تصنيف صخورعائلة الغرانيت وعلاقتها بالموقع الجيوديناميكي

فاتن بن مرزوق-بشيري[1]، سارة مقدم[1]، لطيفة رمكي[1]، رقيّة خلوي[1-2]، حميد بشيري[2]، يُسرا قارة[1]، صارة ميلودي[1]

[1]قسم العلوم الطبيعية، مخبر تعليمية العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

[2]كلية العلوم الجيولوجية والجغرافيا والتهيئة العمرانية، جامعة هواري بومدين، باب الزوار

1. مقدمة

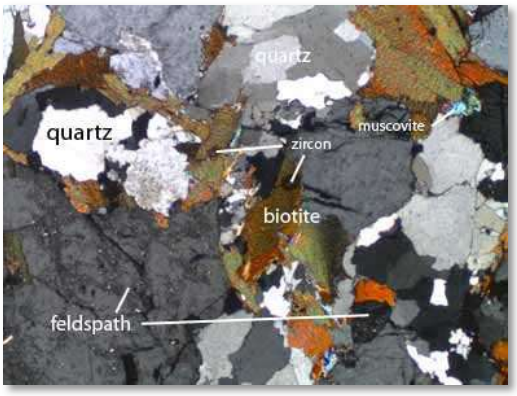
تُشكّل عائلة الغرانيتات الفئة الحامضية من الصخور النارية الجوفية، التي تتبلور ببطء في أعماق القشرة الأرضية نتيجة تبرد الصهارة تحت ضغط ودرجات حرارة مرتفعة. تتميز الغرانيتات بتنوّع كبير في تركيبها الكيميائي والمعدني، وهو ما يعكس تباين الظروف الجيولوجية التي صاحبت نشأتها. وتشمل هذه الظروف نوع الصهارة الأصلية، وعمق الغرفة الماغماتية، وطبيعة الصخور المحيطة بها، بالإضافة إلى تأثير العمليات التكتونية والبيئية الأخرى.

في هذا المقال، سنستعرض أهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لصخور الغرانيت، ونناقش أبرز التصنيفات المعتمدة في دراستها، مثل تصنيفي S-type وI-type، وغيرهما. ثم نتناول العلاقة بين هذه الأنواع والسياقات الجيوديناميكية التي تتشكّل فيها، مثل مناطق التصادم القاري أو حدود الصفائح التكتونية. ونختم المقال بعرض مجموعة من الأمثلة المحلية التي تُبرز تنوع الغرانيتات، ودورها في فهم التطور الجيولوجي الإقليمي.

2. تعريف صخورعائلة الغرانيتات

تتميز صخور عائلة الغرانيتات بألوان فاتحة تشمل الأبيض، الرمادي، الوردي، الأحمر، الأزرق، وبنسيج حُبيبي يتراوح ما بين الخشن والمتوسط (0.5 إلى 10 سم)، مما يجعل بلورات المعادن مرئية بالعين المجردة. تتكون بشكل رئيسي من معادن الكوارتز (>20%)، الفلسبار البوتاسي، والبلاجيوكلاز، وقد تصل نسبتها إلى 90% من الحجم الإجمالي للصخرة. بالإضافة إلى ذلك، تشتمل على معادن داكنة مثل الميكا، الأمفيبول، البيروكسان، الغرونا، والكورديريت بنسبة لا تزيد عن 20% (الشكل 1-أ).

الشكل 1-أ. صورة لصخر الغرانيت Granite (مشاهدة بالعين المجردة)



الشكل 1- ب. صورة لشريحة زجاجية من صخر الغرانيت

ملاحظة بالمجهر المُستقطب بالمُحلل:1- الكوارتز Quartz (QZ) شفاف 2- البلاجيوكلاز Plagioclase (FK) أبيض3- الفلسبار البوتاسي Feldspath potassique (FK)وردي 4-بيوتيت وأمفبول Biotite (BiO) +Amphibole أسود.

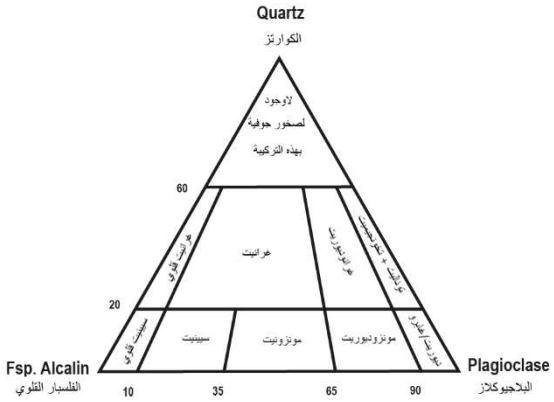
هناك أيضًا معادن أخرى تُسمى بالمعادن الملحقة، مثل الأباتيت، الزركون، التيتانيت، الألانيت، التورمالين وأكاسيد الحديد. توجد هذه المعادن بكميات صغيرة جدًا وبأحجام دقيقة لا تُلاحظ إلا بالمجهر المُستقطب (الشكل1-ب)، وهي ذات أهمية اقتصادية كبيرة أحيانًا، نظرًا لاحتوائها على عناصر كيميائية نادرة، تُعرف بالعناصر الأرضية النادرة (Rare Earth Elements/REE). تُشكّل صخور عائلة الغرانيتات 45% من صخور القشرة الأرضية ومعظم القارات.

