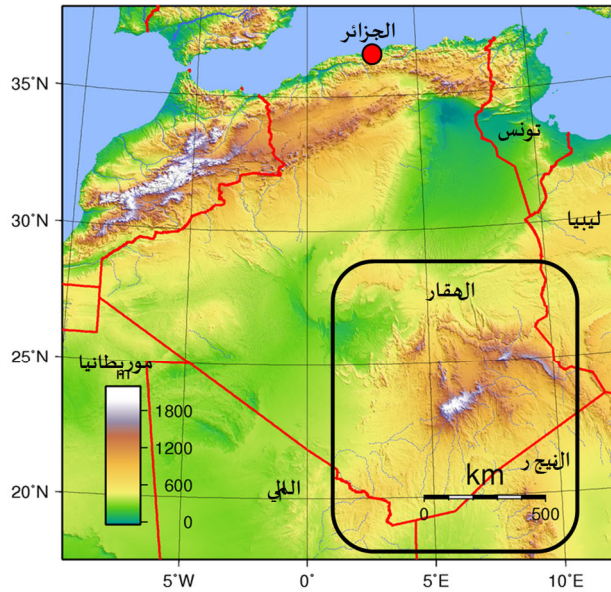


لمحة عن جيولوجيا الهقار وعلاقتها بالموارد الطبيعية (الجنوب الجزائري)

فاتن بن مرزوق-بشيري^{1,2}، لطيفة رمكي^{2,1}، سارة مقدم^{2,1}، صارة ميلودي¹، رقية خلوي²،
يسرا قارة¹، كلثوم بن لحرش¹، بشير هني²
¹مخبر تعليمية العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
²قسم العلوم الطبيعية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

1. مقدمة

يُعرف الهقار على أنه سلسلة جبلية تقع في الصحراء الكبرى وعاصمته تمنراست المتواجدة في مركزه والتي تبعد بحوالي 2000 كم عن العاصمة الجزائر. يُمثل الهقار لأغلب الجزائريين والأجانب وجهة سياحية صحراوية بامتياز كونه يتمتع بمناظر طبيعية استثنائية ومناخ صحراوي جاف. ونظراً لمناخه الأقل قساوة من بقية مناطق الصحراء الكبرى المحيطة به، بسبب ارتفاعه عن سطح البحر (الشكل 1)، يُعدّ الهقار ملجأً مهمّاً لبعض أنواع الحيوانات والنباتات. كما نجد به أعلى قمة في الجزائر والمُثلّة في جبل طاهات (2918 متراً).
كان الهقار ولا يزال، يجلب الزائرين والعابرين والمستثمرين من كل حذب وصوب بسبب الثروات التي يزخر بها. علاوة عن الموروث الثقافي لأهل المنطقة "الطوارق"، فإنّ التركيبة الجيولوجية للهقار تُمثل مورداً طبيعياً ذا قيمة كبرى. قبل التعرف على أهم الموارد الطبيعية للمنطقة، نُقدّم تعريفاً بسيطاً لها.



الشكل 1: خريطة طبوغرافية للجزائر تُظهر تباين التضاريس داخل الإطار الهقار (الجزء الجزائري لدرع التوارق وامتداداته الطبيعية نحو مالي والنيجر)

2. تعريف الموارد الطبيعية

الموارد الطبيعية هي جميع مصادر المادة والطاقة التي تتوفر في الأرض والفضاء دون أي تدخل من الإنسان. وهي نوعان: موارد طبيعية متجددة؛ وموارد طبيعية غير متجددة.

أ. الموارد الطبيعية المتجددة: هي التي يمكن لها أن تتجدد باستمرار عبر الزمن وبشكل طبيعي، مثل الكتلة الحيوية والنباتية والمياه والرياح والطاقة الشمسية والجيوحرارية.

ب. الموارد الطبيعية غير المتجددة: هي الموارد التي تستوجب فترة زمنية طويلة جدا لكي تتجدد بعد استخدامها، وتتضمن موارد الطاقة الأحفورية والمعدنية.

