



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

### دراسة جيولوجية وجيوكيميائية والتاريخ المطلق لبعض الباتوليتات من نمط

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

فاتن بشري-بن مرزوق<sup>1</sup>، مقدم سارة<sup>1</sup>، رقية خلوي<sup>1-2</sup>، عبلة عزوني<sup>3</sup>، جون-بول ليجوا<sup>4</sup>، برنار بونا<sup>5</sup>، حميد بشري<sup>2</sup>

- 1- مخبر تعليمات العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة القديمة، الجزائر [faty\\_benmerzoug@yahoo.fr](mailto: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](mailto:asazzouni@hotmail.com)
- 4- المتحف الملكي لوسط افريقيا- B-3080 بلجيكا [jean-paul.liegeois@africamuseum.be](mailto: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](mailto:bernard.bonin@u-psud.fr)

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

#### الملخص (Abstract)

سيلات وكتلة عين-تيدايبي. أظهرت الدراسات ان مختلف انواع الصّخور المنتشرة في المنطقة الوسطي من كتلة سيلات مثل السلاسل البركانية-الرسوبية والباتوليتات من نمط (TTG) والمركبات الغرانيتية متأخر 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-شيبست

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

الدورة البانا افريقيّة وهي تشبه مناطق معروفة في جميع أنحاء العالم مثل هامش أمريكا الشماليّة في المحيط الهادئ

الكلمات المفتاحيّة (Keywords)

درع الطّوارق، كتلة سيلات، باتوليتات (TTG) مركبات غرانيتيّة (A-type)، جيوكيمياء النظائر  $\epsilon\text{Nd}$ - $\epsilon\text{Hf}$

وسربنتينيت والافمبوليت. تتميز صخور الشّريط الشرقي تاكلات-أهلي (Taklet-Eheli) بقيم سلبية لعنصر النيوديم ( $-2.91 < \epsilon\text{Nd} < -8.10$ ) في حين تُظهر صخور الشّريط الغربي تيمسلاغسين-تيويين (Timesslarssine-Tioueïene) قيما ايجابية من نظائر النيوديم ( $+0.52 < \epsilon\text{Nd} < +4.57$ ). تتشكل كتلة سيلات من التّحام 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 orogery (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 الدرّع التّركي (او درع الطّوارق - Touareg shield) من التّحام كتل محيطيّة بأخرى قاريّة خلال الدّورة البانيّة للجمال لعموم إفريقيا (Pan-African Orogeny)، التي بدأت في التّيوبروتروزوي 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 بالأبير. تبلغ مساحته 550000 كم<sup>2</sup> ويُشكل الهقار ثلاثة ارباعها (3/4).

أسهمت الدّراسات الجيولوجيّة المنجزة منذ قرابة المائة سنة باقتراح عدة تقسيمات للدرّع 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 ليتوسفيريّة (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 والبروتروزوي القديم. تجتمع الكتل الواقعة في وسط الدرّع وعددها خمس مشكّلةً شبه الرّاسخ لانيا (LATEA-MetaCraton) وقد سُمي كذلك بجمع الحروف الأولى من اسم كل كتلة - (Laouni-Azrou-n'fad-Tefedest-Egere-Aouilene). تشترك الكتل

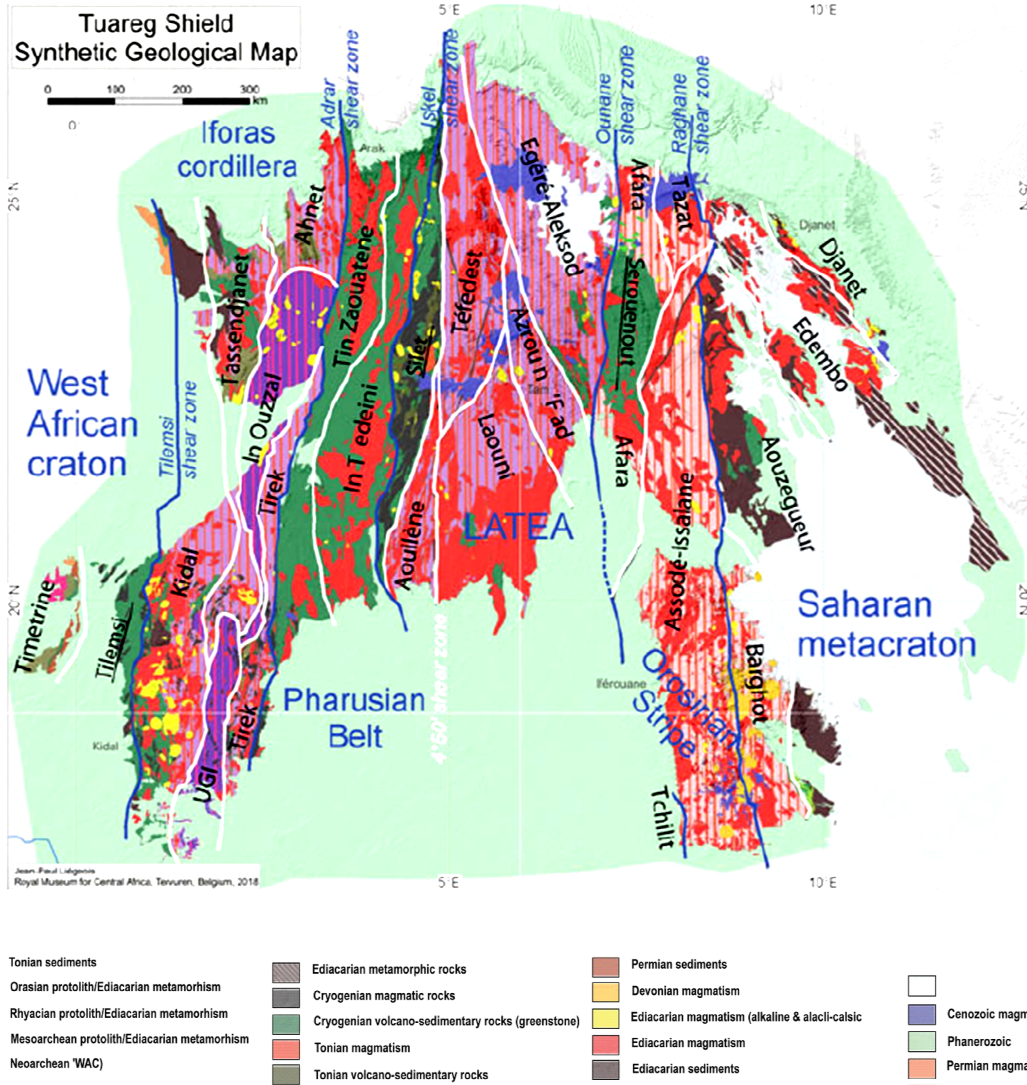
الخمس في احتوائها على قاعدة متحوّلة من سحنة الغرانولايت - الامفيولايت التي تم تزمينها ما بين 2.1 و1.9 مليار سنة، كما تحتوي على بقايا أركيّة (Peaucat et al; 2003, Bendaoued et al; 2008). كانت لانيا لغايّة البروتروزوي الحديث عبارة عن قارة صغيرة ذات حدود غير نشطة (Passive margin) وسجلت خلال الدّورة البانيّة للجمال لعموم إفريقيا إعادة نشاط الفوالق العظمى مصحوب بتحول عالي الدرّجة 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 سيالات (قيد الدّراسة).