3. تصنيف عائلة الغرانيتات

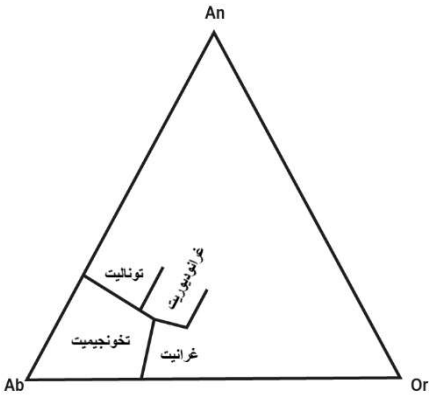
عرف تصنيف الصخور النارية (الماغماتية)، بما في ذلك صخور عائلة الغرانيتات، تطورًا كبيرًا، حيث اعتمد المؤلفون على معيارين رئيسيين في التصنيف، وهما النسيج والتركيب المعدني. فالأول يُشير إلى الخصائص الفيزيائية للمكونات المعدنية، ويُستخدم لتحديد ظروف وتاريخ تبريد الصهارة، سواء كانت قد تبردت في الأعماق (صخور جوفية)، أو قرب السطح، أو على السطح (صخور سطحية). في حين أن الآخر مرتبط بالتركيب الكيميائي للمعادن المكونة للصخر، ويُعد أساسيًا في تحديد اسم الصخر وخصائصه الكيميائية (الأُلفة الكيميائية). ويشمل هذا التحليل الكيميائي عدة مؤشرات، مثل درجة التشبع بالألمنيوم (A/CNK)، ونسبة الأكاسيد القلوية كالصوديوم والبوتاسيوم ($Na_2O + K_2O$)، وغيرها من المعاملات، وصولًا لأصل الصهارة (باستخدام العناصر الكيميائية الأثرية والنادرة والنظائر)، ومنه تحديد الموقع الجيوديناميكي المُحتمل لتشكّله.

1.3. التصنيف المعدني

- **تصنيف ستريكايسن**: هو نظام يُستخدم لتصنيف الصخور النارية بناءً على تركيبها المعدني. طوّره الباحث ألبرت ستريكايسن (Streckeisen) سنة 1967، وصادق عليه الاتحاد الدولي للعلوم الجيولوجية (IUGS) في عام 1973. يعتمد هذا التصنيف على نسبة المعادن الرئيسية الثلاثة: الكوارتز (Qz)، الفلسبار القلوي (البرتيت+الأورتوز) (A)، الفلسبار الكلسي-الصودي (البلاجيوكلاز) (P)، وذلك بالنسبة للصخور النارية الحامضية المشبعة بالسليس (الشكل 2-أ).
- **تصنيف باركر (Barker)**: هو نظام يُستخدم لتصنيف الصخور النارية الغرانيتية بناءً على نسب معادن الفلدسبار الثلاثة الأساسية المكونة لها (An – Ab – Or). يُعرف هذا النظام بـ "مثلث باركر" (Barker Ternary Diagram)، ويعتمد على النسب الوزنية أو المولية للمكونات التالية: An أنورتيت (القُطب الكلسي لسلسلة معادن البلاجيوكلاز)، Ab ألبيت (القُطب الصودي لسلسلة معادن البلاجيوكلاز) وOr أورتوكلاز (يُمثل الفلسبار البوتاسي القلوي) (الشكل 2-ب).



الشكل 2-أ: مخطط لتصنيف الصخور الحامضية المندسة عائلة الغرانيتات ممثلة باللون الوردي (Streckeisen 1967)

