PETITE ENCYCLOPÉDIE
LAROUSSE
الظواهر الطبيعية
التأثيرات الباطنية والجوية
آن دوبرواز وإريك سيناندر
كتاب
العربية
141
الثقافة العلمية للجميع
(ثقافتك)
مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية KACST

الثقافة العلمية للجميع (ثقافتك)

كتاب العربية

141

© المجلة العربية، ١٤٣٥هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

سيناندر، آن دوبرواز وَ إيريك

الظواهر الطبيعية: التأثيرات الباطنية والجوية. / آن دوبرواز وإريك سيناندر؛ هلا أمان الدين. - الرياض، ١٤٣٥هـ

١٢٨ ص ؛ ١٤ × ١٩ سم (**سلسلة إصدارات المجلة العربية، ١٤١**)

ردمك : ٧-٥٥-٨١٣٨-٦٠٣-٩٧٨

١- الظواهر الطبيعية ٢- الطبيعة ٣- الأطلس أ. العنوان ب. أمان الدين، هلا (مترجم)

ديوي ٥٠٩ ١٤٣٥ / ٦٩٤

رقم الإيداع: ١٤٣٥ / ٦٩٤

ردمك: ٧-٥٥-٨١٣٨-٦٠٣-٩٧٨

الطبعة الأولى 1435هـ - 2014م

جميع حقوق الطبع محفوظة، غير مسموح بطبع أي جزء من أجزاء هذا الكتاب، أو اختزانه في أي نظام لاختزان المعلومات واسترجاعها، أو نقله على أي هيئة أو بأي وسيلة، سواء كانت إلكترونية أو شرائط ممغنطة أو ميكانيكية، أو استنساخاً، أو تسجيلاً، أو غيرها إلا في حالات الاقتباس المحدودة بغرض الدراسة مع وجوب ذكر المصدر.

رئيس التحرير: **د. عثمان الصيني**

لمراسلة المجلة على الإنترنت:

info@arabicmagazine.com www.arabicmagazine.com

الرياض- طريق صلاح الدين الأيوبي (الستين) - شارع المنفلوطي

تليفون: 4778990 1-966 فاكس: 4766464 -1-966. ص.ب: 5973 الرياض 11432

هذا الكتاب من إصدار: **Larousse**

Petit atlas des phénomènes naturels

Copyright ©2008 - All rights reserved.

تأليف: Anne Debroise et Érick Seinandre

رسم الخرائط: Vincent Landrin

التوزيع DISTRIBUTION

دار المؤلف Dar Al-Moualef

Tel.: +961 1 823720

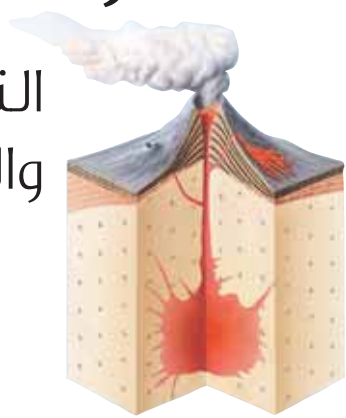
Fax : +961 1 825815

info@daralmoualef.com

آن دوبرواز وإريك سيناندر

الظواهر الطبيعية

التأثيرات الباطنية والجوية



ترجمة: هلا أمان الدين

المحتويات

مقدمة

النار في باطن الأرض 9

مصدر البراكين 10
تنوُّع البراكين 14
أنواع مختلفة من الثوران 18
المخاطر الأخرى للبراكين 20
الانفجارات البركانية الكبيرة عبر التاريخ 22
البراكين والإنسان 24

عندما تهتز الأرض 27

منشأ الزلازل 28
الزلازل الكبيرة عبر التاريخ 32
التسونامي: أمواج متدفقة 34

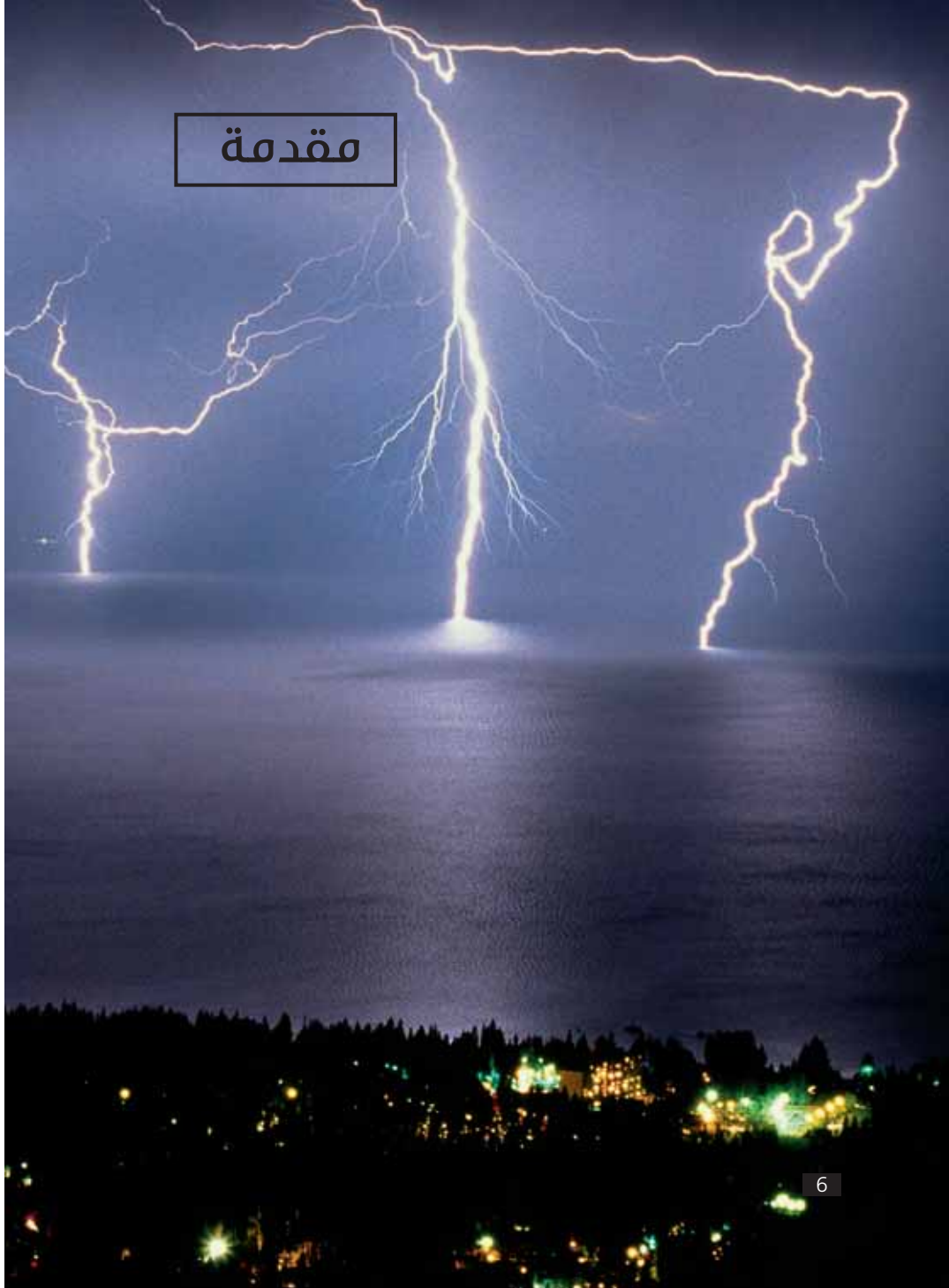
عندما تجنّ الرياح 37

مصدر الرياح 38
عندما تزمجر العاصفة 42
منشأ الأعاصير 44
الأعاصير الكبرى عبر التاريخ 46
العواصف 48
العاصفة الدوّارة 50

غضب المياه 53

ارتفاع منسوب المياه يسبب الفيضانات 54
مساقط المياه والشلالات 60
المد والجزر 62

تحت تأثير الجليد	67
الكتل الجليدية	68
الجليد البحري والصفائح الجليدية	74
ثلج وبَرَد	76
العواصف الجليدية	78
العصور الجليدية	80
مشاهد من السماء	83
السراب	84
البروق والصواعق	88
الشفق القطبيّ	90
ظواهر كونية	93
المذنّبات، رُسُل من السماء	94
النيازك، أبناء المذنبات والكويكبات	100
الكويكبات	104
الخسوف والكسوف	107
مصدر الخسوف والكسوف	108
كسوف الشمس	112
خسوف القمر	114
وجهات نظر ونقاشات	
التنبؤ بالكوارث الطبيعية	116
الطوفان، أسطورة أم حقيقة؟	119
معجم المصطلحات	122
فهرس المصطلحات	125



مقدمة

تعيش الأرض وفقاً لإيقاع الظواهر الطبيعية، حيث نحتتها قوى الطبيعة على مدى ملايين من السنين، أو هزّتها فجأة في غضون ثوان قليلة.
نحن نعلم أن كوكبنا يتغير بطبيعة الحال بسبب هذه الظواهر المؤثرة، وهو يبحث عن تحقيق توازنه ضمن هذا الكون، وفي ما بين مكوناته المختلفة (وزن الهواء، التيارات البحرية، الحرارة الداخلية إلخ..)، وهذه القوى وهذه التوازنات تتخطانا بشوط كبير.
وتكون الظواهر الطبيعية في بعض الأحيان مصدراً للتعجب: كُسوف، شُهُب، شفَق قطبيّ وشلالات شاهقة تسحر العقول. لكن بإمكانها أيضاً أن تخلق خوفاً مبرراً، كونها في أغلب الأحيان مصدراً للكوارث الطبيعية. وما الأعاصير، والمد البحري الهائل المرافق للزلازل، وثوران البراكين، والفيضانات التي حصلت منذ وقت قريب في أوروبا أو في بنغلادش، إلاّ شاهد على ذلك.
يقف الإنسان عاجزاً عن السيطرة على هذه الظواهر، إلاّ أنه قد يتأثر بها في كل الأحوال. وبحسب التوقعات الأخيرة لاختصاصيي الأحوال الجوية، فإن الاحتباس الحراري سببه الانبعاث المتزايد للملوثات في الغلاف الجوي، ما يهدد بازدياد وتيرة الكوارث الطبيعية. وإذا كان من الصعب تحديد مدى ارتباط الظواهر التي حدثت أخيراً بالاحتباس الحراري المحتمل، فإن هناك مؤشراً لا يخطئ أبداً: ألا وهو ارتفاع أسعار عقود التأمين التي تغطي هذه المخاطر الكبيرة!
وعلى الرغم من أن آليات متعددة تبقى غامضة، إلاّ أن فهم العوامل الطبيعية هو في تحسّن مستمر. في الوقت الحالي، تخضع البراكين الناشطة لمراقبة دقيقة، ويمكن تفادي النتائج المميتة للثورانات البركانية عبر إخلاء السكان، كما يمكن متابعة الاتجاهات التي تسلكها الأعاصير. أما بالنسبة للتسونامي، فإن الكارثة التي وقعت عام 2004 في آسيا قد أعطت دفعاً جديداً لمنظومات التنبؤ والحماية، ما يسمح في المستقبل بالحد من هذه الكوارث. أما لجهة الزلازل التي لا يمكن توقعها، فإن الأبنية المشيدة بطريقة مقاومة للزلازل هي في تزايد مستمر.
غير أن التقدم في هذه المجالات ليس بالقدر الكافي إذا ما نظرنا إلى الخسائر البشرية والمادية المسجلة، ذلك أن المناطق الفقيرة من العالم، الأكثر عرضة للكوارث، ليس في استطاعتها الإفادة من هذا التقدم.

سلسلة من البروق فوق بحيرة في الولايات المتحدة. هذه الظاهرة تحدث بمعدل مئة مرة في الثانية على سطح الأرض.

ظهرت البراكين منذ حوالي 4 مليارات سنة، أي منذ أن بدأت القشرة الأرضية بالتصلب. بفضل هذه «المداخن» الطبيعية، تفرغ الأرض الحرارة المتولدة في باطنها بسبب تفكّك وانشطار العناصر ذات النشاط الإشعاعي (المشعّة). تتركّز معظم البراكين على حدود الصفائح التكتونية، حيث يعزز التباعد أو التقارب بين هذه الصفائح صعود الصخور الذائبة في الأعماق إلى الأعلى، في حين يظهر بعض البراكين وسط إحدى الصفائح. كل حالة مما ذكرنا تولد براكين بأنماط مختلفة تماماً، حيث تتفاوت قوة الثوران بين بركان وآخر.

يتميز ثوران بركان جبل إتنا بدفق كبير للحمم السائلة.

النار في باطن الأرض

مصدر البراكين

لطالما كانت البراكين موجودة على كوكبنا، وهي عبارة عن ثغرات تتدفق من خلالها الحرارة المتولدة بصورة مستمرة في مركز الأرض.

جرم مفتوح في أحشاء الأرض

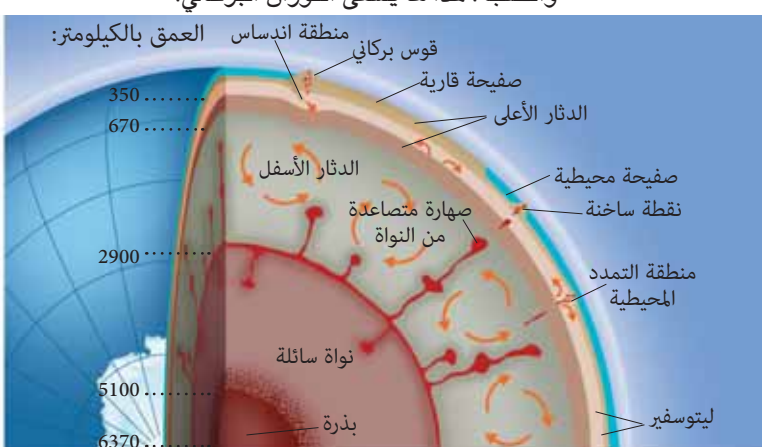
يشبه كوكبنا أتوناً حقيقياً؛ فبسبب هذه الحرارة المتصاعدة الناتجة عن تفكك العناصر المشعّة للصخور التي يتكون منها الكوكب، يشعّ باطن الأرض بأكثر من 5000 درجة مئوية. تحت أقدامنا في باطن الأرض، ترتفع الحرارة درجة مئوية واحدة كل 30 متراً. على مستوى القشرة الخارجية، وعلى عمق يقارب 100 كلم، تنصهر الصخور في عدة أماكن لتشكل الصُّهارة. من هنا تتغذى البراكين على وجه العموم، لكن بإمكانها أيضاً أن تجد لها مصدراً أكثر عمقاً، على بعد آلاف الكيلومترات من سطح الأرض.

تكون الصُّهارة أخف وزناً وأكثر سخونةً من الصخور المحيطة، وهي تحاول دائماً الصعود نحو السطح للاستفادة من المناطق السهلة الانكسار في القشرة الأرضية. عندئذ تتكدس الصُّهارة في خزانات هائلة، وعندما يصبح ضغط الغاز السائل في الحمم قوياً جداً، تتشقق القشرة الأرضية ويتفجر منها مزيج من الغازات والصخور السائلة والصلبة. هذا ما يسمى الثوران البركاني.

معجم

صُهارة (ماغما)
صخور سائلة تتكون في باطن الأرض.

غلاف الأرض الصخري (ليتوسفير)
إنها الطبقة الخارجية من القشرة الأرضية، وهي مقسّمة إلى صفائح تكتونية.



إن الحمل الحراري (دوران الحرارة) في الصخور الساخنة الذي يعطي الحياة للدثار (القشرة الخارجية) هو الذي يكوّن الصفائح الليتوسفيرية. هذه التحركات تسمح للحرارة المتولدة في باطن الأرض بالانتقال والدوران ومن ثم الخروج من المداخن البركانية.

تعود المظاهر البركانية التي نراها في ايسلندا إلى تباعد صفيحتين ليتوسفيريتين. هنا صدع في منطقة بينغفيلير.

حركات الصفائح التكتونية

تتركز البراكين بشكل رئيسيّ على امتداد حدود الصفائح. وتنقسم القشرة الخارجية القاسية من الكرة الأرضية، الليتوسفير، إلى صفائح تتنقل ببطء كبير بفضل حركات الحمل (الدوران) الحراري التي تهز الدثار. عندما تتوجه صفيحتان الواحدة باتجاه الأخرى، تمر واحدة تحت الأخرى وترفعها إلى الأعلى، فتسخن الصفيحة السفلية في العمق وتموع؛ هنا نتحدث عن منطقة اندساس الصفائح. تختفي طبقة الليتوسفير في هذه المناطق لتعود وتتكون في أماكن أخرى؛ أي في مناطق تباعد الصفائح، حيث تتباعد صفيحتان عن بعضهما البعض. ويحتوي الوادي (أو ما يسمى «الصدع») الذي يظهر هناك على صخور بازالتية تجمدت بعد أن بردت. أيضاً يمكن لصفيحتين أن تنزلقا ببساطة الواحدة تحت الأخرى، وهي آلية لا تؤدي بوجه عام إلى أي تكوّن بركاني.

براكين النقاط الساخنة

ينبثق حوالى 5 % من البراكين من وسط الصفائح الليتوسفيرية، وقد بقيت هذه البراكين التي يطلق عليها «براكين النقاط الساخنة» غامضة لوقت طويل. أما اليوم فنحن نعلم أن مصدرها يقع على عمق يتراوح بين 1000 و3000 كلم. هناك، تخترق المادة الساخنة الدثار الأرضي بهدف تخفيف الضغط، ما يؤدي إلى تميُّعها. تهاجم المجاري الملتوية التي تكوّنت طبقة الليتوسفير وتثقبها: عندئذ يدخل البركان طور النشاط.

وبما أن طبقة الليتوسفير تتابع تنقلها بينما تظل المجاري الملتوية ثابتة، فإن البركان لن يبقى على الخط العمودي نفسه مع هذه الأخيرة وينتهي الأمر به بأن يخمد، في حين يظهر بركان آخر في نقطة جديدة متعامدة مع النقطة الساخنة.

خريطة (على الصفحتين التاليتين)

إن معظم البراكين تتمركز على طول حدود الصفائح الليتوسفيرية، سواء في مناطق تباعد الصفائح (أعراف منتصف المحيط)، أو في تلك التي تتقارب فيها الصفائح وتغرق الواحدة تحت الأخرى (مناطق الاندساس).

الكوكب الناشط

بحسب تقديرنا الحالي فإن هناك بين 500 و1500 بركان ناشط، أي قابل للدخول في مرحلة الثوران بين وقت وآخر. خلال القرن العشرين، شهد أكثر من 400 بركان ثوراناً واحداً على الأقل. غير أن هذه الأرقام تبقى نسبية، إذ إنه غالباً ما يكون من الصعب رسم حدود لكل «جهاز» بركاني؛ فالجهاز البركاني الواحد قد تكون له فوهات متعددة. وفي مطلق الأحوال، لا يمكننا تعداد الآلاف من البراكين التي تملأ الصدوع في أعماق البحار والتي تبقى مجهولة بالنسبة إلينا.

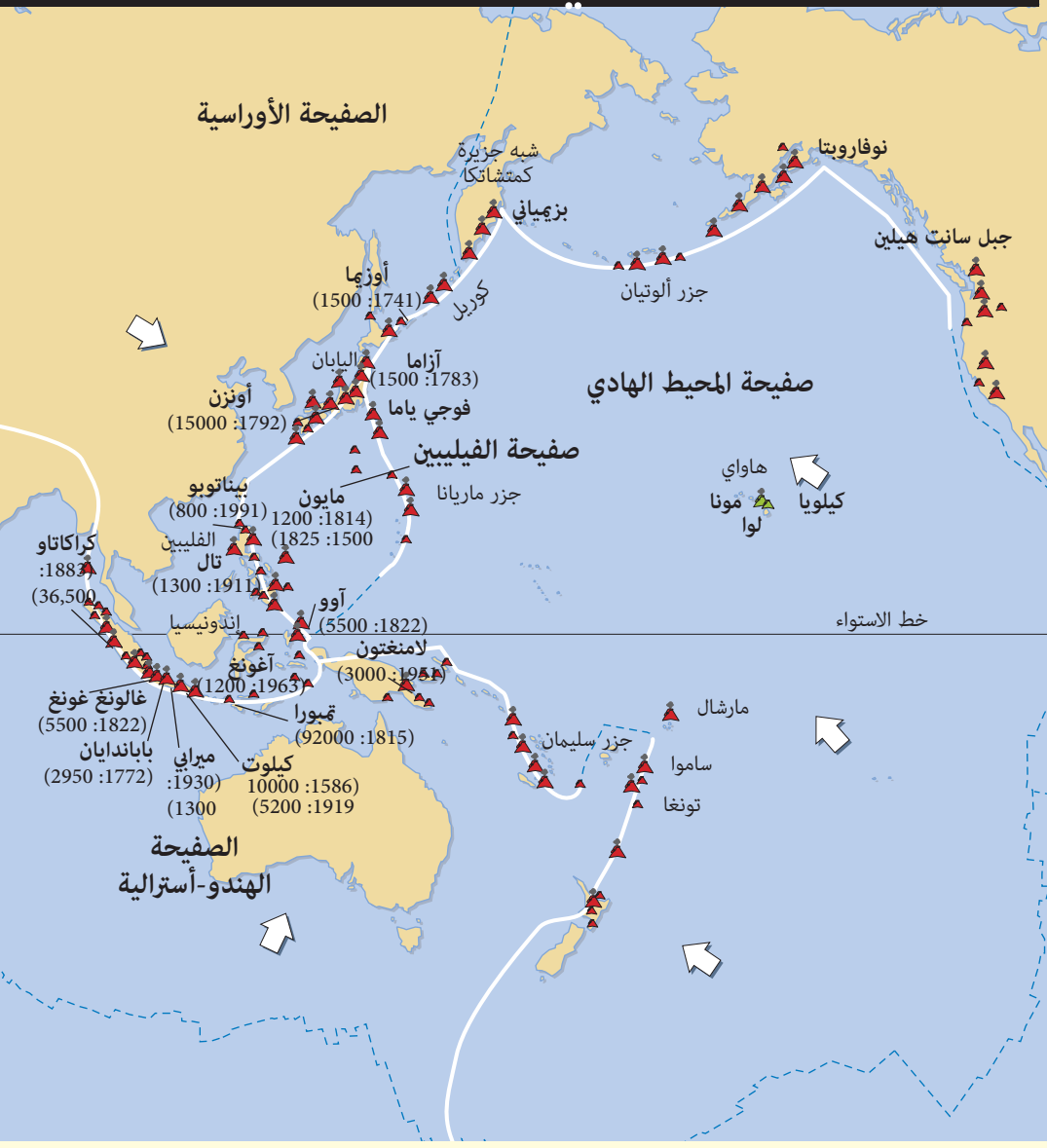
الأنواع الرئيسية من البراكين الناشطة

	ناشطة	ناشطة جداً
براكين الصدوع القارية		
براكين الصدوع المحيطية		
براكين مناطق اندساس الصفائح		

براكين المناطق الداخلية للصفائح (براكين النقاط الساخنة)

براكين خامدة

توزّع البراكين في العالم



الصفائح الليتوسفيرية:

اتجاه الصفائح

مناطق اندساس الصفائح

حدود الصفائح

بركان تامبورا (1815: 92000):
تاريخ الثوران الرئيسي وعدد الضحايا

تنوُّع البراكين

تشبه البراكين في الغالب جبلاً متوّجاً بفوهة، لكنها تأخذ أيضاً أشكالاً مضلِّلة، كالثقوب والصدوع والقِباب.