تشكل الموارد الطبيعية لأي منطقة، ثروة اقتصادية هامة في حالة استغلالها من طرف الإنسان بطريقة عقلانية تحترم الوسط الحضري والبيئة. ترتبط الموارد الطبيعية غالبا بالتركيب الجيولوجي للمنطقة الموجودة فيها، وهنا تكمن أهمية الدراسات والأبحاث الجيولوجية في المساهمة في تطوير الاقتصاد المحلي العالمي.

3. لمحة تاريخية عن الأبحاث الجيولوجية في الهقار

تُنسب أقدم الأعمال الجيولوجية لإميل فليكس غوتيه (E.F. Gautier)، الذي نشر كتابه المعلنون "الصحراء الجزائرية" في 1908. تبعته، في سنة 1922، أبحاث كونار كيليان (Conard Kilian) الذي يعتبره أغلب الجيولوجيين، عزاب جيولوجيا الصحراء الجزائرية، حيث كان شغوفًا جدًا بها وقدم حولها عدة أبحاث.

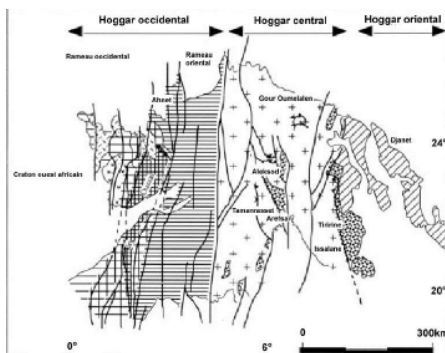
حاليا، بعد قرن من الأبحاث الجيولوجية (1922-2023)، أصبحت البنية الجيولوجية للهقار وتطورها الجيوديناميكي معروفين بشكل جيد، بفضل الأعمال التي أنجزتها أجيال من الجيولوجيين الأوروبيين والجزائريين. ويمكن تلخيص هذه المعرفة عبر أربعة مراحل.

1- الفترة 1922-1962: خلالها لم يكن قد تم تعريف الهقار بعد، وكانت يسمّى الصحراء الوسطى. من أشهر الأعمال الجيولوجية في هذه الفترة تلك التي قام بها كونار كيليان، الذي جاب المنطقة ما بين 1922 و 1943 على ظهر الجمال، ونشر العديد من المقالات والكتب في هذا المجال. أول أطروحة دكتوراه في هذا الموضوع كانت لموريس ليلوبر (Maurice Lelubre) الذي عرف دورتين بانيتين للجبال (أوروغينية)، يفصل بينهما سطح عدم توافق: الدورة السوغارية (le cycle Suggarien) في القاعدة والدورة الفاروزية (le cycle Pharusien) في القمة [6]. بالنسبة لموريس ليلوبر، فإن جميع الصخور المتحولة في سحنة الغرانوليت والأمفبوليت (درجة حرارة وضغط عالين)، تشكلت خلال نفس الدورة الأوروغينية القديمة (الدورة السوغارية). في حين تنتمي الصخور قليلة التحول في سحنة الشيسست الأخضر (درجة حرارة وضغط منخفض) أو غير المشوهة (مثل الغرانيتات والصخور البركانية) إلى دورة أوروغينية أحدث منها، عزفها بالفاروزية.

2- الفترة 1962-1980: تميزت هذه الفترة باستعمال التزمين المطلق بفضل تطور تقنيات الجيوكيمياء في العالم، فاستخدمت لدراسة صخور الهقار. أول منشور كان لباحثين سويسريين في 1963. (Lay & Ledent) تلتها العديد من المقالات وأطروحات الدكتوراه التي ألغت فكرة الدورتين السوغارية والفاروزية بسبب العثور على صخور قديمة العمر ولكنها غير متحولة أو قليلة التحول، وأخرى حديثة العمر لكنها متحولة. على ضوء نتائج التزمين المطلق والدراسات الجيولوجية في الميدان، اقترح المؤلفون ثلاث دورات أوروغينية:

