الصخور النيزكية الجزائرية: شواهد على تطور الأرض والنظام الشمسي

فاتن بن مرزوق-بشيري[1]، سارة مقدم[1]، لطيفة رمكي[1]، رقية خلوي[1-2]، حميد بشيري[2]، يسرا قارة[1]، صارة ميلودي[1]، عبد الناصر شياد[1]

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

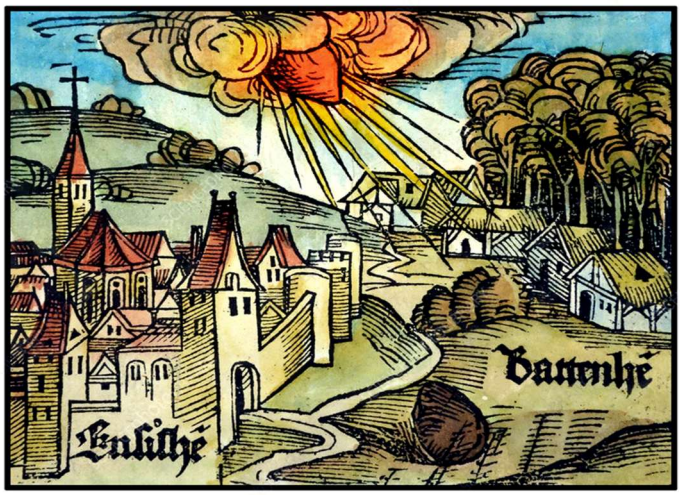
[2]كلية العلوم الجيولوجية والجغرافيا والتهيئة العمرانية، جامعة هواري بومدين، باب الزوار

1. ما هي النيازك؟

في فضاء هذا الكون العظيم تسبح أجرام طبيعية صلبة متنوعة الأحجام، تُسمى علميًا النيازك (Meteoroids). تتفاوت أحجامها بشكل كبير، فمنها ما هو دقيق جدًا لا يتجاوز مئة ميكرومتر ويُسمى "الغبار الكوني"، ومنها كتل صخرية ضخمة تمتد لعشرات الأمتار. تخترق هذه الأجسام، أحيانًا، الغلاف الجوي للأرض، وبسبب الاحتكاك الشديد بالهواء، ترتفع حرارتها وتبدأ بالاحتراق، تاركة خلفها خطًا مضيئًا يمكننا رؤيته بالعين المجردة أو رصده عبر مناظير المراقبة، وهو ما يُعرف باسم الشهاب (Meteor). إذا كان النيزك كبيرًا، فإن الغلاف الجوي لن يتمكن من تفتيته بالكامل إلى غبار كوني، بل ستصمد أجزاء منه وتنجح في تخطي هذا الحاجز لتسقط في النهاية على سطح الأرض. في هذه الحالة تحديدًا، نطلق على الجزء الناجي اسم الحجر النيزكي (Meteorite).

2. لمحة تاريخية عن النيازك

1.2 من العصور القديمة إلى القرن الخامس عشر



الشكل 1. رسم توضيحي لسقوط نيزك في عام 1492 بالقرب من قريتي إنزيسهايم وباتنهيم الألمانية حينها.
https://wellcomecollection.org

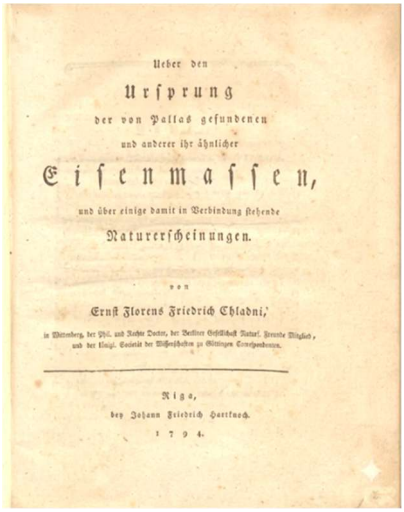
كانت الشعوب قديمًا تعتقد أن الحجارة القادمة من السماء رسائل إلهية أو نذير شؤم (الشكل 1). ولعل أشهر الحوادث الموثقة هي قصة سقوط نيزك إنسيشيم (Ensisheim) في 7 نوفمبر 1492 بالقرب من بلدة إنسيشيم بمقاطعة ألزاس الألمانية حينها (فرنسية حاليًا). زار الملك ماكسيمليان الأول البلدة لرؤية الحجر الإلهي، وأعلن أنه بشارة الآلهة التي

سوف تضمن له الانتصارات في المعارك ضد فرنسا والدولة العثمانية. وأمر الملك بربط الحجر بالسلاسل الحديدية وتعليقه داخل الكنيسة لمنعه من السقوط على الأرض أو هروبه إلى السماء وبقي هناك حتى الثورة الفرنسية [10].