الأشكال المخروطية التامة

لكل بركان تاريخه الخاص الذي يضم ثوراناً واحداً أو أكثر وانفجارات تقذف مواد صلبة أو حمماً ذائبة. وكل تاريخ يعطي البركان شكلاً مختلفاً.

إن المخروط هو الشكل البركاني الأكثر كلاسيكيةً. هنا نتحدث عن جبال بارتفاعات متباينة للغاية (الأصغر بينها يمكن أن يبلغ ارتفاعه عدة أمتار فقط!) ومنحدرات شديدة إلى حدّ ما (بزاوية تبلغ 30°). من بين هذه الجبال، جبل المايون (2462م) الذي يقع في جزر الفليبين، والمشهور حول العالم بشكله المنتظم. عندما نصل إلى ارتفاع ما، يصبح من الطبيعي وجود بعض الثلوج على قمم تلك البراكين، كما هو حال جبل فوجي ياما (3776م) الذي يمثل أعلى نقطة في اليابان. هناك عدد من البراكين التي تتألف من عدة قمم مخروطية تُسمى «طارئة»، وهي أشبه ببراكين صغيرة تشهد على ثورات حممية عديدة سابقة (يضمّ بركان إتنا على سبيل المثال أكثر من 250 منها!).

المخروط المذهل لبركان ليليكنكابور يشرف على تشيلي والألتيبلانو البوليفية من ارتفاعه البالغ 5920 متراً.

جزيرة عابرة

في 18 تموز 1831، ظهرت جزيرة جديدة في مضيق صقلية، هي عبارة عن بركان تحت الماء وصل إلى ارتفاع كاف جعله يظهر على صفحة المياه. بعد مرور شهر، أصبح قطر دائرته 1500م وارتفاعه 70م. هذه الأرض الجديدة أثارت مطامع البعض، حيث خصّت مملكة الصقليتين نفسها بها وأطلقت عليها اسم «فرديناندیا»، فيما طالب البريطانيون بالجزيرة وأطلقوا عليها اسم غراهام، أما الفرنسيون فقد أطلقوا عليها اسم جوليا. في نهاية ذلك العام اختفت الجزيرة الصغيرة بعد أن تآكلت بفعل التيارات البحرية... وبعد ظهور قصير آخر في عام 1863، اختفت من جديد وبشكل نهائي.

قمة بركان درعي تظهر شبه مسطحة. من «المونا أولو»، التي تكونت بين عامي 1969 و1974 بالقرب من «كيلايوا»، نلاحظ أيضاً «المونا لُوا» الذي يصل ارتفاعه إلى 4710 أمتار.

البراكين الدرعية

هناك براكين أخرى ذات أشكال قلّما نصادفها كما نصادف البراكين المخروطية. نتحدث هنا عن البراكين الدرعية التي يبلغ انحدارها بين درجتين وعشر درجات، وهي تشبه كرة الركبي المدفونة حتى منتصفها في الأرض. هذا الشكل المحدب الذي تتميّز به سببه الضغط الذي مارسته الحمم السائلة داخل البركان، وهذا الضغط هو الذي يقوم بنفخ جوانب البركان قبل أن تندفع الحمم ببطء نحو الخارج. وبإمكان البراكين الدرعية بلوغ ارتفاعات شاهقة بفضل تراكم كمية كبيرة من الصهارة. وهكذا نجد أن بركان المونا لُوا (الواقع في الأرخبيل البركاني لجزر هاواي)، وهو البركان الدرعي الأكثر شهرة، هو أيضاً أكبر البراكين حجماً في العالم، إذ يبلغ ارتفاعه 4170 م وقطر قاعدته 250 كلم!

معجم

حيد منتصف المحيط صدع تحت البحر تصعد من خلاله الصهارة فتعيد تشكيل قاع المحيط.

صدع واد يتشكل من انهيار تتسبب به اضطرابات طبقة الليتوسفير.

الحفر الكبيرة

عوامل بركانية تحصل على طول حيود التباعد المحيطية، وأيضاً في أيسلندا وعلى طول الأخدود الأفريقي العظيم. تصعد الصهارة (الماغما) السائلة وتفيض فوق الصدوع التي سببها تباعد الصفائح الليتوسفيرية، ما يعطي أشكالاً بركانية متميّزة. على مستوى اليابسة، يُحدث هذا التباعد في البداية شقاً يُسمّى «مزراب التمدد» – كما حدث مثلاً في الأخدود الأفريقي العظيم – قبل أن يُشكل في ما بعد بداية محيط، كالبحر الأحمر مثلاً. على طول الحيود المحيطية، في أعماق المياه، يقذف العديد من المداخن البركانية مياهاً محمّلة بالأملاح المعدنية، ونسميها المداخن السوداء.

الحفر والحدب

تختلف البراكين عادة بأشكال قممها. فالأكثر كلاسيكية منها له فوهة، أي أن قمة مدخنته مفتوحة. وتؤدي التحركات التي تسبب الاهتزاز للقشرة الأرضية وللصهارة الموجودة تحت البركان إلى انفتاح المجاري في أغلب الأحوال؛ عندئذ تنثلم فوهة البركان وتنفتح عن آخرها (أي تتجوّف وتصبح أكثر اتساعاً).

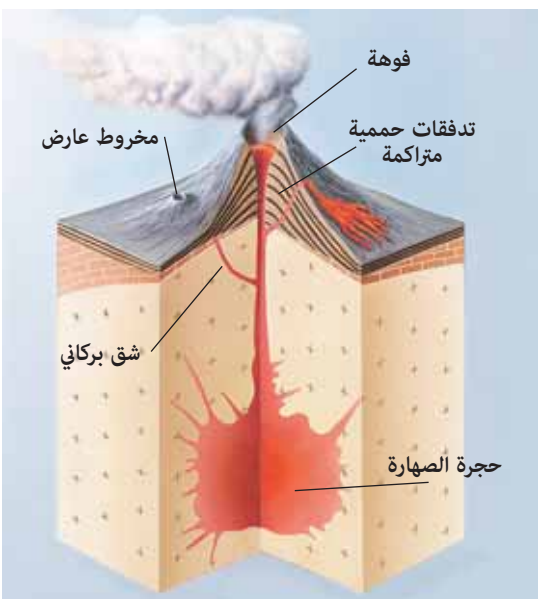
وإذا ما حدث أن تدخل فجأة أي عامل مفجر آخر في المكان نفسه، فبإمكاننا أن نلاحظ عندئذ اندماجاً بين الفوهات. وبحسب درجة نشاط البركان، يكون قعر الفوهة مليئاً إما بالحمم المتجمدة، أو بتلك التي تغلي.

في بعض الأحيان، عندما تلتقي الحمم في طور الثوران بطبقة صخرية أو ببحيرة، فإن تضارب هاتين الحرارتين المرتفعتين يؤدي إلى انفجار بخاري قوي، ويتشكل عندئذ منخفض يمكن لبحيرة جديدة أن تحتله. هذا النوع من الفتحات يُسمى «حفرة بركانية». في المقابل، هنالك العديد من البراكين من دون فتحات. فإذا ما امتلأت فوهة البركان بالحمم السائلة السميكة في نهاية فترة الثوران، والتي لا يمكنها أن تجري لشدة سماكتها، فإنه يمكن لهذه الأخيرة أن تسد الفوهة وتشكل قبّة ملحية. هذا هو حال بركان جبل سانت هيلينز في الولايات المتحدة أو جبال دور (مون دور) في فرنسا.

معجم

الجفرة (كالديرا)
تعني انهيار سقف البركان بسبب ثوران عنيف جداً.

حفرة بركانية
فوهة متشكّلة من تلاقي الصهارة الصاعدة مع مياه متجمعة على سطحها.



تدفق الحمم البركانية وانبعاث البقايا الصخرية هما اللذان يعطيان للبراكين شكلها؛ فهما يشكلان مخروطاً ذا انحدار بسيط أو شديد حول المدخنة الرئيسية يتصل بواحدة أو أكثر من حجرات الصهارة.

وسط الجفرة (الكالديرا) التي تشكلت فوق هذا البركان الإثيوبي وقد امتلأ جزئياً بمياه الأمطار.

قدور الجحيم: جفرة رائعة

الجفرة عبارة عن منخفض أرضي هائل الحجم في وسط فتحة بركانية. تتشكل بصورة خاصة خلال الثوران الانفجاري عندما تفرغ خزانات الصهارة الموجودة تحت البركان محتوياتها بصورة مفاجئة. ويتشكل سهل بمساحة عدة كيلومترات في وسط البركان، محاط بأجراف مرتفعة تعزله عن بقية العالم. تشكل الجفرة مناظر طبيعية متنوعة؛ ففي جزيرة سانتوران الواقعة شمالي جزيرة كريت، حصل في العام 1500 ق. م. انهيار في وسط الجزيرة خلال ثوران بركاني عنيف، لم يترك من الأرض الظاهرة فوق المياه إلا شاطئاً صخرياً منحدراً على شكل هلال. أما في نغورونغورو (جمهورية تنزانيا المتحدة)، فقد شكلت الجفرة هناك ضمن سهل مسيّج تبلغ مساحته 20 كلم، محمية تضم عينة متنوعة من الحيوانات الأفريقية (وقد سُجِّلت هذه المنطقة الجغرافية في قائمة التراث الإنساني منذ العام 1979).

وتوجد في إندونيسيا أكبر جفرة في العالم، يبلغ قطرها 30 كلم من أصل 100 كلم، وتقع في وسطها بحيرة توبا.

أشكال مختلفة

تتغير خصائص البراكين مع مرور الوقت. فعلى سبيل المثال، يمكن لقمة بركان أن «تطير» من مكانها نتيجة لثوران قد يشطر البركان بالمعنى الحرفي للكلمة. وقد حدث الثوران الأقوى في التاريخ القريب في عام 1815، فقلص ارتفاع بركان تامبورا في إندونيسيا من 4000م إلى 2800م! ويمكن لتحولات مفاجئة أخرى أن تحدث، كتفريغ بحيرة من مائها، أو ظهور وقتيّ لجزيرة وسط المحيط (كجزيرة سيرتسي على سبيل المثال). أخيراً، يمكن لعاملي التآكل ومرور الوقت أن يحوّلا بركاناً خامداً إلى جبل هادئ مخضرّ؛ فالطبيعة البركانية لجبال أوفرن في فرنسا مثلاً لم تتم ملاحظتها إلاّ ابتداءً من القرن الثامن عشر.

أنواع مختلفة من الثوران

يرسم دخان البركان الرمادي الكثيف وشلالات الحمم الحمراء نوعين
من الثوران البركاني، حيث تعتمد هذه الاختلافات قبل أي شيء آخر على
تركيبة الصهارة القادمة من الأعماق.

السيناريو

يمكن تشبيه الثوران البركاني بالانفجار الذي يحدث لغطاء زجاجة شمبانيا بعد أن يتم هزها بقوة. وتخضع القشرة الأرضية للضغط الناتج عن الغازات السائلة في الصهارة والمتجمعة في حُجرة الصهارة تحت البركان. تتحلل الصهارة إذا وتنقسم إلى قسمين: قسم غازي (بخار الماء، ثاني أكسيد الكربون، كلور...)، وآخر سائل. وبمقدار ما يتصاعد هذا المزيج في «المدخنة» ينخفض الضغط. تتمدد الفقاعات الغازية بشكل سريع وتسبب الانفجار وتقذف السائل الذي يتجمد في ما بعد في أعلى البركان.

يعتمد سيناريو الانفجار إذاً على عنصرين: الأول غنى المواد المقذوفة بالغاز، والثاني مقدار ما تحتويه الصهارة من السيليس (الصوّان)؛ فكلما كانت الصهارة غنية ومشبعة بالغاز، كان الانفجار أقوى، وكلما كانت الصخور السائلة غنية بالسيليس (أكثر من 70 %)، كانت أكثر سماكة بحيث تسيل بصعوبة أكبر، حتى تصل إلى حد تشكيل سدادات ينتهي بها الأمر إلى أن تنفجر فتقذف حمماً صلبة وبقايا صخرية أخرى خطرة للغاية. كما أن العكس صحيح أيضاً، حيث إن الصخور الفقيرة بالسيليس (أقل من 50 %) تتدفق على شكل سائل، مكونة سيولاً من الحمم البازالتية.

هيكلية البركان والتركيبة الكيميائية للحمم البركانية هما اللذان يحددان الأنواع الأربعة من ثوران البراكين.

التصنيف

يمكننا أن نميز بصورة عامة أربعة أنواع من الثوران البركاني: الأول الثوران من نوع هاواي، وهو يتميز بانفجارات نادرة وبقذف حمم بازالتية سائلة وحارة جدا، وهذا النوع يشكل البراكين الدرعية. ثم الثوران السترومبولي، حيث تتناوب الصهارة الصلبة التي تتدفق على شكل انفجارات وسيول الحمم الذائبة، وذلك بسبب الحمم اللزجة الغنية بالغازات (وهكذا يتألف المخروط البركاني من سلسلة طبقات متراكمة من الصهارة الصلبة والحمم الباردة)؛ هذه

التقاء الحمم والمياه على عمق بسيط يسبب انفجارات قوية كما يبدو في الصورة، التي التقطت في أيسلندا بالقرب من سورتسي.

البراكين تُسمى البراكين الطبقية. أما في الثوران الفولكاني، وهو الأشد عنفاً، فتواجه الصهارة الشديدة اللزوجة صعوبة في الخروج من مدخنة البركان وتشكل بالتالي سدادة. عندما يصبح الضغط المتراكم في المدخنة كافياً، تنفجر السدادة، قاذفة إلى الخارج أمطاراً من الصهارة الصلبة. يتميز هذا النوع من الثوران بانبعاث غيمة من الرماد تتصاعد من البركان على شكل قرص من الفطر. أخيراً ثوران بيليه هو ثوران انفجاري أيضاً، يسببه تدفق الصهارة ذات اللزوجة الشديدة (السميكة)، ويتميز هذا النوع بتشكل قبة من الصهارة الباردة فوق قمة المدخنة. عندما تنزاح هذه القبة، تتشكل سحب متأججة من الحمم السائلة والغازات المشتعلة التي تجتاح المنحدرات المحيطة بالبركان بسرعة تبلغ مئات الكيلومترات في الساعة.

معجم

الصهارة الصلبة أو التفرا هي مجموع البقايا التي يقذف بها البركان: غبار ورماد (يبلغ قطر ذراته 2 ملم) وجسيمات صلبة (من 2 إلى 64 ملم) وحمم صخرية.

الماء والنار

يؤدي التقاء الماء والحمم أيضاً إلى ظهور أنواع أخرى من الثوران: كالثوران تحت البحار والمحيطات حيث يحول ضغط المياه في الأعماق دون طرد الغازات، ما يسمح للحمم بالانسياب الهادئ وهو ما يُسمى «التدفق على شكل وسادة»؛ والثوران الذي يحصل على عمق قليل حيث يؤدي احتكاك الماء مع الحمم إلى انفجارات قوية؛ وأخيراً الثوران التدفقي، حيث إن قرب خزانات الصهارة من السطح يؤدي إلى تبخر سريع للمياه الجوفية، مع قذف مفاجئ لبخار الماء والصخور القديمة الصلبة.

التصنيف النظري

من الصعب إدراج البراكين ضمن تصنيفاتٍ محددة، لأن البركان نفسه غالباً ما يشهد أنواعاً مختلفة من الثوران خلال حياته (حتى خلال الثوران الواحد). فقد شهد بركان شعف لا فورنيز على جزيرة ريونيون ثورانا من النوع الستروميولي قبل أن يتغير ويصبح من نوع هاواي.

المخاطر الأخرى للبراكين

تنشر البراكين خطر الموت الدائم بين آلاف السكان القاطنين على الكرة الأرضية. وهو خطر ذو عدة أوجه، كالغازات السامة أو فيضانات الوحول.

المياه المسببة للخراب

إن المأساة التي أصابت مدينة أرميرو الكولومبية في 13 تشرين الثاني/ نوفمبر 1985، قد ذكرت العالم أجمع وبصورة تراجيدية بأن النيران ليست العامل الوحيد المسبب للموت خلال الثوران البركاني. فبركان نيفادو ديل رويز الذي يبلغ ارتفاعه 5389م، مغطى بالجليد مثل العديد من البراكين، لكن حرارة الثوران قد حولت هذا الجليد إلى فيضان مائي ثم إلى وحول غمرت المدينة وسكانها، لتحصد هذه الكارثة 22000 شخص بين قتيل ومفقود.

وهنالك أنواع أخرى من البراكين التي يمكن أن تسبب فيضانات وحلية، كفوهات البراكين التي تؤوي بحيرة على سبيل المثال. هذا ما حصل لعاصمة غواتيمالا القديمة أنتيغا في القرن السابع عشر وأدى إلى دمارها. يمكننا أيضاً مشاهدة فيضانات من الوحول في المناطق الحارة والرطبة خلال موسم الأمطار، وذلك خلال السنوات التي تلي الثوران البركاني الذي يخلّف وراءه مخزوناً هائلاً من الرماد. في اليابان، وهو أحد أشهر البلدان في اتخاذ الحيطة والحذر من الكوارث البركانية، تم بناء سدود وأجهزة تكرير مختلفة على منحدرات جبل أوزو البركاني بهدف السيطرة على فيضانات الوحول القادرة على ابتلاع هذه المنحدرات المغطاة بالرماد بعد الثوران البركاني عامي 1977 و1978. أخيراً، فإن بإمكان الثوران العنيف للبراكين أن يسبب فيضانات مدمرة؛ حيث أدى ثوران بركان كراكاتاو عام 1883 إلى إغراق 165 قرية ومقتل 36000 شخص.

بلدة أرميرو في كولومبيا الواقعة على مسافة 130 كلم من بوغوتا، وقد اجتاحتها فيضانات الوحول بعد استيقاظ بركان نيفادو ديل رويز الخامد منذ العام 1840.

تسببت غيمة الغازات المنبعثة من بحيرة نيوس (الكاميرون) في 21 آب/ أغسطس 1986 بهلاك القطعان الموجودة في المناطق المجاورة. وقد تمّ إحصاء أكثر من 3000 رأس من الماشية المختنقة بثاني أكسيد الكربون.

غازات مميتة

تمتلئ فوهات البراكين في بعض الأحيان بمياه الأمطار، مشكّلة بحيرات دائمة تُذيب مياهها الكبريت وثاني أوكسيد الكربون والكلور التي تم قذفها مع الصهارة المتدفقة. تؤوي فوهة بركان كاوا إدجن في إندونيسيا بحيرة مليئة بحامض الكبريت وحامض الكلور. وبالإضافة إلى الخطر الأساسي المتمثل بوجود هذه الكمية من الأحماض، فإنه يمكن لهذه البحيرات التي تعلو الفوهات أن تطلق فجأة كميات كبيرة من الغازات السامة. في الواقع، عندما تصل قدرة المياه على إذابة الغازات إلى أعلى درجاتها، فإن أقل مقدار من الخلل يؤدي إلى انطلاق الغازات بكميات كبيرة. في العام 1976، اخترقت كتلة هائلة من غاز الكبريت سطح فوهة كاوا إدجن ما أدّى إلى مقتل 11 عاملاً كانوا يجمعون الكبريت. وفي 21 آب/ أغسطس 1986، انبعثت طبقة من غاز الكربون من بحيرة نيوس الموجودة داخل بركان خامد، يربض فوق جبل «أوكو» في الشمال الغربي للكاميرون، ما أدّى إلى اختناق 1746 شخصاً و3000 رأس من الماشية. ومنذ عام 2001، تمّ تجهيز بحيرة نيوس وبحيرات أخرى بسيفونات آلية، هي عبارة عن أنابيب بلاستيكية مركّزة عمودياً في البحيرة تصعد من خلالها المياه الغنية بالغازات والموجودة في الأعماق. هذه المياه تتدفق على ارتفاع عدة أمتار فوق البحيرة وتحرر الغازات التي تحتويها وبكميات غير مؤذية.

المناخ المتغير

إنّ تصاعد كميات كبيرة من الغبار البركاني في الجو يمكن أن تكون له نتائج سلبية على مناخ العالم بأسره. في عام 1982، أدى ثوران بركان إل شيشون في المكسيك إلى ضخ 20 مليون طن من الغبار وكميات هائلة من غاز الكبريت في طبقة الستراتوسفير الجوية. وقد حجبت هذه الغيمة من 2 إلى 3 % من أشعة الشمس لمدة ثلاث سنوات متتالية، مسببة تدنياً في درجة حرارة الكرة الأرضية بنسبة درجة مئوية واحدة. هذا التدني كان وراء موجة الصقيع التي اجتاحت الولايات المتحدة خلال شتاء 1983 – 1984 وأوروبا خلال السنة التالية.

الطائرات مهددة أيضاً

في حزيران/ يونيو 1982 كانت طائرة بوينغ تابعة للخطوط الجوية البريطانية تمر في أجواء جاوا على ارتفاع 12300 متر عندما تعطلت محركاتها، وذلك بسبب ثوران بركان غالونغانغ الذي ضخ أطناناً من الغبار البركاني في الطبقات العليا من الجو، ما اضطر الطائرة إلى الهبوط الاضطراري. ولحسن الحظ كان الهبوط ناجحاً وتم به إنقاذ حياة جميع الركاب. اليوم، باتت الطائرات تتجنب الطيران فوق مناطق الثوران البركاني.