## 2- جيولوجيا كتلة سيالات

تمت تسمية كتلة سيالات نسبة للقريّة 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 قريّة سيالات 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 الابيض أو الازرق) حسب (Liégeois et al, 2019) الاطار الاسود : اقليم 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 نارثة الكريوجينيان 12- صخور بركانية-رسوبية الكريوجينيان (الصخور الخضراء) 13-النشاط الماغماتي التونيان 14- صخور بركانية-رسوبية التونيان 15- صخور رسوبية التونيان 16- بروتوليت اوروسيان للتحوّل الايدياكاريان 17- بروتوليت رياسيان للتحوّل الايدياكاريان 18-ميزوأركيان بروتوليت للتحوّل الايدياكاريان 19- الأركي الحديث

القاعدي المسعى (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 (630-580 مليون سنة) تم غلق المحيط أمام وهجرة اغلب الكتل نحو الشمال (J-P. Liégeois, 2019)، تتميز المرحلة الاخيرة من الدورة (575-520 مليون سنة) بتوضع المركبات الغرانيتية الحلقية (من نمط A) على طول حدود الكتل الممتدة بالفوالق العظمية 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 الدوليت 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 سيلات بالإضافة الى بعض المركبات الحلقية الغرانيتية المتواجدة في كتلة عين تيدايني المجاورة لها بهدف إبراز الخصائص الجيوديناميكية للمنطقة.

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 سيلات وعين تيدايني 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 أيضا بالخدق الاوسط الى الفاروزي الاول والفاروزي الثاني بسطح عدم توافق (Infra-Pharusian unconformity) تم التعرف عليه في شمال منطقة سيلات (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 أمامس (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 مترية من الصخور فوق-القاعدية إلى قاعدية ذات نسيج تراكي 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

## 1.2. الصّخور الحمضيّة من نمط (TTG)

تشغل الصّخور الحمضيّة من نمط (T T G) نصف مساحة إقليم سيالات (الشّكل 2)، وقد جمعها غرافيل (Gravelle, 1969) في صنفين من الباتوليتات: الاول غرانيت بالكلوريت مُمثل بباتوليت تين تيكاديويت 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  $8 \pm 868$  مليون سنة لباتوليت تين تيكاديويت و  $4 \pm 839$  مليون سنة لباتوليت تاكلات.





سيلات باتجاه شمال شرق- جنوب-غرب (الشكل 2 - الصورة 3). تظهر الصخور على هيئة كتل كروية رمادية اللون ومتوسطة الحجم (لا تفوق 1 متر)، النسيج حبيبي خشن يُظهر بلورات فاتحة من البلاجيوكلاز والكوارتز واخرى خضراء اللون من الكلوريت (المحتمل انها ناتجة من تحول الامفيبول والبيوتيت). تحمل بعض المدسوسات داكنة اللون ومستديرة الشكل وحزما ذات حواف حادة من صخور الفاروزي الاول، كما يتخللها قواطع من الغرانوديوريت التي ننسبها الى صخور باتوليت تين-تيكاديويت الاصلية. تبلغ المساحة الاجمالية للديوريت-كوارتزيت تمسلاغسين 35 كم<sup>2</sup> وهي تقطع تشكيلات الصخور البركانو-رسوبية للفاروزي الاول التي تظهر بها (احيانا) طيات ذات محاور موجّهة شمال شرق-جنوب غرب (F1) مصحوبة بتشوه ثان (F2) مرتبط بالدورة 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 امداد العظيم وهي تقطع التشكيلات البركانية-الرسوبية للسلسلة الفاروزية الاولى وديوريت كوارتزيت تمسلاغسين (Bechiri- Benmerzoug; 2009) (الشكل 2- الصورة 4). تظهر صخوره على هيئة أسطح فاتحة اللون لا يتعدى ارتفاعها 50 سم وتُسجل المرحلة الثانية

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

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

## 1- ديوريت-كوارتزيت تمسلاغسين (868 ± 8 مليون سنة) Timesselarssine's diorite-quartzite

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

إغيت (Tin-Erit) صخور لوين هاران عبارة عن غرانوديوريت وهي في الميدان تبدو متشابهة مع صخور تين-تكاديويت من حيث المظهر حيث كانت تُعتبر سحنته الحدودية (Bechiri-Benmerzoug, 2009) لكن بينت الدراسات البترولوجية لاحقا بعض الاختلافات في الخصائص الكيميائية مما جعلنا نفضله عن باتوليت تين-تيكاديويت الاصلي الذي تنحصر مكاشفه في الجزء الجنوبي للوادي الذي سُمي نسبة اليه في حين تمتد صخور لوين هاران باتجاه الشمال (Bechiri et al; 2016).

