



كتلة سيلات (الهقار الغربي، الجزائر): إقليم من الأراضي الدخيلة

دراسة جيولوجية وجيوكيميائية والتأريخ المطلق لبعض الباتوليتات من نمط

(TTG) والمركبات الغرانيتية متأخرة النشأة (A-type)

فاتن بشري-بن مرزوق¹، مقدم سارة¹، رقية خلوي²⁻¹، عبلة عزوني³، جون-بول ليجوا⁴، برنار بونا⁵، حميد بشري²

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

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

3- جامعة ابوبكر بلقايد – تلمسان، 13000 الجزائر asazzouni@hotmail.com

4- المتحف الملكي لوسط إفريقيا - B-3080 بلجيكا jean-paul.liegeois@africamuseum.be

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

(فرنسا) bernard.bonin@u-psud.fr

تاريخ الإرسال: 29 مارس 2021 / تاريخ القبول: 24 جوان 2021

الملخص (Abstract)

سجلت كتلة سيلات خلال الدورة البائية للجبال لعموم إفريقيا (520-870 م س) نشاطا ماغماتيا متنوعا بدأ بتشكيل باتوليتات من نمط (TTG) مرتبطة بظاهرة الغوص ومتدرجة على أربعة مراحل (870,742,650، و638 مليون سنة) على الأقل. خلال المرحلة المتأخرة من الدورة توضع المركبات الغرانيتية القلوية ما بين 570 و560 مليون سنة في الجهة الجنوبية وتبعها مجموعة ثنائية قلووية-كلسية ما بين 540 و530 مليون سنة توضع في الجهة الشمالية من كتلة

سيلات وكتلة عين-تيداي. أظهرت الدراسات أن مختلف أنواع الصخور المنتشرة في المنطقة الوسطي من كتلة سيلات مثل السلاسل البركانية-الرسوبية والباتوليتات من نمط (TTG) والمركبات الغرانيتية متأخرة النشأة (A-type) والأجسام فوق قاعدية والقاعدية التراكمية والقواطع المختلفة (الدولريت والسبينيت وغيرهما)، تنتظم جغرافيا في مجالين مشكلةً نطاقين متطاولين باتجاه شمال – جنوب يفصلهما منطقة القص المعرفة باسم فالق تين دهار (Tin-Dahar) والتي تنتشر على امتدادها صخور متحولة من نوع تالك-شيسيت

الدورة البانا افريقية وهي تشبه مناطق معروفة في جميع أنحاء العالم مثل هامش أمريكا الشمالية في المحيط الهادئ

الكلمات المفتاحية (Keywords)

درع الطوارق، كتلة سيلات، باتوليتات (TTG) مركبات غرانيتية (A-type)، جيوكيمياء النظائر ϵNd - ϵHf

وسرينيت والافمبوليت. تتميز صخور الشريط الشرقي تاكلات-أهلي (Taklet-Eheli) بقيم سلبية لعنصر النيوديم ($-8.10 < \epsilon\text{Nd} < -2.91$) في حين تظهر صخور الشريط الغربي تيمسلاغسين-تيوين (Timesslarssine-Tioueïene) قيما ايجابية من نظائر النيوديم ($+0.52 < \epsilon\text{Nd} < +4.57$). تتشكل كتلة سيلات من التحام مجموعة من الأراضي الغريبة، لكل واحدة منها تاريخ جيولوجي مميز، اجتمعت خلال المرحلة الاخيرة من

The Silet superterrane, (Western Hoggar, Algeria)

: a collage of exotic terranes

Geological, geochemical, and geochronological study

of TTG's type batholiths and A-types granites' complexes

Abstract

During the Pan-African orogeny (870-520 Ma) the Silet terrane recorded several magmatic episodes, the first one allowed TTG's batholiths related with subduction zones, at least four steps were identified (870-742-650-638 million years). Through the late pan-african stage, alkali A-type granitic complexes were generated (between 570 and 560 million years) in the southern part of the terrane, followed by a second period which allowed the formation of alkali-calcic A-type granitic complexes (between 540 and 530 million years) in the northern part of the Silet and In-Tedeini terranes. Our work revealed that different types of rocks that outcrop in the Silet region, such as the volcano-sedimentary series of Pharusian I and II, K- batholiths, TTG's batholiths, A-

type complexes «Taourirt», mafic and ultramafic complexes and dykes (dolerite, syenite, etc.) are geographically organized into two longitudinal zones separated by the «Tin-Dahar fault» shear zone. The Eastern part is characterized by negative isotopic values ($-2.91 < \epsilon\text{Nd} < -8.10$) while the western branch shows positive value ($+0.52 < \epsilon\text{Nd} < +4.57$). The Silet superterrane can be interpreted as a collage of exotic terranes, similar to suture areas known worldwide, like the North American Pacific margin.

Keywords

Touareg shield, Silet terrane, TTG's batholiths, A-types granitic complexes, isotopic geochemistry $\epsilon\text{Nd}/\epsilon\text{Hf}$

1- المدخل (Introduction)

يتكوّن الدرع التّركي (او درع الطّوارق - Touareg shield) من التّحام كتل محيطيّة بأخرى قاريّة خلال الدّورة البانيّة للجبّال لعموم إفريقيا (Pan-African Orogeny)، التي بدأت في التّيوبروتيزوي المتأخّر واستمرت لغايّة الكمبري (850 - 530 مليون سنة). يُشكّل الهقار الجزء الجزائري من درع الطّوارق الذي يمتد نحو الجنوب الغربي باتجاه مالي وهو معروف بادرار افوراس كما يمتد نحو الجنوب الشرقي باتجاه التّيجر بما يعرف بالأخير. تبلغ مساحته 550000 كم² ويُشكّل الهقار ثلاثة ارباعها (¾).

أسهمت الدّراسات الجيولوجيّة المنجزة منذ قرابة المائة سنة باقتراح عدة تقسيمات للدرع التّركي (Lelubre; 1952, Bertrand et Caby; 1978, Black et al; 1994, Liégeois et al; 2003) اقترحها جون بول ليجوا (J-P. Liégeois, 2019) اين يشير أن درع الطّوارق يتشكّل من التّحام خمس وعشرين كتلة ليتوسفييّة (25) تفصلها مناطق القص العموديّة او الجهيّة (الشّكل 1). تتميز هذه الكتل عن بعضها باختلاف خصائص تشكيلاتها الجيولوجيّة (الطّبيعة الصّخريّة، درجة التّحول انواع النّشاط الماغماتي والبنوي)، البعض منها يتميز بصخور ذات طبيعة محيطيّة فتية على غرار بعضها الآخر الذي يتكوّن من صخور يعود عمرها للأركي والبروتيزوي القديم. تجتمع الكتل الواقعة في وسط الدرع وعددها خمس مشكّلةً شبه الرّاسخ لانتيا (LATEA-MetaCraton) وقد سُمّي كذلك بجمع الحروف الأولى من اسم كل كتلة -Laouni-Azrou-n'fad-Tefedest-Egere-Aouilene). تشترك الكتل

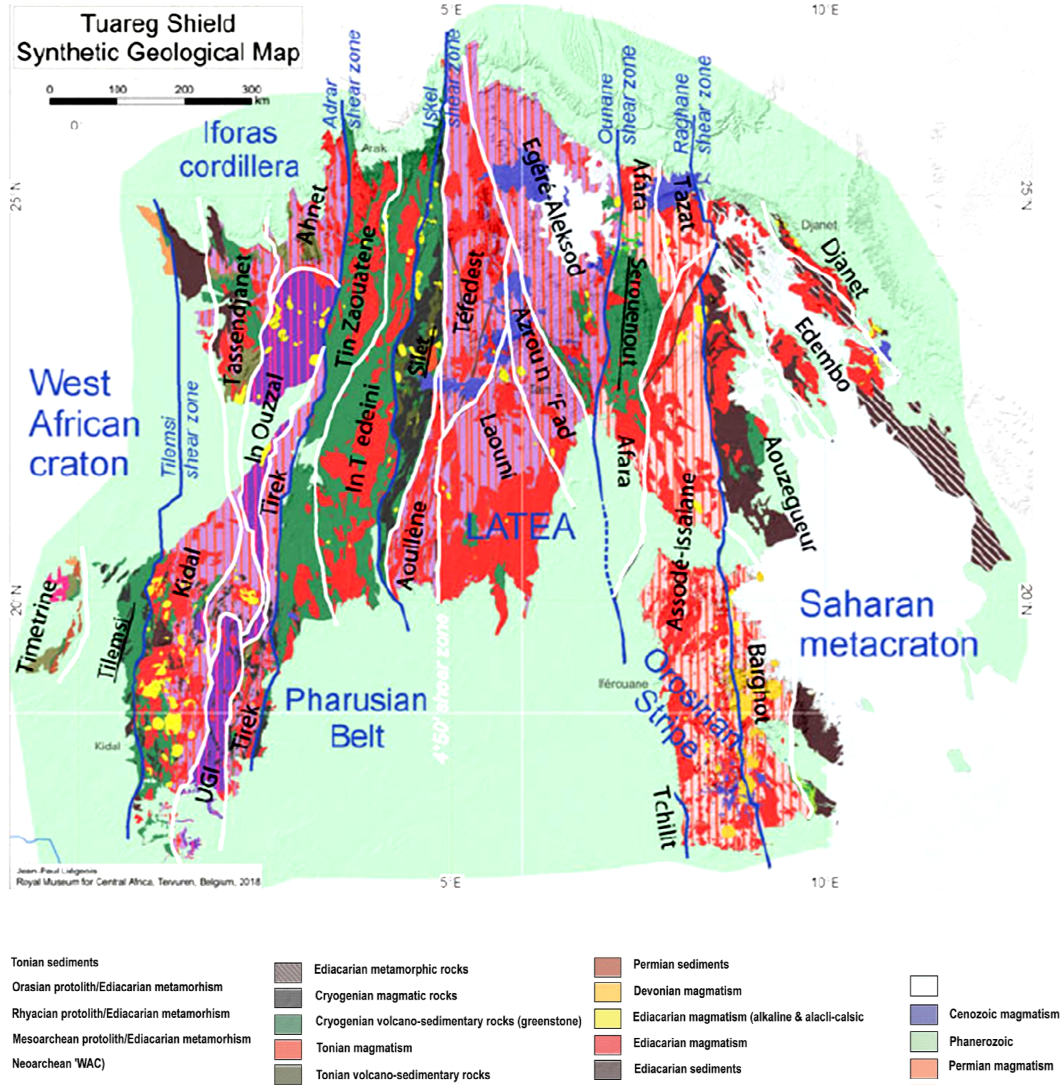
الخمس في احتوائها على قاعدة متحوّلة من سحنة الغرانولايت - الامفيولايت التي تم تزمينها ما بين 2.1 و1.9 مليار سنة، كما تحتوي على بقايا أركيّة (Peaucat et al; 2003, Bendaoued et al; 2008). كانت لانتيا لغايّة البروتيزوي الحديث عبارة عن قارة صغيرة ذات حدود غير نشطة (Passive margin) وسجلت خلال الدّورة البانيّة للجبّال لعموم إفريقيا إعادة نشاط الفوالق العظمى مصحوب بتحول عالي الدّرجة من سحنة الشّيست الاخضر-أمفيولايت الذي قد يرتفع محليا ليصل لسحنة الأكلوجيت (Bendaoued et al; 2008, Doukhari et al; 2014, 2015) بالإضافة الى توضع باتوليتات حامضيّة كبيرة الحجم (Abdellah et al; 2014, Talmat-Bouzguela; 2007) وكذا المركّبات الغرانيتيّة الحلقية المتأخّرة النّشأة (Boissonnas; 1992, Cheilleitz et al; 1973). بالإضافة الى التّحام كتل محيطيّة فتية على حافتها الشرقيّة والغربيّة اللواتي تصرفت كمنطقتي غوص اثناء مرحلة الذروة لدورة عموم إفريقيا (ما بين 630 و580 مليون سنة)، من بينها كتلة سيلات (قيد الدّراسة).