الانفجارات البركانية الكبيرة عبر التاريخ

طبعت انفجارات بركانية متعددة التاريخ البشري بقوتها وبتأثيرها المدمر على الحياة. حتى إن بعضها دخل في عالم الأسطورة...

سانتوران: أهي أطلنطس التي اختفت؟

في عام 1450 ق. م.، هز أحد أكبر الانفجارات البركانية المدمرة في التاريخ جزيرة ثيرا المعروفة اليوم باسم سنتوران، في شمال كريت. ويقدّر علماء البراكين أنّ 60 كيلومتراً مكعباً من المواد قد تم قذفها في الجو. وقد سُمع صوت الانفجار على بُعد آلاف الكيلومترات، وهدم أبنية عدة في اليونان، فيما غمر المد الشطآن المجاورة، وأدّى الانفجار في المحصلة إلى غرق القسم الأكبر من الجزيرة. ويفترض عالم زلازل يوناني أن يكون المقصود بذلك جزيرة أطلنطس الشهيرة. وهناك أسطورة مصرية تتحدث عن حضارة متقدمة جداً كانت تقوم فوق إحدى الجزر، لكن هذه جزيرة اختفت فجأة بعد تعرضها لهزة أرضية أدّت إلى ارتفاع في منسوب المياه (المد).

في سانتوران (اليونان) أوجد انهيار وسط البركان جفرة شبه مغمورة. نرى هنا فوهة البركان وفي الإطار البعيد للصورة نرى هضبة الجفرة التي تقوم عليها مدينة فيرا.

بومبيي، ضحية بركان فيزوف

تُعد مدينة بومبيي في إيطاليا شاهداً صارخاً على الخراب الذي تسببه البراكين. ففي العام 79م استيقظ بركان فيزوف غامراً المناطق المجاورة له بعدة أمتار من الرماد، وأحجار الخفاف والأوحال. حافظ الرماد على الأجسام الميتة في مدينة بومبيي الثرية كما لو أنها محفوظة في قوالب. وفي وقت لاحق، قام بلينيوس الأصغر بوصف ذلك الثوران بدقة، وهو قنصل وكاتب اقترن اسمه بالصهارة الصلبة والانبعاثات التي قذفها ذلك الانفجار البركاني؛ ونعني بذلك سحابة بلينيوس.

معجم

الخفاف
حجر بركاني خفيف الوزن ومليء بالمسامات.

كراكاتاو، جبل بيليه وبيناتوبو

«كراكاتاو» هو اسم الضجة الصادرة عن البركان الإندونيسي عندما يثور غضبه. في 27 و28 آب/ أغسطس من العام 1883 سُمع صوت غضبه على بُعد يفوق 4500 كلم! وقد أدت الموجات الصدمية التي سببتها الانفجارات إلى تحطيم زجاج النوافذ في دائرة يبلغ شعاعها 500 كلم. هذه الغيمة البركانية

خلال ثوران بركان بيناتوبو في الفليبين عام 1991، أعتمت المقذوفات البركانية السماء لعدة أشهر. كما اكتست الأراضي المجاورة بغطاء من الرماد البركاني تراوحت سماكته بين 10 سنتيمترات ومتر. وما زلنا نجد بقايا هذا الرماد حتى يومنا هذا على شواطئ الصين.

التي بلغ ارتفاعها 40 كلم، دارت عدة مرات حول الكرة الأرضية. وحصل ارتفاع للمد بسبب كمية صخور الخفاف الهائلة التي تساقطت في البحر، فكان ذلك السبب المباشر لوفاة 36000 نسمة.

أما ثوران جبل بيليه في المارتينيك فقد شكل تحولاً في تاريخ علم البراكين. هذا البركان الذي كان خامداً منذ وقت طويل، والذي يبلغ ارتفاعه 1397 متراً، كان يؤوي في فوهته بحيرة كان يستحم فيها سكان سان بيير، المدينة الأكثر اكتظاظاً بالسكان في الجزيرة والتي تقبع في أسفل البركان. في 8 أيار/ مايو 1902 انفجر الجبل، وانسكبت فوق المدينة غيمة من الغازات والرماد المتوهج بسرعة 160 كلم في الساعة تقريباً، فدمرتها في غضون دقائق. لم ينجُ من سكانها البالغ عددهم 30000 نسمة سوى اثنين، أحدهما سجين يقبع في زنزانة ذات جدران سميكة. هرع العلماء الذين تفاجؤوا بهذا الحدث إلى موقع الكارثة بأعداد كبيرة، حينئذٍ بدأت أولى الدراسات العلمية الكبرى حول ثوران البراكين.

أخيراً أكدت كارثة بيناتوبو في الفليبين والتي حصلت عام 1991، بأن الثورانات البركانية الكبرى تحدث غالباً في البراكين الخامدة منذ وقت طويل. لحسن الحظ أن ثوران هذا البركان قد استغرق شهرين ليبلغ ذروته، ما سمح بإجلاء 200000 نسمة من المنطقة المعرضة للخطر. في 15 حزيران/ يونيو وصل ارتفاع السحب المكونة من الرماد وصخور الخفاف إلى 40 كلم، لتنسكب على المنطقة بأسرها، تلا ذلك زوبعة «يونيا» التي أطلقت سيل الوحول من الرماد مسببة الدمار. وعلى الرغم من الاحتياطات المتخذة، فقد أدّى ثوران بيناتوبا إلى مقتل أكثر من 800 شخص.

بعض الأرقام المسجلة

أعلى بركان خامد: بركان نيفادو أوخوس ديل سالدادو (في تشيلي) البالغ ارتفاعه 6863م.

أعلى بركان ناشط: بركان أنتوفالا (في الأرجنتين) البالغ ارتفاعه 6450 م.

أكبر بركان ناشط: بركان مونا لُوا (في هاواي) البالغ حجمه 40000 كلم^3.

الثوران البركاني المتسبب بأكبر عدد من الضحايا: ثوران تامبورا (في إندونيسيا) 92000 ضحية في عام 1815.

أقوى الثورانات المعروفة: ثوران توبا (في سومطرة) منذ 75000 سنة، وهو يعادل 40 مليون قنبلة من النوع الذي ألقي على هيروشيما.

البراكين والإنسان

تتراوح نظرة الإنسان إلى البراكين ما بين الخوف والإعجاب. فالإنسان يتوق اليوم إلى التحكم بالطاقة، وهو يدفع ضريبة عالية من أجل ذلك.

وفرة متفجرة

على الرغم من الخطر الذي يمثله هذا الأمر، فإن مئات الملايين من الناس يعيشون عند أقدام البراكين. فالأرض هناك تتميز بخصوبة لا تضاهى، وذلك بسبب غنى الرماد الذي يغطيها بالبوتاسيوم والفوسفور والكالسيوم. فجاوا مثلاً، وهي جزيرة بركانية في الأرخبيل الإندونيسي، تؤوي 35 فوهة بركانية وتضم 880 نسمة في الكيلومتر المربع الواحد! في المواسم الجيدة، يمكن أن يتم جني ثلاثة مواسم من الأرز في السنة الواحدة. وفي إيطاليا، تُعد الأراضي المحيطة ببركان إتنا الأكثر خصوبة في حوض البحر الأبيض المتوسط. في فصل الشتاء تنتج الحامض والليمون بكثرة، وقد كسرت الكثافة السكانية فيها الرقم القياسي، إذ بلغت 500000 نسمة يعيشون على الأراضي المحيطة بالبركان.

عند أقدام بركان ميرابي في إندونيسيا، تزدهر زراعة التبغ على أرض خصبة بفعل المقذوفات البركانية الغنية بالمعادن.

المعادن والأحجار الكريمة

تنتج البراكين كميات كبيرة من المواد الأولية المفيدة والقيّمة. منها على سبيل المثال، أحجار الخفاف المكونة من زبد الحمم، وهي صخور كثيرة المسام وتستخدم في الحف. أما الزيوليت، فهي أحجار بركانية ذات مسام تهمّ الكيميائيين بشكل متزايد نظراً لقدرتها على تسريع العمليات الكيميائية. وتستخدم في أجهزة التنقية من التلوث (كعوادم السيارات على سبيل المثال) لتقوم بتفكيك الجزيئات السامة.

يُعد الكبريت البركاني في بين المواد الأولية المستخدمة في الصناعات الكيميائية، ويمكن أن نجده في نواحي كاوا إدجن في إندونيسيا، وفي أعلى منجم كبريت في العالم، ذلك الواقع في محيط بوريكو في تشيلي.

إن «الجهاز البركاني» هو المقر الرئيسي للتفاعلات التي يتم عبرها تركيز المعادن الموجودة داخل الغطاء الأساسي للأرض على شكل عروق معدنية (نحاس، ذهب، فضة، زئبق). وتُعد البراكين التي تعرضت جوانبها للتآكل في سلسلة الشلالات في غرب الولايات المتحدة السبب الرئيسي للحركة الشهيرة «التهافت على الذهب»؛ فالضغط المرتفع الذي يسود في تلك المنطقة يسمح بتبلّر الأحجار الكريمة المستخدمة في صناعة المجوهرات كحجر التوباز

يحب الأيسلنديون أن يستحموا في الينابيع الطبيعية الحارة الموجودة تقريباً في كافة أنحاء البلاد.

والجَمَشت أو حجر القمر. وتسمح التحركات البركانية أيضاً باندفاع الماس الذي يتشكل تحت ضغط مرتفع جداً على عمق يقارب 3000 كلم، إلى سطح الأرض.

إدارة طاقة البراكين

في المناطق البركانية، تسخن جيوب الصهارة بحسب قربها بعض ينابيع المياه، حيث تصل درجة الحرارة أحياناً إلى أكثر من 300 درجة. عندما تتخطى الحرارة 100 درجة مئوية، يمكن استخدام بخار الماء لإدارة محركات المراكز الكهربائية وتوليد الكهرباء. تعد الولايات المتحدة الأميركية المنتج الأكبر للكهرباء ذات المصدر الحراري الجوفي في العالم، تليها الفليبين ثم إيطاليا. أما المياه الأقل حرارة فتستخدم للتدفئة، حيث يستخدم 80 % من سكان أيسلندا الحرارة الجوفية كوسيلة للتدفئة. كما ينتج البلد المذكور فاكهة استوائية تحت الخيم البلاستيكية بفضل هذه الطاقة غير المكلفة.

وتعمل الأبحاث حالياً على إيجاد تقنيات تسمح بالتقاط الطاقة البركانية مباشرة، من دون الحاجة إلى أن تمر بينابيع المياه الساخنة.

الحمامات الحارة في بودابست

تؤدي الحرارة الأرضية إلى تشكل ينابيع حارة موجودة تقريباً في كافة دول العالم. في بودابست مثلاً، تم بناء حمامات منذ القرن الأول الميلادي لخدمة الفيالق الرومانية في بانوني. وما زالت المدينة تضم عدة منتجعات للمياه الحارة، يعتبر أحدها الأكبر في أوروبا.

معجم

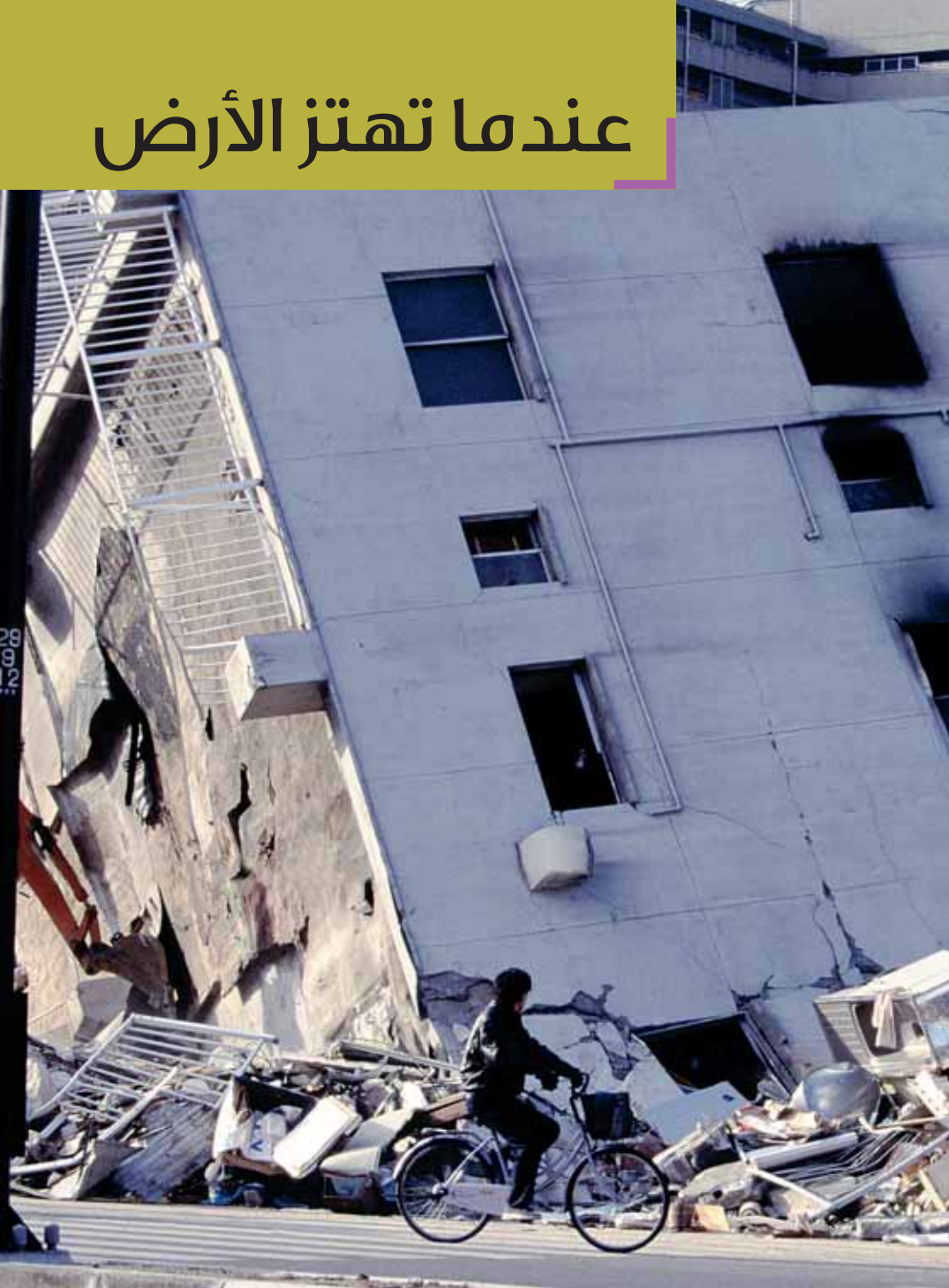
دخان بركاني
الانبعاثات الغازية التي تخرج من البركان.

حراري-جوفي
مجموع الظواهر الحرارية الموجودة في باطن الأرض والدراسات العلمية المتعلقة بها.

الأرض كوكب حي، تتجدد قشرتها الصلبة وتتشكل بواسطة قوى الحمل التي تعطي الحياة للغطاء الخارجي وتخضعه لعمليات ضغط. عندما تتحرر هذه الضغوط التي تراكمت طوال عدة عقود من السنين، فإنها تُحدث تكسّرات في الكتلة الصخرية، تترجم على سطح الأرض على شكل هزات أرضية. وإذا ما حدثت هذه الزلازل على مقربة من المحيط، فإنها يمكن أن تسبب بدورها تسونامي يجتاح السواحل.

خلّف الزلزال الذي ضرب اليابان عام 1995 وراءه 6000 قتيل. وتُظهر حصيلة كهذه مدى صعوبة السيطرة على هذه المخاطر حتى في بلد مجهّز ضد الزلازل.

عندما تهتز الأرض



منشأ الزلازل

تتطور القشرة الأرضية بشكل غير ملحوظ تحت تأثير قوى هائلة. يتغير شكل الصخور على السطح، ثم تتكسر مسبّبة الزلازل المدمرة.

اهتزازات شبه دائمة

الزلزال عبارة عن تحرك في القشرة الأرضية يؤدي إلى اهتزازات قد تكون مدمرة بدرجات متفاوتة. في بعض الأحيان قد تكون هذه الاهتزازات ناتجة عن ثوران بركان ما أو عن انفجار تحت الأرض، أو عن اصطدام نيزك، لكنها تنتج في معظم الأحيان عن تكسرات في الصخور الموجودة في الأعماق. يقع مصدر التكسر المسمى «المركز» في 95 % من الحالات في القسم المتصدع من طبقة الليتوسفير، أي على عمق أقل من 60 كلم من سطح الأرض. تهز الزلازل الأرض بشكل مستمر، لكنها غالباً ما تمر من دون أن نشعر بها لأنها تكون ضعيفة جداً، أو لأنها تضرب مناطق خالية من السكان. في كل عام نلاحظ حدوث هزة أو اثنتين عنيفتين (تفوق قوتهما 8 درجات على مقياس رختر) كمعدل وسطي، فيما تحدث مئات الهزات المتوسطة القوة (تفوق قوتها 6 درجات) بالإضافة إلى 100000 هزة صغيرة (تفوق قوتها 3 درجات).

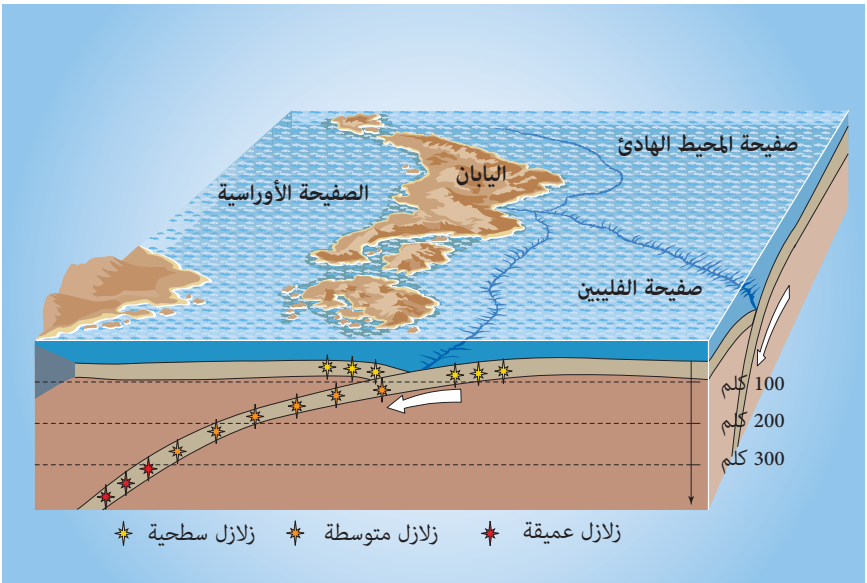
يمكن للزلازل أن تتسبب بأضرار كبيرة (انهيار الأبنية، تسونامي، انهيارات وانزلاقات في التربة)، التي بدورها تحصد عدداً كبيراً من الضحايا. خلال القرن الماضي، تسببت الزلازل بوفاة أكثر من مليون ونصف المليون نسمة.

العزم والقوة

يقاس العزم (أي مقدار الطاقة التي أطلقها الزلزال) بصورة أساسية على مقياس ريختر بطريقة اللوغاريتم: فبالانتقال من الوحدة إلى الوحدة التي تليها تزداد كمية الطاقة بمقدار عشرة أضعاف عن الوحدة السابقة؛ فزلزال بقوة 5 درجات يطلق كمية من الطاقة موازية لقنبلة هيروشيما، فيما زلزال بقوة 6 درجات يطلق مقداراً يوازي ما تطلقه 10 قنابل منها (أكبر زلزال تم رصده وقع في تشيلي عام 1960، وقد وصل عزمه إلى 9،5 درجات). أما قوة الزلزال فتحدد التأثير الذي ينتج عنه (بدءاً من هزة يصعب تمييزها وصولاً إلى انهيار أبنية بأكملها)، الأمر الذي يرتبط تحديداً بمدى صلابة الأرض والبعد عن مركز الزلزال. لقياس قوة الزلزال فإنه يتم تقدير حجم الأضرار التي تسبب بها بالإضافة إلى إفادات السكان.

عندما تتصدع الصفائح

بحسب نظرية تكتونية الصفائح، فإن القسم المتكسر من القشرة الأرضية (أي طبقة الليتوسفير) مقسم إلى 12 صفيحة أساسية تتحرك فوق طبقة سفلية أكثر تغيراً هي الأستنوسفير. إن الحدود بين صفيحتين هي مناطق حساسة جداً. إذا تباعدت الصفيحتان كما هو الحال على امتداد حيود منتصف المحيط، ترتفع الصخور المنصهرة في الدثار لتشكل طبقة ليتوسفيرية جديدة. أما إذا تقاربت الصفيحتان فإن إحداهما سوف تندس تحت الأخرى وتذوب في الأعماق، بينما تطفو الأخرى على السطح لتشكل سلسلة



على امتداد الشاطئ الياباني، تلتقي ثلاث صفائح ليتوسفيرية: أولاً صفيحة المحيط الهادئ، الغائصة تحت الصفيحة الفليبينية، فيما تغوص هذه الأخيرة تحت الصفيحة الأوراسيوية، وهي صفيحة قارية خفيفة. يمكن تمييز أنواع متعددة من الزلازل وذلك بحسب عمق مركزها.

جبلية. في النهاية، يمكن لصفيحتين أن تنزلقا في آن الواحدة أمام الأخرى، هنا نتحدث عن الصفائح المتحوّلة. هذه الحالات الثلاث تشكل ضغطاً قوياً جداً على الصخور الموجودة على السطح. هذه الصخور يتغير شكلها على قدر ما تتحمله مرونتها، إلى أن تصل إلى درجة الانكسار، فتتكسر على امتداد شق واحد أو عدة شقوق، عندها تبدأ الأرض في الاهتزاز.
ويحصل أيضاً أن يقع زلزال خارج حدود الصفيحة، لكن هذا الأمر نادر جداً. غالباً ما يحصل ذلك بسبب شق قديم يقع تحت تأثير قوى تضغط على الصفيحة من الأسفل.

صدمة ذات طاقة عالية

عندما يحدث تصدع ما في القشرة الأرضية، تتبدد الطاقة الصدمية على شكل حرارة، فيما يبقى 20 إلى 30 % منها على شكل اهتزازات. ينتقل جزء من هذه الموجات (الأكثر تدميراً) إلى سطح الكرة الأرضية، ويخترقه جزء منها. وبقياس هذه الموجات، يمكننا معرفة المسافة التي تفصلنا عن مركز الزلزال وتحديد هذا المركز.