4- باتوليت أهباتو ( $651 \pm 6$  مليون سنة)

#### Ahambatou's batholith

تظهر صخور باتوليت أهباتو في مركز إقليم الدراسة وتبلغ مساحته حوالي 250 كم<sup>2</sup> حيث تقطع تشكيلات الفاروزي الأول من الناحية الغربية مع بعض الجسيمات الكيلومترية من الصخور القاعدية (الشكل 2). يحده من الشمال واد الواد العظيم أمداد ومن الجنوب تفرع واد أقلام، حدوده الشرقية تختفي تحت الأسطح البركانية لتاهالغا. تظهر اول المكاشف على طول الطريق الرابط بين قرية سيلات والمركب الغرانيطي تيويين على شكل مرتفعات كتلية لا تتعدى 1 متر طولاً (الصورة 4)، لونها فاتح الى وردي تتخلله بعض قواطع الدوليريت السنتمترية (Bechiri-Benmerzoug et al, 2020). تُبدي صخور أهباتو نسيجاً متوسطاً الى خشن يحمل بلورات ميليمترية من الكوارتز والبلاجيوكلاز والاورتوز تتخللها بعض المعادن الداكنة تميل الى الخضرة. كلما توجهنا الى مركز الباتوليت، تزداد كمية الاورتوز لتعطي سحنة

من التّشوه (F2) المرتبطة ببداية دورة عموم افريقيا (Bertrand et al, 1986a). لم يتم تزمين صخور تين تيكاديويت لكن حسب (Fabries et Gravelle; 1977) النشاط الماغماتي الممثل بصخور الغرانوديوريت كان مصحوباً بقواطع تخترق صخور ديوريت تمسلاغسين المزمّنة في  $8 \pm 868$  مليون سنة. وقد كتب ديبون (Dupont, 1987) في اطروحته انه شاهد قواطع من الغرانوديوريت تتخلل الصخور البركانية التي تُشكّل فوهة إغلوشم الضخمة والمؤرخة في 680 مليون سنة (Dupont, 1987).

ملاحظتنا الميدانية تتوافق مع هذه المعطيات، حيث شاهدنا في واد تين-تيكاديويت تشكيلات من الصخور البركانو-رسوبية للفاروزي الاول مورقة (Schistosity plan) تتخللها صخور ديوريت-كوارتزيت تمسلاغسين 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-تكاديويت 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 الدراسة (الشكل 2) ويقطع تشكيلات الفاروزي الاول كما يقطعه من الجهة الشرقية المركب تهرارت نابور الغرانيطي (Tahraït N'abrour) ومن الجهة الغربية مركب تين-

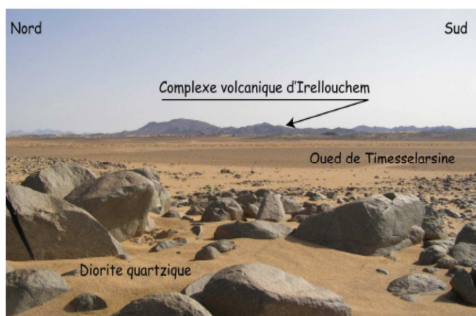
باتوليت سيالات ومن الغرب باتوليت إجلماك الذي تم تعريفه من طرف فريقنا ولكنه لم يُدرس بالتفصيل بعد، حدوده الجنوبية غير محددة بدقة (الشكل 2). تظهر صخور باتوليت طامطق على شكل مرتفعات صغيرة لا تفوق 1 متر وتبدو باللون الأخضر الفاتح يميل الى الزرقة احيانا وتحمل مدسوسات مستديرة غامقة اللون (الصورة 5). يقطع باتوليت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



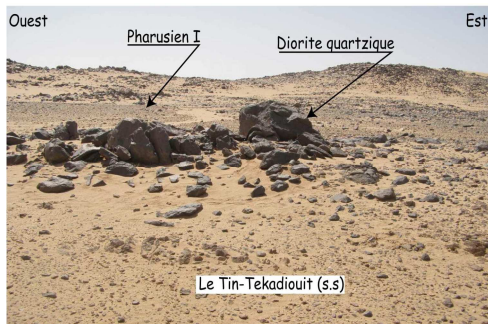
الصّورة 2: ديوريت كوارتزيت تمسلاغسين



الصّورة 1: باتوليت تاكلات



الصّورة 4: باتوليت أهمباتو



الصّورة 3: باتوليت تين تيكاديوت يقطع ديوريت تمسلاغسين



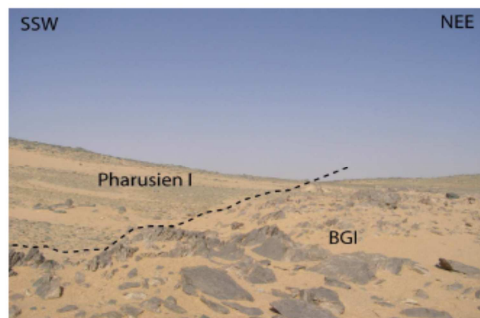
الصّورة 6: منظر عام لمرتفعات باتوليت سيلات



الصّورة 5: صخور طامطق تحمل مددسوسات الصّورة



الصّورة 8: توضعات باتوليت إهلي



الصّورة 7: التماس مع الفاروزي الثّاني إهارج

اللوحة 1: صور فتوغرافية لباتوليتات إقليم سيلات قيد الدّراسة

## 6-باتوليت سيالات (649 ± 5 مليون سنة)

### Silet's batholiths

لقد سمينا الباتوليت سيالات تقديرا منا لسكان القرية القريبة منه وقد استبدلنا اسم الكتلة الليتوسفييرية قيد الدراسة باسمها ايضا (Bechiri et al, 2013), تجدر الإشارة انها كانت تُدعى سابقا كتلة إسكال نسبة للمركب الغرانيطي 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 سيالات بشكله الدائري الذي يمتد من الجهة الشرقية بذييل 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 سيالات غرب الفالق بشكل مستدير تقريبا في حين تظهر بعض الصخور منه على الجهة الشرقية للفالق (الشكل 2)، يقطع باتوليت سيالات من الناحية الغربية تشكيلات الفاروزي الاول وباتوليت طامطق.