2- جيولوجيا كتلة سيلات

تمت تسمية كتلة سيلات نسبة للقرية الواقعة في وسطها، وقد كانت ومازالتّ معبرا للمسافرين من مقر الولاية تمارست باتجاه الجنوب الشرقي نحو القرى الحدوديّة مثل تين زواطين وتيميواوين ومنهما نحو مالي. وتزخر قرية سيلات بالمياه الجوفيّة العذبة وحسن ضيافة اهلها مما جعلها قبلة للباحثين منذ خمسينيات القرن الماضي. وتعود أقدم الاعمال الجيولوجيّة المنشورة عن المنطقة

Dautria et al, 1988 ; Azzouni, 1989 ; Azzouni et Boissonnas, 1997 ; Azzouni et Bonin, 1998 ; Bechiri-Benmerzoug, 1998 ; Boukhalfa, 2002 ; Azzouni e al , 2003 ; Bechiri, 2005 ; Kheloui, 2009 ; Bechiri-Benmerzoug, 2009 ; Kourim et al, 2014-2015 ; Bouzid, 2015-2019 ; Zerrouk et al, 2016 ; Bechiri-Benmerzoug et al, 2017 ; Brahimi et al, 2018 ; Mokaddem et al, 2019 ; Deramchi et al, 2020 ; Azzouni et al, 2020).

الوسطى لكتلة سيلات وما جاورها إلى أطروحة (Maurice Lelubre, 1952) وتلتها أعمال مؤلفين أجنب (Gravelle, 1969 ; Boissonnas, 1973 ; Chikhaoui, 1981 ; Caby et al, 1982 ; Abed, 1983 ; Haddoum, 1984 ; Dupont, 1987 ; Bertrand et al, 1986 ; Lapique et al, 1986 ;



الشكل 1: خريطة جيولوجية لدرع الطوارق تبين الكتل الليتوسفيرية الخمسة وعشرين (محددة باللون الأبيض أو الأزرق) حسب (Liégeois et al, 2019) الاطار الاسود : إقليم سيلات قيد الدراسة

- 1-توضعات الرباعي النشاط 2-الماغماتي السينوزويك 3- الفانبروزويك 4- النشاط الماغماتي البرمي 5- صخور رسوبية البرمي 6- النشاط الماغماتي الديفوني 7- النشاط الماغماتي الايدياكاريان (قلوي وكلسي-قلوي) 8- النشاط الماغماتي الايدياكاريان (من نمط تغونجيت-توناليت وجرانوديوريت 9- رسوبيات الايدياكاريان 10- صخور متحولة الايدياكاريان 11-صخور نارية الكريوجينيان 12- صخور بركانية-رسوبية الكريوجينيان (الصخور الخضراء) 13-النشاط الماغماتي التونيان 14- صخور بركانية-رسوبية التونيان 15- صخور رسوبية التونيان 16- بروتوليت اوروسيان للتحويل الايدياكاريان 17- بروتوليت رياسيان للتحويل الايدياكاريان 18-ميزواركيان بروتوليت للتحويل الايدياكاريان 19- الأركي الحديث

تتصل بالحافة الغربية للاتيا ثلاث كتل متطاولة الشكل يبلغ امتدادها 600 كم ويتراوح عرضها من 40 الى 100 كم كأقصى حد (الشكل 1) وهي على التوالي سيالات وعين تيداني وتين زواطين. تمثل هذه الكتل الفرع الشرقي من السلسلة الفاروزية (Pharusian belt) التي يظهر فرعها الغربي بعد كتلة عين أوزال الغرانوليتية باتجاه الغرب.

يُقسم الفرع الشرقي للسلسلة الفاروزية أو ما يُعرف ايضا بالخندق الاوسط الى الفاروزي الاول والفاروزي الثاني بسطح عدم توافق (Infra-Pharusian unconformity) تم التعرف عليه في شمال منطقة سيالات (Bertrand et Gravelle; 1966) وتضم تشكيلات من الصخور البركانية-الرسوبية (Gravelle, 1969; Bertrand, 1974; Bertrand and Caby, 1978; Caby et al; 1981) توضع خلال البروتروزوي الحديث في محيط تم تعريفه باسم أماس (Ammas Ocean) (Liégeois, 2019) يتخللها باتوليتات حامضية متنوعة اغلبها من نمط (TTG) تدل على نشاط ماغماتي مرتبط بغوص محيطي-محيطي او قاري-محيطي خلال الفترة الاولى من الدورة البانافريقية (635-870 مليون سنة) (Bechiri, 2009) Benmerzoug; 2009 مرفوق بجسيمات متربة من الصخور فوق-القاعدية إلى قاعدية ذات نسيج تراكمي أحيانا، لم يتم تزمينها بالطرق الكيميائية ولكنها في الموقع تُظهر علاقة بنيوية تدل بأنها تقطع تشكيلات الفاروزي الاول (Bechiri, 2005; Kheloui, 2009). فمثلا المركب القاعدي-فوق

القاعدي المسى (Iddeleh) الذي يظهر في وسط منطقة الدراسة، يتخلله قواطع غرانوديوريتية ممتدة من باتوليت أهمباتو المؤرخ في 650 مليون سنة، مما يدل على أنه أقدم منه (Kheloui, 2009).

اثناء مرحلة التصادم المعقدة (580-630 مليون سنة) تم غلق المحيط أماس وهجرة اغلب الكتل نحو الشمال (J-P. Liégeois, 2019)، تتميز المرحلة الاخيرة من الدورة (520- 575 مليون سنة) بتوضع المركبات الغرانيتية الحلقية (من نمط A) على طول حدود الكتل الممتدة بالفوالق العظمى الليتوسفيرية (Azzouni et al, 2003). مصحوبة أحيانا بقواطع مختلفة الحجم والطبيعة الكيميائية (السيينيت، الغرانوديوريت والديوريت). يعكس هذا النشاط مرحلة انزلاق افقي على امتداد الفوالق التي تفصل بين الكتل الليتوسفيرية متبوع باسترخاء عام لها حيث يظهر ذلك في انتشار قواطع الدولريت التي يصل طولها الى 20 كم. تتميز جميع الصخور النارية المدروسة بتسجيلها لتحول سطحي في سحنة الشيست الاخضر والذي يتمثل في ظهور معادن ثانوية مثل الكلوريت والاكينوليت والميسكوفيت.

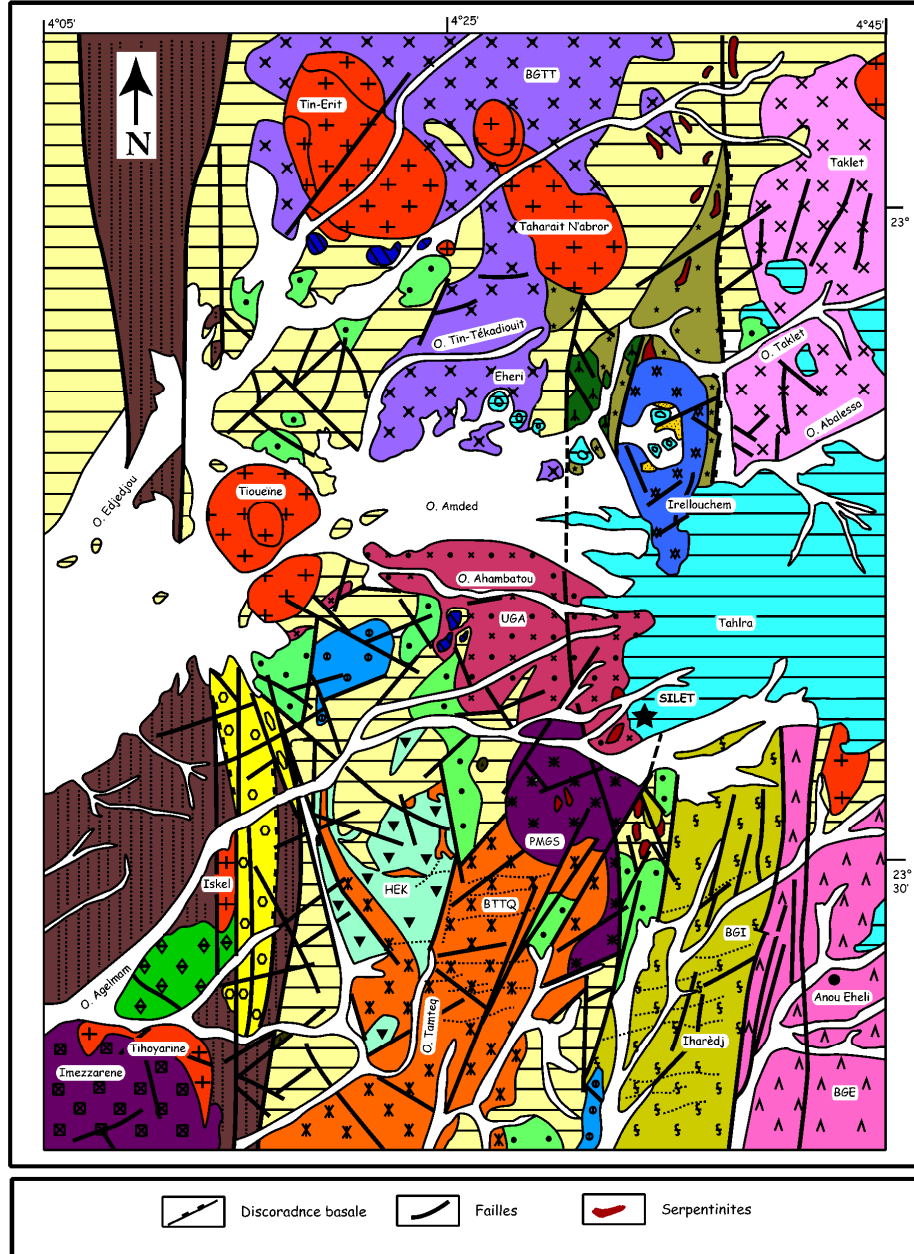
نعرض في هذه الدراسة أهم الخصائص البترولوجية للباتوليتات الحمضية من نمط (TTG) والمركبات الحلقية الغرانيتية (A-type) المنتشرة في المنطقة الوسطى لكتلة سيالات بالإضافة الى بعض المركبات الحلقية الغرانيتية المتواجدة في كتلة عين تيداني المجاورة لها بهدف إبراز الخصائص الجيوديناميكية للمنطقة.

1.2. الصّخور الحمضيّة من نمط (TTG)

تشغل الصّخور الحمضيّة من نمط (T T G) نصف مساحة إقليم سيلات (الشّكل 2)، وقد جمعها غرافيل (Gravelle, 1969) في صنفين من الباتوليتات: الاول غرانيت بالكلوريت مُمثل بباتوليت تين تيكاديوييت نسبة للمكاشف التي تظهر بالقرب من الواد الذي يحمل نفس الاسم ويقع شمال الاقليم قيد الدّراسة. تبدو صخوره فاتحة اللون ذات نسيج حبيبي خشن مبرقع باللون الاخضر لاحتوائه على الكلوريت. الصّنف الثّاني يحمل اسم باتوليت تاكلات وتظهر صخوره باللون الوردي المحمر لاحتوائه على نسبة عالية من الأورتوكلاز (الشّكل 2 - الصّورة 1)، تبدو مكاشفه على شكل مرتفعات يصل طولها الى 10 امتار في ملتقى واد تاكلات مع واد أبلسة، في الشّمال الشرقي للإقليم، شرق فوهة بركان إغلوشم (Irrelouchem) الضخمة وصخور السّرپنتينيت التي يقطعها (الشّكل 2).

أعطت نتائج التّزمين المطلق (Caby et al, 1982) اعمارا لم تكن معروفة مسبقا في درع الطّوارق، وهي على التّوالي 8 ± 868 مليون سنة لباتوليت تين تيكاديوييت و 4 ± 839 مليون سنة لباتوليت تاكلات.

égende :



الشّكل 2 : الخريطة الجيولوجيّة لإقليم سيّلات (Bechiri-Benmerzoug, 2009)

أوضحت الدراسات الميدانية والبيترولوجية والكيميائية التي أجريتها على عينات صخرية من باتوليت تين تيكاديويت وباتوليت تاكلات اللذين كان يُعتقد انهما يمتدان باتجاه الجنوب بعد واد أمداد العظيم والأسطح البازلتية الحديثة تاهالغا (Tahalra) (Gravelle, 1969) (الشكل 2) أعطت نتائج غير متوقعة. حيث أدت بنا إلى تفكيك الباتوليت الكبير تين تيكاديويت وتعريف سبعة (07) باتوليتات حامضية كلسيّة-قلوية من نمط (TTG) وهي : ديوريت تمسلاغسين + تين-تيكاديويت (الحقيقي) + لوين هاران + أهمباتو + طامطق + إجلهاك + سيلات.