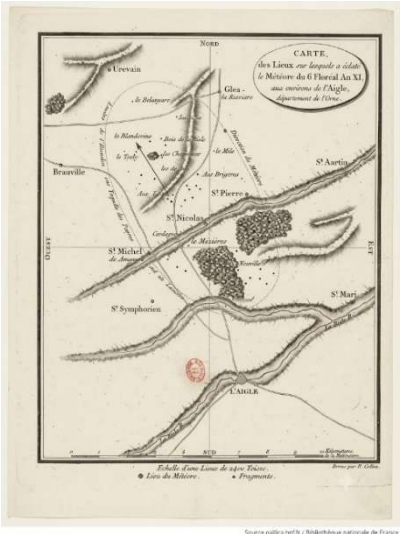
2.2 خلال القرن الثامن عشر

مع بزوغ عصر التنوير وتطور المنهج العلمي، رفض العلماء فكرة سقوط الحجارة من السماء، واعتبروا شهادات الفلاحين مجرد خرافات. كما فسّروا شكلها المُميز بأنها صخور بركانية حملتها الرياح، أو صخور أرضية عادية تعرّضت للصواعق، فاحترقت قشرتها الخارجية [4].

حاول الفيزيائي الألماني إرنست كلادني مواجهة المجتمع العلمي بالحقيقة الفضائية للحجارة القادمة من السماء، إذ نشر كتابه الشهير عام 1794 (الشكل 2) الذي قوبل بسخرية واسعة وانتقاد شديد من كبار علماء عصره. وثّق كلادني في كتابه أن الكرات النارية التي تُرى في السماء (الشُهب)، والحجارة الحديدية الغريبة (النيازك)، هي في الواقع أجسامٌ قادمة من الفضاء الخارجي. وأعلن، لأول مرة، أن هذه الصخور لا يمكن أن تكون من أصل أرضي. وافترض أنها بقايا صخور فضائية لم تتجمع لتشكل كواكب، وأنها تشتعل نتيجة احتكاكها بالغلاف الجوي (الشهب).


Ueber den
Ursprung
der von Pallas gefundenen
und anderer ihr ähnlicher
Eisenmassen,
und über einige damit in Verbindung stehende
Naturerscheinungen.
von
Ernst Florens Friedrich Chladni,
Riga,
bey Johann Friedrich Hartknoch.
1794.

الشكل 2. واجهة كتاب كلادني (1794)



الشكل 3. أول خريطة علمية توثق توزيع الصخور الفضائية [3]

3.2 خلال القرن التاسع عشر

قام الكيميائي الإنجليزي إدوارد هاورد بجمع وتحليل صخور من مختلف أماكن العالم، كان يُشاع أنها سقطت من السماء، وأصدر عام 1802 نتائجه التي أثبتت أن جميع الصخور تحتوي على عنصر النيكل بنسب مُحددة ومتشابهة، وهو أمر نادر جدًا في صخور القشرة الأرضية السطحية. استنتج هاورد أن هذه الصخور تنتمي إلى عائلة واحدة غريبة عن الأرض [9].

في عام 1803، شهدت مدينة لاغل (L'Aigle) الفرنسية سقوط 3000 حجر من السماء في وضح النهار، وأمام آلاف الشهود من مختلف فئات المجتمع، من فلاحين ورجال دين وقضاة. وقد شكّلت هذه الحادثة منعرجًا هامًا في تاريخ علم الفلك؛ إذ أرسلت الأكاديمية الفرنسية للعلوم الباحث الشاب جان بابتيست بيوت للتحقيق في الحادثة. جمع بيوت شهادات السكان، ورسم خرائط توزيع الصخور (الشكل 3)، وقدّم تقريرًا حاسمًا أثبت فيه أن الحجارة قادمة من الفضاء، مما دفع المجتمع العلمي إلى الاعتراف بأصل النيازك، وأرسى الأساس لقيام علم النيازك [6]، [13].

بفضل بحوث العلماء السابقين، التي استندت إلى شهادات عينية وأدلة كيميائية، اضطرت الأكاديميات العلمية في باريس ولندن وبرلين إلى الاعتراف بأصل النيازك الفضائي. وبناءً على ذلك، تأسّس علم جديد يُعرف اليوم باسم علم

النيازك (Meteoritics)، وأصبح الفضاء في نظر العلماء بيئة غنية بالصخور والمعادن، بعد أن كان يُنظر إليه على أنه فراغ مظلم. ويندرج علم النيازك ضمن فروع علم الفلك الذي يدرس كل ما يقع خارج الغلاف الجوي للأرض. ويختص علم النيازك بدراسة الصخور الفضائية التي تصل إلى الأرض، سواء دخلت الغلاف الجوي طبيعيًا وسقطت على سطحها، أم جُمعت بواسطة الرحلات الفضائية.