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

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

## 7-باتوليت إهارج (غير مزمّن) Iharedj's batholith

تظهر أولى صخور باتوليت إهارج غرب منطقة القص التي تفصله عن باتوليت سيالات 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 إهيلي نسبة للبر أنو إهلي (Anou-Eheli) الواقع في وسطه وهو يظهر في

مركبات، 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 واثنين يظهران على الفالق الليتوسفييري الذي يفصل بينهما وهما المركبين تيهويغين + تاسنو (Tihoiirene + Tesnou) (Azzouni et al, 2020) (الشكل 2-3).

1-مركب تين إغيت ( $2 \pm 584.8$  مليون سنة)

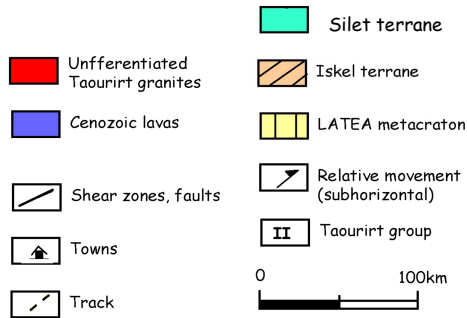
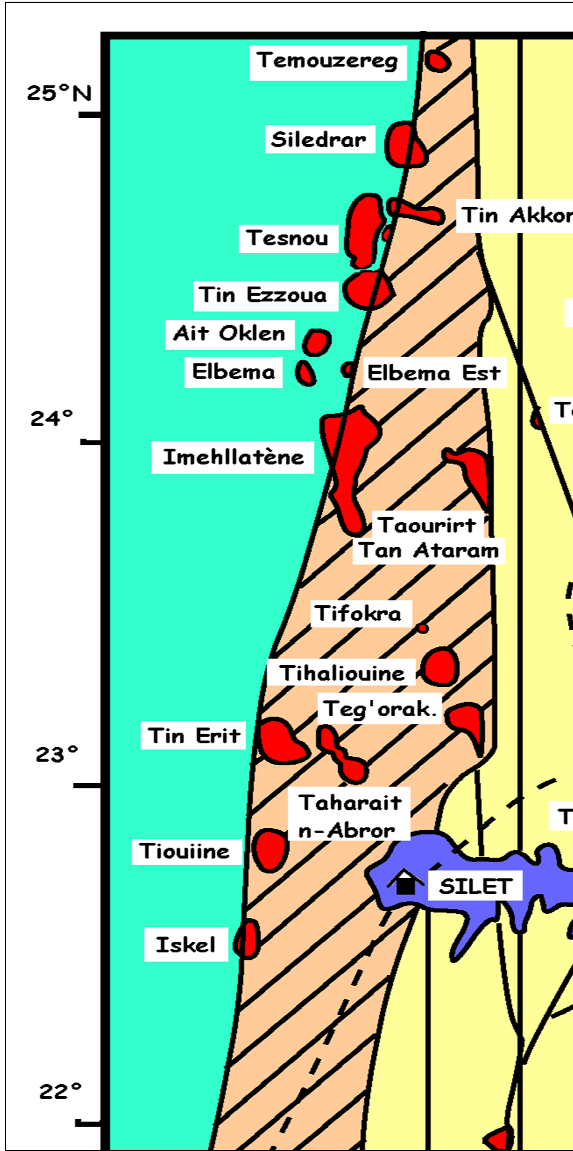
#### Tin-Etit 's A-type complex

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

الجزء الجنوبي الشرقي من إقليم سيلات ويظهر بشكل متطاوّل. تخفي أسطح حمم التّاهالغا حدوده الشماليّة 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 مركبات غرانيتيّة من نمط (A-type) في كتلة سيلات وكتلة عين تيدايني (الشكل 2) عرفها بواسناس (Boissonnas, 1973) بمركبات تاويريت (Taourirt' series) متأخرة النّشأة (Post-orogenic granits). قدمت عزوني عبلة (Azzouni et al, 1989) بدراسة بيترولوجيّة لبعض منها (Azzouni et al; 1989) ونشرت معطيات للنظائر المُشعة وأعمارا باستخدام نظائر عنصري Sr-Nd على الصّخور الكاملة (Sr-Nd/Whole rock) لثلاث مركبات احدها يقع في كتلة سيلات (Teg'Orak) واثنان منها يقعان في كتلة عين تيدايني المحاذيّة لها (Tesnou + Ait-Oklan, 2003) (Azzouni et al, 2003). تم مؤخرًا نشر معطيات جديدة حول العنصرين Lu و Hf (Lu-Hf isotopic system) وأعمارا مطلقة باستعمال معدن الزركون (U-Pb SHRIMP) لست



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

## 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 التحام صنفين من الصخور حيث يظهر الصنف الاول في مركز المركب على هيئة كتل مسطحة الى قليلة الارتفاع من المزوغرانيت والسيينوگرانيت، يحيط بها حلقة ثخينة من الغرانيت التي تشكل الارتفاعات المميزة له (الشكل 4). كان تيويين (Tioueïne) من بين أولى المركبات التي تمت دراستها وقد اعطت نتائج التزمين المطلق عمرا  $40 \pm 560$  مليون سنة (Boissonnas, 1969) والذي تم تقدير تاريخ توضع صخور مركزه لاحقا ب  $1 \pm 523$  مليون سنة (Paquette et al, 1998). التزمين الأخير كان لعينة من الحلقة الخارجية للمركب وهي عبارة عن غرانيت بالفلدسبار القلوي (Azzouni et al, 2020).

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

5-مركب تاسنو ( $536.5 \pm 6.7$  مليون سنة)

#### Tesnou 's A-type complex

يقع مركب تاسنو (Tesnou) على جانبي الفالق  $4^{\circ}10'$  الذي يفصل بين كتلي سيلات وعين تيداني (الشكل 2-3)، يتكون تاسنو من ست كتل متحدة سُميت من طرف عزوني عبلة (1989) تاسنو 1 وتاسنو 2 وتاسنو 3-4 وتاسنو 5-6. تُشكل هذه الكتل مرتفعات محدبة الشكل يظهر جزء كبير منها على الطّريق الرّابط بين تمنراست والجزائر العاصمة وهي تشتهر بجمال مناظرها ويزورها العديد من هواة تسلق الجبال.