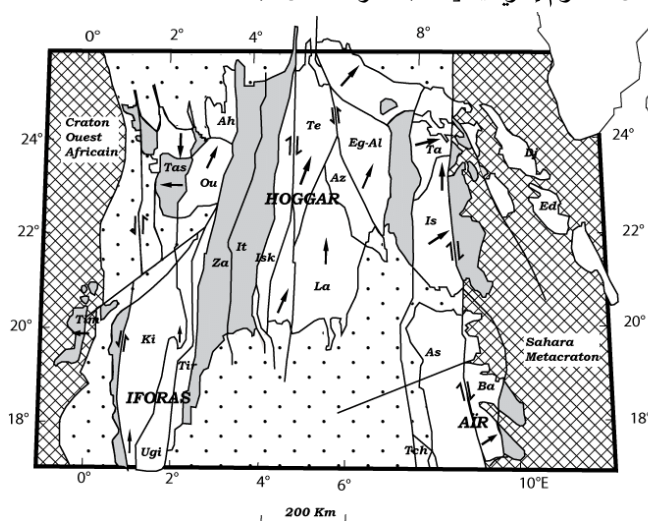
- الدورة الإيورونية في حدود 2 مليار سنة؛
- الدورة الكيبارية المؤرخة في 1,4 مليار سنة؛
- الدورة البان إفريقية التي دامت ما بين 850 و 550 مليون سنة.

النموذج الجيوديناميكي المعتمد، يُقسّم الهقار إلى ثلاثة مناطق متباينة، تفصلها الفوالق الليتوسفيرية الغُطى (الفالق 4°50' والفالق 8°30'): الهقار الغربي، والهبقار الأوسط مُتعدد الدورات، والهبقار الشرقي (أو السلسلة الفاروزية) [1] (انظر الشكل 2).



الشكل 2: خريطة جيولوجية مبسطة لدرع الطوارق أين تظهر المناطق الثلاث: الهقار الغربي، الهقار الاوسط مُتعدد الدورات، الهقار الشرقي.

3- الفترة ما بين 1980-2000: اقتحم الجيولوجيون الجزائريون مجال البحث الأكاديمي في الهقار نهاية السبعينيات، وكانت أول أطروحة دكتوراه في هذا المجال من إعداد شيخاوي محمد، حول الصخور البركانية في الهقار الغربي سنة 1981. ثم تلاه مجموعة من الباحثين الأكاديميين بالشراكة مع الأجانب، قدّموا أبحاثاً قيّمة وأطروحات في جميع التخصصات الجيولوجية المتاحة: كالبترولوجيا والجيوكيمياء الحديثة (باستعمال العناصر الرئيسية، العناصر الأثرية، العناصر الأرضية النادرة والنظائر) والدراسات البنيوية (Etudes structurales) وعلم الخرائط وعلم المعادن والجيوفيزياء وجيولوجيا المياه. الأمر الذي ساهم بشكل كبير في التعرف على التاريخ الجيولوجي للهقار، الذي يبدو أنه بدأ في الدهر الأركي واستمر إلى الدور الرابعي (حوالي 3400 مليون سنة إلى حوالي 1,51 مليون سنة). تم إلغاء الدورة الكيماوية في الهقار لعدم العثور على أيّ صخور مؤرخة في الميزوبروتيروزوي. تُظهر البنية العامة للدرع أنه يتشكل من ثلاث وعشرون كتلة ليتوسفيرية (محيطية أو قارية) يفصلها فوالق عُظْمى، تتميز كل منها بتراكيب صخرية وأعمار خاصة وتشارك في كونها التحمت خلال مرحلة الذروة للدورة البانية للجيال لعموم إفريقيا [2] (انظر الشكل 3).



الشكل 3: خريطة جيولوجية توضح 23 كتلة ليتوسفيرية ذات طبيعة قارية أو محيطية.