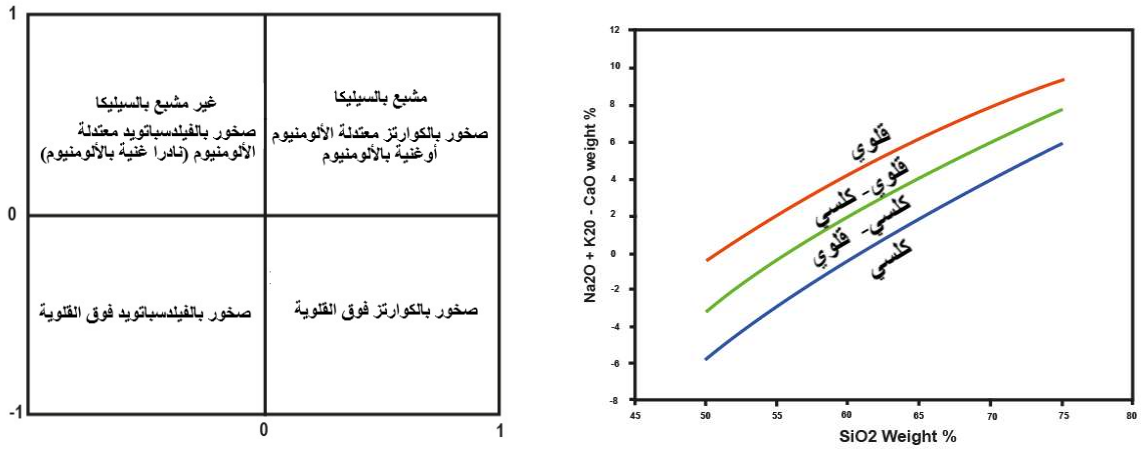


الشكل 2-ب: مثلث لتصنيف الغرانيتات An-الانورتيت-Ab-الألبيتOr-الأورتوز(Barker 1979)

تتم عملية تحديد نسب المعادن في الصخرة بطريقتين: إما بحساب نسبة كل معدن مقارنة بالحجم الكُلي للعينة، باستخدام آلة حاسبة مرتبطة بالمجهر المُستقطب (point counter)، أو كما هو الحال حاليًا بواسطة برامج رقمية متطورة؛ أو باستعمال قاعدة CIPW (Cross, Iddings, Pirsson, Washington)، التي تعتمد على تحويل التحليل الكيميائي للصخور النارية إلى نسب معيارية للمعادن النظرية (الشكل 2أ وب).

2.3. التصنيف الكيميائي

يعتمد التصنيف الكيميائي للغرانيتات على التحليل الكيميائي للعناصر الرئيسية: SiO_2-Al_2O_3-CaO-K_2O-Na_2O-FeO-MgO، لتحديد أسماء عينات الصخور بدقة (الشكل 3)، وكذلك لمعرفة الطبيعة الكيميائية للصخور (الشكل 3-أ و3-ب).



الشكل 3: أمثلة عن مخططات بيانية لتحديد الألفة الكيميائية للغرانيتات (أ) قلوية/ قلوية-كلسية/ كلسية-قلوية/كلسية (ب) دليل التشبع بالألومنيوم والسليكا (Frost and Frost, 2008)

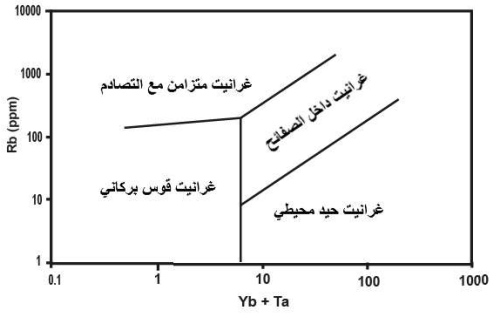
- **تصنيف بيرس وآخرون** (Pearce et al.,1984): اقترح المؤلفون تصنيفًا يربط بين البصمة الكيميائية والموقع الجيوديناميكي باستخدام العناصر الكيميائية غير المتوافقة (incompatible element). ومنه تم تحديد أربعة أصناف من الغرانيتات وفقًا لموقع النشأة، وهي (الشكل 4):

1- غرانيت التصادم (Collision granites, COLG): وهي مجموعة الغرانيتات الأوروجينية (Orogenic) التي تنشأ أثناء الدورة البانية للجبال وبعدها مباشرة. الأولى متزامنة (Synorogenic) مع الدورة، ناتجة من الانصهار الجزئي للقشرة الأرضية. أما الأخرى (Post-orogenic) فتضُم الغرانيتات التي تنشأ من الانصهار الجزئي للوشاح أو من تمازج ماغما منبثق من الانصهار الجزئي للقشرة والوشاح معًا.

2- غرانيت الجزر القوسية والسلاسل الجبلية البركانية (Volcanic Arc Granites, VAG): تضُم الغرانيتات الناتجة في مناطق الغوص (محيط-محيط/محيط-قارة) وأصلها مزدوج، إما من القشرة أو الوشاح.

3- غرانيت الظهرات الوسط محيطية (Ocean Ridge Granites, ORG): ناتجة عن الانصهار الجزئي للوشاح.

4- غرانيت داخل الصفائح (Within Plates Granites, WPG): يتميز بطبيعته القلوية، وله مصدران محتملان: القشرة و/أو الوشاح.