معجم

مركز الزلزال
المكان الذي يبدأ فيه تكسر مجموعة صخرية.
المركز السطحي
النقطة الأقرب إلى مركز الزلزال على سطح الأرض.
المركز السطحي الكلّي للزلزال
المكان الذي يشعر بالقوة الأكبر للزلزال.

خريطة (على الصفحتين التاليتين)

وفقاً لنظرية تكتونية الصفائح (نظرية تشكل نموذجاً مبسطاً للواقع)، يمكن اعتبار القشرة الأرضية فسيفساء من الصفائح في حالة من الحركة.
هناك اثنتا عشرة صفيحة رئيسية، يولد الاحتكاك في ما بينها ضغوطاً استثنائية (تشكل شقوق، تعرجات، تمدد، ازدياد سماكة أو ترقق) تشكل مصدراً للزلازل المتنوعة.

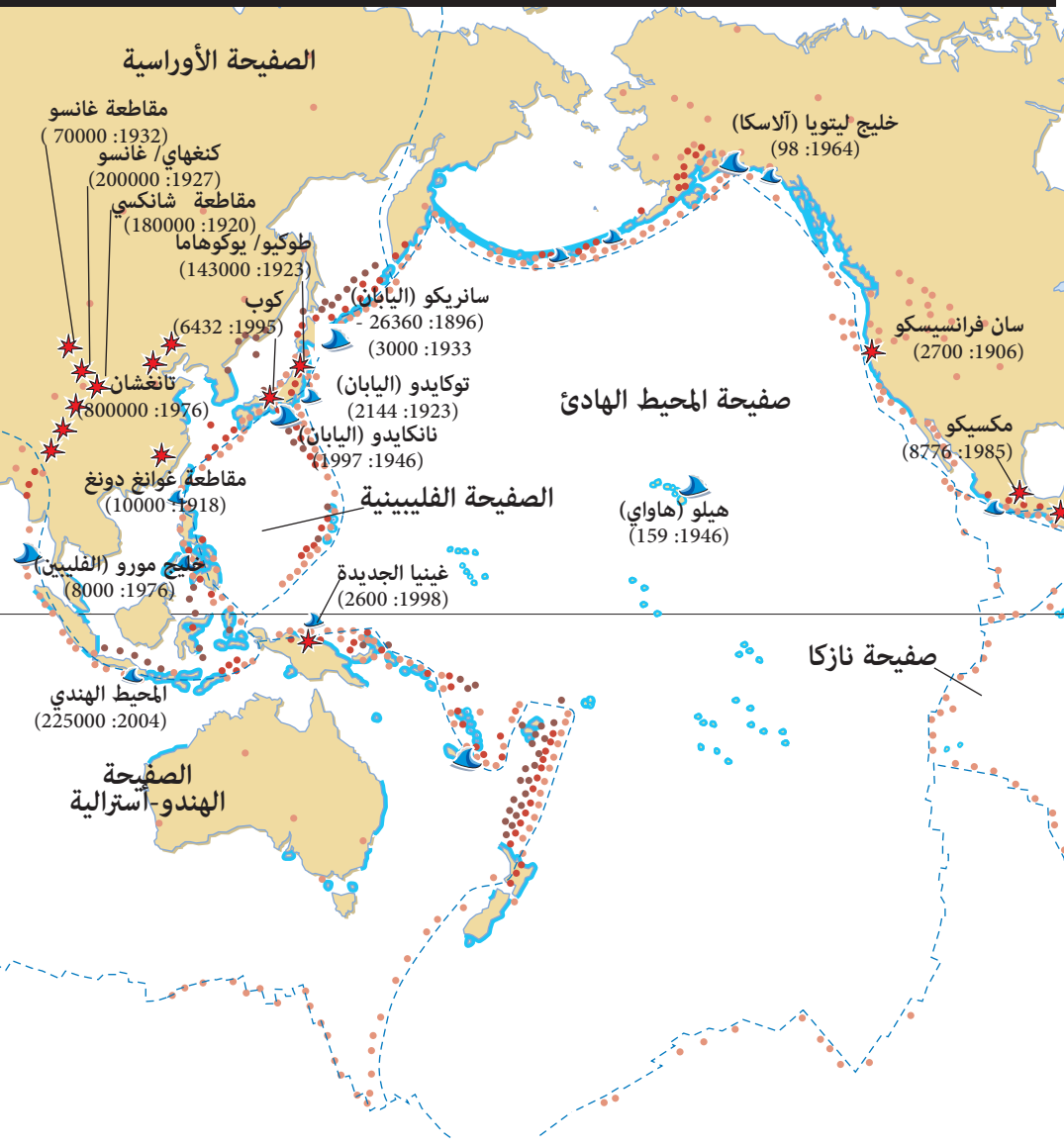
منطقة الزلازل:

- زلازل سطحية
- زلازل متوسطة العمق
- زلازل عميقة

مركز الزلازل الرئيسية منذ العام 1900

مكسيكو (1985: 8776): تاريخ حدوث الزلزال أو التسونامي وعدد الضحايا

مناطق الزلازل حول العالم



كوارث التسونامي الرئيسية منذ عام 1890:

ارتفاع الموج أقل من 15م

ارتفاع الموج أكثر من 15م

شواطئ معرّضة لخطر التسونامي

الزلازل الكبيرة عبر التاريخ

يطبع غضب الطبيعة تاريخ البشر؛ فالهزات الأرضية والتسونامي يمكن أن تطال الكرة الأرضية بأكملها تقريباً.

أوروبا المتأثرة بالزلازل تطرح المسألة للبحث

قبل القرن السابع عشر كانت المراقبة التجريبية العلمية للزلازل نادرة في أوروبا، إذ كان يُعتمد في شكل أساسي على كتابات أرسطو وبلينيوس ونظرياتهما. في العام 1755 تعرضت بريطانيا لخمس هزات أرضية قوية، وفي الأول من تشرين الثاني/ نوفمبر 1755 تسبب زلزال في حدوث تسونامي اجتاح الشواطئ البرتغالية وغمر لشبونة وأدى إلى مقتل 70000 نسمة. هذان الحدثان كانا السببٍ في ولادة علم الزلازل الحديث. وقد قام كل من البريطاني جون ميتشيل والسويسري إيلي برتران بالدراسات الأولى حول مركز الزلازل ومدتها وتأثيرها.

الصين تتخذ تدابير الحماية

شهدت الصين الكارثتين الأكثر فتكاً في التاريخ: عام 1556 أدى زلزال إلى مقتل 830000 شخص في شانكسي وهينان. وفي عام 1976، جاءت حصيلة مماثلة في منطقة تانغ شان. منذ آلاف السنين والصين تحاول أن تحمي نفسها من الزلازل. لقد عُثر على وعاء مخصص لالتقاط إشارات الزلازل يعود إلى بداية العصر الميلادي: إنه على هيئة تنانين تحمل كرة في أفواهها بتوازن، هذه الكرة تقع منها عند حدوث أدنى اهتزاز. في وقتنا الحاضر، فإنه بالإضافة إلى المحطات العلمية المتعددة، هناك شبكة من المتطوعين لمراقبة التغيرات المشكوك بها: ضجة تحت الأرض، تصرفات الحيوانات، تغير مستوى مياه البحيرات أو الآبار.

دمار سان فرنسيسكو

في 18 نيسان/ أبريل من العام 1906 حوالي الساعة الخامسة صباحاً، ضربت صدمات قوية دامت بين 45 و60 ثانية خليج سان فرنسيسكو. أثناء ذروته، شعر السكان بالزلزال على شعاع يبلغ حوالي 500 كلم بدءاً من جنوب أوريغون إلى جنوب لوس أنجلس على الشواطئ، وصولا حتى وسط نيفادا في الداخل. حصل صدع بلغ طوله 470 كلم في مكان غير بعيد عن سان فرنسيسكو، وشبّ حريق ظل يستعر طوال أربعة أيام. خسرت المنطقة حوالي 3000 ضحية و28000 مبنى مهدم. هذه الكارثة سجلت تحولاً في دراسة الزلازل، وأظهرت الملاحظات ترابطاً مذهلاً بين شدة الأضرار والعوامل الجيولوجية تحت الأرض. كذلك فإن أبنية عديدة كانت

شارع في «كوب»، أكبر مرافئ اليابان، بعد الزلزال الذي ضربه في 17 كانون الثاني/ يناير 1995.

بعد زلزال 1906، شهدت مدينة سان فرنسيسكو شبه المدمرة حريقاً هائلاً.

مصطفة في خط مستقيم قبل الكارثة لم تعد كذلك بعدها. وقد استنتج البروفيسور هاري فيلدنغ من خلال أبحاثه أن الهزات الأرضية هي حصيلة مجموعة ضغوط تراكمت على مدار سنوات عديدة داخل القشرة الأرضية.

تشيلي: الهزة الأعنف في التاريخ

في عام 1960، تعرضت تشيلي لأعنف زلزال عرفته تاريخ البشرية. بدأت سلسلة الهزات في 21 أيار/ مايو. وصل طول الصدع الذي خلفه الزلزال إلى 1000 كلم. لكن الأعظم كان التسونامي الذي اجتاح شواطئ حوض المحيط الهادئ. حصد الزلزال 1500 قتيل ودمر 60000 منزل في تشيلي، فيما خلف التسونامي وراءه 61 قتيلاً في هاواي، 200 في اليابان، و32 قتيلاً في الفليبين. في هاواي، حمل التسونامي معه حتى مسافة 180م داخل اليابسة صخوراً يبلغ وزنها 20 طن. وقد لوحظت في تشيلي تغيرات مهمة في التضاريس؛ حيث أدى سقوط الصخور والانزلاقات الأرضية إلى ظهور بحيرة على نهر سان خوسيه. وفي 24 أيار/ مايو ثار بركان بويهو.

الهند تحت الصدمة

في كانون الثاني/ يناير 2001، كانت الهند قد بدأت الاحتفالات بيوم الجمهورية عندما ضربت هزة أرضية شبه القارة الهندية. تم تحديد المركز السطحي للزلزال على طول الحدود مع باكستان في شمالي مقاطعة غوجارات. خرجت القطارات عن سككها، ودمرت مدينة بهوج التي يبلغ عدد سكانها 150000 نسمة، وبلغ عدد الضحايا في المنطقة 20000. وقد قُدّرت درجة عزم الزلزال بـ7،7.

التسونامي: أمواج متدفقة

عندما يحدث زلزال بالقرب من المحيط، فإن الخطر الأكبر يكمن في أمواج التسونامي التي تتدفق بارتفاعات وقوة استثنائية على الشواطئ القريبة منه.

أمواج قاتلة

تعود كلمة «تسونامي» إلى اللغة اليابانية («تسو» تعني مرفأ و«نامي» تعني موجة)، وهي تعني موجة أو سلسلة من الأمواج تتدفق في البحر أو في إحدى البحيرات وتندفع إلى الشاطئ مسببة أضراراً مادية وبشرية كبيرة جداً. يحدث التسونامي بسبب اختلال مفاجئ يؤدي إلى إزاحة كمية كبيرة من المياه، من قبيل: هزات أرضية، انزلاقات في اليابسة، سقوط مواد يقذفها ثوران بركاني، انفجارات نووية، أو حتى سقوط نيزك. تضرب 80 % من موجات التسونامي المحيط الهادئ.

معجم

انكسار
عبارة عن التفاف الموجة على نفسها، بسبب السرعات المتباينة التي تحرك أجزاء الموجة على ارتفاعات مختلفة.

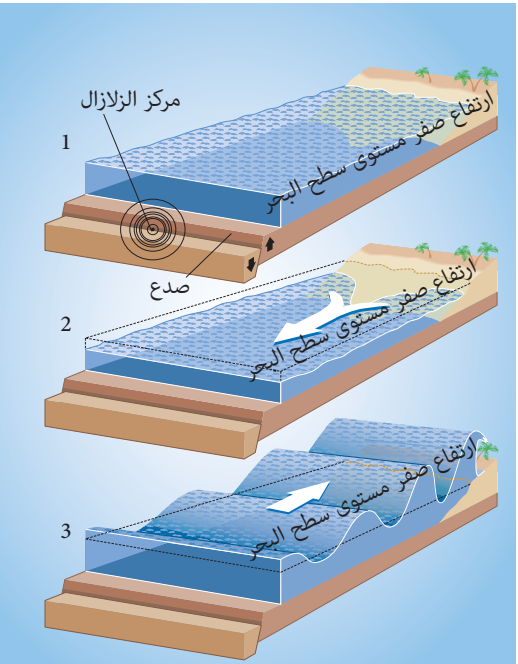
مسار الكارثة

عندما يتشكل التسونامي في عرض البحر، فإنه يمر من دون أن يُلاحظ. لكنه ينتقل بسرعة نحو مناطق أكثر تأثراً، قاطعاً آلاف الكيلومترات بسرعة تتناسب مع ارتفاع منسوب المياه من الأعماق. ففي المحيط الهادئ على سبيل المثال، حيث يصل ارتفاع منسوب المياه إلى 5000م، فإن الأمواج المتدفقة تنتقل بسرعة تصل إلى حوالي 800 كلم في الساعة، تفصل إحداها عن الأخرى مسافة 200 كلم. عندما تقترب الأمواج من الشواطئ، تنخفض

عام 1868، هز زلزال عنيف الشواطئ التشيلية والبيروفية. وقد تولّد عن ذلك الزلزال تسونامي هائلاً عابراً للمحيط الهادئ، اجتاح مرفأ أريكا (تشيلي)، الذي كان الزلزال قد دمّره قبل دقائق معدودة.

الإنذار المبكر

بعد الكارثة التي حلّت بآسيا في نهاية العام 2004، تم تحسين نظام الإنذار المبكر للتسونامي. في الواقع، نحن نعلم أن وصول الأمواج إلى الشواطئ يستغرق أحياناً عدة ساعات، لذلك جُهز قعر المحيط الهندي بأجهزة استشعار موصولة بفواشات على السطح لتسجل ارتفاع منسوب مياه البحر: تتم معالجة المعلومات الواردة في هاواي، ثم يرسل الإنذار إلى طواقم الطوارئ من أجل التحرك وإجلاء السكان.



زلزال يسبب الانتقال العمودي لتيار من المياه. هذا الاضطراب غير الملحوظ في عرض البحر في معظم الأحيان، يتعاظم مع وصوله إلى الشاطئ؛ فالارتفاع الطفيف لمنسوب المياه والاحتكاك يولدان موجة عملاقة.

سرعتها لكن ارتفاع الأمواج يتضاعف. بحيث يصل ارتفاع الموجة أحياناً إلى 10 أو 20 أو حتى 30 متراً! في عام 1771، أدى زلزال في اليابان إلى ارتفاع أكبر موجة تسونامي لم يُسجل مثيل لها من قبل: 84 متراً. عندما تصل الأمواج إلى الشاطئ تتخذ شكلاً نموذجياً تحت تأثير عامل يُدعى الانكسار: فـ «الطبقات» المختلفة للموجة لا تخضع للعوامل نفسها؛ فقمة الموجة على سبيل المثال تتحرك بسرعة أكبر من قاعدتها، التي تحد من سرعتها الاحتكاكات والاضطرابات الحاصلة في الأعماق. هذه الاختلافات في السرعة بين الطبقات المختلفة هو ما يسبب انثناء الموجة على نفسها.

أما على الشاطئ، فتنسحب المياه فجأة، لتعود مشكّلة جداراً مائياً بقوة لا يمكن تصورها. في كانون الأول/ ديسمبر 2004، ضرب زلزال قعر المحيط في مكان مقابل لإندونيسيا وسبّب تسونامي اجتاح الشواطئ المجاورة، مخلفاً 225000 ضحية في 11 بلداً تحيط بالمحيط الهندي.

مقياس إيمامورا (Imamura) وليدا (Lida) لقوة التسونامي

العزم	ارتفاع الموج في عرض البحر	ارتفاع الموج عند الشاطئ	التأثير
0	حتى 5,5 متر	متر واحد	لا أضرار
1	حتى 0,25 متر	مترانِ	تضرر سفن وبيوت شاطئية
2	حتى 0,50 متر	4 – 6 أمتار	تحطم المراكب، احتمال وقوع ضحايا
3	حتى متر واحد	10 – 20 متراً	دمار حتى 200 كلم اعتباراً من الشاطئ
4	حتى مترين	30 متراً	دمار حتى 500 كلم اعتباراً من الشاطئ

بسبب طبيعته المراوغة، يخضع الهواء لقوانين فيزيائية صارمة: إنه يتنقل من مكان إلى آخر تحت تأثير الحرارة، فيرتفع إلى الأعلى مع ارتفاع درجات الحرارة، ويهبط إلى الأسفل مع انخفاضها. هذه التحركات المرتبطة بالحمل الحراري، بالإضافة إلى حركة دوران الأرض، هي مصدر الرياح. تخضع الرياح لعدة مؤثرات (القُرب من المحيط أو من الجبال، انحناء الكرة الأرضية) تؤدي إلى نشوء ظواهر طبيعية عنيفة في بعض الأحيان: عواصف، زوابع، أعاصير، أعاصير لولبية... وكلما كثرت أجهزة الرصد المناخية، تمكنّا من تحديد الظواهر المناخية بالأرقام بصورة أفضل.

الإعصار جورج الذي ضرب جزر الكاريبي ثم الساحل الأمريكي في أيلول/ سبتمبر 1998، كان يتقدم باستمرار بسرعة 240 كلم في الساعة، مترافقاً مع زوابع بسرعة 305 كلم في الساعة.

عندما تجنّ الرياح

مصدر الرياح

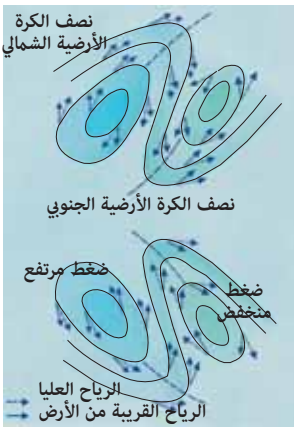
تنشأ الرياح بسبب اختلاف الحرارة بين كتلتين جويّتين.
غير أن الحركة الدائمة للكرة الأرضية والتضاريس الجغرافية
يحكمان مسار هذه الرياح.

الهواء دائم الحركة

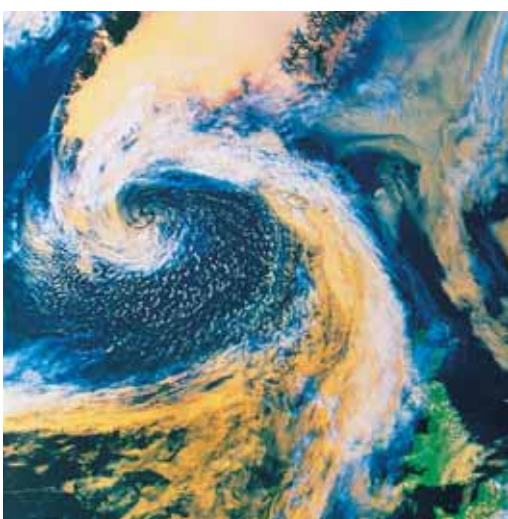
ماذا يحصل عندما نسخن مزيجاً غازياً مثل الهواء؟ سوف تهتز مكوناته الجزيئية – الآزوت (النتروجين)، الأوكسجين، الهيدروجين وسواها – وتكثر الاصطدامات بين الجزيئات، فتبتعد عن بعضها البعض، وهذا يؤدي إلى فقدان المزيج الغازي لكثافته. فالغاز الساخن يكون إذاً أقل كثافة وأخف وزناً من الغاز البارد. هذا المبدأ العام هو الذي يتحكم بظهور الرياح.

عندما تسخن كتلة هوائية تحت تأثير أشعة الشمس أو بسبب الاحتكاك بوسط ساخن، يخف وزنها وتصعد إلى الأعلى. مع الارتفاع، تبرد كتلة الهواء فتهبط من جديد. في هذا الوقت، تدور الأرض بخفة حول نفسها. تهبط الكتلة الهوائية أكثر باتجاه الشرق إذا كانت في القسم الشمالي من الكرة الأرضية، وتهبط أكثر إلى الغرب إذا كانت في القسم الجنوبي منها.

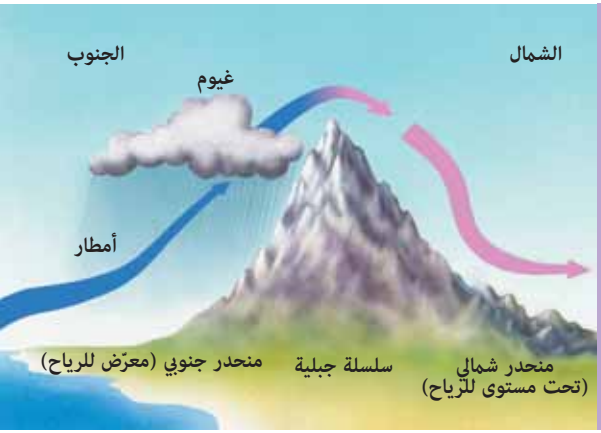
في المكان الذي سخن فيه الهواء، تولد منطقة من الضغط الجوي المنخفض. أما هناك حيث يهبط الهواء البارد يحصل العكس، إذ تنشأ منطقة من الضغط الجوي المرتفع. إن الموائع تميل تلقائياً



خطوط التساوي الضغطية تربط ما بين نقاط الضغط الجوي المتساوي. في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، تدور الرياح القريبة من الأرض حول منطقة الضغط الجو المرتفع باتجاه دوران عقارب الساعة، فيما تدور في الاتجاه المعاكس لدوران عقارب الساعة حول منطقة الضغط الجوي المنخفض. أما في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية فتنعكس العملية تماماً.



منخفض جوي في النصف الشمالي من الكرة الأرضية.



رياح الفون (Föhn)

عندما تقف سلسلة جبلية في وجه رياح مسيطرة، تنتج عن ذلك ظاهرة «رياح الفون»، حيث تتكدس الكتلة الهوائية على سفح الجبل وتبرد، فيتكثف بخار الماء الذي تحمله مسبباً سيلاً من الأمطار. عندما تتحرر الكتلة الهوائية من بخار الماء ويخف وزنها، ترتفع من جديد متجاوزة السلسلة الجبلية لتصل إلى الجهة الأخرى منها، حيث ترتفع درجة حرارتها أكثر مما كانت عليها على مستوى الارتفاع نفسه من الجهة الأولى للجبل، وذلك مع ارتفاع الضغط الجوي.