4- الفترة من 2000 إلى يومنا الحالي: تميزت نهاية الألفية الثانية بتسارع كبير في وتيرة الأبحاث والدراسات في الهقار. حيث توصل الباحثون إلى نتائج هامة حول الجيوديناميكية العامة للهقار، وتمّ نشر اثني عشر مقالا في الموضوع،

في عدد خاص من مجلة Journal of African Earth Sciences سنة 2003. وكانت بمثابة انطلاقة جديدة لأبحاث أخرى على مدى عشرين عاما، كُلت بمئات الأطروحات والمنشورات في مجلات عالمية ذات قيمة كبيرة. شارك في هذه الأبحاث الجيل الثاني من الباحثين الجزائريين الذين تخرجوا على أيادي الجيل الأول بالشراكة الأجنبية (الشكل 4).

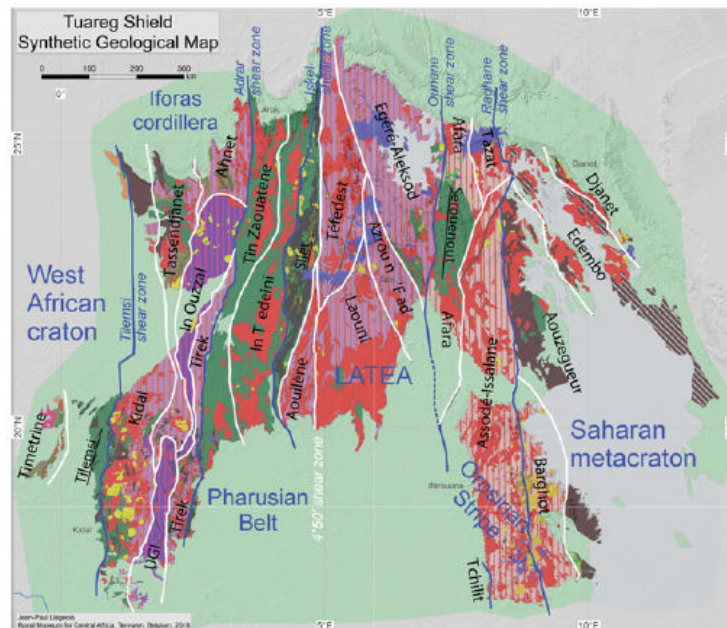


الشكل 4: أجيال من الجيولوجيين الجزائريين والأوروبيين في رحلة علمية خلال المؤتمر الرابع لـ IGCP-485 تمناست 2006.

نُخلص فيما يلي الخطوط العريضة لجيولوجيا الهقار وفقا لآخر المعطيات، ثم نعرض علاقتها بالموارد الطبيعية.

4. مُلخص جيولوجيا الهقار

يُشكّل الهقار الجزء الجزائري من درع الطوارق (Touareg shield) الذي يمتد نحو الجنوب الغربي باتجاه مالي، ويُسمى أدرار افوراس، كما يمتد نحو الجنوب الشرقي باتجاه النيجر ويدعى الآير. في منظر علوي، تظهر التراكيب الجيولوجية المكتشفة بشكل سداسي عموما. تبلغ مساحة درع الطوارق 550000 كم² ويشكّل الهقار ثلاثة أرباعها (¾) (الشكل 5). يتكون درع الطوارق من التحام 25 كتلة ليتوسفيرية ذات طبيعة قارية أو محيطية، تفصلها مناطق القص العُظمى والمُتمثلة بالفوالق الليتوسفيرية العميقة، اجتمعت إثر تقارب شبه الراسخ الشرق صحراوي والراسخ الغرب إفريقي أثناء الدورة البانية للجبال لعموم إفريقيا (Pan-African Orogeny).