الشكل 4: رسم بياني للتصنيف الجيوديناميكي للغرانيتات (Pearce, et al., 1984)

3.3. التصنيف المعدني-الكيميائي

ساهمت التطورات الكبيرة التي حدثت في المجال التقني مع بداية السبعينيات والثمانينيات في ظهور العديد من الأبحاث في مجال الجيوكيمياء، حيث اعتمد الباحثون على الخصائص الكيميائية للصخور والمعادن لتحديد أصل الصهارة ومكان نشأتها بدقة كبيرة. من أهم الوسائل المستخدمة:

- مطيافية الأشعة تحت الحمراء (Infrared spectroscopy)،
- حيود الأشعة السينية (X-ray diffraction, XRD)،
- المجهر الإلكتروني الماسح (Scanning electron microscopy, SEM)،
- التحليل الكيميائي باستخدام الأشعة السينية (X-ray fluorescence chemical analysis, XRF)،
- المسبار الإلكتروني الدقيق لتحليل المعادن (Electron microprobe for mineral analysis).

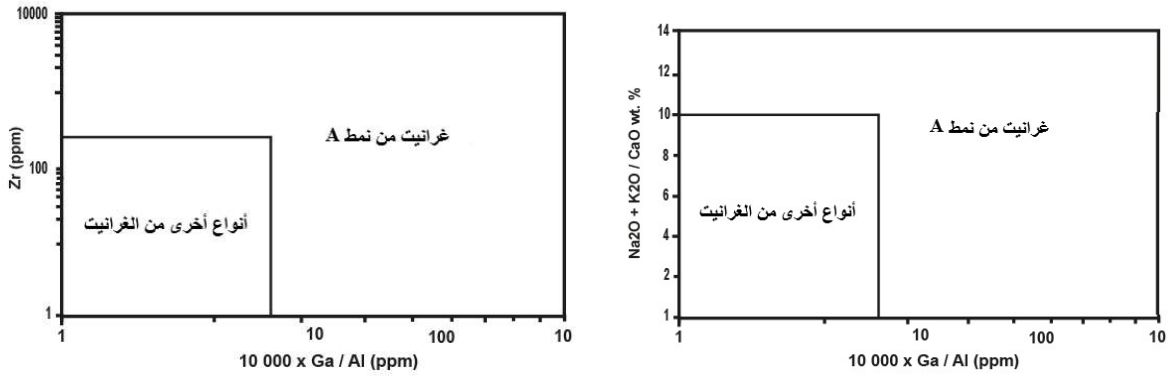
- **تصنيف شابل وو ايت ((Chapelle and White (S-I-M-A)**: يعتمد هذا التصنيف على التركيب المعدني والخصائص الكيميائية لبعض العناصر الكيميائية الرئيسية (Majors element)، والعناصر الأثرية (Traces element)، والنظائر (Isotope). ومن خلاله، تم تحديد أربعة أنواع من الغرانيتات حسب المنشأ والموقع الجيوديناميكي، مُلخصة في الجدول رقم 1.

الجدول 1: ملخص تصنيف 2001 Chapelle and White (S-I-M-A)

تصنيف S-I-M-A	التواجد والمصدر	الخصائص المعدنية والكيميائية
الصخور الغرانيتية S (Sediments)	-تنشأ من الانصهار الجزئي للرواسب المتحولة (القشرة)، عند التصادم القاري. -تتواجد في مواقع التحول الإقليمي.	-نسبة عالية من الألومنيوم، لكنها لا تحتوي على هورنبلند، -أهم المعادن الإضافية: البيوتيت ± المسكوفيت ± الكورديريت ± الغرونا، - نسبة عالية من الروبيديوم Rb في الصخور الأصلية المنصهرة، - نسبة نظائر Sri> 0.710.
الصخور الغرانيتية I (Igneous)	-تنشأ من انصهار جزئي للصخور النارية، القشرية العميقة في مناطق الغوص محيطي-قاري.	-تركيزات عالية من الكالسيوم والصوديوم، -تحتوي على هورنبلند وتيتانيت، -مدسوسات غنية بالهورنبلند،

	-تشمل الغرانيتات القلوية-الكلسية، والبوتاسية (بالرغم من اختلافاتهم).	-منطقة المصدر فقيرة بالروبيديوم Rb، -نسب نظائر Sri > 0.708.
الصخور الغرانيتية من نمط A (Anorogenic)	- تنشأ في مناطق التمدد القاري. -يُمكن أن تكون في المرحلة المتأخرة من الدورة أو بعد الدورة الأوروجينية.	-غنية بثاني أكسيد السيليكون (SiO_2)، حتى 77%. - غنية بالقلوياتK_2O+Na_2O، Fe/Mg، والهالوجينات. -غنية بالمعادن الحديدية (بيوتيت +هورنبلاند).
الصخور الغرانيتية M (Mantle)	-تنشأ من انصهار الوشاح عن طريق التبلور الجزئي. -احتمال اختلاطها مع مصهورات القشرة الأرضية. -تشمل غرانيتات الجيود وسط محيطية + مناطق الغوص (رغم اختلافاتهم).	-نسبة منخفضة من الروبيديوم Rb والثوريوم Th واليورانيوم U، -نسب نظائر Sri <0.705، -تُشكل صخور التوناليت.