كما قسمنا باتوليت تاكلات إلى ثلاث (03) كتل وهن: تاكلات الأصلي الذي يظهر في شمال منطقة الدراسة ويتميز بطبيعة كيميائية غنية بالبوتاسيوم (الصورة 2) وباتوليت إهاراج وباتوليت إهلي اللذان كان يُمثّلان امتداده جنوبا وهما من نمط TTG (Bechiri-Benmerzoug; 2009) (الشكل 2).

1- ديوريت-كوارتزيت تمسلاغسين 8 ± 868 مليون سنة) - Timessellarssine's diorite-quartzite

بعد الدراسات المُعمّقة (ميدانيا ومخبريا) قمنا باستبدال اسم العينة المؤرخة في 8 ± 868 مليون سنة والتي نسبها المؤلفون خطأً (Caby et al; 1982) إلى باتوليت تين تيكاديويت، باسم ديوريت تيمسلاغسين نسبة للوادي الذي تم جلبها منه أين يظهر جزءاً من مكاشفها، كما يمكن رؤية جزء آخر منها في واد أمداد العظيم الذي يقطع إقليم

سيلات باتجاه شمال شرق- جنوب-غرب (الشكل 2 - الصورة 3). تظهر الصّخور على هيئة كتل كروية رمادية اللون ومتوسطة الحجم (لا تفوق 1 متر)، النّسيج حبيبي خشن يُظهر بلورات فاتحة من البلاجيوكلاز والكوارتز وأخرى خضراء اللون من الكلوريت (المحتمل أنها ناتجة من تحول الافيبيول والبيوتيت). تحمل بعض المدسوسات داكنة اللون ومستديرة الشكل وحزما ذات حواف حادة من صخور الفاروزي الأول، كما يتخللها قواطع من الغرانوديوريت التي ننسبها إلى صخور باتوليت تين-تيكاديويت الأصلية. تبلغ المساحة الاجمالية للديوريت-كوارتزيت تمسلاغسين 35 كم² وهي تقطع تشكيلات الصّخور البركانو-رسوبية للفاروزي الأول التي تظهر بها (أحيانا) طيات ذات محاور موجّهة شمال شرق-جنوب غرب (F1) مصحوبة بتشوه ثان (F2) مرتبط بالدّورة البانية للجبال لعموم افريقيا ويظهر على هيئة طيات موجه شمال-جنوب (Gravelle et Chikhaoui, 1976).

2- باتوليت تين-تيكاديويت (غير مؤرخ) Tin-Tekadiouit's batholith

تظهر صخور تين-تيكاديويت في الجزء الاوسط من شمال الاقليم (الشكل 2) يحدها شمالا واد تين-تيكاديويت وجنوبا واد أمداد العظيم وهي تقطع التّشكيلات البركانية-الرسوبية للسلسلة الفاروزية الأولى وديوريت كوارتزيت تيمسلاغسين (Bechiri-Benmerzoug; 2009) (الشكل 2-الصورة 4). تظهر صخورها على هيئة أسطح فاتحة اللون لا يتعدى ارتفاعها 50 سم وتُسجل المرحلة الثّانية

من التّشوه (F2) المرتبطة ببداية دورة عموم افريقيا (Bertrand et al, 1986a). لم يتم تزمين صخور تين تيكاديويت لكن حسب (Fabries et Gravelle; 1977) التّشاطر الماغماتي الممثل بصخور الغرانوديوريت كان مصحوبا بقواطع تخترق صخور ديوريت تمسلاغسين المزمّنة في 8 ± 868 مليون سنة. وقد كتب ديبون (Dupont, 1987) في اطروحته انه شاهد قواطع من الغرانوديوريت تتخلل الصّخور البركانيّة التي تُشكّل فوهة إغلوشم الضّخمة والمؤرّخة في 680 مليون سنة (Dupont, 1987).

ملاحظتنا الميدانيّة تتوافق مع هذه المعطيات، حيث شاهدنا في واد تين-تيكاديويت تشكيلات من الصّخور البركانو-رسوبيّة للفاروزي الاول مورقة (Schistosity plan) تتخللها صخور ديوريت-كوارتزيت تميلاغسين المورقة أيضا والاثنين يقطعهما صخور وردية اللون التي اسميناها تين-تيكاديويت والتي تحمل آثار تشوه بارد (F2). بناء على هذه الملاحظات جميعها، يمكننا الاستنتاج ان صخور تين-تيكاديويت تنتمي لمرحلة الفاروزي الثاني وتوضعت ما بين 630 و 680 مليون سنة.

3- باتوليت لوين هاران (غير مؤرخ) Louine harane's batholith

تظهر مكاشف باتوليت لوين هاران في الجزء الشمالي الاوسط من اقليم الدّراسة (الشّكل 2) ويقطع تشكيلات الفاروزي الاول كما يقطعه من الجهة الشّرقية المركّب تهرارت نابور الغرانيقي (Tahraït N'abror) ومن الجهة الغربيّة مركب تين-

إغيت (Tin-Erit) صخور لوين هاران عبارة عن غرانوديوريت وهي في الميدان تبدو متشابهة مع صخور تين-تيكاديويت من حيث المظهر حيث كانت تُعتبر سحنه الحدوديّة (Bechiri-Benmerzoug, 2009)، لكن بينت الدّراسات البتروولوجيّة لاحقا بعض الاختلافات في الخصائص الكيميائيّة مما جعلنا نفصله عن باتوليت تين-تيكاديويت الاصلي الذي تنحصر مكاشفه في الجزء الجنوبي للوادي الذي سُمي نسبة اليه في حين تمتد صخور لوين هاران باتجاه الشّمال (Bechiri et al; 2016).

4- باتوليت أهمباتو (6 ± 651 مليون سنة)

Ahambatou's batholith

تظهر صخور باتوليت أهمباتو في مركز إقليم الدّراسة وتبلغ مساحته حوالي 250 كم² حيث تقطع تشكيلات الفاروزي الاول من النّاحية الغربيّة مع بعض الجسيمات الكيلومتریّة من الصّخور القاعدية (الشّكل 2). يحده من الشّمال واد الواد العظيم أمداد ومن الجنوب تفرع واد أقلمام، حدوده الشّرقية تختفي تحت الأسطح البركانيّة لتاهالغا. تظهر اول المكاشف على طول الطّريق الرّابط بين قرية سيلاط والمركّب الغرانيقي تيويين على شكل مرتفعات كتليّة لا تتعدى 1 متر طولاً (الصّورة 4)، لونها فاتح الى وردي تتخلله بعض قواطع الدّوليريت السّنتيمتریّة (Bechiri-Benmerzoug et al, 2020). تُبدي صخور أهمباتو نسيجاً متوسّطاً الى خشن يحمل بلورات ميليمتریّة من الكوارتز والبلاجيوكلاز والاورتوز تتخللها بعض المعادن الدّاكنة تميل الى الخُصرة. كلما توجهنا الى مركز الباتوليت، تزداد كميّة الاورتوز لتعطي سحنة

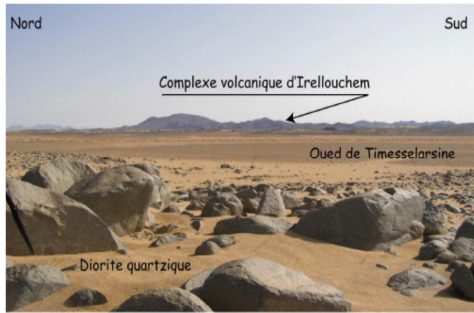
باتوليت سيالات ومن الغرب باتوليت إجلماك الذي تم تعريفه من طرف فريقنا ولكنه لم يُدرس بالتفصيل بعد، حدوده الجنوبية غير محددة بدقة (الشكل 2). تظهر صخور باتوليت طامطق على شكل مرتفعات صغيرة لا تفوق 1 متر وتبدو باللون الأخضر الفاتح يميل الى الزرقة احيانا وتحمل مدسوسات مستديرة غامقة اللون (الصورة 5). يقطع باتوليت طامطق في اقصى الحدود الجنوبية الغربية التشكيلات الرسوبية الحطامية للفاروزي الثاني.

ذات نسيج خشن يطغى عليها اللون الوردي ويمكن التمييز فيها بلورات متطاولة من الامفيبول والبيوتيت التي تحيط ببلورات الفلدسبات والكوارتز لتعطي شكل أعين (Gneissic facies).

5-باتوليت طامطق (742 ± 5 مليون سنة)

Tamteq's batholiths

يشغل باتوليت طامطق الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة حيث تظهر اولى صخوره على طول الطريق الرابط بين قرية سيالات وقرية برج باجي مختار الحدودية. يحده من الشمال والشرق



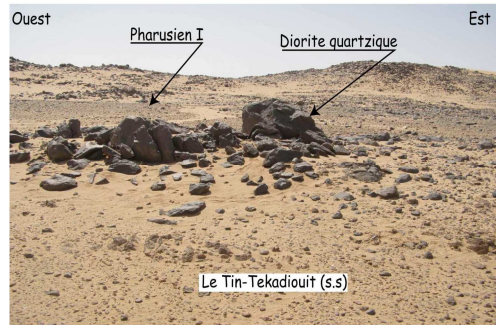
الصّورة 2: ديوريت كوارتزيت تمسلاغسين



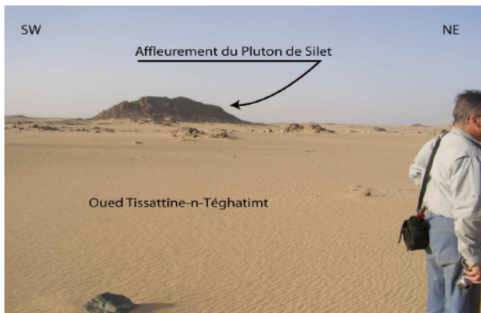
الصّورة 1: باتوليت تاكلات



الصّورة 4: باتوليت أهمباتو



الصّورة 3: باتوليت تين تيكاديوت يقطع ديوريت تمسلاغسين



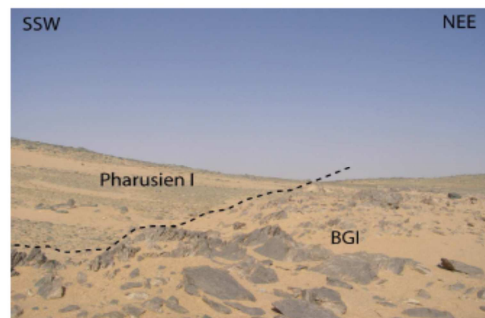
الصّورة 6: منظر عام لمرتفعات باتوليت سيلات



الصّورة 5: صخور طامطق تحمل مددسوسات الصّورة



الصّورة 8: توضعات باتوليت إهلي



الصّورة 7: التماس مع الفاروزي الثاني إهارج

اللوحة 1: صور فتوغرافية لباتوليتات إقليم سيلات قيد الدّراسة

6-باتوليت سيلات (649 ± 5 مليون سنة)

Silet's batholiths

لقد سمينا الباتوليت سيلات تقديرا منا لسكان القرية القريبة منه وقد استبدلنا اسم الكتلة الليتوسفيرية قيد الدراسة باسمها ايضا (Bechiri et al, 2013)، تجدر الإشارة انها كانت تُدعى سابقا كتلة إسكال نسبة للمركب الغرانيقي إسكال (Iskel) الذي كان يُعتقد انه يتواجد على حدودها الغربية (Black et al, 1994) مع كتلة عين تيدايني ولكنه في الواقع يوجد خلف الفالق الكبير الذي يفصلهما.

يتميز باتوليت سيلات بشكله الدائري الذي يمتد من الجهة الشرقية بذيّل متطاولة باتجاه الجنوب (الشكل 2) وتعكس هذه البنية توضع الماغما في رواق تحده كتلتان تتحركان وفقا لإنزياح يميني (Transpressif cisaillement). تُغطي حدوده الشمالية توضعات واد أكيكرت وتحجب علاقته مع باتوليت أهمباتو على غرار حدوده الشرقية التي تتطابق مع منطقة القص الموجهة شمال - جنوب. تظهر أغلب صخور باتوليت سيلات غرب الفالق بشكل مستدير تقريبا في حين تظهر بعض الصخور منه على الجهة الشرقية للفالق (الشكل 2)، يقطع باتوليت سيلات من الناحية الغربية تشكيلات الفاروزي الاول وباتوليت طامطق.

