, C., and Poppi, L., 2000. Crystal chemistry of Al-rich biotites coexisting with muscovites in peraluminous granites. American Mineralogy, Volume 85, pp. 436-448
- 11. Brigatti, M.F., and Guggenheim, S., 2002. Mica crystal chemistry and the influence of pressure, temperature, and solid solution on atomistic models. In A. Mottana, F.P., Sassi, J.B., Thompson, Jr., and Guggenheim, S., Eds., Micas: Crystal Chemistry and Metamorphic Petrology, 46, 1.98. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Mineralogical Society of America, Washington, D.C.

- 12. Black, R., Latouche, L., Liegeois, J.P., Caby, R., Bertrand, J.M., 1994. Pan-African displaced terranes in the Tuareg Shield (Central Sahara). Geology 22, 641–644.
- Buda, G., Koller, F., Kovács, J., Jaromír and Ulrych J., 2004. Compositional variation of biotite from Variscan granitoids in Central Europe: A statistical evaluation. Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged, vol. 45/1, 21-37.
- 14. 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.
- 15. Bouzid K, 2014 Caractérisation des biotites présentes dans trois complexes plutoniques d'environnements géodynamiques différents (le batholite d'Ahambatou, le batholite d'Eheli et le complexe annulaire du Tioueïne), région de Silet, bloc d'Iskel, Hoggar Algérie. Mémoire de magister, Ecole Normale supérieure de Kouba. 102pp
- 16. Caby, R., 1968. Une zone de décrochement à l'échelle de l'Afrique dans le précambrien de l'Ahaggar occidental. Bull. Soc. Geol. Fr., 577-587.
- 17. Cesare, B., Kumar, M.S., Cruciani, G., Pocker, S., and Nodari, L., 2008. Mineral chemistry of Ti-rich biotite from pegmatite and metapelitic granulites of the Kerala Khondalite Belt (southeast India): Petrology and further insight into titanium substitutions. American Mineralogist, Volume 93, pp. 327–338.
- 18. Chikhaoui, M. 1981. Les roches volcaniques du Protérozoique supérieur de la chaine panafricaine du Hoggar et anti Atlas. Thèse doctorat d'état. Univ Montpellier, 183p
- 19. Czamanske, G.K., and Wones, D.R., 1973. Oxidation during magmatic diffrenciation, Finnmarka Complex, Oslo Ara Norway—II. Mafic Silicates. J. Petrolgy 14. p.349-380
- 20. Czamanske, G.K., Wones, D.R., Eichelberger, J.C., 1977. Mineralogy and petrology of the intrusive complex of the Pliny Range, New Hampshire. Am. J. Sci. 277, 1073- 1123.
- 21. Djouadi, M.T., Ferre´, E., Gleizes, G., Caby, R., Lesquer, A., Bouchez, J.L., 1997. Oblique magmatic structures of two epizonal granite plutons, Hoggar, Algeria: late orogenic emplacement of transcurrent orogen. Tectonophys. 279, 350–374.
- 22. Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., 1966. Rock-forming minerals. Longmann ed., London.
- 23. Foster, M.D., 1960. Interpretation of the composition of trioctahedral micas. US Geological Survey Prof., 354B: 1-49.
- 24. Engel, A.E.J., and Engel, C.G., 1960. Progressive metamorphism and granitization of the major prageneiss, Northwest Adirondack Mts., New York. Bull. Geol. Soc. Am. 71, 1-58.
- 25. Gravelle, M., 1969. Recherche sur la géologie du socle précambrien de l'Ahhagar Centro-occidental dans la région de Silet-Tibehaouine. Thèse de Doctorat d'État, Université de Paris, 781 pp.

- 26. Gorbatschev, R., 1970. Distribution of Tetrahedral Al and Si in coexisting biotite and Ca-Amphibole. Contr. Mineral. and Petrol. 28, pp, 251-258.
- 27. Haynes, J.T., Melson, W.G., and Kunk, M.J., 1995. Composition of biotite phenocrysts in Ordovician tephras cast doubt on the proposed trans-Atlantic correlation of the Millbrig K-bentonite (United States) and the Kinnekulle K-bentonite (Sweden). Geology; September 1995; v. 23; no. 9; p. 847–850
- 28. Hetu C. Sheth, Ignacio S. Torres-Alvarado & Surendra P. Verma. 2002. What is the "Calc-alkaline Rock Series"? International Geology Review volume 44, Issue 8
- 29. Henry, D.J and Guidotti, C.V., 2002. Titanium in biotite from metapeletic rocks: temperature effects, crystalchemical controls, and petrologic applications. American Mineralogy, Volume 87, pages 375-382.
- 30. Hossain, I. and Tsunogae, T., 2014. Crystallization Conditions and Petrogenesis of the Paleoproterozoic Basement Rocks in Bangladesh: An Evaluation of Biotite and Coexisting Amphibole Mineral Chemistry. Jou of Earth science, Vol. 25, N°.1, p.87-97
- 31. Jacobs, D.C and Parry, W.T., 1979. Geochemistry of biotite in the Santa Rita Porphyry Copper Deposit, New Mexico. Economic Geology, 74 (4): 860-887
- 32. Karimpour, M.H., Stern, C.R, Mouradi, M., 2011. Chemical composition of biotite as a guide to petrogenesis of granitic rocks from Maherabad, Dehnow, Gheshlagh, Khajehmourad and Najmabad, Iran. Iranian Society of Critallography and Mineralogy. Vol.18 n°4. p.89-100
- 33. Kumar, S., and Pathak, M., 2010. Mineralogy and geochemistry of Biotites from Proterozoic granitoids of Western Arunachal Himalaya: Evidence of Bimodal Granitogeny and Tectonic Affinity. Journal Geological Society of India. Vol.75. pp.715-730
- 34. 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.
- 35. Nachit, H., Razafimahefa, N., Stussi, J.M., Caron, J.P., 1985. Compositions chimiques des biotites et typologie magmatique des granitoïdes. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris 301, 813-818
- 36. Kheloui. R. 2009. Etude pétrographique, minéralogique et géochimique du massif mafique –ultramafique d'Iddeleh (Silet, Bloc d'Iskel, Hoggar. Thèse de magister, FSTGAT. 102pp
- 37. Němec, D., 1972. Micas of the lamprophyres of Bohemian Massif. N. Jb. Min. Abh., 117, No.2. 196-216.
- Neilson M.J., Haynes S.J., 1973. Biotites in calcalkaline intrusive rocks, Mineralogical Magazine. 39, 301–304, 251–253.
- 39. Nockolds, S.R., 1947. The relation between chemical composition and paragenesis in the biotite micas of igneous rocks. American journal of Science, 245, 401-420