- **تصنيف والان وآخرون Whalen et al. (1987)** اقترح الباحث والان (Whalen) وآخرون تسع مخططات بيانية تعتمد على بعض العناصر الكيميائية الرئيسية أو الأثرية بدلالة Ga/Al*1000 للفصل بين الغرانيتات من نمط A-type-granites عن بقية الأنواع M-I-S (الشكل 5).



الشكل 5: رسم بياني لتمييزبين الغرانيت من نمط A / مع بقية أنواع الغرانيتات I-S-M لمثالين من تصنيف Whalen et al. (1987)

- **تصنيف باربارانBarbarin (1999) "مُعدل"** حسب قاموس الجيولوجيا (طبعة 2014)، لتصنيف صخور عائلة الغرانيتات، لا بد من العودة إلى المعايير الكلاسيكية للتصنيف التي تستخدم العناصر الكيميائية الرئيسية (FeO/(FeO+MgO), Na_2O+K_2O-CaO/SiO_2, A/ACNK) بالإضافة إلى تصنيف للباحث باربارانBarbarin) (1999) الذي يعتمد على التركيبة المعدنية لتحديد المواقع الجيوديناميكية، ومن خلاله، تم تمييز سبعة أصناف من الغرانيتات.

1- الغرانيت القلوي أو فائق القلوية (Peralkaline and Alcaline Granites, PAG): هي مجموعة من الغرانيتات الغنية بالحديد وذات طبيعة قلوية، مصدرها الوشاح أو مختلط (وشاح+قشرة). تنشأ داخل الصفائح في نظام قوى متباعدة. من أشهر أمثلتها في الجزائر، سلسلة "تاوريرت" التي تظهر في درع الهقار (الجنوب الجزائري). وهي

مُمثَّلة بمجموعة من المركبات الحلقية ذات الشكل الدائري إلى شبه دائري، يترواح طولها ما بين 5 إلى 20كم. تُميز المرحلة المُتأخرة من الدورة الأوروجنية لعموم إفريقيا (Pan-africain orogeny)، نذكر منها المركب الحلقي تين إريت (Tin-Erit A-type complex) (الصورة 1) (Bechiri-Benmerzoug Faten et Azzouni Abla., 2001).

2- الغرانيت المحيطي والريفت (Ocean Ridge Granites, ORG): يُدعى أيضًا بلاجيوغرانيت، وهو غني بالحديد وذو طبيعة قلوية-كلسية، ويرتبط دائمًا بنوع مميز من الغرانيتات يُعرف بـ التخونجيميت (Trondhjemite). غالبًا ما تكون هذه الصخور على هيئة قواطع أو مركبات صغيرة الحجم في أعلى سلسلة الاوفيوليت. تتبلور في المرحلة الأخيرة من التمايز عن طريق التبلور الجزئي للصهارة البازلتية التوليتية. ولن نُغادر منطقة الهقار دون أن نذكر الباتوليت "إهلي" (Eheli) كمثال لهذه العائلة من الغرانيتات. إذ يظهر في غرب كتلة سيلات المحاذية لشبه الراسخ لاتيا (Metacraton LATEA). يتميز الباتوليت "إهلي" بصخوره الكلسية-القلوية من نمط غرانوديوريت-تونالايت. وقد تم تأريخه في 5 ±638 مليون سنة، أي أنه متزامن مع مرحلة الذروة للدورة الأوروجينية لعموم إفريقيا (الصورة 2) ، (Bechiri-Benmerzoug, 2012).

3- الغرانيت المرتبط بتوليت الجزر القوسية (Arc Tholeiitic Granites, ATG): يتواجد في الجزر القوسية بمحاذاة السلاسل البركانية، ومصدرها الوشاح المفقر. تتميز بطبيعتها الماغنيزية والكلسية (البلاجيوكلاز كلسي).

4- الغرانيت الكلسي-القلوي (Calc-Alkaline Granites, CAG): يتميز بطبيعته الكلسية-القلوية، الغني بالمغنيزيوم، ومتوسط التشبع بالألومينيوم. غالبًا ما يتواجد مع التونالايت والغرانوديوريت. تنشأ هذه الفئة من الغرانيت في مناطق الغوص أو عند التصادم. أصلها من الوشاح مع احتمال تلوث بعناصر من القشرة الأرضية. تتبلور هذه الصخور جزئيًا تحت ظروف مؤكسدة انطلاقًا من بازلت غني بالماء. تُعد من الفئات واسعة الانتشار، وتُصنّف حسب المعادن الحديدية-الماغنيزية السائدة فيها، مثل الأمفيبول أو البيوتيت، أو الميكا المزدوجة (البيوتيت والمسكوفيت).