تُشكل أغلب صخور باتوليت سيلات رقا تظهر به بعض الجسيمات الكروية الشكل والأسطح المحدبة، في الامتداد الجنوبي للباتوليت ترتفع بعض من صخوره مُشكلة تالا لا يتعدى ارتفاعه خمسة امتار (الصورة 6). تبدو صخور باتوليت

سيلات باللون الوردي وتُظهر نسيج حبيبي متوسط الحجم ومبرقع بالأسود، هي عبارة عن مونزوغرانييت يحمل مدسوسات سنتمترية مستديرة داكنة وقطعا مترية من الصخور المتحولة (السرينتينيت) (Bechiri-benmerzoug, 2010).

7-باتوليت إهارج (غير مزمن) Iharedj's batholith

تظهر أولى صخور باتوليت إهارج غرب منطقة القص التي تفصله عن باتوليت سيلات والمُمثلة محليا بصخور متحولة من نوع سرينتينيت، تالك شيست وأمفبوليت (الشكل 2)، يحده شمالا الأسطح البركانية لتاهالغا وشرقا تشكيلات الفاروزي الاول وباتوليت إهلي أما حدوده الجنوبية فهي غير محددة.

تظهر صخور إهارج على هيئة كتل صغيرة الحجم فاتحة اللون وقد تُشكل موائد (الصورة 7) كما يرتفع بعضها الآخر ليشكل قبا متفاوتة العلو قد تصل الى عشرة (10) امتار. تُبدي الصخور عند المكسر نسيجا حبيبيا متوسط الحجم فاتح اللون كما تخترق الباتوليت قواطع من الدولريت موجهة شرق-غرب قد يصل طولها الى 20 كلم بالإضافة الى قواطع اخرى متوسطة الحموضة ذات اتجاه شمال-جنوب.

8-باتوليت إهيلي (638 ± 5 ملايين سنة) Eheli's batholiths

قمنا بتسمية الباتوليت بإهيلي نسبة للبئر أنو إهيلي (Anou-Eheli) الواقع في وسطه وهو يظهر في

الجزء الجنوبي الشرقي من إقليم سيلات ويظهر بشكل متطاوّل. تخفي أسطح حمم التّاهالغا حدوده الشّماليّة ويحده من الغرب باتوليت إهاراج وفقا لفالق كبير يساري موجه شمال-جنوب. مثل أغلب الباتوليتات في منطقة الدّراسة، تبدو صخور إهلي على هيئة أسطح محدبة تُعرف "بظهر الحوت" قليلة الارتفاع (الصّورة 8).

2.2. الصّخور الغرانيتيّة (A-type)

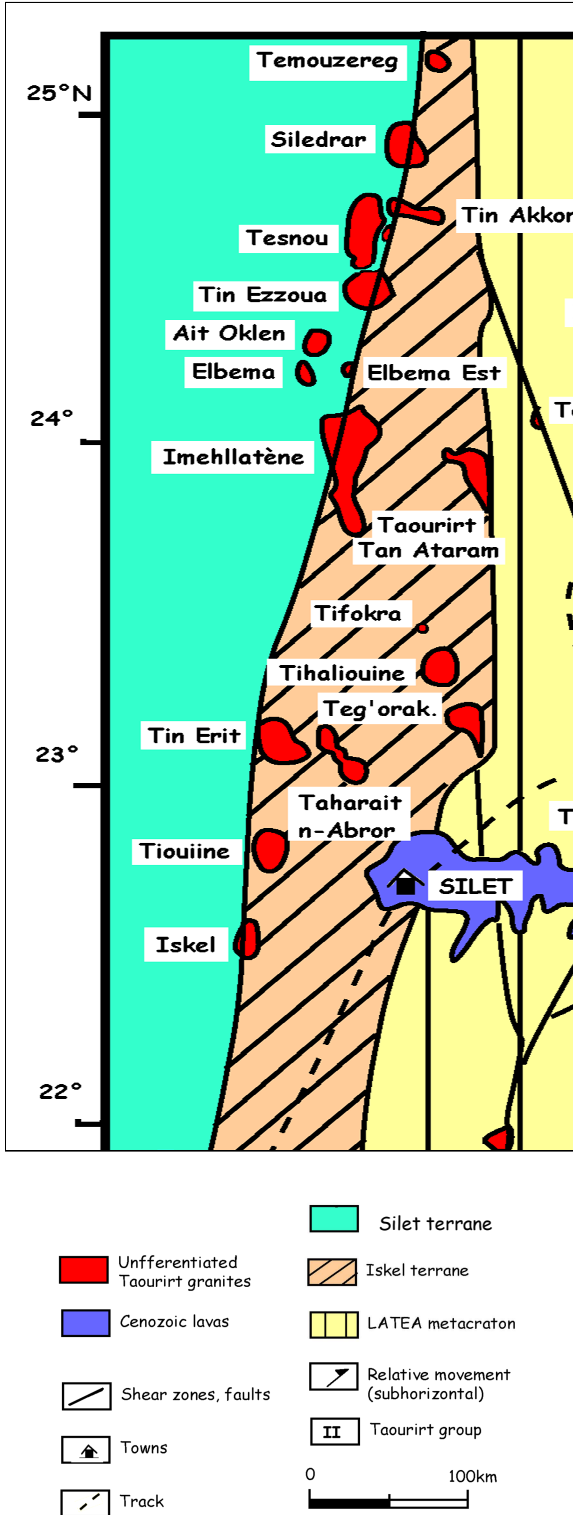
تظهر مركّبات غرانيتيّة من نمط (A-type) في كتلة سيلات وكتلة عين تيدايني (الشّكل 2) عرفها بواسناس (Boissonnas, 1973) بمركّبات تاويريت (Taourirt' series) متأخرة النّشأة (Post-orogenic granites). قدمت عزوني عبلة (Azzouni et al, 1989) دراسة بيترولوجيّة لبعض منها (Azzouni et al; 1989) ونشرت معطيات للنظائر المشعّة وأعمارا باستخدام نظائر عنصري Sr-Nd على الصّخور الكاملة (Sr-Nd/Whole rock) لثلاث مركّبات احدها يقع في كتلة سيلات (Teg'Orak) واثنان منها يقعان في كتلة عين تيدايني المحاذيّة لها (Azzouni et al, 2003) (Tesnou + Ait-Oklan). تم مؤخرا نشر معطيات جديدة حول العنصرين Lu و Hf (Lu-Hf isotopic system) وأعمارا مطلقة باستعمال معدن الزركون (U-Pb SHRIMP) لست

مركّبات، يقع ثلاث منها في كتلة سيلات وهم تيويين + تين إغيت + إسوديان (Tin-Etit + Tioueïne+ Issedienne) وآخر يقع في كتلة عين تيدايني وهو آيت-أوكلان Ait-Oklan واثنان يظهران على الفالق الليتوسفيّ الذي يفصل بينهما وهما المركّبين تيهوياغين + تاسنو (Tihoiirene + Tesnou) (Azzouni et al, 2020) (الشّكل 2-3).

1-مركّب تين إغيت (584.8 ± 2 مليون سنة)

Tin-Etit 's A-type complex

يقطع مركّب تين إغيت (Tin-Etit) تشكيلات الفاروزي الاول وباتوليت لوين هاران Louine harane وهو ذو شكل شبه دائري يتكون من تشابك وحدتين من الصّخور (الشّكل 3) : الاولى مُسطحة ،تشغل مركز المركّب ومُمثلة بالسّيينوغرانيت مزدوجة الفلدسبات (بريتيت-بلاجيوكلاز Subsolvus) والثانيّة تُشكل حلقة غير مكتملة من الجبال المرتفعة التي تحيط بصخور المركز مُشكلة من الغرانيت أحادي الفلدسبات (الميزوبريتيت Hypersolvus) وقواطع من السّيينيت (Bechiri-Benmerzoug, 1998 ; 2001). تنتمي العينة التي تم تزمينها الى صخور المركز (Azzouni et al, 2020).



2-مركب تيويين (561 ± 6 ملايين سنة) 's Tioueïne A-type complex

يقع مركب تيويين (Tioueïne) في مجرى الواد العظيم أمداد (Amded) الذي يتطابق مع الفالق الكبير أمداد (Amded Fault) والموجه شمال شرق- جنوب غرب، (الشكل 2 - 3) يخترق تيويين (Tioueïne) صخور السلسلة الرسوبية-البركانية للفاروزي الاول ويتميز بشكله الدائري الذي يظهر بشكل قبة كبيرة في وسط رسوبيات الوادي. مثله مثل مركب تين إغيت يتكون تيويين (Tioueïne) من التّحام صنفين من الصّخور حيث يظهر الصّنف الاول في مركز المركب على هيئة كتل مُسطحة الى قليلة الارتفاع من المزوغرانيت والسّينوغرانيت، يحيط بها حلقة ثخينة من الغرانيت التي تُشكل الارتفاعات المُميزة له (الشكل 4). كان تيويين (Tioueïne) من بين أولى المركبات التي تمت دراستها وقد اعطت نتائج التّزمين المُطلق عمرا 40 ± 560 مليون سنة (Boissonnas, 1969) والذي تم تقدير تاريخ توضع صخور مركزه لاحقا ب 1 ± 523 مليون سنة (Paquette et al, 1998). التّزمين الأخير كان لعينة من الحلقة الخارجيّة للمركب وهي عبارة عن غرانيت بالفلدسبار القلوي (Azzouni et al, 2020).

الشكل 3: خريطة جيولوجية توضح المركبات الغرانيتية من نمط A التي تظهر في كتلي سيلات وعين تيداني (Azzouni et al ; 2003)

3-مركب تهويارين (4.8 ± 569.8 مليون سنة)

Tihoiirene 's A-type complex

يظهر مركب تهويارين غرب الفالق العظيم الذي يفصل بين كتلي سيلات وعين تدايني (الشكل 2 - 3)، وهو يقطع غرانيت إمزاغن (Imezzenre) وصخور السلسلة الخطامية للفاروزي الثاني (Pharusian II) وجسيم الصخور القاعدية أفلمام (Aguelmam)، يتميز مركب تهويارين بجبال مرتفعة من الغرانيت (بالفلدسبار القلوي) هلالية الشكل تحصر في مركزها صخورا مسطحة من المنوزوغرانيت التي تمتد نحو الغرب مشكلةً لواحق كتلية. (Boissonnas et Gravelle, 1961; Meddi, 2011). تم تزمين صخرة من الهالة الخارجية للمركب (Azzouni et al; 2020).

4-مركب إسوديان (2.9 ± 538.7 مليون سنة)

Issedienne 's A-type complex

يقع مركب إسوديان شمال منطقة الدراسة وهو يقطع السلسلة الفاروزية الثانية وصخور باتوليت لوين هاران من نمط توناليت-تغونجيميت-غراندوديوريت (الشكل 1-3). يتميز مركز مركب إسوديان بالتحام ثلاث حلقات من صخور المنزوغرانيت والسينوگرانيت ذات نسيج متباين من دقيق الى خشن الحبيبات وتحيط بها حلقة رابعة مشكلة الهالة الخارجية، تنتظم جميعها بشكل بيضوي متناسق (ابعاده 8 x 5 كم). تتصل بالناحية الشمالية من المركب كتلة من صخور الألاسكيت (Alaskite) التي تشكل جبال "أدرار إسوديان" (Boissonnas, 1973; Azzouni, 1989). اعطت أول تجربة تزمين صخور المركب إسوديان

Issedienne عمرا يُقدر ب 470 ± 15 مليون سنة باستعمال طريقة Rb-Sr على معدن البيوتيت (Rb-Sr/biotite; Lay et Ledent 1963) وأعتبر لاحقا انه يعكس التغير الحرماي المتأخر، العينة التي تم اختيارها للزمن بواسطة تقنية على معدن الزركون U-Pb عبارة عن مونوزوغرانيت (Azzouni et al, 2020).

5-مركب تاسنو (6.7 ± 536.5 مليون سنة)

Tasnou 's A-type complex

يقع مركب تاسنو (Tasnou) على جانبي الفالق 4°10' الذي يفصل بين كتلي سيلات وعين تدايني (الشكل 2-3)، يتكون تاسنو من ست كتل متحدة سُميت من طرف عزوني عبل (1989) تاسنو 1 وتاسنو 2 وتاسنو 3-4 وتاسنو 5-6. تُشكل هذه الكتل مرتفعات محدبة الشكل يظهر جزء كبير منها على الطريق الرابط بين تمنراست والجزائر العاصمة وهي تشتهر بجمال مناظرها ويزورها العديد من هواة تسلق الجبال.