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

3-مركب تهوياغين ( $569.8 \pm 4.8$  مليون سنة)

#### Tihoiirene 's A-type complex

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

4-مركب إسوديان ( $538.7 \pm 2.9$  مليون سنة)

#### Issedienne 's A-type complex

يقع مركب إسوديان شمال منطقة الدّراسة وهو يقطع السلسلة الفاروزية الثّانية وصخور باتوليت لوين هاران من نمط توناليت-تغونجيميت-غرانونديوريت (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 مشكلةً الهالة الخارجيّة، تنتظم جميعها بشكل بيضوي متناسق (ابعاده  $8 \times 5$  كم). تتصل بالتّاحية الشماليّة من المركب كتلة من صخور الألاسكيت (Alaskite) التي تُشكل جبال "أدرار إسوديان" (Boissonnas, 1973; Azzouni, 1989). اعطت أول تجربة تزمين صخور المركب إسوديان



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

وقد تمت التحاليل الكيميائية للصخور الماغماتية المندسة على خمسين عينة (العناصر الرئيسية والتأخرة والشحيجة) 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, Tervurun Belgium) (Center of Isotopic Research, All-Russian geological Research Institute (VSEGI) Saint-Petersburg- Russia)

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

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 السيينوغرانيت تحيط بالثانية التي تقع في مركز المركب وهي عبارة عن صخور من المونزوغرانيت ذي نسيج متوسط الحبيبات مُسطح الى قليل الارتفاع. يظهر آيت أوكلان جنوب مركب تاسنو في كتلة عين تيداييني 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 الحرمائية (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-تياهوين" بمقياس 1/100000 (الشكل 2). اغلب المعطيات المستخدمة في هذه المقالة مستقاة من الاعمال المنشورة من طرف اعضاء فريق البحث بإشراف البروفسور عبلة

## 3. النتائج (Results)

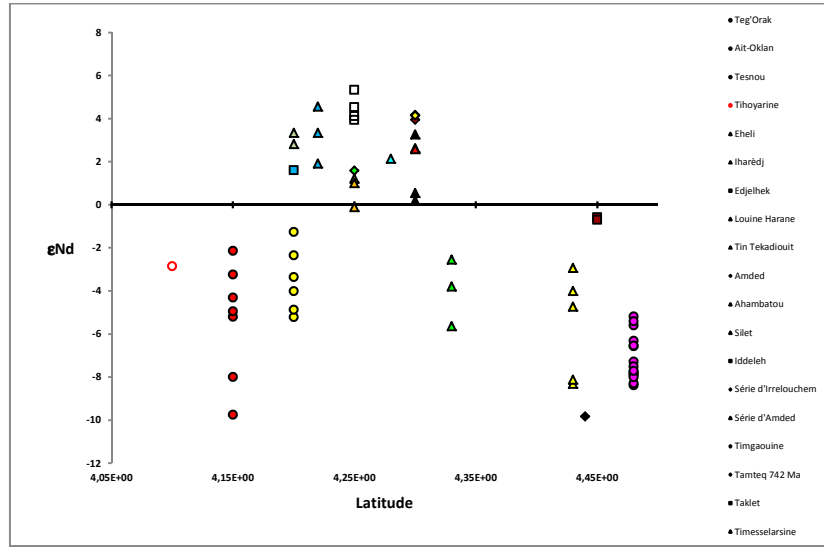
بين خطي الطول  $4^{\circ}50'E$  الى  $4^{\circ}30'E$  ، النطاق الثاني يجمع الصخور ذات قيم  $\epsilon Nd < 0$  يحده شرقا خط الطول  $4^{\circ}30'E$  وغربا خط الطول  $4^{\circ}15'E$  والنطاق الثالث يقع غرب الخط  $4^{\circ}15'E$  ويتميز بصخور ذات قيم  $\epsilon Nd$  سالبة (الشكل 4).

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

قمنا بتلخيص خصائص الصخور ونتائج التحاليل الجيوكيميائية في جدولين : [1] الأول خاص بالباتوليتات من نمط (TTG) و [2] الثاني خاص بالمركبات الغرانيتية (A-type) ، كما استخدمنا بعض نتائج تحاليل عنصري  $\epsilon Nd$  المتوفرة (اطروحات غير منشورة) عن مختلف أنواع الصخور المتواجدة في منطقة الدراسة (نارية ومتحولة وبركانية - رسوبية) لإثراء المناقشة.

تُظهر النسبة الأولية لنظائر عنصر النيوديم ( $\epsilon Nd$ ) تفرّد مجموعتين : [1] المجموعة الاولى ذات قيم  $\epsilon Nd < 0$  وهي مُثلة بالسلسلتين البركانية-الرسوبية للفاروزي الثاني "إغلوشم وأمداد" والباتوليتات من نمط TTG (لوين هاران + تين-تيكاديويت + أهمباتو + سيلات + إجلهاك + طامطق + تيمسلاغسين) وكذا المركب القاعدي-فوق قاعدي إيدليه و [2] المجموعة الثانية ذات قيم  $\epsilon Nd > 0$  مُثلة بالباتوليت البوتاسي تاكلات والباتوليتين من نمط TTG إهلي وإيهارج بالإضافة الى المركب الغرانيتي (A-type) تاج-اوراك الذي يظهر في الشمال الشرقي لإقليم الدراسة والمركبات الغرانيتية (A-type) التي تظهر في كتلة عين تيدابني المجاورة (تمهويباغين وتاسنو وآيت أوكلان) (الجدول 2و1).