4.2 خلال القرن العشرين

تميّز القرن العشرون بالانتقال الفعلي لعلم النيازك من هواية تقوم على جمع الأحجار الفضائية وعرضها في المتاحف إلى علم فيزيائي وجيولوجي رصين. وخلال هذا القرن، تمكّن العلماء من تحديد التركيبات الكيميائية للنيازك، وتقدير أعمارها، وربطها بأهم الأحداث البيولوجية-الجيولوجية التي شهدتها الأرض منذ نشأتها وحتى يومنا هذا. ومن أبرز الإنجازات التي حققها علم النيازك خلال القرن العشرين ما يأتي:

- **تحديد الفوهات النيزكية (1903):** أول فوهة جرى اقتراح أنها نتجت عن ارتطام نيزك حديدي ضخم هي تلك الواقعة في صحراء أريزونا، والمعروفة باسم فوهة ديابلو (Didablo crater). وكانت تُصنف سابقًا على أنها فوهة بركانية خامدة، إلى أن اقترح الجيولوجي دانيال بارينجر أنها فوهة نيزكية. إلا أنه لم يعثر على بقايا النيزك، فاشترى الأرض التي تقع فيها الفوهة، وأجرى عمليات حفر واسعة معتقدًا أن النيزك مدفون في أعماقها. بقيت الفرضية محل نقاش حتى عام 1960، حين أثبت الجيولوجي يوجين شوميكر صحة فرضية بارينجر بعد العثور على معادن نادرة لا تتشكل إلا تحت ضغوط ودرجات حرارة هائلة ناتجة عن اصطدام النيازك. واليوم، ما تزال الفوهة ملكية خاصة لورثة عائلة بارينجر الذين حوّلوها إلى موقع سياحي علمي ذي شهرة عالمية (الشكل 4).

الشكل 4. فوهة بارينجر الناتجة عن ارتطام نيزك بالأرض قبل 50000 سنة (أريزونا، الولايات المتحدة الأمريكية)

- **حساب عمر الأرض والنظام الشمسي بدقة (1956):** تمكّن العالم كلير باترسون من تحديد عمر الأرض بدقة وموثوقية غير مسبوقتين، وذلك من خلال تحليل نظائر الرصاص في شظايا نيزك ديابلو. ونظرًا إلى أن النيازك لم تتغير منذ نشأة النظام الشمسي، فقد استخدمها باترسون مرجعًا لتقدير عمر الأرض والنظام الشمسي، والذي قدّر بـ 4.55 مليار سنة.
- **اكتشاف "مستودع" نيازك القارة القطبية الجنوبية (1969):** عثرت بعثة علمية يابانية عام 1969 على تسعة نيازك مجتمعة فوق الجليد في القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا). ومثّل هذا الاكتشاف نقطة تحوّل في علم النيازك، إذ أدرك العلماء أن الجليد الزاحف يعمل كحزام ناقل طبيعي، يجمع النيازك على مدى ملايين السنين ويحفظها في بيئة نقية ومتجمدة.

- **نيزك أليندي و اكتشاف المواد العضوية (1969):** سقط نيزك ضخم يُدعى نيزك أليندي (Allende) في المكسيك عام 1969، وتفكك إلى آلاف الشظايا. تميز هذا النيزك باحتوائه على شوائب كلسية ألومنية (CAIs)تبيّن أنها أقدم المواد الصلبة التي تشكلت في النظام الشمسي. كما احتوى على مركبات كربونية وأحماض أمينية معقدة، مما عزز فرضية أن النيازك هي من جلبت اللبنات الأولى للحياة إلى الأرض.
- **نظرية انقراض الديناصورات بفعل نيزك (1980):** اكتشف الفيزيائي لويس ألفاريز وابنه الجيولوجي والتر ألفاريز عام 1980 وجود تركيز مرتفع من عنصر الإيريديوم في طبقات من الطين في مواقع عديدة حول العالم، وتُمثل الحد الفاصل بين طبقات الدور الأخير من الحقبة الزمنية الثانية (الطباشيري) وصخور الدور الأول من الحقبة الزمنية الثالثة (الباليوجين). ونظرًا إلى أن عنصر الإيريديوم نادر في القشرة الأرضية، بينما يوجد بوفرة في النيازك، اقترح ألفاريز نظريته الثورية التي تفسر انقراض الديناصورات نتيجة اصطدام نيزك بالأرض قبل 66 مليون سنة.
- **نيزك المريخ ALH84001 والجدل حول حياة فضائية (1996):** أعلنت وكالة ناسا عام 1996 أن النيزك المريخي ALH84001 الذي عُثر عليه في أنتاركتيكا، يحتوي على تراكيب مجهرية تشبه الأحافير البكتيرية القديمة. رغم أن المجتمع العلمي لا يزال منقسمًا ومشككًا في كون هذه التراكيب حيوية أم مجرد تفاعلات كيميائية جيولوجية، إلا أن هذا الحدث أعطى دفعة هائلة لتمويل علم الأحياء الفلكي (Astrobiology) وأثار اهتمامًا عالميًا بالبحث عن الحياة في الكون.