قام المؤلف بواسوناس وآخرون (Boissonnas et al, 1964) بتزمين عينة لبيدوليت بيغماتيتي (Lepidolite pegmatite) بطريقة Rb-Sr mineral (ages) التي اعطت عمرا يقدر ب 540 ± 11 مليون سنة. اختار بعدها نفس المؤلف عينة أخرى وهي بيغماتيت بالميسكوفيت (pegmatitic muscovite) باستعمال طريقة (K-Ar WR) والتي اعطت 537 ± 30 مليون سنة (Boissonnas, 1974). تتوافق هذه الاعمار مع نتائج التزمين بطريقة U-Pb/Zircon المنشورة مؤخرا (Azzouni et al, 2020). العينة التي تم تزمينها تنتمي الى جبل

عزوني الذي يعمل في منطقة سيلات منذ سنة 1996 لحد الآن (Azzouni et al, 2003; Kheloui, 2009; Bechiri-Benmerzoug, 2009; Bechiri et al, 2013; Bechiri et al, 2016; Bechiri-Benmerzoug et al, 2017; Azzouni et al; 2020).

وقد تمت التحاليل الكيميائية للصخور الماغمايية المندسة على خمسين عينة (العناصر الرئيسية والتأخرة والشححة) وكذا بعض تحاليل النظائر المشعة لعنصري التيوديم والسترونسيوم والتزمين المطلق لخمس عينات على بلورات الزركون بطريقة (SHRIMP). (الجدول 1-2) في مخابر اجنبية وهما مركز البحوث البيتروغرافية والجيوكيميائية بنانسي - فرنسا ومخبر جيولوجيا النظائر بمتحف افريقيا ببلجيكا، كما استخدمنا بيانات اضافية من المنشورات السابقة للمؤلفين المذكورين اعلاه. Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG), Nancy, France/The isotopic geology laboratory from the Africa museum, Tervuren Belgium) (Center of Isotopic Research, All-Russian geological Research Institute (VSEGI) Saint-Petersburg- Russia)

تاسنو 1 الواقع غرب الفالق 4°35' في كتلة عين تيداني وهي عبارة عن متزوغرانييت.

6-مركب آيت أوكلان (3.1 ± 529.3 مليون سنة) Ait-Oklan 's A-type complex

لو كان هناك نموذج للمركبات الحلقية من نمط A لكان مركب آيت أوكلان (Ait-Oklan) افضل ممثل لها من بين جميع مركبات الخندق الفاروزي (الشكل 2-3)، فهو مكون من اتحاد حلقتين شبه مكتملتين، حيث تكون احدهما الهالة الخارجية مُمثلةً بجبال مرتفعة من السيينوغرانييت تحيط بالثانية التي تقع في مركز المركب وهي عبارة عن صخور من المونزوغرانييت ذي نسيج متوسط الحبيبات مُسطح الى قليل الارتفاع. يظهر آيت أوكلان جنوب مركب تاسنو في كتلة عين تيداني ويقطع الباتوليت الكلسي قلوي المُسمى تيجلامين وقد اعطت نتائج التزمين باستعمال طريقة Sr-Nd على الصخرة الكاملة (Sr-Nd/Whole rock) عمرا غير دقيق يقدر ب ± 511 39 مليون سنة، اعتبره المؤلفون مرتبطا بالتفاعلات الحرمايية (Azzouni et al, 2003).

3. الوسائل (Materials)

نقدم في هذه المقالة نتائج أهم الدراسات الميدانية والبتروولوجية التي أسهمت في تحديث الخريطة الجيولوجية التي انجزها موريس غرافل (Maurice Gravelle) في اطروحة سنة 1969 بعنوان "سيلات-تباهاوين" بمقياس 100000/1 (الشكل 2). اغلب المعطيات المستخدمة في هذه المقالة مستقاة من الاعمال المنشورة من طرف اعضاء فريق البحث بإشراف البروفسور عبلة

3. النتائج (Results)

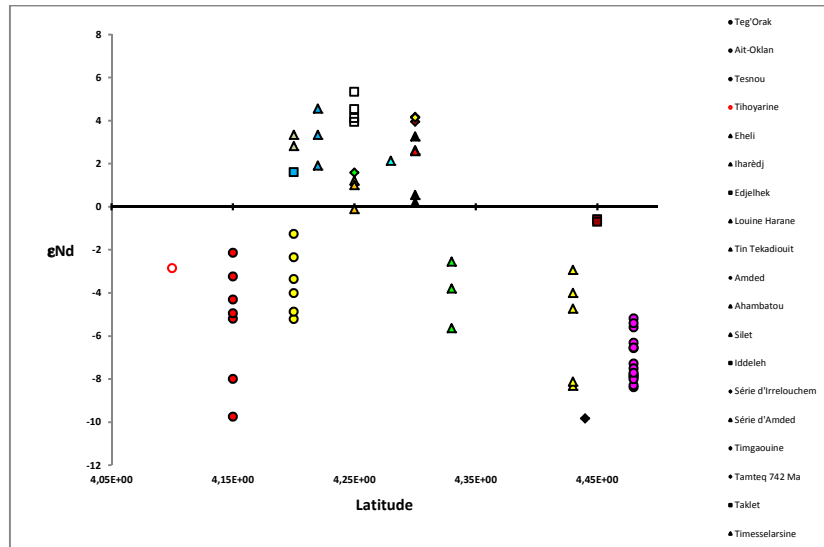
قمنا بتلخيص خصائص الصّخور ونتائج التحاليل الجيوكيميائية في جدولين : [1] الأولى خاص بالباتوليتات من نمط (TTG) و [2] الثاني خاص بالمركّبات الغرانيتية (A-type) ، كما استخدمنا بعض نتائج تحاليل عنصري ϵNd المتوفرة (اطروحات غير منشورة) عن مختلف انواع الصّخور المتواجدة في منطقة الدّراسة (نارية ومتحولة وبركانية - رسوبية) لإثراء المناقشة.

تُظهر النّسبة الأولى لنظائر عنصر النيوديم (ϵNd) تفرّد مجموعتين : [1] المجموعة الأولى ذات قيم $\epsilon\text{Nd} < 0$ وهي مُمثلة بالسّلسلتين البركانية-الرسوبية للفاروزي الثاني "إغلوشم وأمداد" والباتوليتات من نمط TTG (لوين هاران + تين-تيكاديويت + أهمباتو + سيلات + إجلهاك + طامطق + تيمسلاغسين) وكذا المركّب القاعدي-فوق قاعدي إيدليه و [2] المجموعة الثانية ذات قيم $\epsilon\text{Nd} > 0$ مُمثلة بالباتوليت البوتاسي تاكلات والباتوليتين من نمط TTG إهلي وإيهارج بالإضافة إلى المركّب الغرانيتي (A-type) تاج-اوراك الذي يظهر في الشّمال الشرقي لإقليم الدّراسة والمركّبات الغرانيتية (A-type) التي تظهر في كتلة عين تيدايني المجاورة (تمهويغين وتاسنو وآيت أوكلان) (الجدول 2و1).

تنتظم جغرافيا هذه الصّخور في ثلاثة نطاقات متطاوله متّجهة شمال-جنوب عموما، النّطاق الأول يتميز بصخور ذات قيم $\epsilon\text{Nd} > 0$ وينحصر

بين خطّي الطّول $4^{\circ}50'E$ إلى $4^{\circ}30'E$ ، النّطاق الثاني يجمع الصّخور ذات قيم $\epsilon\text{Nd} < 0$ يحده شرقا خط الطّول $4^{\circ}30'E$ وغربا خط الطّول $4^{\circ}15'E$ والنّطاق الثالث يقع غرب الخط $4^{\circ}15'E$ ويتميز بصخور ذات قيم ϵNd سالبة (الشّكل 4).

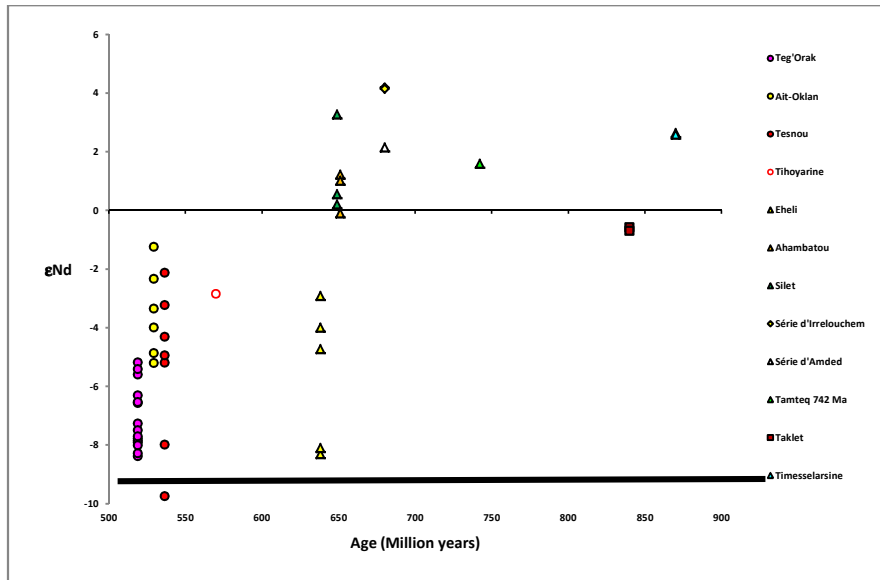
نذكر أن الخطّين $4^{\circ}50'E$ و $4^{\circ}15'E$ يُشكّلان محليا، حدود كتلة سيلات الشّرق والغربية على التّوالي أما خط الطّول $4^{\circ}30'E$ فهو يتطابق مع فالق تين-دهار الذي يقسم المنطقة الوسطى لإقليم سيلات إلى قسمين وهو مُمثل محليا بمنطقة قص إزاحية (Bechiri et al ; 2016).



الشكل 4: منحني بياني لقيم ϵNd بدلالة احداثيات خطوط العرض لصخور منطقة الدراسة

سيلات على التوالي). بالنسبة للنطاق الثالث والممثل بصخور كتلة عين تيدايني المجاورة، تقتصر المعطيات على المركبات الغرانيتية (A-type) فحسب وهي تتراوح ما بين 536 و 529 مليون سنة الموافقة لتزمين المركبين تاسنو وآيت-أوكلان على التوالي (الشكل 5).

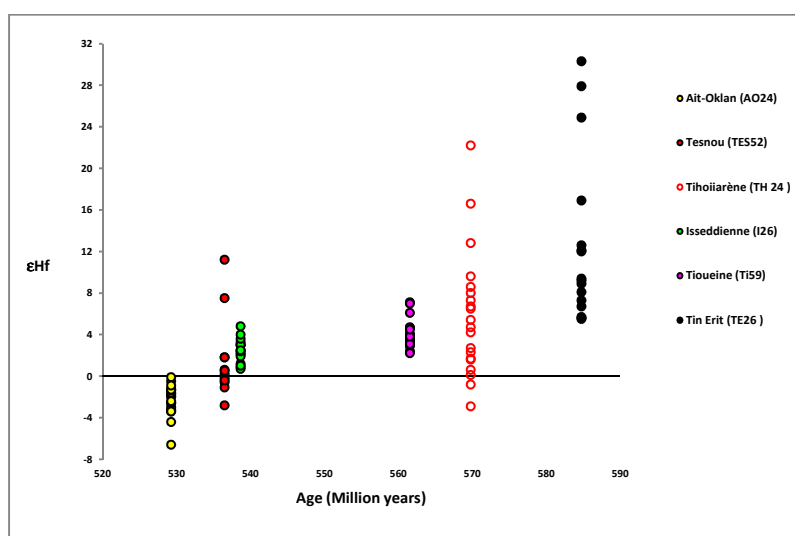
تنحصر أعمار صخور النطاق الشرقي (ذي القيم ϵNd السالبة) في المنطقة الوسطى لإقليم سيلات ما بين 840 الى 549 مليون سنة (تأريخ باتوليت تاكلات ومركب تاج-اوراك على التوالي) في حين تتراوح اعمار صخور النطاق الغربي ذات القيم الموجبة ما بين 870 و 649 مليون سنة (تأريخ الديوريت-كوارتزيت "تمسلاغسين" و باتوليت



الشكل 5: توزيع الاعمار بدلالة قيم ϵNd لبعض الصخور كتلي سيلات وعين تيدايني

آيت أوكلان (Ait-Oklan) الواقع في كتلة عين تيدايي والذي يتميز بقيمة ϵ_{Hf} سالبة. تجدر الإشارة إلى أن المركبين تيهواغين وتاسنو (Tihoaiirene + Tesnou) اللذين يقعان على الفالق الليتوسفييري، الذي يفصل بين كتلي سيلات وعين تيدايي، لهما قيم ϵ_{Hf} سالبة وأخرى موجبة (الشكل 6).