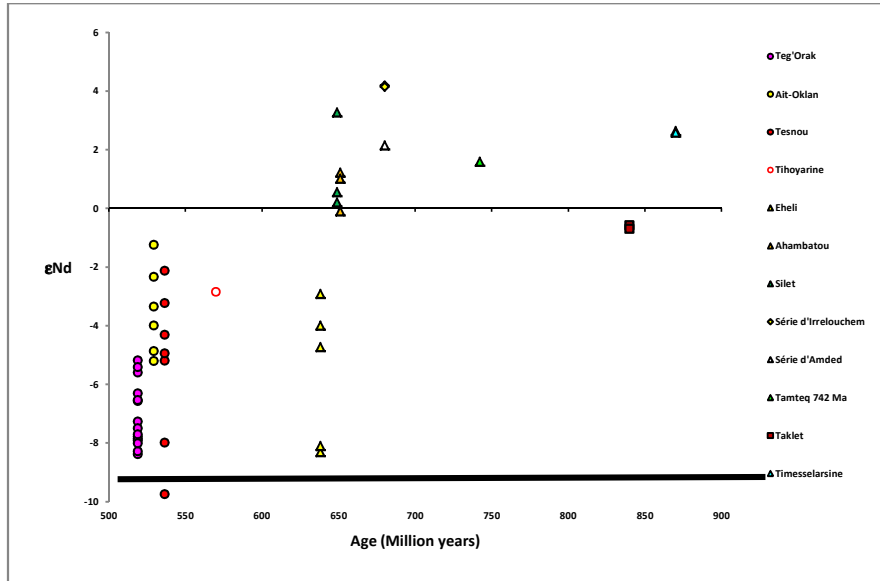
تنتظم جغرافيا هذه الصخور في ثلاثة نطاقات متطاوله متّجهة شمال-جنوب عموما، النطاق الاول يتميز بصخور ذات قيم  $\epsilon Nd > 0$  وينحصر



الشكل 4: منحى بياني لقيم  $\epsilon Nd$  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).

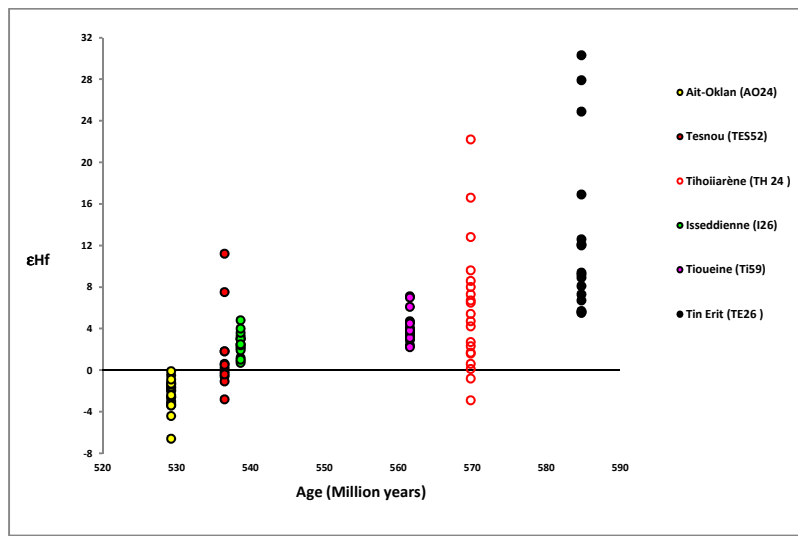
تنحصر أعمار الصخور النطاق الشرقي (ذي القيم  $\epsilon Nd$  السالبة) في المنطقة الوسطى لإقليم سيلات ما بين 840 الى 549 مليون سنة (تأريخ باتوليت تاكلات ومركب تاج-اوراك على التوالي) في حين تتراوح اعمار صخور النطاق الغربي ذات القيم الموجبة ما بين 870 و 649 مليون سنة (تأريخ الديوريت-كوارتزيت "تمسلاغسين" وباتوليت



الشكل 5: توزع الاعمار بدلالة قيم  $\epsilon Nd$  لبعض الصخور كتلي سيلات وعين تيدايني

آيت أوكلان (Ait-Oklan) الواقع في كتلة عين تيدايني والذي يتميز بقيمة  $\epsilon_{\text{Hf}}$  سالبة. تجدر الإشارة الى أن المركبين تهبواغين وتاسنو (Tihoaiirene + Tesnou) اللذين يقعان على الفالق الليتوسفيري، الذي يفصل بين كتلي سيلات وعين تيدايني، لدهما قيم  $\epsilon_{\text{Hf}}$  سالبة وأخرى موجبة (الشكل 6).

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



الشكل 6: مخطط بياني ل  $\epsilon_{\text{Hf}}$  بدلالة العمر لسته 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  $23^{\circ}11'N$  et  $22^{\circ}15'N$  وخطي الطول  $4^{\circ}46'E$  et  $4^{\circ}02'E$  وتبلغ مساحته الإجمالية 7800 كلم<sup>2</sup>.

بينت الدراسات الجيولوجية والبتروولوجية والزمين المطلق ان 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 متطاوول 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 شرقا بشبه الراسخ لاتيا عبر الفالق العظيم  $4^{\circ}50'E$  من الشمال نحو الجنوب لغاية خط عرض  $23^{\circ}N$  اين ينحرف حدها الشرقي باتجاه الجنوب الغربي ليلتحم بالفالق الذي

عدوى الصّهير الوشاحي "الأم" بمواد من قشرة قديمة من نمط لاتيا (Azzouni et al, 2003). لكن بعض قيم  $\epsilon\text{Nd}$  الخاصة بالصّخور الغرانوديوريتية من نمط (TTG) وكذا قيم ( $\epsilon\text{Hf}$ ) لبعض المركّبات الغرانيتية كانت موجبة مما يدل على انها تبلورت من ماغما ناتج عن انصهار جزئي لوشاح علوي فتي مع الاشارة أن الجزء ثاني من الصّخور الغرانوديوريتية وبعض المركّبات الغرانيتية لديهما قيم سالبة وتتنظم جغرافيا شرق الصّخور الفتية (Bechiri-Benmerzoug, 2009; Bechiri-Benmerzoug et al, 2018).