5- الغرانيت فائق الألومنيوم بالميسكوفيت (Muscovite Peraluminous Granites, MPG): تنشأ هذه الفئة من الغرانيت الغنية بالألومنيوم من انصهار الرسوبيات المتحولة في وجود الماء، أثناء التصادم القاري. تُدعى أيضًا بالغرانيت الفاتح (Leucogranite) من أهم المعادن الإضافية المشكلة لهذه الفئة من الغرانيتات هي سليكات الألومنيوم (التوباز أو الأندلوزيت أو الكورديريت وغيرهم. من الأمثلة على هذا النوع من الغرانيتات في الجزائر، نذكر المركب الغرانيتي فلفيلة (سكيكدة/ شمال-شرق الجزائر)، المؤرخ في الميوسان المتوسط، ويتكون من غرانيت بالكورديريت+غرانيت بالتورمالين+غرانيت بالتوباز، بالإضافة إلى بعض السُحن الأخرى. يقترح الباحثون أنه ناتج عن عمليات خلط بين صهارة غنية بألمنيوم وصهارة معتدلة التشبع بالألومنيوم ناتجة عن الانصهار الجزئي للقشرة القارية المتوسطة،(Bouabssa et al., 2005) .

6- الغرانيت فائق التشبع بالألومنيوم بالكورديريت (CordieritePeraluminous Granites, CPG): تتميز هذه الصخور بالتشبع الفائق بالألومنيوم وبأحجامها الكبيرة. تنشأ نتيجة انصهار القشرة عند التصادم، وتتميز باحتوائها معدن الكورديريت والميسكوفيت. كما تحتوي على مدسوسات غامقة اللون ذات نسيج ميكروحبيبي، وتُعدّ شاهدًا على اختلاطها مع ماغما قاعدي من الوشاح (مثل سُحنة الغرانيت بالكورديريت المنتسبة لمركب فلفيلة/المذكور أعلاه).

7- الغرانيت القلوي-الكلسي (Potassic Calco-alkalin Granites, KCG): تنشأ هذه الغرانيتات في مرحلة ما بعد التصادم، وتتكون من صخور المونزونيت كوارتزيت ومونزوديوريت كوارتزيت، وهي غنية بالماغنيزيوم والبوتاسيوم ومتوسطة التشبع بالألومنيوم. تتوضع هذه الصخور في القشرة السميكة، مُصاحبة لتمزقات الليتوسفار،

وأصلها مختلط (الوشاح+القشرة القارية). ومن الأمثلة الجزائرية على هذا النوع من الغرانيتات، نذكر المركب القلوي-الكلسي الغني بالبوتاسيوم المُسمى "تين آمزي" (Tin-Amzi)، الذي يظهر جنوب -غرب مدينة تمنراست (الهقار الأوسط) على شكل قبب أو قواطع. يتكون من سُحنتين: الأولى مُمثلة بالغرانيت بالبيوتيت، والأخرى مُمثلة بغرانيت بالبيوتيت+الأمفبول. توضعت هذه الصخور ضمن القاعدة الاستحالية الغنايزية التي يعود تشكلها للدورة الأيبورنية (قبل 2000 مليون سنة). وقد أظهرت الدراسات أن توضع صخور مركب "تين-آمزي" مرتبط بسياق تصادمي، وهي متزامنة إلى متأخرة النشأة (أثناء إلى ما بعد التصادم)، وقد تم تأريخها ما بين 525 و538 مليون سنة (Loumi et Mahdjoub., 2009).

الصورة 1: منظر عام للمركب الحلقي "تين-إغريت"

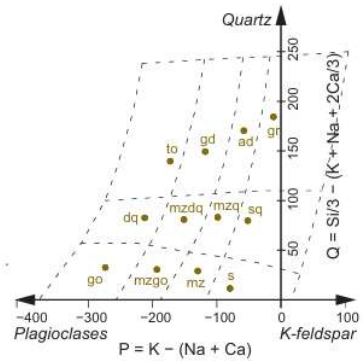
الصورة 2: منظر لمكشف من باتوليت "إهلي"

كتلة سيلات الهقار الغربي (الجنوب الجزائري)

4.3. التصنيف المثالي

ناقش الباحثون (Bonin et al ;2020) تاريخ تصنيف الغرانيتات وقدّموا عرضًا مُفصلًا في مقالة طويلة استعرضوا فيها أبرز التصنيفات المقترحة منذ عام 1917 إلى غاية 2017، على امتداد 43 صفحة.

وقد حددوا الخصائص الرئيسية التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصنيف الغرانيتات، وهي: الحموضة/القاعدية، القلوية، الألومنيوم، توازن الحديد/المغنيسيوم، وتوازن الصوديوم/البوتاسيوم. وتوصلوا إلى أن جميع التصنيفات المُقترحة لا تجمع بين هذه العناصر مجتمعة، باستثناء التصنيف الذي قدّمه ديبون (Debon) ولو فورت (Le Fort) Debon et Le Fort (1983, 1988)، والذي يعتمد على العناصر الكيميائية المُتعددة في صيغة شوارد موجبة (Multications). وقد اعتبروه التصنيف الأمثل لعائلة الغرانيتات (الشكل 6).