نتائج تحاليل عنصر الهافنيوم ϵ_{Hf} لست مركبات غرانيتية من نمط (A-type) تعزز الملاحظات السابقة (وجود نطاقين بقيمة ϵ_{Nd} سالبة وآخر بقيمة موجبة) حيث نجد أن المركبات التي تقع غرب الفالق تين-دهار (تين-إغيت وتيويين وإسوديان) تتميز بقيمة ϵ_{Hf} موجبة عكس المركب



الشكل 6: مخطط بياني لـ ϵ_{Hf} بدلالة العمر لستة مركبات حامضية من نمط (A-type)

يفصلها عن كتلة أويلان (Aouilene) التي تُعتبر جزءاً من لاتيا (J.-P. Liégeois, 2019). يقع إقليم سيلات (قيد الدراسة) في المنطقة الوسطى للكتلة وينحصر بين خطي العرض $23^{\circ}11' \text{N}$ et $22^{\circ}15' \text{N}$ وخطي الطول $4^{\circ}46' \text{E}$ et $4^{\circ}02' \text{E}$ وتبلغ مساحته الإجمالية 7800 كلم².

بينت الدراسات الجيولوجية والبتروولوجية والتزمين المطلق أن كتلة سيلات تشكلت ما بين البروتروزويك الحديث والكمبري (530-1000 مليون سنة) واعتبره الباحثون ما تبقى من جزر

4/- المناقشة (Discussion)

يعتبر المؤلفون كتلة سيلات ذات شكل مغزلي متطاوّل تمتد على مسافة 650 كلم شمال – جنوب في حين يبلغ عرضها 80 كلم كقيمة قصوى وتتناقص بصورة متناسقة وتدرجية باتجاه أطرافها الشمالية والجنوبية (الشكل 1). تلتحم كتلة سيلات شرقاً بشبه الراسخ لاتيا عبر الفالق العظيم $4^{\circ}50' \text{E}$ من الشمال نحو الجنوب لغاية خط عرض 23°N أين ينحرف حدها الشرقي باتجاه الجنوب الغربي ليلتحم بالفالق الذي

قوسية بركانية "فتية" تشكلت في محيط قديم والتحمت بشبه الرأسخ لاتيا اثناء مرحلة الذروة للدورة البانية للجبال لعموم افريقيا (580-630 مليون سنة)، بعد تصرف الجهة الغربية للاتيا كحافة نشطة وتشكل منطقة غوص باتجاه الغرب. عند التصادم فقدت كتلة سيلات وشاحها "الفتي" وارتفعت فوق الجزء الغائص من اللوح الليتوسفيري للاتيا (Liégeois et al, 2003).

سمحت هذه الفرضية بتفسير احتفاظ أغلب صخور كتلة سيلات المتشكلة خلال المراحل الأولى من الدورة (870 و 635 مليون سنة) بخصائصها الأصلية واكتفاءها بتسجيل تحول سطحي في سحنة الشيست الاخضر خلال مرحلة الذروة البانا أفريقية ، مثل الديوريت كوارتزيت "تمسلاغسين" (868 ± 8 ملايين سنة) وباتوليت تاكلات (839 ± 4 ملايين سنة) والباتوليتات من نمط (TTG) : طامطق (742 ± 5 مليون سنة) وأهمباتو (651 ± 6 ملايين سنة) وسيلات (649 ± 5 ملايين سنة) وإهلي (638 ± 5 ملايين سنة). وقد دعمت نتائج تحاليل النظائر ($\epsilon\text{Nd}/\epsilon\text{Hf}$) المنجزة على المركبات الغرانيتية (A-type) التي تظهر في شمال منطقة الدراسة (بصفتهما من بين آخر شواهد الدورة) مثل تاج أوراك Teg'Orak ($-8.38 < \epsilon\text{Nd} < -5.18$) وتلك التي تظهر في كتلة عين تيداني مثل آيت-أوكلان Ait-Oklan ($-5.21/-0.9 < \epsilon\text{Nd} < -1.25$) و تاسنو Tesnou ($-6.6 < \epsilon\text{Hf} < -2.13$) و ($+11.2 < \epsilon\text{Hf} < -1.8/-9.75$) فكرة وجود قشرة قديمة أركية أو بروتيرزوية أسفل كتلة سيلات ، حيث اعتبرت هذه القيم السالبة كدليل على

عدوى الصهير الوشاحي "الأم" بمواد من قشرة قديمة من نمط لاتيا (Azzouni et al, 2003). لكن بعض قيم ϵNd الخاصة بالصخور الغرانوديوريتية من نمط (TTG) وكذا قيم (ϵHf) لبعض المركبات الغرانيتية كانت موجبة مما يدل على انها تبلورت من ماغما ناتج عن انصهار جزئي لوشاح علوي فتي مع الاشارة أن الجزء ثاني من الصخور الغرانوديوريتية وبعض المركبات الغرانيتية لدهما قيم سالبة وتتنظم جغرافيا شرق الصخور الفتية (Bechiri-Benmerzoug, 2009; Bechiri-Benmerzoug et al, 2018).

تباين مصادر الصهير الذي تبلورت منه مختلف انواع الصخور قيد الدراسة دليل على تغير في الظروف الجيوديناميكية التي أسهمت في البنية الحالية، لان انتظام مجمل الصخور المحتمل تشكيلها من وشاح نقي في نطاق واحد على غرار تلك التي يبدو انها تبردت من ماغما ملوث بمواد قشرية في نطاق آخر إثبات اضافي على وجود نوعين من الوشاح. وقد تبين وجود نوعين من مدسوسات الوشاح المصاحبة للنشاط البركاني الحديث الممثل بأسطح تاهالغا (Tahalra district) في وسط إقليم سيلات (Kourim et al, 2014) يفصلهما جغرافيا خط طول $4^{\circ}30'E$ المعروف بفالق تين-دهار (Bechiri et al, 2013). كما أوردت المعطيات الجيوفيزيائية إلى جود فالق ليتوسفيري عميق في إقليم سيلات يتطابق مع خط $4^{\circ}30'E$ (Deramchi et al, 2020). علاوة عن البيانات الجيوفيزيائية (الجابيزية-المغناطيسية) التي بينت أن سُمك كتلة سيلات ضعيف واثبتت وجود

منطقة التّحام على عمق يفوق 10 كلم تحت كتلة عين تيدايي تربط بين كتلة تين زواطين غربا ولاتيا شرقا (Brahimi et al, 2018) الامر الذي يجعلنا نؤكد وجود قشرة قديمة اسفل المجال الشرقي من كتلة سيالات وعدم ثبوت وجودها في المجال الغربي.

5/- الخلاصة (Conclusion)

وفقاً للقيم الإيجابية أو السلبية لنظائر عنصري النيوديم و/أو الهافنيوم (^{147}Nd et/ou ^{176}Hf) لبعض الصّخور المكتشفة في المنطقة الوسطى لكتلة سيالات نقترح تعيين فالق تين-دهار (Tin-Dahar Fault) المتطابق مع خط طول $4^{\circ}30'E$ كحد فاصل بين نطاقين : [1] النطاق الشرقي تاكلات-أهلي (Taklet-Eheli) بتوقيع نظيري سالب و [2] النطاق الغربي تيمسلاغسين-تيويين (Timesslarssine-Tioueïene) بتوقيع نظيري ايجابي.

[1] النطاق الشرقي تاكلات-أهلي (Taklet-Eheli) : حدوده الشرقيّة متطابقة مع الفالق العظيم $4^{\circ}50'E$ ثم ينحرف عند خط عرض $23^{\circ}N$ شمالاً باتجاه الجنوب الغربي وحدوده الغربيّة توافق فالق تين-دهار ($4-30^{\circ}$) الموجه شمال-جنوب. يشمل هذا النطاق ثلاثة باتوليتات كبيرة الحجم تقطع قاعدة من الصّخور البركانيّة-الرّسوبيّة التابعة للسلسلة الفاروزيّة الاولى حيث يظهر في الجهة الشماليّة باتوليت تاكلات (Taklet "البوتاسي" المؤرخ في 4 ± 839 م س والذي يخترقه المركّب الغرانيتي تاج-أوراك (Teg' Orak 18 ± 519 م س) ويظهر في الجهة الجنوبيّة باتوليت إهارج

lharedj (غير مؤرخ) وباتوليت إهلي (Eheli, $638 \pm$ 5 م س) الكبيرين فيما يظهر جزء من المركّب الغرانيتي إنجارن (Inedjaren A-type) (الشكل 2) وأحزمة من قواطع الدّولريت الموجهة شرق-غرب الى شمال شرق-جنوب غرب في الجهة الجنوبيّة.

[2] النطاق الغربي تيمسلاغسين-تيويين (Timesslarssine-Tioueïene) : ينحصر هذا النطاق بين فالق تين-دهار شرقا والفالق $4^{\circ}10'E$ to $4^{\circ}15'E$ غربا الذي يفصله عن كتلة عين تيدايي، وهو يتميز بتنوع السّحّات حيث يحتوى على عدد كبير من الباتوليتات من نمط (T T G) متوسطة الحجم مثل ديوريت-كوارتزيت "تيمسلاغسين" (Timeslarssine 868 ± 8 م س) لوين هاران (Louine Harane، غير مؤرخ) وتين-تيكاديويت (Tin-Tekadiouit، غير مؤرخ) وأهمباتو (Ahambatou، 651 ± 6 م س) وطامطق (Tamteq 742 ± 5 م س) وسيالات (Silet، 649 ± 5 م س). وهي غالبا ما تكون مرفقة بجسيمات من الصّخور القاعدية-فوق القاعدية الصّغيرة مثل مركب أيدلاه (Iddeleh) وبعض المركّبات القاعدية التي تصل احجامها الى 15 كلم وكذا بعض التّلال الغرانيتيّة الصّغيرة مزدوجة أو احادية الميكا (Mokaddem et al; 2019). المركّبات الغرانيتيّة (A-type) ممثلة في منطقة الدّراسة (في الجهة الجنوبيّة من النطاق) بتين-إغيت (Tin-Erit $584.8 \pm$ م س) وبتويين (Tioueïene، 561 ± 6 م س) وتهارت نابور (Taharait N'abror، غير مؤرخ).

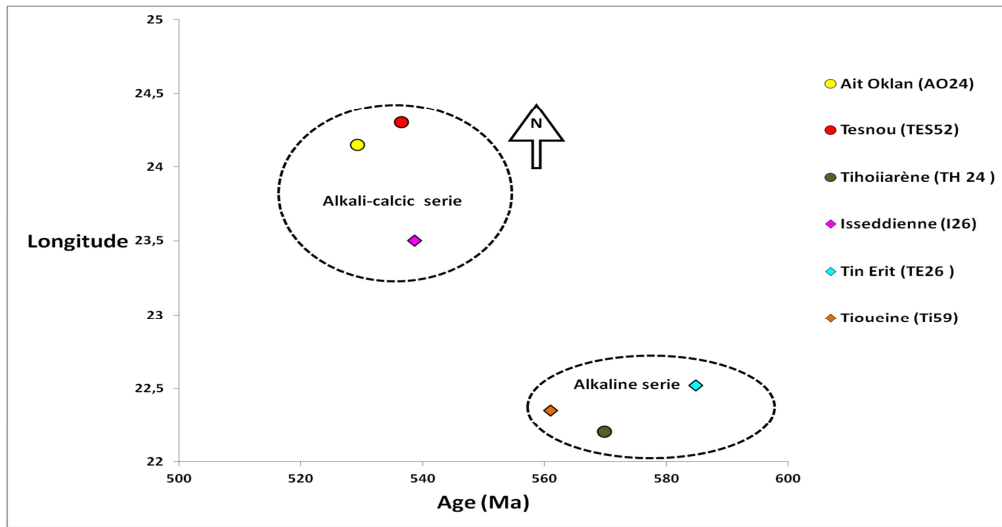
الدّورة البانيّة للجبال لعموم إفريقيا (520-870 م س) نشاطا ماغماتيا متنوعا، بدأ بتشكيل باتوليتات مرتبطة بظاهرة الغوص من نمط ت ج متدرجة على اربع مراحل (520-638-650-742 مليون سنة) على الاقل، خلال المرحلة المتأخرة من الدّورة توضع المركّبات الغرانيتيّة القلوويّة ما بين 570 و560 مليون سنة في الجهة الجنوبيّة وتبعثها مجموعة ثانيّة قلوويّة-كلسيّة توضع ما بين 540 و530 مليون سنة في الجهة الشّماليّة من كتلة سيالات (الشّكل 7).