إلى تحقيق توازن في الضغط بين جميع أجزائها، كذلك الأمر بالنسبة للغازات، حيث تغادر الكتل الهوائية مناطق الضغط المرتفع لتذهب إلى مناطق الضغط المنخفض. هذه المبادئ الأساسية هي أساس حركة الهواء العامة، غير أنها تجابه على الدوام بعدد من العوامل المحلية التي يتراكم تأثيرها عليها.

خريطة (على الصفحتين التاليتين)

إذا كانت الأعاصير اللولبية الاستوائية تتحرك من الشرق إلى الغرب، فإن العواصف في المناطق المعتدلة تتحرك إجمالاً من الغرب إلى الشرق؛ فما بين خطي عرض 35 و70، تتخذ طابعاً عنيفاً جداً في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية (40 منها عاصفة و50 مزمجرة). أما الأعاصير فتتخذ طابعاً محلياً، حيث نشاهد الكثير منها في الولايات المتحدة الأمريكية، مع أنها قد تضرب أيضاً مناطق أخرى من العالم.

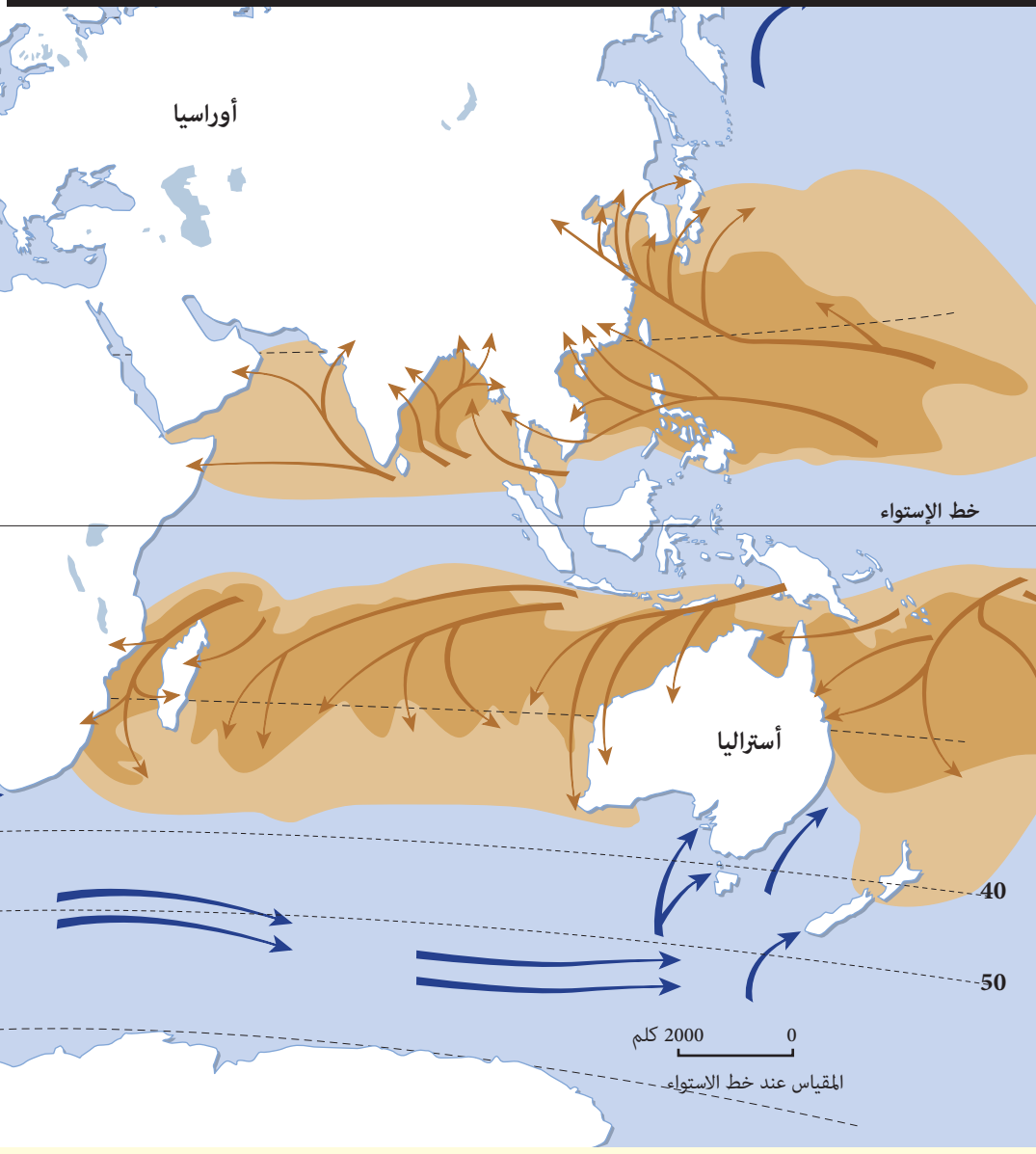
الرياح البحرية

هي أحد الاضطرابات المناخية المحلية الأساسية الناتجة عن اختلاف الحرارة ما بين اليابسة والمياه. تتغير حرارة الأرض بسرعة، بينما تتغير حرارة المياه ببطء أكثر، لذا تكون سعة المياه الحرارية أكبر. أثناء النهار، وبصورة أشمل طوال فصل الصيف، تكون الكتل الهوائية فوق المحيطات أقل حرارة من الكتل الهوائية القارية (فوق اليابسة). ويظهر ذلك في دخول الهواء الرطب من جهة المحيط نحو اليابسة (وهذه الظاهرة هي مصدر الرياح الموسمية الأفريقية والآسيوية). أما المظهر الملفت لهذا المبدأ فهو التناوب بين نسيم البحر ونسيم البر؛ حيث تتجه الرياح خلال النهار من البحر إلى داخل اليابسة (حيث يسخن الهواء بسرعة أكبر): هذا هو نسيم البحر. أما نسيم البر فيتبع الطريق المعاكس خلال الليل، أي من البر (حيث يبرد بسرعة) باتجاه البحر.

المتاهة الجبلية

تشكل الجبال حاجزاً كبيراً أمام الكتل الهوائية المتحركة. وبحسب اتجاهها، يمكن للرياح أن تنحرف عن مسارها فتخفف من سرعتها أو تزيدها إذا ما كانت تتجه نحو الممرات والمضائق التي يشكلها بعض الأودية. هذه الظروف الخاصة تخلق نظاماً من الرياح المحلية يكون في بعض الأحيان معقداً جداً.

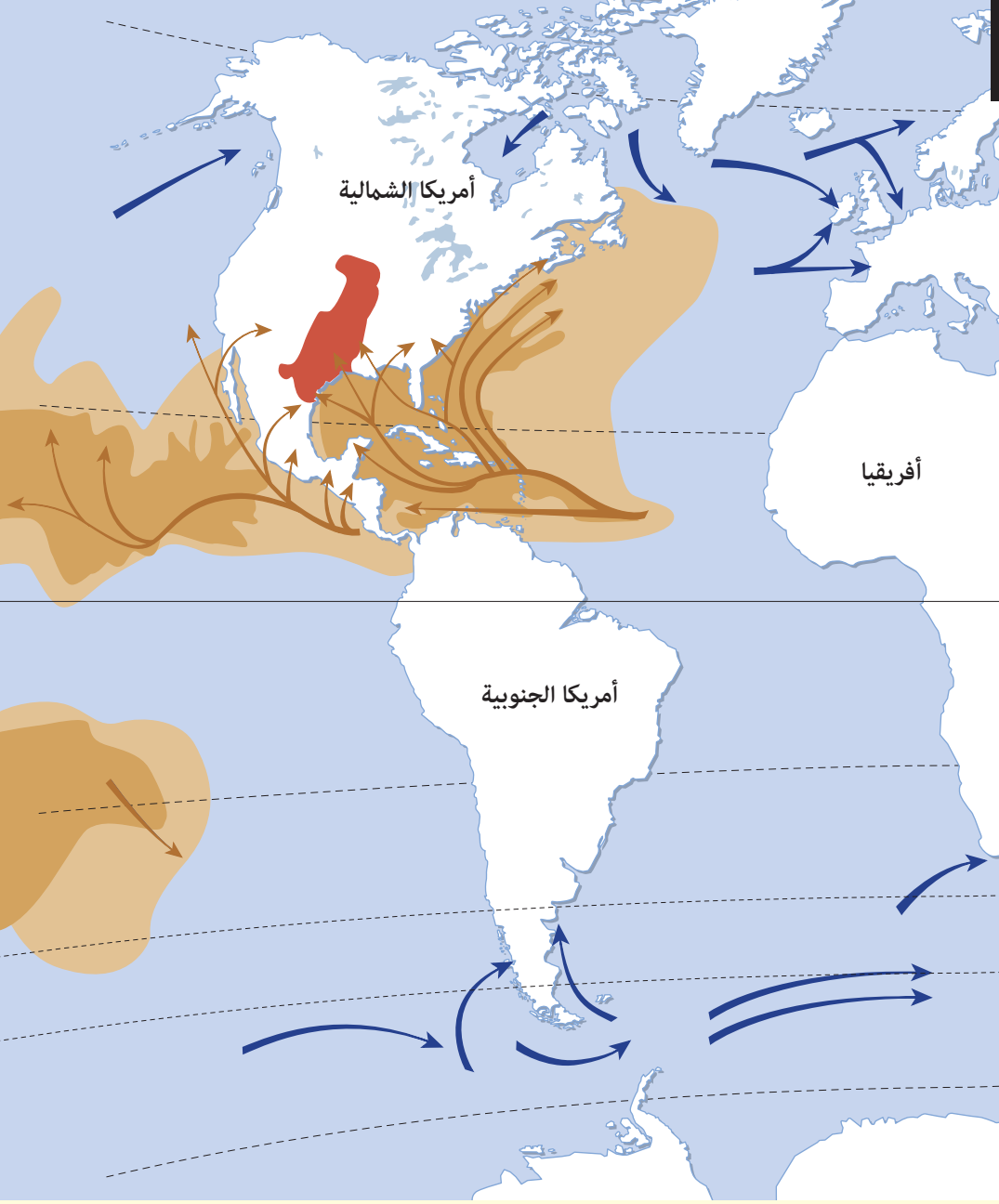
الأعاصير والعواصف والزوابع



مناطق الأعاصير المدارية:

- سرعة معتدلة
- سرعة قوية أو قوية جداً

- مسار الأعاصير المدارية
- مسار العواصف في المناطق المعتدلة



مناطق الزوابع (العواصف الدوّارة)

عندما تزمجر العاصفة

بروق، رعود وأمطار غزيرة: تنتج عن العاصفة الرعدية ظواهر مؤثرة، كما يحتاج هبوبها إلى توفر ظروف خاصة جداً.

تكوّن العاصفة الرعدية

تحصل العاصفة الرعدية بصورة عامة في نهاية يوم حار. في هذا الوقت تكون الأرض قد أطلقت بخار الماء الذي يعلو في الجو حتى يصل إلى مناطق أكثر برودة فيتكثف؛ أي تنتقل المياه من الحالة الغازية الى الحالة السائلة، على شكل قطرات صغيرة جداً تنتشر في الهواء وتشكل غيمة. تميل قطرات الماء الموجودة في أسفل الغيمة والتي تكون أكثر حرارة وأخف وزناً، إلى الارتفاع نحو الأعلى، فيما تستمر عملية التكثيف. هذا التغير في المراحل يولد الطاقة التي تزيد من سرعة التحرك إلى أعلى، حيث تصل سرعة هذا التحرك إلى 160 كلم في الساعة! تنتفخ الغيوم لتتخذ شكل سحابة ركامية سوداء، ومن ثم شكلاً عمودياً يبدو كبرج عظيم. تحجب قطرات المياه الكثيرة الموجودة في الغيمة أشعة الشمس وتجعلها تبدو داكنة اللون. قد يصل ارتفاع قمة تلك الغيمة ما بين 8 و15 كلم. عند هذا الارتفاع، تتجمع قطرات الماء وتتجمد أحياناً، وعندما يثقل وزنها تسقط، عابرة كتلة الغيم نحو الأسفل. هنا يولّد الاحتكاك بين التدفق الصاعد والتدفق الهابط الكهرباء، وتتراكم الشحنات الكهربائية، حيث يمكن مقارنة قوة الطاقة المحبوسة في بعض غيوم العاصفة بقوة عدة قنابل من نوع قنبلة هيروشيما! عندما يصبح فرق الجهد الكهربائي كبيراً مقارنة بالأرض، يمر التيار: هذا هو البرق.

معجم

التكثيف
الانتقال من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة.

التبريد الفائق
ظاهرة تُبقي جسماً ما سائلاً على درجة حرارة أدنى من درجة تجمّده المعتادة.

تكون الغيوم العالية والمشحونة بالكهرباء
ملائمة لمرور تيار كهربائي بين قسمين من الغيمة نفسها، أو بين غيمتين، أو بين الغيمة واليابسة.

طوفان المياه والبَرَد

تتجمع قطرات الماء الكبيرة والمتجمدة أحياناً على قمة الغيمة. عندما يثقل وزنها تسقط عابرة الغيمة مُشكّلة زخات مفاجئة من المطر أو البَرَد، تكون عنيفة في بعض الأحيان.

السحب الركامية السوداء يمكن أن يصل ارتفاعها حتى 10 كلم في المناطق المعتدلة ومن 16 إلى 17 كلم في المناطق المدارية (الصورة من ناميبيا).

قد تسكب العاصفة الرعدية أكثر من 50 إلى 100 ليتر من المياه في المتر المربع الواحد في غضون عدة ساعات.

هذه المتساقطات تساعد على انخفاض درجة حرارة الهواء بسرعة، فتزيد البرودة التي نتجت من سرعة الرياح. هكذا حدث عندما ضربت زوبعة مطار تولوز بلانياك في 7 آب/أغسطس 1989، حيث هبطت درجة الحرارة فجأة من 29 درجة مئوية إلى 16 درجة مئوية في غضون ست دقائق، وغطى البَرَد أرض المدرج بطبقة سماكتها 3 سم، فيما بلغت سرعة الهواء أكثر من 140 كلم في الساعة.

اجتياح البَرَد

من الناحية النظرية، تتجمّد المياه على درجة حرارة صفر مئوية. لكن يحدث في بعض الأحيان أن تبقى المياه في الحالة السائلة – عندما تكون في حالة غير مستقرة – على درجات حرارة متدنية جداً. هذه الظاهرة التي تُسمى «التبريد الفائق» نجدها في غيوم العاصفة الرعدية التي تحمل قطرات مياه ذات درجة حرارة تتراوح بين صفر و15 درجة مئوية تحت الصفر. عندما تحتك قطرات الماء بقطع صغيرة من الجليد، تتجمد بدورها، وتنضم إلى الكتل الجليدية. هكذا تكبر حبة البَرَد ليصل قطرها إلى عدة سنتيمترات، وعندما يثقل وزنها، تسقط. لكن البَرَد يذوب جزئياً قبل وصوله إلى الأرض عندما يلتقي بدرجات حرارة مرتفعة.

الرعد: قنبلة موقوتة

البرق عبارة عن تفريغ شحنة كهربائية ينتج عنها تسخين مفاجئ وقوي. يتمدد الهواء بسرعة، كما لو أن قنبلة صغيرة انفجرت. عندئذ تتشكل موجة صدمية تنتشر حتى تَصل إلى مسامعنا: إنه الرعد. وبما أن هذه الموجة تسافر بسرعة أبطأ من سرعة الضوء، فإن قصف الرعد يصل إلى أسماعنا متأخراً عن رؤية البرق الذي تسبب به.

منشأ الأعاصير

في نهاية فصل الصيف، تنتج عن احتكاك مياه البحر التي لا تزال ساخنة مع الجو الذي أصبح بارداً، طاقة هائلة، تكون في بعض الأحيان مصدر الأعاصير المدمرة.

هيئة قاتل

الإعصار المداري اللولبي عبارة عن اضطراب في الطقس يظهر على شكل دوامة، تنشأ في المنطقة الواقعة بين مداري السرطان والجدي، باستثناء شريط عرضه 500 كلم يمتد على جانبي خط الاستواء. نحن نتحدث هنا عن «منخفض مداري» إذا كانت سرعة الرياح أقل من 62 كلم في الساعة، أو عن «عاصفة مدارية» إذا كانت سرعة الرياح بين 62 و117 كلم في الساعة. أما عبارة «زوبعة هوجاء» فتعبّر عن الأعاصير التي تتميز بالعنف الشديد، حيث تتجاوز سرعة الرياح 117 كلم في الساعة. يتم رصد قرابة خمسين زوبعة هوجاء كل عام، 70 % منها تضرب القسم الشمالي من الكرة الأرضية، الأكثر عنفاً بينها يضرب شمال شرقي المحيط الهادئ. تتميز الزوبعة الهوجاء بكتلة كبيرة من الغيوم يبلغ شعاعها من 500 إلى 1000 كلم، وتدور هذه الكتلة بشكل لولبي حول «عين» ضخمة يبلغ اتساعها من 10 إلى 50 كلم. داخل عين الإعصار هذه، تكون الرياح ضعيفة والضغط الجوي منخفضاً. أما على الأطراف، فتكون الرياح شديدة القوة وكذلك المتساقطات.

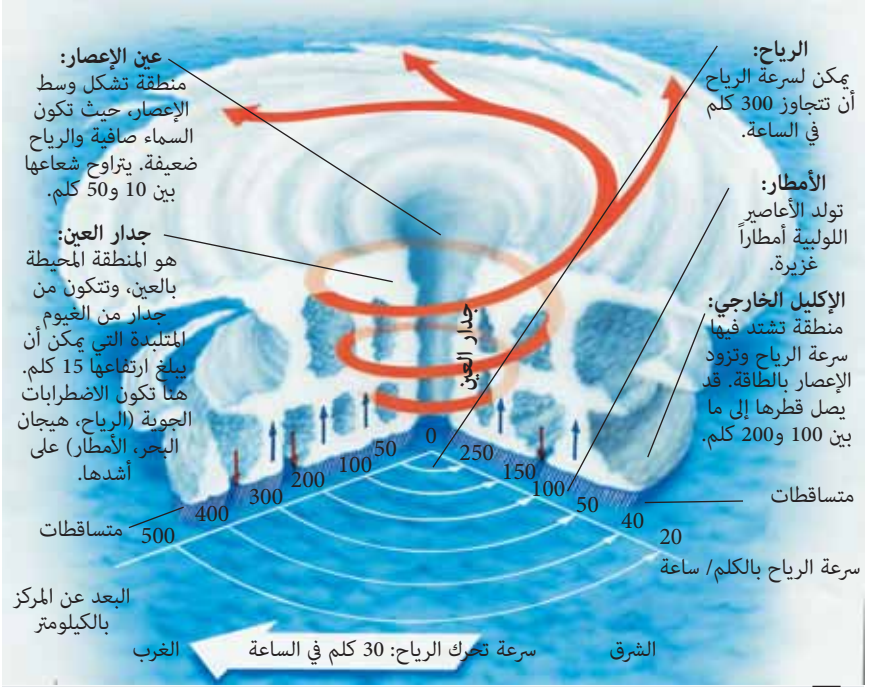
معجم

تأثير كوريوليس
قوة يسببها دوران الأرض، من شأنها أن تجعل الأشياء المتحركة تنحرف إلى الجهة اليمنى في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وإلى الجهة اليسرى في النصف الجنوبي منها.

نشأتها في البحار

تنشأ الأعاصير نتيجة الفروقات الحرارية بين المياه والهواء. في نهاية فصل الصيف، وفيما تتجاوز حرارة المياه التي اختزنت حرارة الشمس خلال عدة أشهر، 26 درجة مئوية، يكون الهواء، الذي يستجيب بسرعة لتغيرات الحرارة، قد برد. ويتكثف البخار الذي يتصاعد من المحيط بسرعة ما إن يلتقي بالهواء. إن عملية التكثيف هذه هي ظاهرة كيميائية منتجة للطاقة، وهي قادرة على إنتاج كمية من الطاقة تُحدث إعصاراً، وهي كمية تفوق ما تنتجه الولايات المتحدة الأميركية طوال عام كامل! تقوم هذه الطاقة بتسخين الهواء، مكونة منطقة من الضغط الجوي الشديد الانخفاض بالقرب

الأشكال اللولبية البيضاء الثلاثة، التي نرى عين كلٍّ منها بوضوح، تشير إلى مواقع إعصار أندرو الذي ضرب خليج المكسيك في 23 و24 و25 آب/أغسطس 1992، قبل أن يصل إلى شواطئ فلوريدا.



مقطع لإعصار لولبي. يتحرك الإعصار بصورة عامة من الشرق إلى الغرب بمتوسط سرعة 30 كلم في الساعة تقريباً. إن شدة انخفاض الضغط يمكنها أن ترفع منسوب البحار من 3 إلى 8 أمتار أثناء مروره.

من سطح المحيط، ما يجعل الهواء يندفع ليملأها. بالإضافة إلى ذلك، يخضع الهواء لتأثير كوريوليس (Coriolis)، وهي القوة التي يسببها دوران الأرض، والتي تجعل الموائع (ومن ضمنها الهواء) تتحرك إلى الجهة اليمنى في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وإلى الجهة اليسرى في النصف الجنوبي منها. إن حركة الهبوط الناتجة عن انخفاض الضغط الجوي، تتحول إلى دوامة بعد تعرضها لتأثير كوريوليس. بعدئذ، تتولى الرياح وقوة كوريوليس نقل ظاهرة الإعصار من مكان إلى آخر، وفق مسار قطعي مكافئ في غالبية الأحيان، أو غير خاضع للقياس في أحيان أخرى؛ إذ قد تغير بعض الزوابع الهوجاء اتجاهها فجأة، وقد تشكل عقداً أو تعود أدراجها. تتناقص قوة الإعصار ما إن يغادر المحيط ليتحرك فوق اليابسة، ما يفسر اقتصار الأضرار التي يسببها على مسافة محددة يبلغ عمقها 200 كلم من الشواطئ.