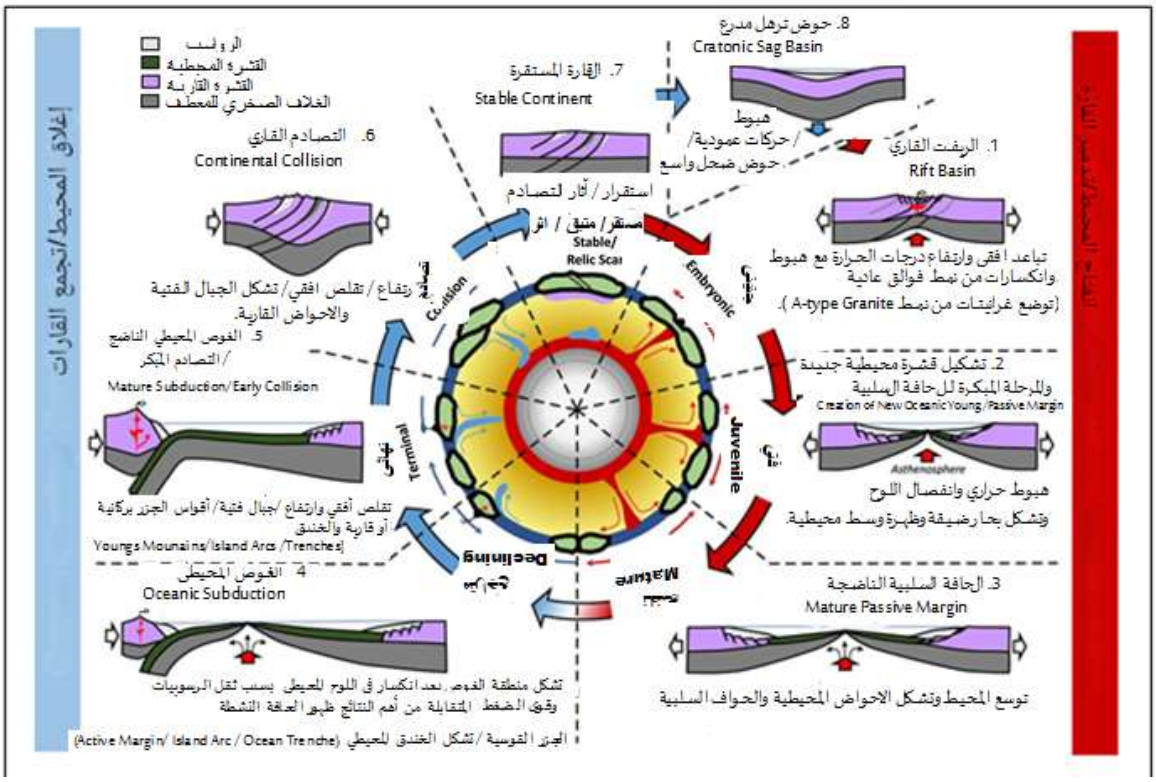


الشكل 6: مُخطط تصنيف عائلة صخور الغرانيتات Debon et Le Fort (1988)

4. الغرانيتات ودورة ويلسون

تتشكّل الصخور الغرانيتية في مختلف مراحل دورة ويلسون، وهي الدورة التي اقترحها الجيوفيزيائي الكندي جون توزو ويلسون (John Tuzo Wilson)، ما بين 1966 و1968، وسُمّيت باسمه في مقال نشر سنة 1974 من قِبل زميليه الجيولوجيين كيفين بورك (Kevin Burke) وجون ديوي (John Dewey).

تُعد دورة ويلسون نموذجًا جيولوجيًا يشرح كيفية تفكك القارات وتشكل أحواض محيطية جديدة من خلال الظهرات الوسط محيطية (التباعد)، ثم إعادة غلقها من جديد عبر مناطق الغوص (التقارب)، وهو ما يؤدي في النهاية إلى التصادم وتشكّل السلاسل الجبلية.



الشكل 7: مراحل دورة ويلسن (R. W. WILSON et al., 2019)

تتألف دورة ويلسون من سلسلة مستمرة من العمليات الجيولوجية التي تمتد على فترة زمنية تتراوح بين 400 و600 مليون سنة. يُمكن تلخيص هذه الدورة في ثماني مراحل [10] وهي (الشكل 7):

1- درع قاري مستقر (Stable Continental Craton) : مرحلة لا تشهد أي نشاط تكتوني.

2- الريفت القاري (Rift Basin): تباعد أفقي وارتفاع درجات الحرارة مع هبوط وانكسارات من نمط فوالق عادية (توضع غرانيتات من نمط A-type Granite).

3- تشكّل قشرة محيطية جديدة والمرحلة المبكرة للحافة السلبية (Creation of New Oceanic Young /Passive Margin): هبوط حراري وانفصال اللوح وتشكّل بحار ضيقة وظهرة وسط محيطية وتوضع غرانيتات من نمط بلاجيوغرانيت و/أو TTG.