[3] الفالق تين-دهار Tin-Dahar Fault :

يتطابق فالق تين-دهار مع خط الطّول $4^{\circ}35'E$ ويحيد جنوبا وفقا للخط $4^{\circ}30'E$ (ش ش-ج ج غ) يظهر على جانبي أسطح الحمم البركانيّة الحديثة تاهالغا مُمثلا في الجهة الشّماليّة من اقليم الدّراسة بمنطقة قص (Shear zone) بإزاحة يمينيّة (dextral strike-slip) تظهر بها صخور متحولة مثل السّرپنتينيت وأخرى بركانيّة "هضبة إغلوشم" وفي الجهة الجنوبيّة نجد صخوراً متحولة فقط مثل التّالك شيست والامفبوليت.

[4] كتلة سيالات: اتحام مجموعة من

الأراضي الدّخيلة : سجلت كتلة سيالات خلال



الشّكل 7: مخطط يوضح العلاقة بين العمر والموقع الجغرافي للمركّبات الغرانيتيّة (لكتلي سيالات وعين تيديني)

أنحاء العالم مثل هامش أمريكا الشّماليّة في المحيط الهادئ.

تشكل كتلة سيالات من التّحام مجموعة من الأراضي الغربيّة، لكل واحدة منها تاريخ جيولوجي مميز، اجتمعت خلال المرحلة الاخيرة من الدّورة البانا أفريقيّة وهي تشبه مناطق معروفة في جميع

	البياتوبيت	TTG's Classification (Moyen et Martin 2012)	اسم الصخرة	المعدن الرئيسية	المعدن الثانوية	المعدن الملحقة	درجة التمايز	النسب الكيميائية الرئيسية	REEs patterns	HFSE	LILE (and related)	المعايير ENd
Timeslarssime (868Ma)	Taklet (840Ma)	Tamteq (742Ma)	Louise Harane (غير مؤرخ)	Tin-Tekadivout (غير مؤرخ)	Ahambarou (649Ma)	Silet (650Ma)	Iharadj (غير مؤرخ)	Etheli (638Ma)				
Sodic LowHREE TTG	بوتاني لا ينتمي بوتاني TTG	Sodic Low HREE TTG	Sodic Low HREE TTG	Potassic TTG s.l.	Sodic LowHREE TTG	Potassic TTG s.l.	Sodic-potassic TTG s.l.	Sodic low+HREE TTG				
Tonalite	monzogranite	Tonalite	granodiorite	Granodiorite-monzogranite	Tonalite-granodiorite-monzogranite	Monzodiorite-quartzite Monzogranite	granodiorite-monzogranite	granodiorite-monzogranite				
كوارتز + أوليفينوكلاز + انديرين	كوارتز + أوليفينوكلاز + فلدسبار بوتاني	كوارتز + أوليفينوكلاز + فلدسبار بوتاني	كوارتز + أوليفينوكلاز + فلدسبار بوتاني +انديرين	كوارتز + أوليفينوكلاز + فلدسبار بوتاني +انديرين	كوارتز + أوليفينوكلاز + فلدسبار بوتاني +انديرين	كوارتز + أوليفينوكلاز + فلدسبار بوتاني	كوارتز + أوليفينوكلاز + فلدسبار بوتاني	كوارتز + أوليفينوكلاز + فلدسبار بوتاني				
Mg هورنيبلاند	بيوتيت	Mg هورنيبلاند	بيوتيت ± Mg هورنيبلاند	بيوتيت ± Mg هورنيبلاند	بيوتيت ± Mg هورنيبلاند	بيوتيت ± Mg هورنيبلاند	بيوتيت ± Mg هورنيبلاند	بيوتيت				
أباتيت + زركون + سفيان + تيتانوماغنيتيت			الأباتيت + أباتيت + زركون + سفيان + تيتانوماغنيتيت									
68.98 <SiO2 < 69.30%	71.24 < SiO2 < 73.16%	63.58 < SiO2 < 69.65%	63.58 < SiO2 < 69.65%	64.20 < SiO2 < 72.39%	67.43 < SiO2 < 72.43%	63.81 < SiO2 < 74.78%	58.37 < SiO2 < 74.53%	67.28 < SiO2 < 72.76%				
Fe2O3+ MgO + MnO + TiO2<5.07	Fe2O3+ MgO + MnO + TiO2<4.07	Fe2O3+ MgO + MnO + TiO2<8.7	Fe2O3+ MgO + MnO + TiO2<5.15	Fe2O3+ MgO + MnO + TiO2<7.57	Fe2O3+ MgO + MnO + TiO2<4.75	Fe2O3+ MgO + MnO + TiO2<7.22	Fe2O3+ MgO + MnO + TiO2<4.53	Fe2O3+ MgO + MnO + TiO2<4.69				
0.78<K2O <1.07%	4.11<K2O <4.58%	1.2<K2O <1.87%	2.28<K2O <4.62%	3.22<K2O <3.99%	1.86<K2O <3.21%	3.4<K2O <4.81%	2.64<K2O <3.43%	2.21<K2O <3.50%				
4.33<Na2O <4.43	3.13<Na2O <3.59	3.55<Na2O <4.60	3.28<Na2O <4.55	3.55<Na2O <4.18	4.18<Na2O <5.83	3.41<Na2O <4.33	4.01<Na2O <4.82	4.39<Na2O <4.79				
0.18<K2O / Na2O <0.24	1.15<K2O / Na2O <1.46	0.27<K2O / Na2O <0.53	0.50<K2O / Na2O <1.41	0.80<K2O / Na2O <1.12	0.30<K2O / Na2O <0.67	0.79<K2O / Na2O <1.22	0.66<K2O / Na2O <0.80	0.46<K2O / Na2O <0.78				
> 15 % at 69% SiO2	> 14 % at 70% SiO2	> 14 % at 69% SiO2	> 14 % at 70% SiO2	> 15 % at 70% SiO2	> 16 % at 70% SiO2	> 14 % at 70% SiO2	> 14 % at 70% SiO2	> 15 % at 70% SiO2				
0.30<y/b> 0.46	3.16<y/b>3.89	0.89<y/b>1.45	0.39<y/b>1.32	1.13<y/b>1.52	0.31<y/b>0.75	0.32<y/b>1.9	0.93<y/b>1.28	0.41<y/b>0.73				
21.59<(La/Yb)N<50.93	5.64<(La/Yb)N<7.61	6.79<(La/Yb)N<17.38	10.37<(La/Yb)N<24.84	7.58<(La/Yb)N<13.68	16.81<(La/Yb)N<105.65	8.23<(La/Yb)N<55.25	10.82<(La/Yb)N<25.97	20.84<(La/Yb)N<45.69				
14.58<La<22.30	26.39<La<43.8	14.56<La<30.7	12.08<La<20.28	17.04<La<22.8	14.11<La<66.26	20.82<La<30.0	17.67<La<35.62	20.53<La<33.97				
			Negative Nb-Ta and Ti anomalies									
118-Sr/Y<161	6.38-Sr/Y<8.7	33<Sr/Y<105	29-Sr/Y<70	30-Sr/Y<36	31-Sr/Y<237	21-Sr/Y<116	20-Sr/Y<78	88-Sr/Y<463				
2.58<ENd <2.64	-0.69 < ENd <0.57-	ENd=1.59	2.83< ENd <3.35	1.92< ENd -4.52	-0.09< ENd <1.22	0.2< ENd <3.27	-2.53 < ENd <- 5.62.	3.99 < ENd <- 8.30				

الجدول 1: ملخص المعطيات البيتروغرافية والتحليل الكيميائية لمباتوليتات من نمط TTG + الباتوليت البوتاسي (منطقة سيالات)

الباتوليت		A-type Classification (Azzouni-Sekkai and Bonin, 1998)					
Alt-Oklan (529.3 ±3.1Ma)		Tesnou (536.5 ±6.7Ma)	Isseidienne (538.7 ±2.9Ma)	Tihouirene (569.8±4.8Ma)	Tiouéine (561±6Ma)	Tin-Etit (584±2Ma)	اسم الصخرة (Azzouni-Sekkai et al, 2020)
Gila	Gila, Gilb	Gila, Gilb	Gila, Gill	Gl, Gila, Gill	Gila, Gill		
monzogranite and syenogranite	monzogranite and syenogranite, alaskite (alkali feldspar granite)	monzogranite and syenogranite, alaskite (alkali feldspar granite)	monzogranite and syenogranite, alaskite (alkali feldspar syenite and granite)	monzogranite and syenogranite, alaskite (alkali feldspar syenite and granite)	monzogranite and syenogranite, alaskite (alkali feldspar syenite and granite)		
كوارتز + بلاجيوكلاز + فلدسبار بوتاسي	كوارتز + بلاجيوكلاز + فلدسبار بوتاسي	كوارتز + بلاجيوكلاز + فلدسبار بوتاسي	كوارتز + بلاجيوكلاز + فلدسبار بوتاسي	كوارتز + بلاجيوكلاز + فلدسبار بوتاسي + فلدسبار قلوي	كوارتز + بلاجيوكلاز + فلدسبار بوتاسي + فلدسبار قلوي		
بيوتيت ± هورنبلاند	بيوتيت ± هورنبلاند	بيوتيت ± هورنبلاند	بيوتيت ± هورنبلاند	بيوتيت ± هورنبلاند	بيوتيت ± هورنبلاند	بيوتيت ± هورنبلاند	التركيبية المعدنية
ألانيت + أنيت + زركون ++ هافنيت							
70.99 < SiO ₂ < 74.41%	77.27 < SiO ₂ < 69.08%	77.83 < SiO ₂ < 73.29%	73.40 < SiO ₂ < 78.70%	70.02 < SiO ₂ < 77.14%	69 < SiO ₂ < 76.18%	درجة التقاير	العناصر الكيميائية الرئيسية
0.37 < CaO < 1.79%	1.54 < CaO < 0.33%	0.21 < CaO < 1.22%	0.15 < CaO < 1.97%	0.1 < CaO < 2.18%	0.06 < CaO < 1.54%	الصوديوم	
ألوميني	ألوميني إلى فوق قلوي	ألوميني إلى فوق قلوي	ألوميني إلى كلسي-قلوي	ألوميني- فوق قلوي إلى كلسي قلوي	ألوميني إلى كلسي-قلوي	(ASI) الألومنيوم	
4.37 < (La/Yb) < 15.73	2.57 < (La/Yb) < 13.38	3.48 < (La/Yb) < 16.54	12.09 < (La/Yb) _N < 13.77	2 < (La/Yb) < 22.04	9.13 < (La/Yb) < 34.20	REE patterns	العناصر الكيميائية النادرة
-1.25 > εNd > -5.21	-2.13 > εNd > -9.75	/	εNd=2.85	/	/	النظائر εNd	
-0.1 < εHf < 6.6	-0.25 < εHf < 11.2	+0.7 < εHf < +1.8	-0.8 < εHf < +22.2	+2.2 < εHf < +7.1	+5.9 < εHf < +16.9	النظائر εHf	

الجدول 2: ملخص المعطيات البتروغرافية والتحاليل الكيميائية للمركبات الحمضية A-type (كتاني سيلات وعين تيداني)