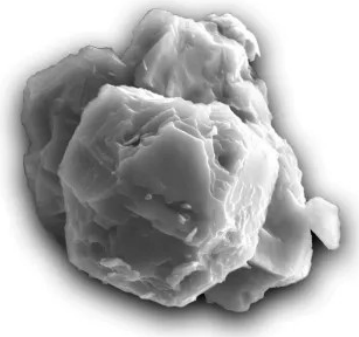
5.2 القرن الواحد وعشرون

شهد علم النيازك في العقود الأخيرة تطورًا كبيرًا، حيث رصدت أغلب الدول شبكات الكاميرات الآلية لمراقبة السماء على مدار الساعة. وبمجرد دخول نيزك الغلاف الجوي، تقوم الكاميرات بتحديد مساره الفضائي ومكان سقوطه على الأرض بدقة كبيرة. ونعرض في ما يلي أهم الإنجازات خلال القرن الحالي:

- **بعثة "ستاردست" وجلب غبار المذنبات (2006):** نجحت مركبة ستاردست (Stardust)، التابعة لوكالة ناسا، في المرور عبر ذيل المذنب "وايلد 2"، حيث استخدمت مادة هلامية متطورة (Aerogel) لالتقاط جسيمات الغبار الفضائي، ثم عادت بها إلى الأرض. كانت هذه أول مرة تُجلب فيها عينات من مذنب إلى الأرض، وتبيّن أنها تحتوي على أحماض أمينية (اللبنات الأساسية للحياة).
- **التنبؤ الأول بسقوط نيزك في التاريخ (2008):** للمرة الأولى في تاريخ علم الفلك، تمكّن العلماء من رصد كويكب صغير في الفضاء، أُطلق عليه اسم TC_3 2008، وتحديد مساره، والتنبؤ بدقة بموعد ومكان دخوله الغلاف الجوي للأرض قبل 19 ساعة من سقوطه فوق صحراء النوبة في السودان. عثر العلماء لاحقًا على شظاياه، وكان هذا إنجازًا غير مسبوق أثبت القدرة على رصد التهديدات الفضائية.
- **انفجار نيزك تشيليابنسك في روسيا (2013):** في 15 فبراير 2013، انفجر نيزك غير مرصود، يبلغ قطره 20 مترًا، فوق مدينة تشيليابنسك الروسية، مطلقًا طاقة تعادل 30 ضعف طاقة قنبلة هيروشيما. وقد وثّقت الحدث آلاف كاميرات السيارات والهواتف المحمولة، مما وفّر، لأول مرة، كمية هائلة من البيانات البصرية والفيزيائية لموجات الصدمة وكيفية تفتت النيازك في الغلاف الجوي. واستخرجت من بحيرة تشيباركول (Chebarkul) المتجمدة **أكبر قطعة من النيزك**، بلغ وزنها 650 كغ.
- **الهبوط التاريخي على مذنب: بعثة روزيتا وفيلاي (2014):** حققت وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) إنجازًا تاريخيًا بإرسال المركبة الفضائية روزيتا (Rosetta) التي دارت حول المذنب 67P، وأنزلت عليه المسبار فيلاي

(Philae). قامت البعثة بتحليل بخار الماء والغازات على سطح المذنب، وأظهرت أن الماء الموجود على المذنب يختلف كيميائيًا عن ماء محيطات الأرض، مما غيّر النظريات السابقة حول مصدر مياه كوكبنا.

- **نيزك ميرشيسون واكتشاف أقدم مادة في النظام الشمسي (2020):** كشفت دراسة نُشرت عام 2020، أجريت على عينات من نيزك ميرشيسون (Murchison)، الذي سقط في أستراليا عام 1969، عن وجود حبيبات غبار مجهرية (Presolar grains). وأظهرت التحاليل أن عمر هذا الغبار الفضائي يصل إلى 7مليارات سنة، أي أنه أقدم من الأرض والشمس نفسها بنحو 2.4 مليار سنة، مما يجعله أقدم مادة يمسكها البشر بأيديهم (الشكل 5) [7].
- **بعثات جلب عينات الكويكبات (2020-2023):** مثّلت هذه المحطة مرحلة جديدة في استكشاف الأجرام الصغيرة. ففي عام 2020، أعادت البعثة اليابانية هايابوسا 2 (Hayabusa2) إلى الأرض عينات نقية من الكويكب الكربوني ريوغو (Ryugu). وفي عام 2023، تمكنت بعثة أوزيريس-ركس (OSIRIS-Rex)، التابعة لوكالة ناسا، من جلب أكبر كمية من عينات كويكب (أكثر من 120 غرامًا من الكويكب الكربوني بينو (Bennu).