- الشكل 5: خريطة جيولوجية توضح الكُتل الليتوسفيرية الخمسة وعشرون المُعرفة مؤخرًا من طرف [7].
يُمكن تلخيص أطوار الدورة في ثلاثة مراحل:
- 1- تضمنت المرحلة الأولى (630-730 مليون سنة، خلال الدور Cryogenian) التحام الجُزر القوس والقارية بالرواسخ الإيورانية.
 - 2- المرحلة الثانية (580-630 مليون سنة، خلال الدور Ediacaran) هي مرحلة الذروة والتي تميزت بتصادم الرواسخ الرئيسية مما أدى إلى هجرة الكُتل الليتوسفيرية نحو الشمال على طول مناطق القص الضخمة الموجهة شمال-جنوب إلى حدود 1000 كيلومتر من الإزاحة الجانبية؛ وتوضّع باتوليتات خطية كبيرة ذات طبيعة كيميائية كلسية-قلوية عالية البوتاسيوم (HKCA) ناتجة من تفاعل بين القشرة والوشاح بسبب التصفيح الصخري الخطي على طول مناطق القص الضخمة. كما صاحب ذلك تحوّل في سحنة الشيبست الأخضر إلى الأزرق إلى الأقمبوليت (ارتفاع درجة الحرارة وضغط منخفض). ونتيجة لذلك، أصبحت الرواسخ الإيورانية الصغيرة الموجودة في بعض الكُتل من درع الطوارق (عين أوزال، لاويني-أزرو-ن-فاد-تيفيدست-إيجيري-الكسود، أو ما يُعرف بلاتيا LATEA) مُعرفة بشبه رواسخ (métacratonisation).
 - 3- المرحلة الثالثة (540-575 مليون سنة، أواخر الدور الإدياكاري) اقتصرَت على الهقار الشرقي، وتضمنت اصطدام الكُتل بالحافة النشطة على حدود الراسخ الصحراوي الشرقي، والذي يُسمى بالحادثة المرزوقية نسبة للراسخ الذي يحمل نفس الاسم والذي يبدو أنّ الكُتل الثلاثة المُشكلة للهقار الشرقي تُمثل حافته.
- مباشرة بعد ذلك، في حدود 520-540 مليون سنة (نهاية الدور الإدياكاري-أوائل الكامبري)، وبسبب إعادة التنشيط المتزامن لمناطق القص الضخمة المتأخرة توضع المركبات الغرانيتية مُتأخرة النشأة (الشكل 6 أ) والمربطة بتبلور المعادن النادرة، والمصاحبة للنشاط الحراري-المائي على مستوى القشرة الأرضية مما سمح بتبلور الذهب والمعادن الأخرى الغنية بالعناصر النادرة.
- عرف الهقار فترة خمول تكتونية طويلة خلال الباليوزوي مما أدى إلى تشكل بعض الأحواض الرسوبية. لكن خلال الميزوزوي، سجل الهقار الدورة الألبية من خلال إعادة نشاط مناطق القص العظمى إثر تصادم اللوح الأوروبي واللوح الإفريقي في الشمال، مما سمح بصعود كميات هائلة من الماغما عبر فوهات بركانية مُتعددة وأدى إلى توضع أسطح من اللافا مباشرة فوق صخور ما قبل الكامبري. وهي تُمثل أجمل المناظر السياحية التي يشتهر بها الهقار (الشكل 6 ب).



الشكل 6 ب.

أشهر معلم سياحي في مدينة تمنراست مدخنة إهاران عبارة عن بقايا مدخنة بركانية مؤرخ في 6.6 مليون سنة (الحقبة الزمنية الثالثة)

(ألتقطت الصور في نوفمبر 2022، خلال مهمة جيولوجية-تعليمية لأعضاء فريق بحث من المخبر)