تباين مصادر الصّهير الذي تبلورت منه مختلف انواع الصّخور قيد الدراسة دليل على تغير في الظروف الجيوديناميكية التي أسهمت في البنية الحالية، لان انتظام مجمل الصّخور 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 أُوردت المُعطيات الجيوفيزيائية إلى جود فالق ليتوسفيري عميق في إقليم سيلات يتطابق مع خط  $4^{\circ}30'E$  (Deramchi et al, 2020). علاوة عن البيانات الجيوفيزيائية (الاجاذبية-المغناطيسية) التي بينت أن سُمك كتلة سيلات ضعيف واثبتت وجود

قوسية بركانية "فتية" تشكلت في محيط قديم والتّحمت بشبه الرّاسخ لاتيا اثناء مرحلة الذروة للدورة البانية للجبّال لعموم افريقيا (580-630 مليون سنة)، بعد تصرف الجهة الغربية للاتيا كحافة نشطة وتشكل منطقة غوص باتجاه الغرب. عند التّصادم 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 واكتفائها بتسجيل تحول سطحي في سحنة الشّيست الاخضر خلال مرحلة الذروة البانا أفريقية، مثل الديوريت كوارتزيت "تمسلاغسين" ( $868 \pm 8$  ملايين سنة) وباتوليت تاكلات ( $839 \pm 4$  ملايين سنة) والباتوليتات من نمط (TTG): طامطق ( $742 \pm 5$  مليون سنة) وأهمباتو ( $651 \pm 6$  ملايين سنة) وسيلات ( $649 \pm 5$  ملايين سنة) وإهلي ( $638 \pm 5$  ملايين سنة). وقد دعمت نتائج تحاليل النظائر ( $\epsilon\text{Nd}/\epsilon\text{Hf}$ ) المنجزة على المركّبات الغرانيتية (A-type) التي تظهر في شمال منطقة الدراسة (بصفتها من بين آخر شواهد الدورة) مثل تاج أوراك Teg'Orak ( $-8.38 < \epsilon\text{Nd} < -5.18$ ) وتلك التي تظهر في كتلة عين تيدايني 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 بروتيزوية أسفل كتلة سيلات، حيث أُعتبرت هذه القيم السالبة كدليل على

± 638، Eheli) وباتوليت إهلي (Iharedj (غير مؤرخ) الكبيرين فيما يظهر جزء من المركب الغرانيتي إنجارن (Inedjaren A-type) (الشكل 2) وأحزمة من قواطع الدوليت الموجهة شرق-غرب إلى شمال شرق-جنوب غرب في الجهة الجنوبية.

[2] النطاق الغربي تيمسلاغسين- تيويين (Timesslarssine-Tioueïene) : ينحصر هذا النطاق بين فالتق تين-دهار شرقا والفالتق 4°15E to 4°10E غربا الذي يفصله عن كتلة عين تيدايي، وهو يتميز بتنوع السحنات حيث يحتوى على عدد كبير من الباتوليتات من نمط (T T G) متوسطة الحجم مثل ديوريت-كوارتزيت "تيمسلاغسين" (± 868 Timeslarssine م 8 م س) لوين هاران (Louine Harane، غير مؤرخ) وتين-تيكاديويت (Tin-Tekadiouit، غير مؤرخ) وأهمباتو (Ahambatou، ± 651 م 6 م س) وطامطق (Tamteq، ± 742 م 5 م س) وسيلات (Silet، ± 649 م 5 م س). وهي غالبا ما تكون مرفقة بجسيمات من الصخور القاعدية-فوق القاعدية الصغيرة مثل مركب أيدلاه (Iddeleh) وبعض المركبات القاعدية التي تصل أحجامها إلى 15 كلم وكذا بعض التلال الغرانيتية الصغيرة مزدوجة أو احادية الميكا (Mokaddem et al; 2019). المركبات الغرانيتية (A-type) ممثلة في منطقة الدراسة (في الجهة الجنوبية من النطاق) بتين-إغيت (Tin-Erit، ± 584.8 م س) وبتويين (Tioueïene، ± 561 م 6 م س) وتهارت نابور (Taharait N'abror، غير مؤرخ).

منطقة التحام 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 سيلات وعدم ثبوت وجودها في المجال الغربي.

### 5/- الخلاصة (Conclusion)

وفقاً للقيم الإيجابية أو السلبية لنظائر عنصري النيوديم و/أو الهافنيوم ( $^{147}\text{Nd}$  et/ou  $^{176}\text{Hf}$ ) لبعض الصخور المكتشفة في المنطقة الوسطى لكتلة سيلات نقترح تعيين فالتق تين-دهار (Tin-Dahar Fault) المتطابق مع خط طول 4°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 الشرقية متطابقة مع الفالتق العظيم 4°50'E ثم ينحرف عند خط عرض 23°N شمالاً باتجاه الجنوب الغربي وحدوده الغربية توافق فالتق تين-دهار (4-30) الموجه شمال-جنوب. يشمل هذا النطاق ثلاثة باتوليتات كبيرة الحجم تقطع قاعدة من الصخور البركانية-الرسوبية التابعة للسلسلة الفاروزية الاولى حيث يظهر في الجهة الشمالية باتوليت تاكلات Taklet "البوتاسي" المؤرخ في 4 ± 839 م س والذي يخترقه المركب الغرانيتي تاج-أوراك (Teg' Orak، ± 519 م 18 م س) ويظهر في الجهة الجنوبية باتوليت إهارج