الشكل 5. صورة لعينة من غبار ما بين النجوم، يتألف من حبيبات غبار سبقت في وجودها شمسَنا، وصلت إلى الأرض على متن نيزك مورشيسون [7].

3. تصنيف النيازك

يعتمد التصنيف التقليدي للنيازك على التركيبة المعدنية والكيميائية للصخر، وعلى أساسها عُرّفت ثلاث فئات رئيسية من النيازك: الصخرية، والحديدية، والحديدية-الصخرية. حاليًا، يتفق أغلب الباحثين على أهمية الأصل الجيني للنيزك، ومقدار ما تعرّض له من انصهار وتمايز كوكبي على جرمه الأم. فوفقًا لهذه المعايير، صدر تقسيم جديد يشمل عائلتين كبيرتين: النيازك المتمايزة، والنيازك غير المتمايزة [8]، [14].

1.3 النيازك غير المتمايزة: الكوندريت (Chondrites)

تُشكّل هذه النيازك الغالبية الكبرى من النيازك الصخرية، وتُصنّف بدائية لكونها لم تتعرض لأي انصهار أو تمايز جيولوجي ملحوظ على الكويكبات الأم التي نشأت منها. وتتميز باحتوائها على حبيبات كروية صغيرة تُسمى الكوندرولات (Chondrules)، والتي تشكلت قبل 4.5 مليار سنة في السديم الشمسي (سحابة الغبار والغاز الأولية التي وُلد منها النظام الشمسي)، تشمل هذه الفئة 15 مجموعة رئيسية من الكوندريت (الجدول 1).

2.3 النيازك المتمايزة (Differentiated Meteorites)

تنشأ هذه النيازك من انصهار وتمايز مكونات الأجرام الأم، مثل الكويكبات الكبيرة والأقمار والكواكب، بعد تعرّضها لدرجات حرارة شديدة، مما يؤدي إلى انفصال المواد وفقًا لكثافتها. تنقسم النيازك المتمايزة إلى ثلاثة أقسام: الأكوندريت، والنيازك الحديدية، والنيازك الصخرية-الحديدية (الجدول 1).

الجدول 1. تصنيف النيازك حسب [8]، [14]

الفئة الرئيسية	الفئة الفرعية (المجموعات)	الخصائص البنيوية والكيميائية	الأصل والنشأة الجيولوجية
النيازك غير المتمايزة (Undifferentiated)	1- الكوندريت الكربوني (Carbonaceous) 2-الكوندريت العادي (Ordinary) 3-الكوندريت الإنستاتيتي (Enstatite) 4- مجموعات أخرى نادرة (R, K) كوندريت R K (Kakangari) وكوندريت (Rumuruti).	-تحتوي على حبيبات كروية صغيرة من السيليكات تُسمى الكوندرول (Chondrules). - تركيبها الكيميائي قريب جدًا من تركيب غلاف الشمس (باستثناء العناصر الطيارة). - غنية بالمواد الأولية والمقذوفات المبكرة للنظام الشمسي.	-نشأت من أجرام أم (كويكبات بدائية) لم تتعرض للانصهار أو التحلل الجيولوجي منذ نشأتها. -تمثل كبسولات زمنية مجمّدة من السديم الشمسي البدائي قبل ~4.567 مليار سنة.
النيازك المتمايزة (Differentiated)	**1. الأكوندريت (Achondrites)** أ-أكوندريت بدائي (مثل Ureilite) ب-أكوندريت كويكبي (مثل مجموعة HED) ج-أكوندريت كوكبي (نيازك المريخ والقمر)	- صخرية بالكامل وتتكون من معادن السيليكات (مثل البيروكسين والأوليفين). -تفتقر تمامًا لحبيبات الكوندرول بسبب تعرضها لانصهار شديد أعاد بلورتها. - تشبه الصخور البركانية والبازلتية الموجودة على الأرض.	-تأتي من القشرة السطحية أو الوشاح العلوي لأجرام سماوية كبيرة (كويكبات ضخمة، كواكب، أقمار) انصهرت وتمايزت أغلفتها بفعل الحرارة.
	2- النيازك الحديدية-الصخرية (Stony-Iron Meteorites) أ-البالاسيت (Pallasites) ب-الميزوسيديريت (Mesosiderites)	-خليط شبه متساوٍ بين الحديد-النيكل وصخور السيليكات. - تتميز البالاسيتات ببلورات زبرجد زيتوني (Olivine) خضراء/صفراء مغمورة في مصفوفة معدنية. - الميزوسيديريت عبارة عن صخور مهشمة (Breccias) ناتجة عن اصطدامات عنيفة.	- نشأت في مناطق التداخل والحدود الفاصلة بين اللب المعدني والوشاح الصخري للكويكبات المتمايزة، أو نتيجة اختلاط طمي الاصطدامات الفضائية.
	3- النيازك الحديدية (Iron Meteorites) أ- مقسمة كيميائيًا إلى 15 مجموعة (مثل IAB IIAB, IIIAB,) بناءً على نسب النيكل والعناصر الشحيحة.	- تتكون بالكامل تقريبًا من سبيكة معدنية من الحديد والنيكل (معدني الكاماسيت والتاينيت). - تظهر فيها أنماط فيدمان شتيتن (Widmanstätten) الهندسية عند صقلها وحمضها، وهي دليل على التبريد البطيء جدًا في الفضاء.	- تمثل اللب المعدني المنصهر (Cores) لكويكبات كبيرة تحطمت تمامًا إثر اصطدامات كونية مدمرة في بداية تاريخ النظام الشمسي.