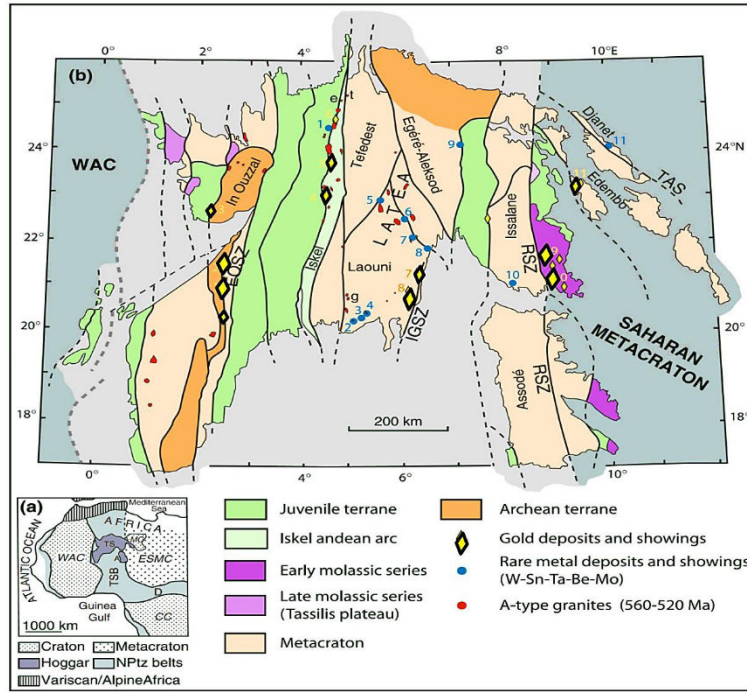


الشكل 6 أ.

منظر عام لمركب غر انيتي يُسمى تيوبين يظهر في منطقة سيلات على بُعد 135 كم جنوب غرب مدينة تمنراست (مؤرخ في 561 مليون سنة)

5. الموارد الطبيعية المعدنية في الهقار

ترتبط الموارد الطبيعية المتواجدة في الهقار بنوعية التراكيب الجيولوجية. وكما رأينا أعلاه فإن أغلب التشكيلات يعود عمرها إلى ما قبل الكامبري. وقد سجلت ثلاث دورات أوروغينية (الدورة الإيبرونية، والدورة البان أفريقية، والدورة الألبية). هذا النشاط التكتوني الطويل كان مرفقا بنشاط ماغماتي هائل، سمح بتوضع مركبات غرانييتية بكميات كبيرة. وتُعتبر مخزنا هاما لكثير من المعادن الثمينة ونصف الثمينة (الشكل 7)، علاوة على توفرها على أنواع من الصخور التي تُستعمل في تزيين البنايات (الرخام والغرانيت والديوريت مثلا).



الشكل 7: خريطة درج الطوارق تبين أهم مواقع الذهب والعناصر النادرة في الهقار [8]

أهم معدن متواجد في المنطقة ويتم استغلاله حاليا من طرف الدولة والخواص هو الذهب، الذي يتواجد بشكل كبير على هيئة رواسب في قواطع الكوارتز التي توضع خلال الدورة الأوروغينية لعموم إفريقيا، في مناطق التحام الكتل الليتوسفيرية مثلا، منجم تيراك وأسماسا المتواجدين في الهقار الغربي. أما في مقلع عين أبيي فإن رواسب الذهب مصحوبة بصخور الغابرو في حين مقلع تكويات هو مُصاحب للغرانيت. (عيسى جمال الدين وآخرون، 2023) ونُلخص في الجدول التالي العلاقة بين الدورات الأوروغينية والعناصر الكيميائية المُصاحبة لها.

تجدر الإشارة إلى أن قواطع الكوارتز الغنية بمعدن الذهب هي تلك المتوضعة في الكتل القارية (شبه الراسخ) أو على حدودها. في حين، القواطع والمركبات الماغماتية المتواجدة في الكتل المحيطية الفتية، لا تحمل رواسب الذهب أو قليلة جدا [8].