تأثيرات مضاعفة

تترافق الزوابع الهوجاء مع رياح تبلغ سرعتها 120 كلم في الساعة، قادرة على اقتلاع الأشجار وهدم المنشآت. وقد تتضاءل هذه القوة ويقتصر تأثيرها على مناطق محددة، أما الأمطار الغزيرة المرافقة لها فيمكنها أن تسبب انزلاقات هائلة في التربة. إلا أن الظاهرة الأشد فتكاً بين الظواهر المرافقة للأعاصير فهي ارتفاع المد المرافق للعاصفة، إذ يتعلق الأمر هنا بارتفاع غير عادي لمنسوب مياه البحر بسبب المنخفض الجوي، الذي يعمل كشفاط ضخم فوق سطح المياه. ولقد تسبب هذا النوع من المد بمقتل 300000 شخص في بنغلادش عام 1970، وتسبب آخر بمقتل 10000 في الهند عام 1999.

الأعاصير الكبرى عبر التاريخ

تتعرض بعض المناطق لموسم من الأعاصير اللولبية في كل عام. في المناطق الاستوائية، تحتفظ الجزر والمناطق الساحلية بالذكريات الأكثر مأسوية لتلك الأعاصير.

إعصار خليج باثرست

في 4 آذار/ مارس 1899، ضرب الإعصار «ماهينا» السواحل الأسترالية. وتحدث شهود عيان في ذلك الوقت عن ارتفاع استثنائي لمنسوب المياه بلغ 14 متراً في خليج باثرست، حيث ابتلعت الموجة الهائلة 152 سفينة وأكثر من 300 بحار. وقد تم العثور على عدد من المراكب والحيوانات (من بينها دلافين) على بعد عدة كيلومترات داخل اليابسة وعلى ارتفاع عدة أمتار. كما راح ضحيتها مئات من السكان الأصليين الذين يسكنون الغابة القريبة من الموقع.

بنغلادش والخطر الدائم

تتعرض بنغلادش بشكل متكرر لهجمات الأعاصير القادمة من خليج البنغال. ولقد كانت السنوات 1971، 1977 و1999 سنوات سوداء بالنسبة لهذا البلد. أما الإعصار الأكثر تدميراً فكان ذلك الذي حصل في عام 1970، والذي قضى خلاله ما بين 300000 ومليون نسمة. اجتاح الإعصار المنطقة الزراعية المأهولة بأكملها، وهي منطقة مكتظة بالسكان بسبب اعتمادها على الزراعة، ما أدى إلى إتلاف المزروعات وتدمير البُنى التحتية للشاطئ بأكمله. هذا الإعصار، بالإضافة إلى حرب الاستقلال التي تلته، قد وضعا هذا البلد الناشئ على لائحة البلدان الأكثر فقراً على سطح الكرة الأرضية. في بداية تسعينيات القرن العشرين، قامت الحكومة بمساعدة المنظمات الغربية ببناء عدة ملاجئ لحماية السكان من الأعاصير اللولبية.

إعصار كاترينا الذي ضرب الولايات المتحدة في آب/ أغسطس 2005 كان الإعصار الأكثر فتكاً منذ العام 1928 (1300 ضحية). فبعد انفجار السدود، غمرت المياه 80 % من أراضي نيو أورليانز.

معجم

تيفون (Typhon) تسمية تُطلق على الأعاصير في الشرق الأقصى.

تعرضت بنغلادش بين عامي 1973 و1996 لثلاث عواصف، أربعة فيضانات، تسونامي واحد وإعصارين لولبيين. وكانت الحصيلة أكثر من 400000 قتيل و42 مليون منكوب (التقطت هذه الصورة بعد الإعصار والفيضان اللذين حصلا في عام 1991).

هوغو: ذكرى مشؤومة

في 9 أيلول/ سبتمبر 1989، غادرت مجموعة من السحب الركامية السوداء القارة الأفريقية من فوق السنغال. وبعد يومين تسببت هذه السحب في انخفاض الضغط الجوي في المنطقة المدارية، ليتخذ هذا المنخفض لاحقاً الاتجاه الجنوبي الشرقي نحو جزر الرأس الأخضر (كاب فردي) ويتحول إلى إعصار «هوغو».

يشكل هذا الإعصار واحداً من مجموعة الأعاصير في الرأس الأخضر التي تتشكل بسبب عدم استقرار الطبقة السفلى من التروبوسفير (المسماة «موجات الشرق الأفريقي») ومردّه إلى الفروقات الحرارية بين حرارة مرتفعة فوق الصحراء وحرارة منخفضة في خليج غينيا. استغرق عبور الإعصار المحيط الأطلسي مدة 7 أيام وصل بعدها إلى غوادالوبي في 16 أيلول/ سبتمبر. وعلى الرغم من تدمير محطة الرصد الجوي في الجزيرة، فقد تم التمكن من قياس بعض الظواهر؛ حيث قُدرت سرعة الهواء بـ220 كلم في الساعة، لتصل أحياناً إلى 300 كلم في الساعة مدمرة كل شيء في طريقها، كما سُجل ارتفاع في منسوب المياه قدره ثلاثة أمتار، جارفا سفنا إلى ارتفاع 2.50 م فوق مستوى البحر. وقد تلاشى الإعصار بسرعة بعد أن بلغ ولاية كارولاينا الجنوبية في 22 أيلول/ سبتمبر.

أرقام قياسية محزنة

- الإعصار الأكثر قوة، أي ذاك الذي عصفت خلاله أعتى رياح تم تسجيلها على الإطلاق، هو تيفون «تيب». فقد وصلت سرعة رياحه إلى 305 كلم في الساعة (في شمال غرب المحيط الهادئ، 12 تشرين الأول/ أكتوبر 1979). ويعتبر هذا الإعصار الأضخم بين الأعاصير، مع سرعة انتقال تجاوزت 60 كلم في الساعة، وقطر بلغ 2200 كلم.
- تيفون «فورست» الذي اجتاح المنطقة نفسها في أيلول/ سبتمبر 1983، سجل بدوره رقماً قياسياً لكونه الأسرع في شدته، إذ انتقلت سرعة رياحه من 120 إلى 285 كلم في الساعة خلال 24 ساعة فقط.
- المد الأكثر ارتفاعاً كان ذلك الذي سببه إعصار خليج باثرست (أستراليا) في عام 1899، إذ بلغ ارتفاع الأمواج 14 متراً.
- الإعصار جون، الذي عظم حجمه في الحوض الشمالي للمحيط الهادئ في آب/ أغسطس وأيلول/ سبتمبر 1994، استمر بدوره فترة استثنائية بلغت 31 يوماً.

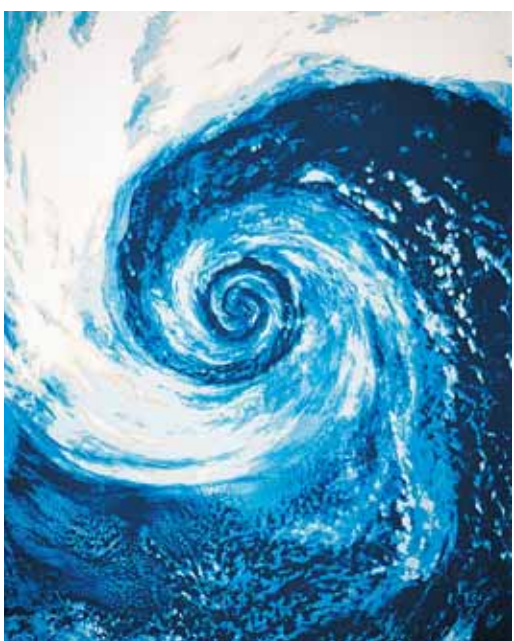
العواصف

تتميز المناطق المدارية بأعاصيرها فيما تتميز المناطق المعتدلة بعواصفها. وتضرب العواصف القارة بعد عبورها ممرات معينة في المحيطات.

التقاء الحرارة والبرودة

تولد العواصف بسبب اختلالات صغيرة على الحدود بين كتلتين هوائيتين لكل منهما حرارة مختلفة. وكتل الهواء عبارة عن مناطق من الغلاف الجوي متجانسة من حيث الحرارة والضغط الجوي. تحمل كتلة الهواء الساخن بخار الماء أكثر من كتلة الهواء البارد وتتميز بضغط جوي متدن. إن مناطق الانتقال السريعة بين الكتلتين تُسمى «الجبهة الجوية». عندما يحصل بعض الخلل في هذه المناطق، يمكن أن تتشكل دوامة تظهر على شكل رياح قوية. في موازاة ذلك، تتكثف رطوبة الكتلة الحارة عند احتكاكها بالهواء البارد، الأمر الذي ينتج عنه المتساقطات.

في نهاية فصل الخريف، يُسجل اختلاف كبير في الحرارة بين الكتل الهوائية المدارية التي سخنها المحيط، والكتل القطبية الباردة جداً. هذا الاختلاف يخلق عدم التوازن في الجبهة ويؤدي إلى حدوث الاختلال.



هذه الصورة الملونة التي التقطت بواسطة الأقمار الصناعية تظهر عاصفة قوية جداً تتشكل في مضيق بيرنغ فوق شبه جزيرة كامتشاتكا في 2 نيسان/ أبريل 1978.

كأنما العواصف تسير على سكة حديدية

تولد العواصف بعيداً عن المناطق التي تنفجر فيها. على سبيل المثال، فإن العواصف التي تضرب أوروبا تنتج عن الاختلالات التي تنشأ من جهة نيوفاوندلاند، حيث تجتاز المحيط الأطلسي خلال عدة أيام في ممر هوائي يحاذي خط العرض 50 درجة. إن ممراً من هذا النوع ويُسمى «التيار النفاث»، يعمل على شكل سجادة متحركة يقع محركها على ارتفاع 9 كلم، حيث تستطيع هذه التيارات الهوائية المندفعة أن تمنح الطاقة للمنخفضات الجوية المتنقلة

عاصفة العصر

في 26 كانون الأول/ ديسمبر 1999، اجتاحت كتلة كبيرة من الضغط الجوي المنخفض شمالي أوروبا منتقلة بسرعة 100 كلم في الساعة. لم يسجل أرشيف مصلحة الأرصاد الفرنسية مثل هذه العاصفة من قبل، حيث بلغت سرعة الرياح أكثر من 150 كلم في الساعة (184 كلم في الساعة في جزيرة أويسان). لقد فاجأت العاصفة الجميع، ليس بقوة رياحها وحسب، بل أيضاً بسرعتها في الانتقال (إذ اجتازت المحيط الأطلسي في غضون 24 ساعة!). وبعد أن عبرت شمال فرنسا، اجتازت الحدود الألمانية والسويسرية لتنتهي في النمسا. كانت الخسائر فادحة في البلدان التي مرت بها وبلغت حصيلتها 150 قتيلاً، غابات بأكملها مدمرة، أماكن أثرية مدمرة، وفي الجمهورية التشيكية سُدّت الطرقات بسبب العاصفة الثلجية. ولقد اشتدت العاصفة في الداخل مقارنة بما كانت عليه على السواحل، وذلك على الأرجح بسبب ارتباطها المباشر بالتيارات النفاثة فوق المرتفعات، التي كانت سرعتها تقارب 400 كلم في الساعة.

غابة هاي بالقرب من نانسي كما تبدو في 29 كانون الأول/ ديسمبر 1999، بعد 4 أيام من العاصفة التي اجتاحت فرنسا.

لكي تنمو وتتضخم، ومن ثم تتفجر فوق القارة. تعمل السكك الحديدية كما يعمل مجرى النهر: فعند دخولها من ناحية الغرب، تصبح الرياح أقوى كما في منطقة التقاء النهرين، وعند خروجها من ناحية الشرق يتمدد التيار وتخف السرعة.

تتوالى العواصف على السكة الحديدية بمعدل عاصفة واحدة يومياً خلال فصل الشتاء، لكن معظمها يتلاشى في البحر.

إن السكك التي تعد ثابتة نسبياً، مبرمجة بحسب كتل الضغط الجوي المنخفض التي تنقلها. فالسكة التي تعبر المحيط الأطلسي تصل إلى إنكلترا، وأحياناً تمتد إلى ألمانيا حيث تنقسم إلى فرعين. وبما أن السكة تحمل معها الرطوبة إلى المناطق التي تعبرها، فإن تركيبتها تحدد نوع الشتاء الذي سوف يحل على بلدان مختلفة: لطيف ورطب، أو جاف وبارد.

عندما تتجه السكة نحو فرنسا على سبيل المثال، ينتج عنها إجمالاً عواصف تعبر البلد خلال ثلاثة أيام باتجاه الجنوب الغربي فالشمال الشرقي، بسرعة تبلغ 50 كلم في الساعة. تستمر هذه العواصف مدة تتراوح بين عدة أيام إلى أسبوع واحد.

العاصفة الدوّارة

تولد العواصف الدوّارة بسبب اختلالات في المناخ المحلي، ويمكن
أن تكون عنيفة جداً على الرغم من حجمها الصغير، الذي يجعل من
الصعوبة بمكان التنبؤ بقدومها.

بين السماء والأرض

العاصفة الدوّارة عبارة عن عمود من الهواء يدور بسرعة كبيرة. هذه الدوامة الذي تنتقل على اليابسة، تتصل بغيمة. تنبئ هذه الغيمة بالعاصفة بصورة عامة، وتظهر على شكل سحابة ركامية سوداء. تستمد العاصفة الدوّارة قوتها من الضغط الذي تخلقه عوامل كالحرارة والرطوبة والضغط الجوي والتي تختلف بشكل حاد بين الغيمة وسطح اليابسة. هذه الاختلافات ترسل الهواء الموجود في مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض فيدور على شكل دوامة. وغالباً ما تكون سرعة الهواء الذي يولد بهذه الطريقة 160 كلم في الساعة، لكن يمكنها في حالات استثنائية أن تتعدى 400 كلم في الساعة.

تمتاز العواصف الدوارة عن غيرها من الظواهر الطبيعية من النوع نفسه بأنها تبقى محصورة ضمن بقعة محددة وتتسع بدرجات بسيطة؛ إذ تنتقل بشكل عام لمسافة بضعة كيلومترات على طول اليابسة ولا يتعدى قطرها 100 متر. غير أن البعض منها يكون هائلاً ويبقى على احتكاك مع اليابسة على امتداد أكثر من 80 كلم، ويصل عرضه إلى كيلومتر واحد.

العواصف الدوارة ذات الحجم الصغير تطلق كمية من الطاقة بفعل الضغط المتولد بين الأرض والجو.

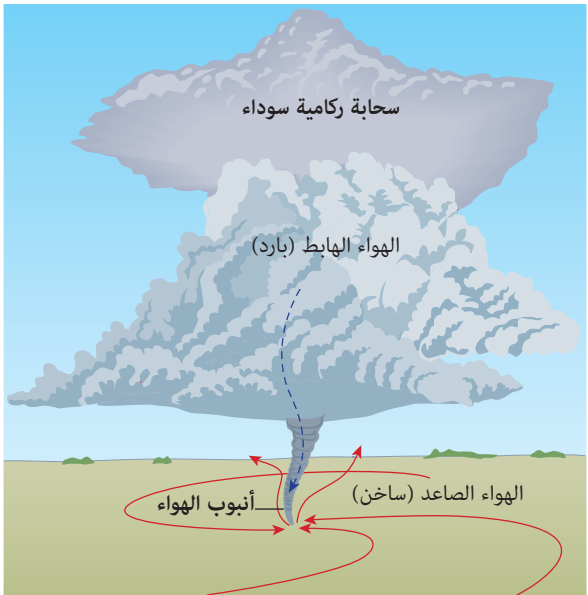
تشكّل العاصفة الدوارة

تتشكل العاصفة الدوارة من عدة مكونات: رطوبة كبيرة على مستوى الأرض، وصول كتلة هواء جاف ومناخ غير مستقر (أي مناخ تتدنى معه درجة الحرارة بسرعة مع الارتفاع).

يندفع الهواء الساخن والرطب إلى أعلى لدى وصول جبهة جافة وباردة، ويتحرك بسرعة مع الارتفاع ويبدأ بالتشبع تحت تأثير انخفاض الحرارة،

فيما تتكثف المياه في كتلة الهواء الساخن لتشكل غيمة ممتلئة بقطرات الماء. هذا الارتفاع السريع يؤدي إلى خلق منخفض جوي فجائي تحت الغيمة، حيث تدخلها الرياح وهي تدور بسرعة. يمكن أن تتشكل أكثر من دوامة في الوقت نفسه تحت الغيمة، وقد تكون مرئية (كأنها عمود من الدخان) أو غير مرئية، وفي الحالة الأخيرة يمكن للغبار الموجود على الأرض أن يكشف وجودها بفعل دورانه.

يمكن للعواصف الدوارة أن تجتمع مع العواصف المحلية، عندئذ تكبر أكثر وتدوم وقتاً أطول.



بالاحتكاك مع كتلة هواء بارد، يشكل الهواء الساخن دوامة صاعدة يندفع في وسطها الهواء البارد إلى الأسفل.

ظواهر يصعب التنبؤ بها

إن النماذج الرقمية المستخدمة من قبل برامج علماء الطقس تعمل انطلاقاً من عملية مسح لمساحة من الأرض واسعة نسبياً (عدة كيلومترات). والعواصف الدوارة لا تظهر على هذا المقياس، وهكذا يقتصر عمل الذين يتوقعونها على مراقبة التجليات الظاهرة للظروف التي تؤدي إلى قيام هذه الظواهر. ويُعتبر خليج المكسيك من المناطق الحساسة؛ فالمحيط الذي يسخن الجو، ينتج عنه هواء ساخن ورطب، فيما تُنتج الجبال والصحاري الداخلية كتلاً من الهواء شديدة الجفاف. عندما تلتقي هاتان الكتلتان تتشكل جبهة تُسمى «الخط الجاف»، تُعد المنطقة الأكثر ملاءمة لتطور العواصف الدوارة الكبرى.

شياطين الرمال

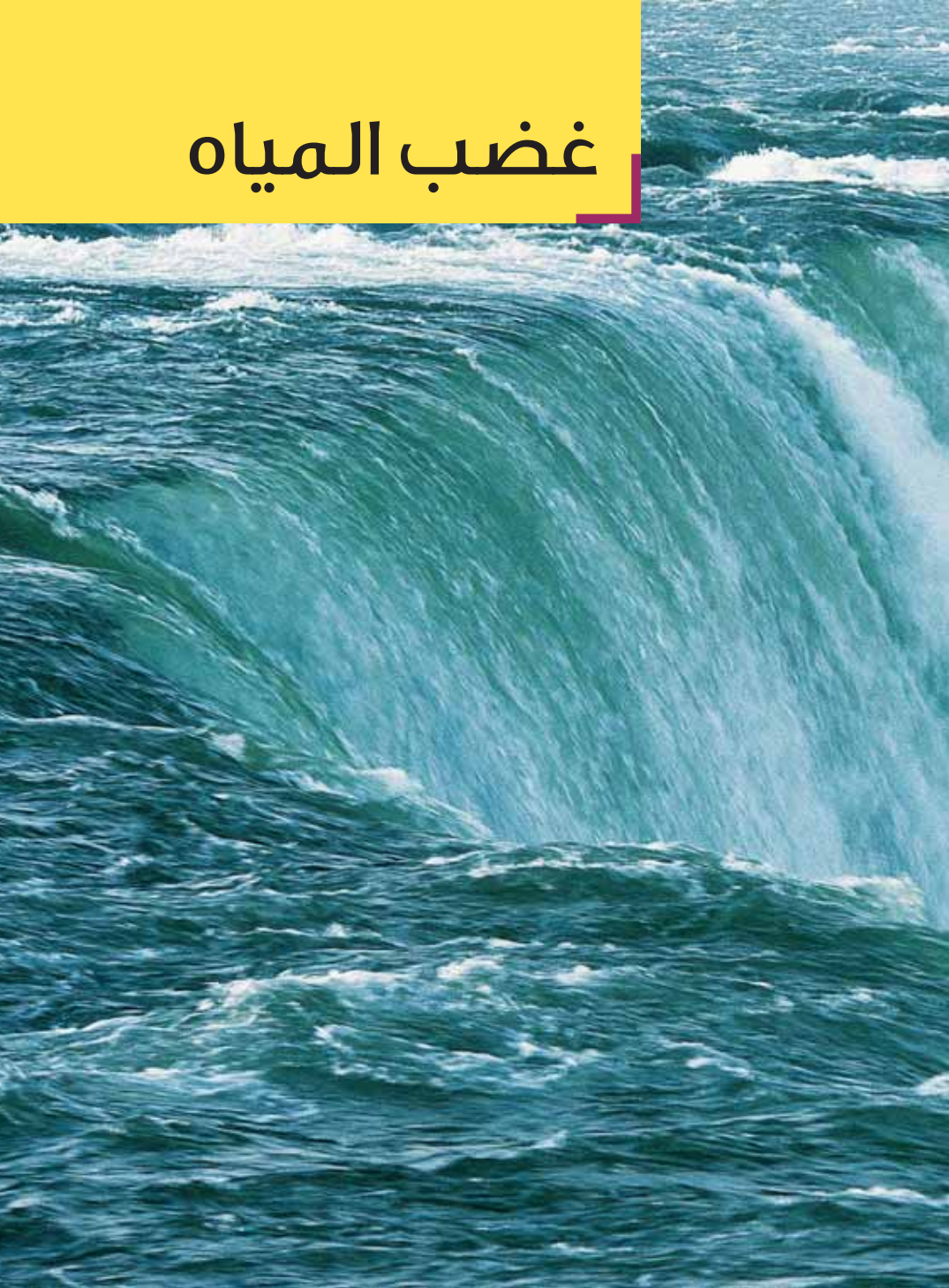
يُعد الهواء الجاف والساخن فوق الصحراء مصدراً للكثير من التجليات والظواهر الغريبة. في منتصف النهار، يمكن للهواء الساخن في وسط الصحراء أن يختلط بنسيم طري، فينتج عن هذا اللقاء دوامات صغيرة من الغبار والرمال، تكون عادة غير خطرة لأن سرعة الرياح فيها نادرا ما تتعدى 50 كلم في الساعة. هذه العواصف الصغيرة يمكن أن تترك انطباعاً مؤثراً في نفوس المسافرين.

تحمل الكرة الأرضية منذ تكوينها 1384 كيلومتراً مكعباً من المياه. نسبة 97 % من هذه المياه مالحة، وتشمل المحيطات والبحار، أما نسبة الـ3 % المتبقية فمعظمها في الجليد الموجود في القطبين وفوق قمم الجبال. أما المياه العذبة (طبقات تحت الأرض، رطوبة التربة، بحيرات، أنهار...) فتمثل أقل من 1 % من حجم المياه على سطح الأرض.