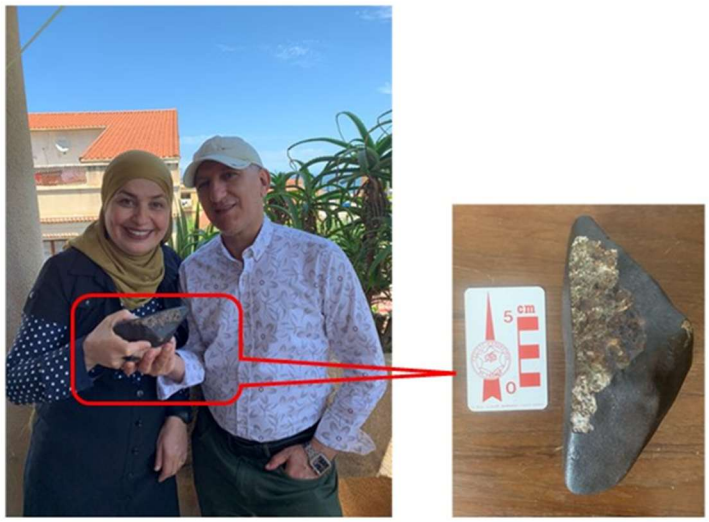
4. النيازك الجزائرية

تُعدّ الصحراء الجزائرية موطنًا لواحدة من أكثر مجموعات النيازك تنوعًا في العالم، حيث سُجّل فيها 1705 نيزكًا في قاعدة البيانات الدولية للنيازك (Meteoritical Bulletin Database) (بتاريخ 18-07-2026). وتشمل هذه النيازك جميع الأنواع المعروفة تقريبًا.

1.4 النيازيك غير المتمايزة الكوندريت

بلغت نسبة الكوندريتات العادية (Ordinary Chondrites) الجزائرية 68.03% من إجمالي الصخور النيزكية المُكتشفة في الجزائر [1]. من بينها كوندريت تين آركوك 21 (Tinerkouk 21) الذي يُعدّ أكبر كوندريت جزائري حُفظ ودُرس داخل الوطن [2] (الشكل6). أما الكوندريتات الكربونية (Carbonaceous Chondrites)، فعلى الرغم من ندرتها (6.72%)، فإنها تمتلك أهمية علمية استثنائية، ومن أشهرها [1]:

- Acfer 086: يحتوي على جزيء الهيموليثين (hemolithin)، وهو مركب يشبه البروتينات الأرضية.
- Acfer 094: يُعدّ من أقدم الأجسام في النظام الشمسي ويحتوي على حبيبات ما قبل شمسية.
- Acfer 059 وNWA 2,364 نيزكان قديمان جدًا، يعود عمرهما إلى أكثر من 4564 مليون سنة.