الدورة الأوروغينية	النشاط الماغماتي المصاحب لها	العناصر الكيميائية المصاحبة لها
الدورة الإيبورنية	1. صخور متحولة من نمط ضغط ودرجات حرارة عالية (سُحنة الغرانوليت والأمفيوليت) 2. مُركبات غرانيتية ذات طبيعة قلووية 3. مُركبات قاعدية إلى فوق قاعدية	اليورانيوم الليثيوم العناصر الأرضية النادرة
الدورة البان إفريقية	1. صخور متحولة من نمط ضغط منخفض ودرجات حرارة عالية (سُحنة الأمفيوليت) 2. مُركبات غرانيتية كلسية-قلوية 3. مُركبات غرانيتية متأخرة النشأة (منها الغنية بعناصر التانتال والبريل والفولفغاميت و Sn, W, Ta, Be). 4. مُركبات قاعدية إلى فوق قاعدية منها المصحوب بعناصر معدنية ذات قيمة اقتصادية هامة 5. توضع قواطع الكوارتز الغنية بالذهب 6. هناك تغيير حراري مائي alteration hydrothermal	الذهب الرصاص الزنك اليورانيوم الليثيوم القصدير البريليوم العناصر الأرضية النادرة
الدورة الألبية	1. حركات تكتونية وفقا للنفوالق الكبرى مصحوبة بنشاط بركاني وماغماتي كبيرين 2. التغيير الحراري المائي alteration hydrothermal	غير مُعرفة حاليا

خلاصة

يبدو أنّ قرنًا من الدراسات الجيولوجية في الهقار غير كافٍ لمعرفة أسرار التراكيب الجيولوجية وما تُخفيه من ثروات؛ فالأبحاث الجيولوجية مازالت متواصلة لمحاولة تقصي الثروات المعدنية التي تزخر بها المنطقة. علاوة عن الثروات السياحية (الشكل 8) والثقافية التي تُميز الهقار، فإنّ الموارد المتجددة وغير المتجددة تبدو واعدة جدا.



الشكل 8: منظر بانورامي لفوهة بركان إهيري يقع في شمال دائرة سيلات (ولاية تمنراست) الهقار الغربي

المراجع

- [1] Aissa, D-E., Bagui, M., Saad, W., Benali, H., Boutaleb, A., Boutrika, R., Chaouche, I., Lazouni, A. & Amieur M. (2023). Aperçu sur les minéralisations aurifères de l'Algérie 2023. In book. Les Ressources minérales de l'Algérie : Métallogénie, Perspectives.
- [2] Bertrand, J. M. L., & Caby, R. (1978). Geodynamic evolution of the Pan-African orogenic belt: a new interpretation of the Hoggar shield (Algerian Sahara). *Geologische Rundschau*, 67(2), 357-388.
- [3] Black, R., Latouche, L., Liégeois, J. P., Caby, R., & Bertrand, J. M. (1994). Pan-African displaced terranes in the Tuareg shield (central Sahara). *Geology*, 22(7), 641-644.
- [4] Gautier, E. F. (1908). *Missions au Sahara* (Vol. 2), Armand Colin.
- [5] Kilian, C. (1922). Aperçu général de la structure du Tassili des Ajjer. *Comptes rendus de l'Académie des sciences, Paris*, 175, 825-827.
- [6] Kilian, C. (1925). *Au Hoggar—Mission de 1922*, Société d'Éditions Géographiques Maritimes et Coloniales, Paris.
- [7] Lay C, Ledent D (1963) Mesures d'âges absolus de minéraux et de roches du Hoggar (Sahara central). *CR Acad. Sci Paris*, 257:3188–3191.
- [8] Lelubre, M. (1952). *Recherches sur la géologie de l'Achaggar central et occidental: Sahara central*, Thèse d'Etat, Paris.
- [9] 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*.
- [10] Marignac, C., Aïssa, D. E., Bouabsa, L., Kesraoui, M., & Nadjari, S. (2016). The Hoggar gold and rare metals metallogenic province of the Pan-African Tuareg Shield (Central Sahara, South Algeria): an early Cambrian echo of the late Ediacaran Murzukian event? *Mineral Deposits of North Africa*, 371-404.