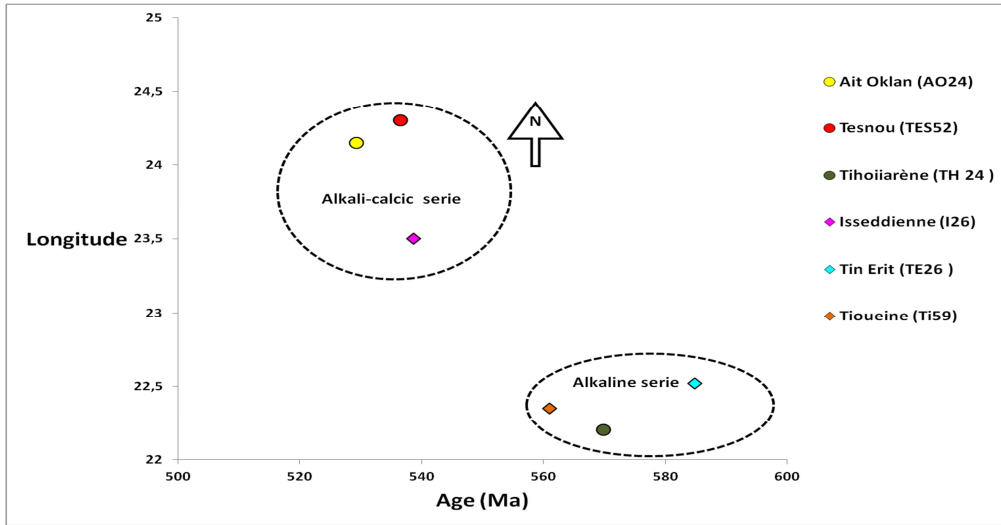
الدورة البانوية للجبال لعموم إفريقيا (870-520 م س) نشاطا ماغماتيا متنوعا، بدأ بتشكيل باتوليتات مرتبطة بظاهرة الغوص من نمط ت ج متدرجة على اربع مراحل (870-742-650-638 مليون سنة) على الاقل، خلال المرحلة المتأخرة من الدورة توضع المركبات الغرانيتية القلوية ما بين 570 و560 مليون سنة في الجهة الجنوبية وتبعها مجموعة ثانية قلووية-كلسية توضع ما بين 540 و530 مليون سنة في الجهة الشمالية من كتلة سيالات (الشكل 7).

### [3] الفالق تين-دهار Tin-Dahar Fault :

يتطابق فالق تين-دهار مع خط الطول  $4^{\circ}35'E$  ويحيد جنوبا وفقا للخط  $4^{\circ}30'E$  (ش ش-ش ج ج غ) يظهر على جانبي أسطح الحمم البركانية الحديثة تاهالغا ممثلا في الجهة الشمالية من اقليم الدراسة بمنطقة قص (Shear zone) بإزاحة يمينية (dextral strike-slip) تظهر بها صخور متحولة مثل السربنتيت وأخرى بركانية "هضبة إغلوشم" وفي الجهة الجنوبية نجد صخوراً متحولة فقط مثل التالك شيست والامفبوليت.

### [4] كتلة سيالات: اتحام مجموعة من

الأراضي الدخيلة : سجلت كتلة سيالات خلال



الشكل 7: مخطط يوضح العلاقة بين العمر والموقع الجغرافي للمركبات الغرانيتية (لكتلي سيالات وعين تيديني)

أنحاء العالم مثل هامش أمريكا الشمالية في المحيط الهادئ.

تشكل كتلة سيالات من التّحام مجموعة من الأراضي الغربية، لكل واحدة منها تاريخ جيولوجي مميز، اجتمعت خلال المرحلة الاخيرة من الدورة البانأفريقية وهي تشبه مناطق معروفة في جميع





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

البلاتيت	A-type Classification (Azzouni-Sekkal and Bonin, 1998)	البلاتيت	Tinouine (561±6Ma)	Tihouiene (569.8±4.8Ma)	Issedienne (538.7±2.9Ma)	Tesnou (536.5±6.7Ma)	Air-Oklan (529.3±3.1Ma)
التركيب المعدنية	اسم الصخرة (Azzouni-Sekkal et al, 2020)	Gila, Gill	GI, Gila, Gill	Gila, Gill	Gila, Gillb	Gila, Gillb	Gila
		monzogranite and syenogranite, alkali feldspar syenite and granite	monzogranite and syenogranite, alkali feldspar syenite and granite	monzogranite and syenogranite, alkali feldspar syenite and granite	monzogranite and syenogranite, alkali feldspar granite	monzogranite and syenogranite, alkali feldspar granite	monzogranite and syenogranite
المعادن الرئيسية	المعادن الملونة	كواتز + بلاجيوكلاز + فلدبيسار بوتاسي + فلدبيسار قلوي	كواتز + بلاجيوكلاز + فلدبيسار بوتاسي	كواتز + بلاجيوكلاز + فلدبيسار بوتاسي	كواتز + بلاجيوكلاز + فلدبيسار بوتاسي	كواتز + بلاجيوكلاز + فلدبيسار بوتاسي	كواتز + بلاجيوكلاز + فلدبيسار بوتاسي
		بيوتيت ± Mg هورنبلاند	بيوتيت ± Mg هورنبلاند	بيوتيت ± Mg هورنبلاند	بيوتيت ± Mg هورنبلاند	بيوتيت ± Mg هورنبلاند	بيوتيت ± Mg هورنبلاند
العناصر الكيميائية الرئيسية	المعادن الملونة	70.02 < SiO <sub>2</sub> < 77.14%	73.40 < SiO <sub>2</sub> < 78.70%	77.83 < SiO <sub>2</sub> < 73.29%	77.27 < SiO <sub>2</sub> < 69.08%	70.99 < SiO <sub>2</sub> < 74.41%	
		0.1 < CaO < 2.18%	0.15 < CaO < 1.97%	0.21 < CaO < 1.22%	1.54 < CaO < 0.33%	0.37 < CaO < 1.79%	
		69 < SiO <sub>2</sub> < 76.18%	0.06 < CaO < 1.54%				
العناصر الكيميائية النادرة	REE patterns	2 < (La/Yb) < 22.04	12.09 < (La/Yb) <sub>n</sub> < 13.77	3.48 < (La/Yb) < 16.54	2.57 < (La/Yb) < 13.38	4.37 < (La/Yb) < 15.73	
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / CaO
النظائر εHf		εHf < +7.1	εHf = 2.85	εHf < +1.8	εHf < +1.2	εHf < +6.6	

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

## (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 Tioueine 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-ultrabasiq 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., Leubre, 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. Brahimis, 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 minéralisations Sn–W associées 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, Boukhalifa, 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, Algerie):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 Tioueine 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