تشكل المياه مصدر الحياة، لكن قوتها التي تثير الإعجاب، كما في شلالات فكتوريا أو شاطئ المحيط وقت ارتفاع المد، تشكل أيضاً خطراً محتملاً، وما الفيضانات المدمرة التي نشاهدها إلا مثال على ذلك.

تغدق شلالات نياغارا كمية هائلة من المياه تبلغ 6962 م^3 كل ثانية. وقد حفرت هذه الشلالات التي يبلغ ارتفاعها 50 متراً حوضاً في الصخور يبلغ عمقه 60 متراً.

غضب المياه



ارتفاع منسوب المياه يسبب الفيضانات

يتعرض معظم البلدان للفيضانات بشكل دوري بسبب الارتفاع
المفاجئ في منسوب الأنهار. وتعد الفيضانات ظاهرة متعاظمة
في المناطق المعتدلة.

خطر كونيّ

ينتج الفيضان عن ارتفاع منسوب المياه في مجاري المياه ويؤدي إلى إغراق مناطق يكون بعضها مأهولاً بالسكان. يرتفع منسوب المياه بسرعة خلال الفيضان ليصل إلى أضعاف المنسوب الوسطي.

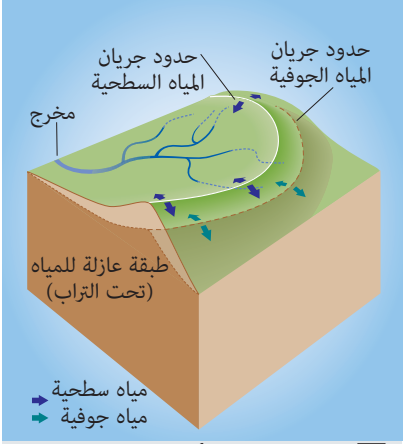
تشكل الفيضانات أكثر من نصف الكوارث الطبيعية وتتسبب بمقتل 20000 نسمة كمعدل سنوي، إضافة إلى أضرار مادية كبيرة. يطال ارتفاع منسوب المياه والفيضانات معظم بلدان العالم، لا سيما تلك الواقعة في المناطق المعتدلة ومعظم المناطق المدارية وشبه المدارية. وتُعد المناطق الآسيوية الأكثر تعرضاً للكوارث خلال فترة الرياح الموسمية. يولّد الهواء الجاف الذي يعلو جبال الهيمالايا منطقة من الضغط المنخفض تجذب هواء البحر الرطب. عندما تصطدم كتلة الهواء هذه بسلسلة الجبال، ترتفع وتتكثف تحت تأثير البرودة. عندئذٍ تهطل الأمطار الموسمية التي يصل معدلها إلى أكثر من 1000 ملم من المياه تصب يومياً في السهل.

في **17 آب/ أغسطس 2002** غرقت مدينة دريسدن التاريخية (ألمانيا) بالمياه. فبعد أن فاض نهر إلبه بفعل الأمطار المتواصلة منذ عدة أيام، استقر منسوبه على 9.40 متراً.

تركز المياه في المستجمعات المائية

لارتفاع منسوب المياه أسباب عديدة هي: ذوبان الثلوج في فصل الربيع في المناطق الجبلية (ونتكلم هنا عن النظام الثلجي)، أو ذوبان الأنهار الجليدية في حوض مرتفع (النظام الجليدي)، أو الأمطار الغزيرة (نظام الأمطار وهو الأكثر شيوعاً).

إن المستجمع المائي (أو حوض التصريف) لمجرى المياه هو مجموع الأراضي التي تستقبل مياه الأمطار لتجمعها في هذا المجرى المائي. وتتجمع مياه أحواض التصريف لروافد النهر نفسه لتشكل حوض ذلك النهر، كما أن تجمع أحواض التصريف للأنهار المتفرعة من أحد الأنهار يشكل حوض التصريف لذلك النهر.



المستجمع المائي، أو حوض التصريف، هو منطقة انسياب المياه التي تتجمع لاحقاً في المجرى الأساسي. أما المنطقة التي تنساب منها المياه السطحية للمستجمع فتسمى المنفذ.

عندما تهطل الأمطار بغزارة، فإن مجموع مجاري المياه التي تشكل المستجمع المائي الفائض تجمع مياه الأمطار في النهر الرئيسي، الذي سيرتفع منسوبه أيضاً. إن سرعة ارتفاع منسوب المياه تحددها بنية المستجمع المائي نفسه؛ فتجمع المياه وارتفاع المنسوب في مستجمع مائي طويل وضيق سيكون بطيئاً، فيما يكون أسرع بكثير إذا كان المستجمع صغيراً ودائرياً.

مناطق الفيضان

إن مياه الأمطار المتساقطة فوق منطقة ما لا تصب بالضرورة في مجرى المياه لتزيد من كمية الماء فيه، إذ يعود قسم كبير من المتساقطات إلى الجو عن طريق التبخر، فيما يتسرب قسم آخر إلى التربة، لينضم إلى طبقة المياه الجوفية، ثم يخرج من مكان آخر على شكل نبع. أما الباقي فينساب على سطح الأرض لينتهي به المطاف إلى النهر. وتبعاً لغزارة المتساقطات، والحرارة، والتضاريس، وطبيعة التربة، فإن نسبة تصريف المياه تتفاوت بشكل ملحوظ.

هل هناك المزيد من الفيضانات؟

يؤثّر النشاط البشري في المناخ بشكل بالغ؛ فالنشاط البشري هو المسؤول اليوم، ولو جزئياً، عن ظاهرة الاحتباس الحراري. وقد يكون هذا الأخير سبباً للفيضانات بفعل عوامل عدة؛ كغزارة الأمطار، وارتفاع مستوى مياه البحار، والتغير الحاصل في الغطاء النباتي الذي يؤثر على مجاري المياه بشكل عام. ويتوقع الاختصاصيون أن يؤدي ارتفاع الحرارة في المناطق المعتدلة إلى ازدياد كبير في فترات الجفاف، تتخللها فترات من الفيضانات.

خريطة (على الصفحتين التاليتين)

تتكون أحواض الأنهار الأكبر على الكرة الأرضية من الأنهار الكبيرة والروافد الصغيرة أو الكبيرة التي تغذيها، وتقع وسط القارات الكبرى. عند توفر ظروف جيولوجية محددة، يمكن للمياه أن تتجمع وتشكل بحيرة. إن الظواهر المختلفة التي تصيب التضاريس (زلازل، براكين، انهيارات جليدية، تآكل) هي المسؤولة عن تدفق شلالات من المياه تكون في بعض الأحيان مدهشة.

الأنهار، البحيرات وشلالات المياه

شلالات هامة

طبقات كبرى من المياه الجوفية

البحيرات الكبرى (تفوق مساحتها 5500 كلم مربع)

الأنهار الكبرى (يزيد طولها على 1000 كلم)

* تتغير مساحة بحيرة تشاد تبعاً لمنسوب نهر شاري الذي يغذيها.

عوامل مُفاقِمة

تساهم عوامل متعددة في تفاقم الفيضانات، وذلك بزيادة منسوب المياه الجارية، أو بتسهيل عملية تشكل «حمم متدفقة»، أي سيول من الأوحال شديدة الخطورة. إن المسطحات المانعة للتسرب (طرقات، مواقف سيارات، إلخ..) تزيد من كمية المياه المنسابة فوق اليابسة. كما أن المناطق المزروعة تكون تربتها مرصوصة بمرور الآليات والجرارات الثقيلة وبالتالي ضعيفة التصريف، خصوصاً وأن المزروعات لا تمتد جذورها إلا على السطح فقط. تسمح الأراضي المزروعة بنفاذ جزئي للمياه لذا تكون معرضة أكثر للانجراف. من جهة أخرى، فإن تدمير البيئة في المناطق المعرضة للفيضانات والتي تعلو المناطق المأهولة يحد أكثر فأكثر من إمكانية توزع الفائض من السيول. والمفارقة أن السدود التي نبنيها بهدف الحماية تعمل أحياناً كأنها عنق زجاجة مسبب للاختناق؛ فيعلو منسوب النهر ويتفاقم الفيضان في المناطق الواقعة أسفل السد. كما أن السدود التي لا تخضع لصيانة منتظمة غالباً ما تتسبب في حوادث مأسوية؛ إذ عند تحطم السد، تتدفق المياه نزولاً بقوة وسرعة تفوقان بكثير قوتها وسرعتها في ما لو لم يكن السد موجوداً.

معجم

التدفق
هو كمية المياه التي تصب في لحظة معينة ضمن فترة زمنية محددة. يقاس التدفق بالمتر المكعب في الثانية.

المستجمع المائي (أو حوض التصريف)
هو منطقة تصرَّف المياه فيها من خلال مجرى مائي وروافد تتفرع منه.

تفادي المخاطر

يستحيل على البشر منع ارتفاع منسوب المياه، لكن بإمكاننا القيام بمجهود لتقليل كمية المياه التي تصب في النهر وبالتالي منع تفاقم الفيضانات التي تتسبب بها عوامل ثانوية.

في 28 كانون الثاني/ يناير 2002، استيقظ سكان قرية «تيفانسيل» في فرنسا ليجدوا قريتهم غارقة بالمياه. فلقد حصل تصدع في السد على أحد المجاري المائية خلال الليل فغمرت المياه حوالى ستين منزلاً في المنطقة المجاورة.

يحتمي سكان جزيرة ماكشكالي في بنغلادش من الفيضانات ببناء جدران تعمل كسدود على امتداد الشاطئ.

يتطلب تفادي الخطر معرفة كبيرة بالأرض، وبتكوينها، وخصائصها، والمنشآت الثابتة التي تقوم عليها، كالسدود على وجه التحديد التي يجب أن تكون مؤسسة بشكل صحيح وخاضعة للصيانة المنتظمة. كذلك يجب حظر بناء المنشآت في المناطق التي تتعرض للفيضانات، ويجب أن تُنظَّف مجاري الأنهار بل وتُعمّق أيضاً؛ فعلى مر السنين يتجمع الطمي والترسبات في الأعماق وترفع مستوى المياه. من ناحية أخرى، لا يجب إهمال ضفتي النهر لأن ذلك قد تترتب عليه مخاطر؛ إذ عندما تخرج مياه الأنهار الزائدة من مجراها إلى الضفاف، تأخذ في طريقها كل ما تصادفه من عوائق كجذوع الأشجار اليابسة وشوائب أخرى فتشكل عائقاً في مجراها، وهي مرحلة تسبق في أغلب الأحيان الانهيار الكبير، عندما يطيح ضغط الماء المتجمع بهذا العائق. للتقليل من هذا الخطر، تعمد بعض الحكومات (في الولايات المتحدة على سبيل المثال) إلى تصنيف مناطق معينة على ضفاف الأنهار كمناطق معرضة للفيضانات، غير أن إعادة التحريج تبقى مع ذلك خطوة ضرورية لتحسين نفاذية التربة وتفادي انجرافها، لا سيما في المناطق الجبلية. كما ننصح المزارعين وللأسباب عينها بترك مخلفات محاصيلهم في الحقول، أو زراعة غطاء نباتي في الشتاء. وتجدر الإشارة أخيراً إلى أهمية تنظيف المواقع الملوثة والمعرضة للفيضانات، للحؤول دون انتشار التلوث إلى مساحة أكبر.

«حمم متدفقة»

عندما يرتفع منسوب المياه في النهر يخرج هذا الأخير من مجراه، وتندفع المياه بسرعة كبيرة وتغمر الأراضي المحيطة بالنهر، ما يتسبب بحدوث انجرافات. وتأخذ المياه مجرى تشقه بنفسها حاملة معها الأحجار والصخور والأتربة، فتتشكل عندئذ سيولٌ متدفقة من الوحول والحجارة تمثل خطراً مميتاً للإنسان، ومدمراً للمساكن والمنشآت.

مساقط المياه والشلالات

مساقط المياه هي أحد المناظر الطبيعية الأكثر روعة، لكن قدرتها الهائلة على التآكل تساعد على اختفائها على المدى الطويل.

كيف تتكوّن مساقط المياه؟

مسقط المياه عبارة عن انكسار مفاجئ في مجرى مائي، تتساقط المياه عبره عمودياً من نقطة مرتفعة. نستعمل تعبير «مسقط المياه» (أو الشاغور أو الجندل) للإشارة إلى المياه المتساقطة من ارتفاع قليل، أما المياه التي تسقط من ارتفاع شاهق وبكميات ضخمة فنسميها «شلالاً»؛ كشلالات نياغارا أو شلالات إيغواسو.

يمكن أن تتشكل مساقط المياه بطرق مختلفة: بعضها يتكون بسبب عدم انسجام طبيعي في تضاريس مجرى النهر، حفره نهر جليدي قديم أو انشقاق حصل بسبب زلزال. هذا هو الحال في شلالات نياغارا، حيث شقت المياه مجرى طبيعياً لها منذ 15000 سنة تقريباً، عندما خف الثقل من فوق القشرة الأرضية بفعل انحسار الجليد، فبرزت هذه القشرة في بعض الأماكن. شلالات أخرى حفرت مجراها بنفسها لكن بشكل متعرج وغير متساو، وذلك بسبب التقائها بصخور قاسية وأخرى سهلة التآكل. أخيراً، فإن ثمة مجاري حُفرت فجأة بعد حصول انفجار بركاني (كشلالات فكتوريا، فوق نهر زامبيزي)، أو بعد حدوث زلزال أو إنشاء سد.

مصير مساقط المياه

لمساقط المياه قدرة كبيرة على حتّ الصخور وتعريتها، حيث يعمل التيار الذي يحمل معه الرمال والحجارة الصغيرة كآلة كشط لمجرى النهر. أما القدرة على الحت والتعرية فتتوقف بشكل أساسي على ارتفاع المسقط وحجم التدفق ونوع الصخور التي يرتطم بها. يكون الحت على أشده أسفل المصب، حيث تولد سرعة المياه هناك طاقة حركية كبيرة. ويحفر سقوط المياه حوضاً كبيراً قد يتجاوز عمقه ارتفاع الشلال، أيضاً تقوم المياه بحفر الصخور الموجودة وراء الشلال وتصقل قاعدة الكتلة الصخرية التي تقع في الأسفل مباشرة. وإذا كان الحتّ قوياً والصخور في هذا المكان (أسفل المسقط) هشةً، فإن الصخور التي تحمل مسقط المياه سوف تنهار.

وتتداخل عملية الحت هذه مع عملية أخرى،

«جنة عدن» للحياة المائية

في لحظة سقوط المياه من الأعلى، تشكل قطرات الماء والبخار رابطاً مميزاً بالجو المحيط، ثم عندما تكمل المياه مجراها الطبيعي، تصبح مشبعة بكمية أكبر من الغازات التي تذوب فيها. وبما أن الأسماك في حاجة للأوكسجين لكي تتنفس، والبكتيريا الهوائية الحياة التي تتغذى بالمواد العضوية والفضلات المتعددة في حاجة للأوكسجين كذلك، والنباتات البحرية هي أيضاً في حاجة إلى ديوكسيد الكربون لتقوم بعملية التمثيل الكلوروفيلي وتنمو، فإن الشلالات بتقديمها تلك الغازات بوفرة، تعطي دفعاً حقيقياً للحياة المائية.

نهر الزامبيزي الذي يشكل الحدود الطبيعية بين زامبيا وزمبابوي، يدفق حوالى 545 مليون ليتر من الماء في الدقيقة من على ارتفاع 108 م، مشكلاً غيمة من البخار تصل حتى ارتفاع 500 م في السماء.

هي تلك التي تجعل الجرف الذي تسقط منه المياه يتآكل من الأعلى، فينخفض الجرف الصخري شيئاً فشيئاً باتجاه منبع النهر، ويتشكل عدد متتال من الأحواض يمثل كلٌ منها مرحلّة ثبات في حياة الشلال. بإمكاننا ملاحظة هذا التسلسل في شلالات نياغارا عند مستوى شلال «هورس شو». وهكذا فإن منظر الشلالات يتغير باستمرار؛ فعلى مرّ القرون، تساهم عوامل التآكل والتعرية في جعل الأنهار تتبع نظاماً ألطف، وما كان غير منتظم سوف يضمحل شيئاً فشيئاً، وينتهي الأمر بأن يختفي الشلال تماماً.

المد والجزر

يحكم المد والجزر الحياة على شواطئ المحيطات. وتتحكم بحركتهما كلٌّ من قوة الجاذبية والقوة المركزية الطاردة اللتين تؤثران على كوكبنا.

تحت تأثير الكواكب والنجوم

كل يوم تعلو المياه وتتراجع على شواطئ المحيطات: هذا ما نسميه المد والجزر. عندما يصل مستوى المياه إلى أقصى حد فتغطي قسماً من الشاطئ، نتحدث حينئذ عن المد، وعندما تنسحب إلى أدنى مستوى، فإننا نتحدث عن الجزر.

يتأثر المحيط بحركة الكواكب والنجوم، وهو يخضع لقوة الجاذبية التي تولدها هذه الحركة. والجاذبية قانون أساسي في علم الفيزياء، تتجاذب الأجسام المادية خلاله بقوة تتناسب مع كتلتها وتتناسب عكسياً مع تربيع المسافة التي تفصل في ما بينها، وبمعنى آخر: كلما ازداد وزن الأجسام، أو كلما ازداد قربها، أصبحت الجاذبية أقوى.

في جبل سان ميشال، يبلغ المد ارتفاعاً استثنائياً يصل إلى حوالى 14 متراً. لكنه يحمل معه كميات هائلة من الرواسب (700.000 متر مكعب في السنة) تردم الخليج يوماً بعد يوم وتصل الجزيرة باليابسة.

تتأثر الأرض بشكل أساسي بالقمر، وهو كويكب خفيف الوزن لكنه قريب جداً، وتتأثر أيضاً بالشمس، وهي نجم بعيد لكنه عظيم الحجم. إن اندماج هذين التأثيرين يعطي قوة تتغير بحسب المواقع المتتالية للأرض والقمر والشمس.

وتؤثر هذه القوة على كل نقطة في الكرة الأرضية لكنها تتناقص كلما بعدت المسافة. فهي تبلغ أقصى قوتها في نقطة محددة على سطح الأرض تُسمى «سمت الرأس»، وتتناقص إلى أدنى مستوياتها في النقطة المقابلة قطرياً على الجهة الأخرى وتُسمى «سمت القدم» أو نظير السمت. ويظهر التأثير الأساسي لهذه القوة من خلال جذب سطح المياه القابل للتشكل ليصل ارتفاعها إلى نقطة سمت الرأس.

معجم

الجاذبية قوة مسؤولة عن جذب جميع الأجسام المادية، بالتناسب مع وزنها وبالتناسب العكسي مع مربع المسافة التي تفصل في ما بينها.

جولة تستغرق 24 ساعة و 50 دقيقة

يتفوق تأثير القمر على تأثير الشمس (أكبر بمرتين من تأثير الشمس)، فنقطة سمت الرأس تقوم، كما القمر، بدورة واحدة حول الأرض يومياً، وتحديداً خلال 24 ساعة و50 دقيقة. يكمل القمر دورته حول الأرض خلال 29 يوماً و12 ساعة و44 دقيقة، وبذلك يكون قد اجتاز في خلال 24 ساعة – وهي الوقت الذي تستغرقه الأرض لتتم دورتها حول نفسها – زاوية مقدارها 13 درجة. ولكي يبلغ ارتفاع البحر في منطقة سمت الرأس نقطة معينة، يجب أن تجتاز الأرض زاوية أكبر من 13 درجة، وهو ما تقوم به في 24 ساعة و50 دقيقة.

قوة الطرد المركزي

لا تكفي قوة الجاذبية لوصف ظاهرة المد والجزر. فهذه القوة تجذب الكواكب والنجوم بعضها إلى بعض، وإذا لم يحصل ارتطام في ما بينها، فذلك لأن قوة أخرى معاكسة للجاذبية المتولدة من دوران الكوكب حول نفسه تُوازنها، هي قوة الطرد المركزي. في نقطة سمت القدم، نلاحظ جذباً على السطح المائي للأرض معاكساً لذلك الحاصل في نقطة سمت الرأس. فحركة المد والجزر هي إذاً حاصل النشاط المشترك بين قوة الجاذبية وقوة الطرد المركزي.

مدّ وجزر غير منتظمين

لو أن الأرض مغلفة بشكل متساو بالمياه، لكان ارتفع المد في نقطتي سمت الرأس وسمت القدم على حد سواء، ولأصبح شكل الأرض إذ ذاك شبيهاً أكثر فأكثر بكرة الركبي، حيث ستدور القمتان حول الأرض وتستويان مع القمر على خط واحد. لكن عوامل عديدة تشوش هذه الظاهرة.

خطر ارتفاع المد

في بعض النقاط من الكرة الأرضية، يولّد المد سلسلة من الأمواج العالية تصل إلى مجرى النهر وتمتزج بمياهه، فيسمى هذا المكان بـ«الخور». يصل ارتفاع هذه الأمواج إلى 2،50 م، وهي تشكل خطراً على الملاحة البحرية. تتشكل هذه الأمواج عند حدوث المد العالي وتصل إلى الأخوار ذات الشكل المميز (تم تحديد 60 منها حول العالم). يجب أن يكون مجرى النهر قليل الانحدار ليستوعب هذه الأمواج، وأن يكون الخور قمعي الشكل ليحصر تأثير المد. أما إذا كان مجرى النهر منخفضاً فلا يمكنه استيعاب الارتفاع المفاجئ لمنسوب المياه. تشهد منطقة الأمازون في البرازيل مداً يصل حتى 1000 كلم داخل اليابسة، أما «الميكونغ» فيشهد المد الأعلى، حيث يصل ارتفاع المياه إلى 14 م.

إن تأثير كوريوليس الناتج عن دوران الأرض حول نفسها هو الذي يجعل السوائل في حركة دائمة، ولا سيما عند الخط الذي يجمع نقطة سمت الرأس بنقطة سمت القدم. هذه العملية تتم بعكس اتجاه عقارب الساعة في القسم الشمالي من الأرض ومع اتجاه عقارب الساعة في القسم الجنوبي منها، عند نقطة تنعدم فيها حركة المد والجزر، وتسمى «أمفيدروميك».