4- الحافة السلبية الناضجة (Mature Passive Margin): توسع المحيط وتشكل الأحواض المحيطية والحواف السلبية.

5- الغوص المحيطي (Oceanic Subduction) تشكل منطقة الغوص بعد انكسار في اللوح المحيطي بسبب ثقل الرسوبيات وقوى الضغط المتقابلة (من أهم النتائج ظهور الحافة النشطة /الجزر القوسية/تشكل الخندق المحيطي (Active Margin/ Island Arc / Ocean Trenche) توضع غرانيتات من نوع كلسي-قلوي.

6- الغوص المحيطي الناضج/التصادم المُبكر (Mature Subduction/Early Collision): تقلص أفقي وارتفاع/جبال فتية/أقواس الجزر بركانية أو قارية والخندق (Youngs Mounains/Island Arcs /Trenches).

7- التصادم القاري (Continental Collision): ارتفاع/تقلص أفقي/تشكل الجبال الفتية والأحواض القارية.

8- القارة المستقرة (Stable Continent): استقرار/آثار التصادم. توضع غرانيتات من نمط مشبع إلى غني بالألومنيوم.

9- حوض ترهل مدرع (Cratonic Sag Basin): هبوط/حركات عمودية/حوض ضحل واسع. وتوضع غرانيتات من نمط المتأخر القلوي من نمط A.

5. خلاصة

يبدو أن تصنيف عائلة الغرانيتات ليس بالأمر الهيّن، كما فصلنا سابقًا، ويعود ذلك إلى تنوع هذه الصخور من حيث التركيب المعدني والكيميائي اللذين يعكسان بالضرورة تنوع الشروط المسيطرة عند تشكُّل الصهارة الأم في مواقع مختلفة من دورة ويلسون.

وعلى الرغم من مرور ما يقارب القرن على إصدار أولى مخططات التصنيف، لا تزال عائلة الغرانيتات تشغل الوسط الجيولوجي، نظرًا لأنها تُشكّل الجزء الأكبر من القشرة الأرضية. وتكمن أهميتها في إمكانات الاستثمار الاقتصادي المرتبطة بها، إذ تختزن بعض معادن الغرانيتات عناصر كيميائية تُعرف باسم "العناصر الأرضية النادرة"، وهي مواد تدخل في الصناعات الحديثة، مثل شاشات الهواتف وبطاريات الليثيوم. كما تمتاز صخور الغرانيتات بجمالية وصلابة، الأمر الذي جعلها تُستخدم منذ قرون طويلة في مجال البناء ونحت التماثيل (الشكل 8).

الشكل 8: تمثال من صخر الغرانيت الوردي يُمثل رأس الملك أمنحتب الثالث (تاسع فراعنة الأسرة الثامنة عشر حكم مصر في الفترة ما بين 1391 ق.م. و1353 ق.م. موجود بالمتحف البريطاني.

المراجع

[1] Bechiri-Benmerzoug, F. Les granitoïdes de type TTG de la région de Silet, Hoggar, Algérie : Cartographie, pétrologie, géochimie isotopique et géochronologie. Éditions universitaires européennes, 2012.

[2] Bechiri-Benmerzoug, F., and Azzouni-Sekkal, A. Le complexe annulaire panafricain du Tin Erit : Un exemple d'évolution subsolvus-hypersolvus d'une suite granitique. Bulletin du Service Géologique de l'Algérie 12(2), (2001) 183–200.

[3] Bonin, B., Janoušek, V., and Moyen, J. F. Chemical variation, modal composition and classification of granitoids. Geological Society, London, Special Publications 491, (2020) 9–51.

[4] Bouabsa, L., Marignac, C., Chabbi, M., and Cuney, M. The Filfila (NE Algeria) topaz-bearing granites and their rare metal minerals: Petrologic and metallogenic implications. Journal of African Earth Sciences, 56(2–3), (2010) 107–113.

[5] Dewey, J. F., and Burke, K. C. A. Hot spots and continental breakup: Implications for collisional orogeny. Geology 2(3), (1974) 422–424.

[6] Frost, B. R., and Frost, C. D. A geochemical classification for feldspathic igneous rocks. Journal of Petrology 49(11), (2008) 1955–1969.

[7] Loumi, and Mahdjoub. Le granite panafricain calco-alcalin et hautement potassique de Tin Amzi (Hoggar central) : pétrographie et géochimie. Bulletin du Service Géologique National, 20(2), (2009) 93–108.

[8] Pearce, J. A., Harris, N. B. W., and Tindle, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology 25, (1984) 956–983.

[9] Streckeisen, A. Classification and nomenclature of igneous rocks. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen 107, (1967) 144–240.

[10] Wilson, R. W., Houseman, G. A. Buiter, S. J. H. McCaffrey, K. J. W. and Doré, A. G. Fifty years of the Wilson Cycle concept in plate tectonics: An overview. Geological Society, London, Special Publications 470, (2019) 1–17.