- 40. Paquette, J.L., Caby, R., Djouadi, M.T., Bouchez, J.L., 1998. U–Pb dating of the end of Pan-African orogeny in the Tuareg Shield: the post-collisional syn-shear Tioueïne pluton (Western Hoggar, Algeria). Lithos 45, 245–253.
- 41. Rieder, M., Cavazzini, G., D'Yakonov, Y.S., Frank-Kamenetskii, V.A., Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval, P.V., Muller, G., Neiva, A.M.R., Radoslovich, E.W., Robert, J. L., Sassi, F. P., Takeda, H., Weiss, Z., and Wones, D. R., 1998. Nomenclature of the micas. Canadian Mineralogists, 36, 905-912.
- 42. Rieder, M., Cavazzini, G., D'Yakonov Y.S., Frank-Kamenetskii, V.A. Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval P.V., Muller, G., Neiva, A.M.R., Radoslovich, E.W., Robert, J. L., Sassi, F.P., Takeda, H., Weiss, Z. and Wones, D.R., 1999. Mineralogical Magazine, Vol. 63(2), pp. 267–279
- 43. Schreurs, J., 1985. Prograde metamorphism of metapelites, garnet-biotite thermometry and prograde changes of biotite chemistry in high-grade rocks of west Usimaa, southwest Finland. Lithos 18, 69-80
- 44. Shabani, A.A.T., Lalonde, A.E., Whalen, J.B., 2003. Composition of biotite from granitic rocks of the Canadian Appalachian: A potential tectonomagmatic indicator? The Canadian Mineralogist, 41, 1381-1396
- 45. Stone, M., 2000. Petrogenetic implications from biotite compositional variations in the Cornubian granite batholith. Mineralogical Magazine. 64, no.4, 729-735
- 46. Spear, J.A., 1987. Evolution of Magmatic AFM Mineral Assemblages in Granitoid Rocks: The Hornblende + Melt = Biotite Reaction in the Liberty Hill Pluton, South Carolina. American Mineralogists, 7: 863–87
- 47. Tischendorf, G., Rieder, M., Förster, H.J., Gottesmann, B., and Guidotti, V., 2004. A new graphical presentation and subdivision of potassium micas. Mineralogical Magazine, vol. 68(4), pp. 649-667.
- 48. Tischendorf, M., Förster, H.J., Gottesmann, B., and Rieder, M., 2007. True and brittle micas: composition and solid-solution series. Mineralogical Magazine. Vol. 71(3), pp. 285-320
- 49. Ogorodova, L.P., Kiseleva, I.A., Mel'chakova, L.V., and Shuriga, T. N., 2006. Thermochemical Study of Natural Phengite. ISSN 0016-7029, Geochemistry International, Vol. 44, No. 2, pp. 196–198.
- 50. Paukov, I.E., Kovalevkaya, Yu.A., Kiseleva, I.A., and Shuriga, T.N., 2007. Low-temperature Thermodynamic Properties of Natural Biotite. ISSN 0016-7029, Geochemistry International, vol. 45, N°4, pp 405-408.
- 51. Peacock, M.A., 1931. Classification of igneous rocks. J. Geol., 39, 56-67.
- 52. Yen, F. and Goodwin, J.H., 1976. Correlation of tuff layers in the Green River Formation, Utah, using biotite compositions. Journal of Sedimentary Petrology, 46, 345354.
- 53.Wones, D.R., and Eugster, H.P., 1965. Stability of Biotite: Experiment, Theory, and Application. American Mineralogists, 50(9): 1228–1272
- 54. Li, Z., Tainosho, Y., Shiraishi, K., and Owada, M., 2003. Chemical characteristics of fluorine-bearing biotite of early Paleozoic plutonic rocks from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica, Geochemical Journal, vol. 37, 145 to 161.