(References) المراجع /5

1. Abdallah N, Liégeois JP, De Waele B, Fezaa N, Ouabadi A 2007. The Temaguessine Fe-cordierite orbicular granite (Central Hoggar, Algeria): U–Pb SHRIMP age, petrology, origin and geo-dynamical consequences for the late Pan-African magmatism of the Tuareg shield. *J Afr Earth Sci* 49:153–178
2. Abed, H. 1983. Paléosuture à caractère ophiolitique du protérozoïque supérieur dans la région de Silet (Hoggar occidental, Algérie). Thèse 3ème cycle; Nancy1, 172p
3. 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.
4. Azzouni-Sekkal, A., Boissonnas, J. 1987. Geochemistry of the Tiouine Pan-African granite complex (Hoggar, Algérie). *Geological Journal* 22, 213-224.
5. Azzouni-Sekkal, A., Boissonnas, J. 1993. Une province magmatique de transition du calco-alcalin à alcalin : les granitoïdes pan-africains à structure annulaire e la chaîne pharusienne du Hoggar (Algérie). *Bulletin de la société géologique de France*, 164, 597-608.
6. Azzouni-Sekkal, A., Bonin, B. 1998. Les minéraux accessoires des granitoïdes de la suite Taourirt, Hoggar (Algérie): conséquences pétrogénitiques. *Journal of African Earth Sciences* 26, 65–87
7. 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
8. Azzouni-Sekkal, A., Bonin, B., Bowden, P., Bechiri-Benmerzoug, F., Meddi, Y. 2020. Zircon U–Pb and Lu–Hf isotopic systems in ediacaran to Fortunian "Taourirt" granitic ring complexes (Silet and In Tedeini terranes, Tuareg shield, Algeria), *Journal of African Earth Sciences*, Elsevier, 2020, 168, pp.103865.(DOI 10.1016/j.jafrearsci.2020.103865).
9. Bechiri H, Azzouni-Sekkal A, Béchiri-Benmerzoug F, Bonin B, Liégeois JP, Kheloui R, Matukov DI, Sergeev SA . 2016. La faille de Tin-Dahar, un élément clé dans la structuration du bloc de Silet (ex Iskel) Hoggar occidental, Algérie. In: 1st Arab geoscience union international conference (AIC-1), Algiers, Algeria, p 4
10. Bechiri, H. 2005. Le complexes basique-ultrabasique de Tin-Erit: étude pétrographique, minéralogique, géochimique (Hoggar occidental, Algérie). Thèse de magister, FSTGAT/USTHB. 125pp.
11. Béchiri-Benmerzoug F, A. Azzouni-Sekkal, Liégeois JP, Bonin B Bechiri H, Kheloui R .2018.The Silet superterrane (Western Hoggar, Algeria) a collage of exotic terranes. 17th Conference of the Geological Society of Africa. 27th Colloquim of African Geology.Aveiro Portugal 21/28 july 2018
12. Bechiri-Benmerzoug F, Bonin B, Bechiri H, Khéloui R, Talmat-Bouzeguela S, Bouzid K 2017. Hoggar geochronology: a historical review of published isotopic data. *Arab J Geosci* 10:351
13. Bechiri-Benmerzoug, F. 1998. Le complexe granitique du Tin-Erit : Cartographie, pétrologie, minéralogie et géochimie (Hoggar occidental, Algérie). Thèse de magister, IST/USTHB. 165pp.
14. Bechiri-Benmerzoug, F. 2009. Pétrologie, géochimie isotopique et géochronologie des granitoïdes Pan-africains de type TTG de Silet : contribution a la connaissance de la structuration du bloc d'Iskel (Silet, Hoggar occidental) Algeria, Thèse Doctorat, Université des Sciences et Techniques Houari-Boumedienne, Alger, 398p.
15. Bendaoud A, Ouzegane K, Godard G, Liégeois JP, Kienast JR, Bruguier O, Drareni A. 2008. Geochronology and metamorphic P-T-X evolution of

- the Eburnian granulite-facies metapelites of Tidjenouine (Central Hoggar, Algeria): witness of the LATEA metacratonic evolution. In: Ennih N, Liégeois JP (eds) The boundaries of the West African Craton. Geol Soc London Spec Pub 297: pp 111-146
16. Bertrand J.M.L., Boissonas, J., Caby, R., Gravelle, M., Lelubre, M. 1966. Existence d'une discordance dans l'antécambrien du "fossé" pharusien de l'Ahaggar occidental (Sahara central). C. R. Acad. Sc. Paris, 262, D 2197-2200.
 17. Bertrand JML, Caby R, Ducrot J, Lancelot JR, Moussine-Pouchkine A, Saadallah A 1978. The late Pan-African intracontinental linear fold belt of the eastern Hoggar (Central Sahara, Algeria): geology, structural development, U/Pb geochronology, tectonic implications for the Hoggar shield. Precambr Res 7:349–376
 18. Bertrand JML. 1974. Evolution polycyclique des gneiss du Précambrien de l'Aleksod (Hoggar central, Sahara algérien). Aspects structuraux, pétrologique, géochimiques et géochronologiques. Centre National de la Recherche Scientifique Paris, France, Série Géologique 19, p 350
 19. Bertrand, J.M., Meriem, D., Lapique, F., Michard, A., Dautel, D., Gravelle, M. 1986. Nouvelles données radiométriques sur l'âge de la tectonique Pan-Africaine dans le rameau oriental de la chaîne pharusienne (région de Timgaouine, Hoggar, Algérie). C.R. Acad. Sc. Paris, t. 302, Série II, n°7.
 20. Bertrand, J.M.L., Lassere M. 1976. Panafrican and Precambrian history of the Hoggar (Algerian Sahara) in the light of new geochronological data from the Aleksod area. Precambr.Res. 3, 343-362.
 21. 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
 22. Boissonas, 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.
 23. Bouhkalifa, L. 2002. Les formations volcano-sédimentaires néoprotérozoïques de la branche orientale de la chaîne pharusienne (Hoggar occidental, Algérie): lithologie et géochimie. Mémoire du service géologique de l'Algérie 11, 9-31.
 24. Bouzeguella-Talimat, Sabiha. 2014. Géochimie, géochronologie et contexte géodynamique des granitoïdes panafricains de l'Amsel (Hoggar, Algérie). Thèse Doctorat, Université des Sciences et Techniques Houari-Boumedienne, Alger. 272p
 25. Bouzid A, Bayou B, Liégeois J-P, Bourouis S, Bougchiche SS, Bendekken A, Abtout A, Boukhlof W, Ouabadi A 2015. Lithospheric structure of the Atakor metacratonic volcanic swell (Hoggar, Tuareg Shield, southern Algeria): electrical constraints from magnetotelluric data. In: Foulger GR, Lustrino M, King SD (eds) The interdisciplinary earth: a volume in honor of Don L. Anderson, vol 514. Geological Society of America special paper, pp 239–255
 26. Brahimi, S., Liegeois, J-P, Ghienne, J-F, Munsch, M., Bourmatte, A. 2018. The Tuareg shield terranes revisited and extended towards the northern Gondwana margin: Magnetic and gravimetric constraints. Earth-Science Reviews, Elsevier, 185, pp.572 - 599
 27. Caby, R. 2003. Terrane assembly and geodynamic evolution of central-western Hoggar: a synthesis. Journal of Earth Sciences 37, 133-159.
 28. Caby, R., Andreopoulos-Renaud, U., Gravelle, M. 1982. Cadre géologique et géochronologique U/Pb sur zircon des batholites précoces dans le segment pan-africain du Hoggar central (Algérie). Bulletin Société Géologique France 24, 677–684.
 29. Cheilletz, A., Bertrand, J.M., Charoy, B., Moulahoum, O., Bouabsa, L., Farrar, E., Zimmermann, J.L., Dautel, D., Archibald, D.A., Boullier, A.M., 1992. Géochimie et géochronologie RbSr, KrAr, 40Ar/39Ar des complexes granitiques pan-africains de la région de

- Tamanrasset_Algérie.: relations avec les mine'ralisations Sn–W associe'es et l'évolution tectonique du Hoggar central. Bull. Soc. Ge'ol. France 163, 733–750.
30. Chikhaoui; 1981. Les roches volcaniques du Protérozoïque supérieur de la chaîne panafricaine du Hoggar et Anti-atlas. Thèse doct. d'état Univ. Montpellier, 183p
 31. Dautria, J.M., Dostal, J., Dupuy, C., and Liotard, J.M. 1988. Geochemistry and petrogenesis of alkali basalts from Tahalra (Hoggar, northwest Africa). Chemical Geology, v. 69, p. 17–35, doi: 10.1016/0009-2541(88)90155-6.
 32. Deramchi. A, Bouzid. A, Bendaoud. A, Ritter. O, Hamoudi. M, Cruces-Zabala. J, Meqbel.N, Boukhalfa. Z, Boughchiche. S, Abtout. A, Boukhlof. W, Bendekken. B. 2020. Neoproterozoic amalgamation and Phanerozoic reactivation of Central/Western Hoggar (Southern Algeria, Tuareg Shield) lithosphere imaging using Magnetotelluric data. Journal of Geodynamics 139. 101764
 33. Doukkari SA, Ouzegane K, Godard G, Diener JFA, Kienast JR, Liégeois JP, Arab A, Drareni A .2015. Prograde and retrograde evolution of eclogite from Adrar Izzilatène (Egéré-Aleksod terrane, Hoggar, Algeria) determined from chemical zoning and pseudosections, with geodynamic implications. Lithos 226:217–232
 34. Dupont, P. L. 1987. Pétrologie et géochimie des ensembles magmatiques Pharusien I et Pharusien II dans le rameau oriental de la chaîne pharusienne (Hoggar, Algérie), Implications géodynamiques pour l'évolution d'une chaîne mobile au Protérozoïque supérieur. Thèse doct ; Univ. Nancy I, 283p.
 35. Gravelle M. 1969. Recherches sur la géologie du socle Précambrien de l'Ahaggar centro-occidental dans la région de Silet Tibehaouine. PhD thesis, Paris, p 781 (unpublished)
 36. Gravelle M., Chikhaoui, M. 1976. Tectonique tangentielle panafricaine et métamorphisme épizonal dans le fosse pharusien du Hoggar occidental. 4ème R.A.S.T., Paris, p. 209
 37. Haddoum, H. 1984. Lithologie, évolution structurale et géodynamique des terrains précambriens d'Abankor-Timgaouine (Hoggar, Algérie). Thèse doctorat es sciences Paris-Sud université d'Orsay, France 182p.
 38. Kheloui. R. 2009. Etude pétrographique, minéralogique et géochimique du massif mafique – ultramafique d'Iddeleh (Silet, Bloc d'Iskel, Hoggar. Thèse de magister, FSTGAT. 102pp
 39. Kourim. F, Vauchez. A, Bodinier. J-L, Alard. O, Bendaoud. A .2015 Subcontinental lithosphere reactivation beneath the Hoggar swell (Algeria): Localized deformation, melt channeling and heat advection. Tectonophysics, Elsevier, 650, pp.18-33.
 40. Kourim. F, Vauchez. A, Bodinier. J-L, Alard. O, Bendaoud. A., Dautria. J-M. 2014 .Nature and Evolution of the Lithospheric Mantle beneath the Hoggar Swell (Algeria): a Record from Mantle Xenoliths. Journal of Petrology, Volume 55, Issue 11, p 2249–2280, [DOI.org/10.1093/petrology/egu056](https://doi.org/10.1093/petrology/egu056)
 41. Lapique, F., Bertrand, J.M., Meriem, D. 1986. A major Pan-African decoupling zone in the Timgaouine area (Western Hoggar). Journal of African Earth Sciences 5, 617-625.
 42. 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
 43. 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, [DOI.org/10.1007/978-3-319-96794-3_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96794-3_2)
 44. 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.

45. Mokaddem et al ; 2019. Classification des biotites de la région de Silet (Hoggar Occidental, Algérie):Exemple d'un TTG (Tin-Tekadiouit), d'un complexe annulaire (Taharait N'abror) et d'un granite à deux micas. 1er séminaire National en Géosciences et Environnement-Centre Universitaire de Tamanrasset. 23-24 octobre 2019
46. 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 Tiouéine pluton (western Hoggar, Algeria). *Lithos* 45, 245–253
47. Peucat JJ, Drareni A, Latouche L, Deloule E, Vidal P 2003. U–Pb zircon (TIMS and SIMS) and Sm–Nd whole rock geochronology of the Gour Oumalelen granulitic basement, Hoggar massif, Tuareg Shield, Algeria. *J Afr Earth Sci* 37:229–239
48. Zerrouk. S, Bendaoud. A, Hamoudi. M, Liégeois. J-P, Boubekri., Ben El Khaznadj. R. 2017. Mapping and discriminating the Pan-African granitoids in the Hoggar (southern Algeria) using Landsat 7 ETM+ data and airborne geophysics. Journal of African Earth Sciences.V. 127, P 146-158 .DOI.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.10.003