(أ) (ب)

الشكل 6. (أ) صورة للمنظر الخارجي للعينة تين آركوك

(ب) صورة (2021) الباحثين فاتن بشيري-بن مرزوق وحميد بشيري يحملان الكوندريت الجزائرية Tinrtkouk 2021

2.4 النيازك المتمايزة (Achondrites)

هي نيازك صخرية تفتقر إلى الكوندرولات، وتشبه الصخور النارية الأرضية. من أشهر العينات الجزائرية:

- عرق شاش 002 (Erg Chech 002): اكتشف في منطقة عرق شاش، ويُعدّ أقدم صخرة بركانية معروفة في النظام الشمسي (عمرها حوالي 4.566 مليار سنة).
- النيازك المريخية (Martian Meteorites): يوجد في الجزائر 29 نيزكًا مريخيًا معترفًا به، مما يساهم في فهم باطن كوكب المريخ وسطحه.
- النيازك القمرية (Lunar Meteorites): عُثر على 38 نيزكًا قمريًا، من بينها نيزك Issaouane-n-Irrarrene 001 الذي يظهر تشابهًا مع العينات التي جلبتها رحلة "أبولو 16" من القمر.

- نيازك HED: ترتبط علميًا بالكويكب فيستا (Vesta).
- .النيازك الحديدية (Iron Meteorites): من بين أشهر النيازك الحديدية الجزائرية نذكر منها:
  1- نيزك تامنطيت (Tamentit): عُثر عليه في منطقة أدرار عام 1864، ويزن 510كغ.
  2- نيزك زغامرة (Zeghamra): يزن 630كغ، وهو أحد أثقل النيازك المكتشفة في الجزائر.

5. فوهات الارتطام النيزكية في الجزائر

تم التعرف على أربع فوهات ارتطام نيزكية كبرى في مناطق مختلفة من الصحراء الجزائرية، وهي [5]:

1- فوهة تين بيدر (Tin Bider): تقع في هضبة تادميت، وهي أوسع فوهة في الجزائر، إذ يبلغ قطرها 6000متر. تشكلت في تضاريس يعود تاريخها إلى العصر الطباشيري (الكريتاسي) السفلي والعلوي.

2- فوهة وركزيز (Ouarkziz): توجد بالقرب من الحدود الجزائرية المغربية، شمال شرق تندوف، وهي ثاني أكبر فوهة في الجزائر، إذ يبلغ قطرها 3500متر. وتعود إلى صخور من العصر الفحمي السفلي.

3- فوهة تلمزان–مادنة (Talemzane-Maadna): تقع في بلدية حاسي دلاعة بولاية الأغواط، ويبلغ قطرها 1750مترًا، وعمقها 55مترًا، وتعود إلى العصر الإيوسيني.

4- فوهة أمغيد (Amguid): تقع في منطقة موديير، شمال تمنراست، على بعد حوالي 50 كم غرب منطقة أمغيد. وهي أصغر الفوهات الأربع في الجزائر، إذ يبلغ قطرها 500متر فقط (الشكل 7). تشكلت نتيجة اصطدام في طبقات تعود إلى العصر الديفوني السفلي.

ملاحظة: يُعد معدل تكرار هذه الفوهات في الجزائر (واحدة لكل 0.5 مليون كم²) أعلى بكثير من المعدل العالمي (واحدة لكل 2.6 مليون كم²)، مما يعكس الأهمية الجيولوجية الفريدة للصحراء الجزائرية في دراسة آثار الارتطامات النيزكية.

الشكل 7. صورة لفوهة نيزكية أمغيد بجنوب الجزائر

6. الأهمية العلمية للنيازك الجزائرية

يمكن تلخيص الأهمية العلمية للنيازك الجزائرية في النقاط التالية:

- تُعدّ الجزائر خزّانًا عالميًا استثنائيًا للنيازك، حيث سُجّل 1705 نيزكًا جزائريًا معترفًا به رسميًا. وتُمثل هذه الصخور "أرشيفًا كونيًا" فريدًا يُقدم أدلة ملموسة حول المراحل الأولى لنشأة النظام الشمسي وتطور الكواكب (مثل عرق شاش 002 وآكفر 094)، وصولًا إلى تأثير هذه الأجرام في تشكيل جيولوجيا الأرض.

- أقدم المواد الصلبة: تحتوي نيازك مثل NWA 2,364 وAcfer 094 على الكالسيوم والألومنيوم، وهي أقدم مواد تشكلت في النظام الشمسي حيث يتراوح عمرها بين 4567 و4571 مليون سنة.
- أصل الحياة: يساعد اكتشاف جزيئات معقدة، مثل الهيموليثين في Acfer 086، العلماء على دراسة كيفية ظهور اللبنات الأساسية للحياة في الفضاء.
- حبيبات ما قبل شمسية: يُعتبر نيزك Acfer 094 من أقدم الأجسام المعروفة التي تحتوي على حبيبات ما قبل شمسية (Pre-solar grains)، مما يربط تاريخنا بمرحلة ما قبل تشكل الشمس.
- أقدم صخرة بركانية: يُعد نيزك عرق شاش 002 ثورة علمية، فهو أقدم صخرة بركانية (أنديزيت) مكتشفة في النظام الشمسي بعمر 4.566مليار سنة.
- دراسة الأجرام السماوية: تُمكّن النيازك المريخية والقمرية العلماء من دراسة جيولوجيا هذه الأجرام دون الحاجة إلى رحلات فضائية مكلفة (سُجّل في الجزائر 29 نيزكًا مريخيًا و38 نيزكًا قمريًا).
- فوهات الارتطام: تضم الجزائر أربع بنيات ارتطاميه كبرى (أمغيد، تلمزان، وركزيز، وتين بيدر) نتجت عن اصطدام نيازك ضخمة، وتُعد مختبرات طبيعية لدراسة آثار الصدمات النيزكية على القشرة الأرضية.
- تساعد النيازك المكتشفة في الصحراء الجزائرية العلماء على دراسة باطن الأجرام السماوية دون الحاجة إلى رحلات فضائية.

7. خلاصة

إذا كانت الفوهات هي "ندوب" الأرض، فإن النيازك هي المقذوفات نفسها. وفي هذا المجال، لا تُعد الصحراء الجزائرية مجرد موقع للاصطدامات، بل هي واحدة من أكبر "مصائد النيازك" في العالم. إن الجفاف الشديد، وانعدام الغطاء النباتي، والتباين في الألوان بين الصخور الداكنة القادمة من الفضاء، والرمال الفاتحة أو الهضاب الكلسية عمومًا، يجعل من الجزائر وجهة مهمة لعلماء الكيمياء الكونية. وقد أسهمت النيازك المكتشفة في هذا الإقليم في مراجعة عدد من التصورات العلمية المتعلقة بتاريخ النظام الشمسي.

المراجع

[1] Belhai, D. Spatial distribution and classification of Algerian meteorites: Qualitative and quantitative inventory. *Journal of African Earth Sciences*, *207*, 105058, 2023.

[2] Benmerzoug, F., Mokaddem, S., Chiad, A., Bechiri, H., Remki, L., Kheloui, R., Kara, Y., Miloudi, S., Rividi, N., & Bonin, B. Tinerkouk chondrite 2021 (Wilaya of Timimoun-Algeria): Preliminary petrographic and mineralogical study [Oral presentation]. *Mediterranean Geosciences Union Annual Meeting* (MedGU-24), Barcelona, Spain. 2024.

[3] Biot, J.-B. Carte des lieux. In *Relation d'un voyage fait dans le département de l'Orne pour constater la réalité d'un phénomène observé à l'Aigle le 6 floréal an XI*. Bibliothèque nationale de France, Gallica, 1803. https://gallica.bnf.fr

[4] Burke, J. G. *Cosmic debris: Meteorites in history*. University of California Press, 1986.

[5] Chabou, M. Meteorite impact structures in the Arab world: An overview. In *The geology of the Arab world---An overview,* 2018.

[6] Gounelle, M. The meteorite fall at L'Aigle and the Biot report: Exploring the cradle of meteoritics. *Geological Society, London, Special Publications*, *256*(1), 2006, 73–89.

[7] Heck, P. R., et el. Lifetimes of interstellar dust from cosmic ray exposure ages of presolar silicon carbide. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *117*(4), 2020, 1884–1889.

[8] Krot, A. N., Keil, K., Goodrich, C. A., Scott, E. R. D., & Weisberg, M. K. Classification of meteorites. In A. M. Davis (ed.), *Treatise on geochemistry*, Vol. 1, Elsevier, 2004.

[9] Marvin, U. B. Ernst Florens Friedrich Chladni (1756–1827) and the origins of modern meteorite research. *Meteoritics & Planetary Science*, *31*, 1996, 545–588.

[10] McSween, H. Y. *Meteorites and their parent planets*. Cambridge University Press, 1999.

[11] Seddiki, A., Moine, B., Bascou, J., Kared, R., Cottin, J.-Y., Godard, M., Faure, F., Greenwood, R. C. & Franchi, I. A. Northwest Africa 4269: A metal-rich eucrite from the Algerian Sahara. *Geochemistry*, *85*(4), 126363, 2025.

[12] Sighinolfi, G. P., Barbieri, M., Brunelli, D. & Serra, R. Mineralogical and Chemical Investigations of the Amguid Crater (Algeria): Is there Evidence on an Impact Origin? *Geosciences*, *10*(3), 2020, 107.

[13] Vasak, A. La météorite de L'Aigle (1803): Un étrange météore élucidé. *Revue de géographie historique*, 2024, 25-26.

[14] Weisberg, M. K., McCoy, T. J., & Krot, A. N. Systematics and evaluation of meteorite classification. In D. S. Lauretta and H. Y. McSween Jr. (eds.), *Meteorites and the early solar system II*. University of Arizona Press, 2006.