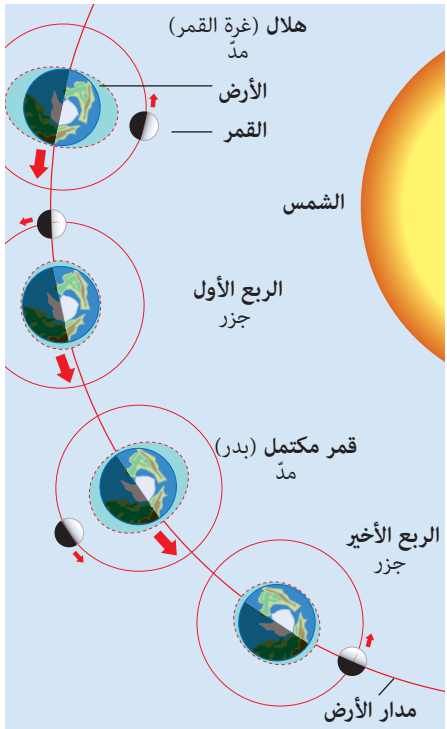
من جهة أخرى، نرى أن هذا الخط يتعرض للتشوش بسبب وجود اليابسة؛ فالقارات تقف في وجهه، والاحتكاكات بقعر المحيطات تكبحه، كما أن تضاريس بعض الأحواض المحيطية تزيد من عدم انتظامه.

تنويعات في الموضوع نفسه

في المكان نفسه، تتراوح قوة ارتفاع المد بين حد أقصى وحد أدنى. هنا نتحدث عن ارتفاع المياه، حيث يصل المد إلى أقصى درجات ارتفاعه في نقطة ما، ثم ينخفض إلى الدرجة الأدنى (الجزر).

هذا الاختلاف يمكن تفسيره بعوامل عدة: فقوة الجاذبية تتناسب عكسياً مع مربع المسافة الفاصلة بين الأرض والقمر. والقمر يدور وفق مدار إهليلجي حول الأرض، لذلك تختلف قوة المد بحسب المسافة التي تفصله عن الأرض خلال الشهر القمري؛ فعندما يكون القمر في الحضيض (أقرب نقطة من الأرض)، تزداد قوة المد بنسبة 20 % عن معدلها العام. أما عندما يكون القمر في القمة (أبعد نقطة عن الأرض)، فتهبط قوة المد بنسبة 20 %.

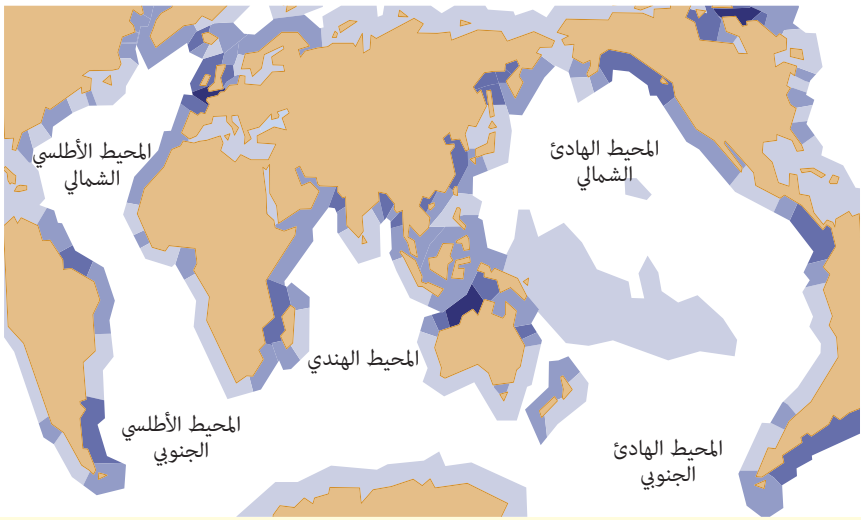
وإذا كانت قوة الجاذبية تتناسب عكسياً مع المسافة الفاصلة عن الكوكب الجاذب، تكون قوة الطرد المركزي متساوية في كافة النقاط على سطح الأرض، لكن تضافر هاتين القوتين ليس متناظراً بالنسبة لمركز الأرض. كذلك فإن هاتين القوتين ليستا متوازيتين تماماً، لأن محور دوران الأرض حول نفسها مائل بالنسبة لمسطح النظام الشمسي. لذا فإن ناتج مجموع قوتي الجاذبية والطرد المركزي يخضع لتغيرات معقدة؛ ففي بعض الأماكن تتعادل هاتان القوتان، بحيث نلاحظ حدوث مد



تصل حركة المد إلى أقصاها عندما تضاف جاذبية الشمس إلى جاذبية القمر، هنا نتحدث عن حركة مد عالٍ. لكن عندما تتعاكس حركتا الجاذبية فإننا نتحدّث عنّ الجزر.

معجم

قوة الطرد المركزي هي قوة القصور الذاتي التي يتلقاها جسم ما في مرحلة الدوران، وتجعله يبتعد عن نقطة المركز لمساره.



ينتشر تضخم حجم المياه المتولد من قوة الجاذبية وقوة الطرد المركزية عبر المحيطات على شكل موجة أشبه بالدوائر التي تظهر على صفحة البحيرة عند رمي حجر فيها. تنتقل هذه الموجة بسرعة تختلف باختلاف العمق، ثم ترتد على امتداد المنحدرات القارية، فتتشابك الموجات المرتدة الأمر الذي يزيد من قوتها أو يقلل منها. إن مدى ارتفاع المد مرتبط بالفرق بين ارتفاع المياه عند حدوث المد والانخفاض الذي سبقها عند حدوث الجزر، وهو أمر يختلف عند كل نقطة على الشاطئ. فالخلجان الممتدة مثلاً تشهد ارتفاعاً قوياً في مستوى المياه، أما البحار المغلقة فتكون حركة المد والجزر فيها خفيفة بصورة عامة.

وجزر كل يوم كما هو الحال في المحيط الهادئ، بينما يحدث المد والجزر مرتين في اليوم في المحيط الأطلسي.

المد والجزر الأرضيان

إن جاذبية الأرض وقوة الطرد المركزية اللتين تتحدان لتشكلا المد والجزر المحيطيين، تؤثران أيضاً على القشرة الأرضية. لكن التشوهات الحاصلة يتعذر تمييزها بالعين المجردة، لأن طبقة الليتوسفير القاسية تكون أقل ليونة. يكون ارتفاع المد والجزر الأرضيين معدوما في القطبين، فيما يصل إلى ارتفاع 40 سنتيمترا في المناطق الواقعة على خطوط العرض القريبة من خط الاستواء، ويكون مسؤولا جزئيا عن حدوث بعض الزلازل.

تأثير الشمس

على خط مواز، تؤثر جاذبية الشمس على المحيطات بشكلٍ ملحوظ، حتى لو كانت قوتها أضعف من قوة القمر بـ2،2 مرة. عندما يكون القمر والشمس والأرض على الخط نفسه، تتضافر القوى المؤثرة ليصل المد إلى أقصى درجاته؛ هذا ما يُعرف بمد وجزر الاعتدالين الربيعي والخريفي، اللذين يحدثان في 21 آذار و23 أيلول. أما عندما يشكل الشمس والقمر زاوية قائمة مع الأرض، فيحدث عندئذ الجزر.

تعيش الأرض تحت تأثير الجليد؛ فوجوده في القطبين يشكل منظماً حرارياً حقيقياً يلطف تغيرات درجات الحرارة. إن الجليد القاري هو الذي يعدّل منسوب الفائض من الأنهار خلال الفصول وينحت مناظر الصخور عندما يتحرك تحت تأثير وزنه الخاص. خلال فترات من التاريخ السحيق، كان تأثير الجليد أكبر مما هو عليه اليوم وقد غطى أجزاء واسعة من كوكبنا، كما أن الجليد العائم على سطح المياه منع دخول عدد كبير من الكائنات الحية إلى بعض المناطق على كوكب الأرض ووجّه عملية تطورها.

في سان جوزيف في متشيغن، يتنزه السياح بلباس البحر خلال الصيف، فيما تتجمد البحيرة خلال فصل الشتاء، وهذا خير شاهد على التفاوت الكبير في درجات الحرارة في تلك المنطقة.

تحت تأثير الجليد

الكتل الجليدية

تبدو الكتل الجليدية وكأنها باقية إلى الأبد، إلا أنها تتشكل وتتحرك وتموت وتقوم بنحت المناظر، وهي تنتج قوى ذات قدرة كبيرة.

ولادة الكتلة الجليدية

تشكل الثلوج العنصر الأساسي للكتل الجليدية، وقطرات الماء المتجمدة تلك تحتوي على كمية كبيرة من الهواء. عندما يصبح الغطاء الثلجي سميكاً، وتكون درجة الحرارة تحت الصفر، يحصل تغيير في بنية بلورات الثلج تحت تأثير الضغط، فتنتظم جزيئات الماء المتجمدة من جديد لتشغل حجماً أقل مشكلة شبكة هندسية ممتدة: عندئذ تتجمد بلورات الثلج من جديد، وتتشكل حبيبات من الثلج، أي طبقة مكونة من المسامات بين الثلج والجليد. في ما بعد، تنغلق المسامات تحت تأثير وزن الثلج، ولا يعود الهواء قادراً على المرور، وهكذا يظهر الجليد. نطلق تسمية الكتلة الجليدية على كل كتلة أو مساحة ثلجية تكونت من تجمد بلورات الثلج من جديد، هذا التجمد الذي يدوم من عام إلى آخر، ويتحرك تحت وطأة ثقله الذاتي فقط. أما الكلمة بمعناها الواسع فتعني الطبقة الجليدية التي تغطي قارة أنتركتيكا، تماماً كما تعني وادياً صغيراً متجمداً بين جبلين في الألب. إن 99 % من الكتل الجليدية تقع في أنتركتيكا وغرينلاند، وهي تخزن ثلاثة أرباع كمية المياه العذبة الموجودة على الكرة الأرضية.

حياة دائمة الحركة

تنتقل الكتل الجليدية ببطء، بمعدل عشرة أمتار إلى بضع مئات من الأمتار كل سنة. يُعد هذا الانتقال بمثابة المحرك لتجدد هذه الكتل الجليدية، إذ إنه يعيد التوازن بين مناطق التراكم الجليدي حيث تكتسب الكتل الجليدية المزيد من الحجم بفعل تساقط الثلوج أو الأمطار، ومناطق التآكل التي يخسر من حجمه فيها بسبب التبخر، والذوبان، وانفصال الجبال الجليدية (تفتت الجليد المتشقق). تقع نهاية الكتل الجليدية عند أطراف مناطق التآكل، هناك تغتني المناطق الجبلية ببقايا الصخور التي دفعتها الكتل الجليدية. أما عند شاطئ المحيط أو البحيرة، حيث تسمى النهاية هناك «أنف الجليد»، فينفصل الجليد عن اليابسة ويطفو فوق سطح المياه.

لا يقتصر الأمر على تجدد المادة الجليدية دون توقف، بل إنها تمر أيضاً بفترات من الاتساع ومن ثم بفترات من التراجع. هذه التغيرات

عندما تنزلق الكتلة الجليدية

إذا ما قابل الانزلاق المنتظم للكتلة الجليدية تسرب ضعيف للرطوبة في الطبقة التحتية، فإن ذلك سوف يجعل الطبقة الجليدية بلا حراك لسنوات، بل لعشرات السنوات، وسوف تتجمع الكتل الجليدية في منطقة التراكم، وينتفخ الجليد ليصل إلى درجة من انعدام التوازن. عندئذ تجتاح الكتلة الجليدية المنحدرات، متقدمة عدة كيلومترات خلال بضعة أشهر. هذه الظاهرة التي تسمى «الموجة الجليدية» تؤثر في 2 % من الكتلة الجليدية في جبال ألاسكا، وآسيا الوسطى، وجبال الأنديز المحيطة بسانتياغو في تشيلي.

تحكمها الظروف الجوية. عندما يكون الميزان بين التراكم والتآكل إيجابياً، تزداد الكتلة الجليدية، أما في الحالة العكسية، فإن الجليد يتقلص. حالياً، تمثل المساحة المغطاة بالجليد 10 % من مساحة اليابسة، لكن التقديرات تقول إن الجليد قد غطى منذ 1.5 مليون سنة مساحة أكبر بمرتين من تلك التي يغطيها اليوم، ثم تقلصت، وقد تكرر هذا الأمر عشرين مرة عبر التاريخ.

في عشرينيات القرن التاسع عشر (الصورة إلى اليمين) كان بحر الجليد هذا يتخذ شكل لسان سميك بين الجبهتين الصخريتين. ثم ترك تراجعه، كما تظهره صورته اليوم (إلى اليسار)، آثاراً لا تُمحى على الصخور.

انزلاقات تُبدّل شكل الجليد

يتغير شكل الجليد باستمرار، كما أنه ينزلق باستمرار تحت تأثير وزنه وتغيرات اليابسة. هذه التغيرات هي ما يسبب الشقوق (تكسرات عميقة وضيقة في الجليد)، التي ترسم حدوداً ما بين الكتل الجليدية المسماة «قوالب جليدية». إن التغيرات الأهم هي التي تحدث حيث يكون الضغط أكبر في وسط الطبقة الجليدية، حيث تضغط الطبقات العليا بوزنها الكبير، بينما تنتقل الطبقات السفلية بسرعات متفاوتة، فتحمل معها الكتلة الجليدية بأكملها على التحرك.

هذا التنقل يمكن أن يزداد سرعة بوجود آليات محددة؛ أولى هذه الآليات ينتج عن الضغط الكبير الذي تتلقاه طبقة الجليد الملامسة لليابسة. كما أن خاصية المياه تقضي بأن تشغل هذه الأخيرة حجماً أقل في حالتها السائلة منه في الحالة

معجم

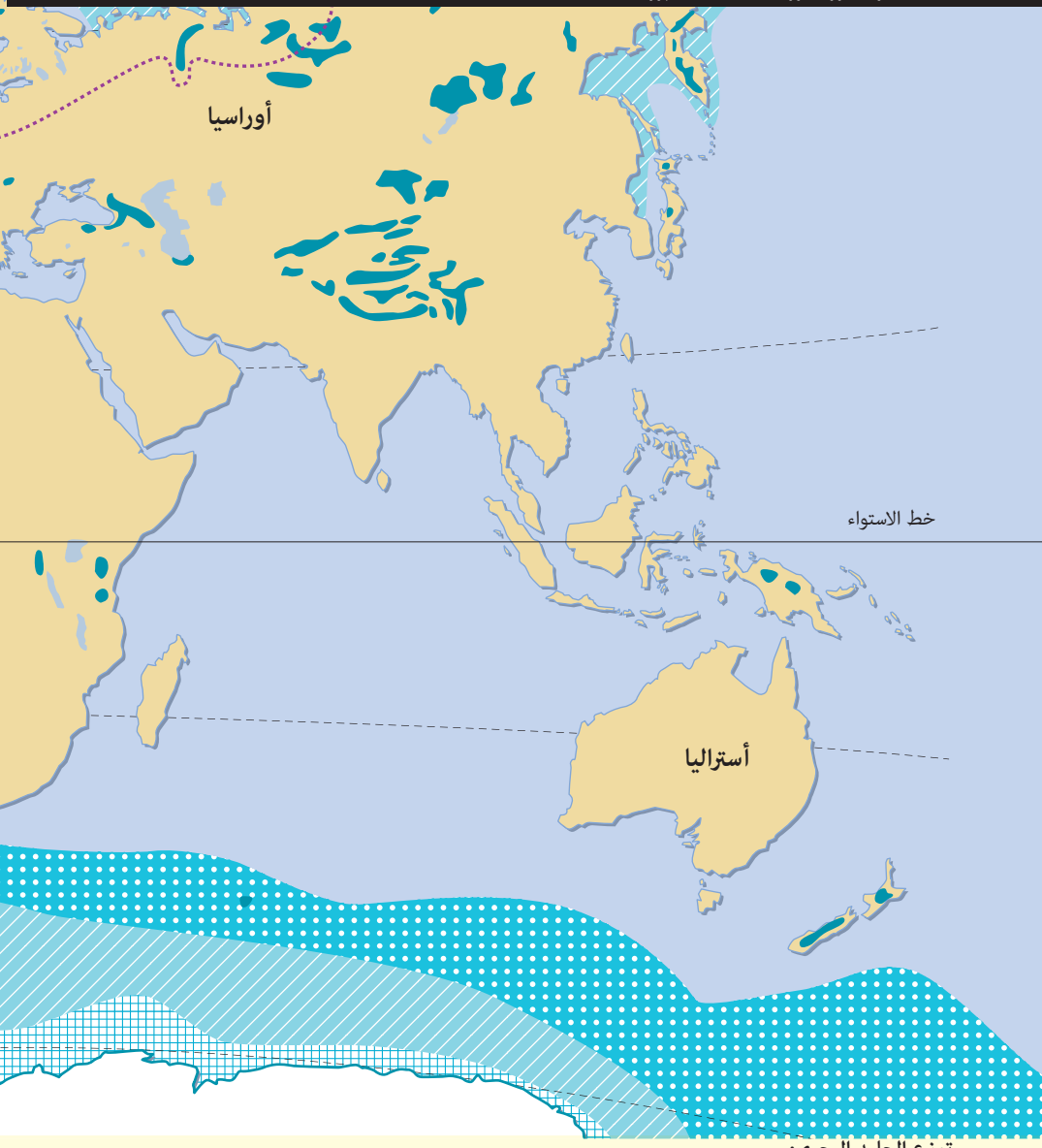
منطقة التراكم
منطقة يزداد حجم كتلة الجليد فيها.

منطقة التآكل
منطقة يخسر فيها الجليد من كتلته.

خريطة (على الصفحتين التاليتين)

تختزن الصفيحتان الجليديتان (في غرينلاند وأنتركتيكا) والكتل والأنهار الجليدية القسم الأكبر من المياه العذبة الموجودة على كوكب الأرض. أما الجليد البحري المكوّن من المياه المالحة المتجمدة فتتقلص مساحته في فصل الصيف إلى الربع مقارنة بالمساحة التي يغطيها خلال فصل الشتاء. ويسمح ذوبان الجليد البحري بالتبادل التجاري الحيوي لبعض المناطق (الممرات الشمالية الشرقية على طول الشاطئ السيبيري، أو الشمالية الغربية على امتداد ألاسكا).

الجليد البحري، الكتل الجليدية، والصفائح الجليدية القارية



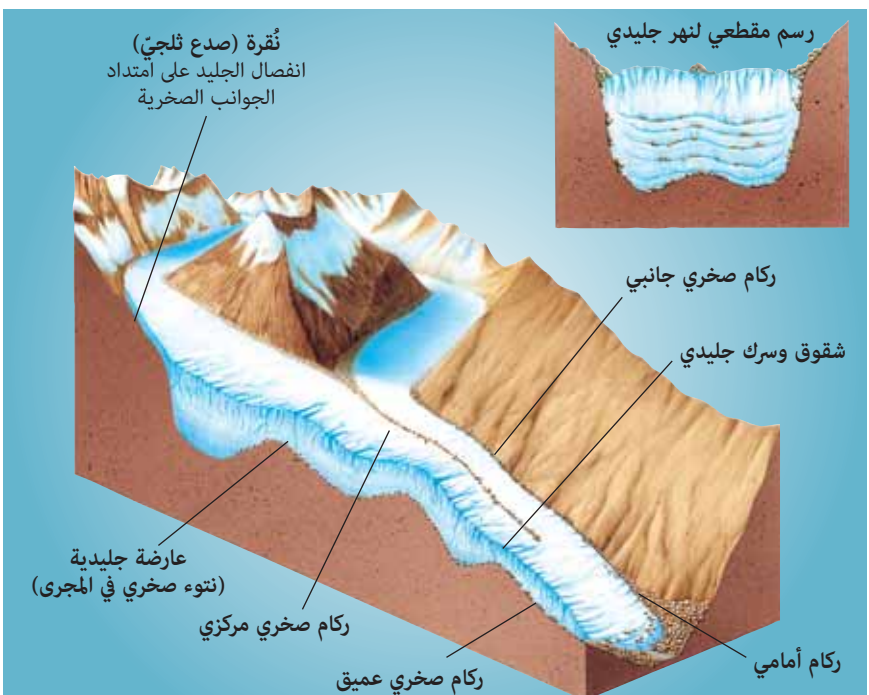
..... حدود المنطقة الجليدية منذ 12000 عام

مناطق الكتل الجليدية

الصلبة (تجربة الزجاجة المليئة بالماء التي تنفجر بعد وضعها في الثلاجة). تحت تأثير الضغط القوي تغير المياه شكلها لتشغل حيزاً أقل، فتعود إلى حالتها السائلة. هكذا تتشكل في بعض الأحيان طبقة رقيقة من المياه السائلة تحت الجليد تخفف من الاحتكاك وتزيد من الحركة، فينزلق الجليد. أما الآلية الأخرى للسرعة فيمكن أن تتولد من وجود طبقة رقيقة من الترسبات الصخرية الرطبة تحت الجليد.

تآكل لا هوادة فيه

عندما يتنقل الجليد فإنه يعيد صياغة معالم المنظر، إذ يحمل في طريقه أثناء تحركه مواد صخرية، ويؤدي إلى تآكل جليدي هائل، يحفر في الأرض أخاديد ووديياناً. وتكون آلية هذا الانجراف مزدوجة؛ إذ يجرف الجليد معه صخوراً ضخمة يجدها في طريقه، حيث يجعل ذلك القاعدة الصخرية سهلة التكسر. هذه المواد التي تبقى بعد تراجع الجليد، تشكل حقولاً من «الجرافة» (الركام الصخري)، نجد فيها أحياناً بقايا صخرية بحجم منزل.



عند تمدده، يحفر اللسان الجليدي الصخور راسماً خطوطاً أو حقولاً من البقايا الصخرية تسمى الركام الصخري. ويتسبب التقدم غير المنتظم بظهور عوارض (نتوءات)، ليتشقق الجليد بعدئذ مشكلاً شقوقاً تفصل في ما بينها مناطق غير مستوية من الركام تُسمى «السَّرَك».

الانجراف الجليدي هو المسؤول عن الشكل المميز لنصف القبة هذا، الذي يشكل إحدى قمم المنتزه الوطني في يوسميت - كاليفورنيا (الولايات المتحدة الأميركية).

الاحتباس الحراري

تتمدد مساحة الجليد أو تتراجع بحسب الظروف المناخية الآنية. إن الاحتباس الحراري الحالي الذي يتحمل الإنسان مسؤوليته بصورة جزئية، هو المسؤول، ومنذ سنوات عديدة، عن ذوبان الجليد بكميات كبيرة. لقد قام علماء الجليد بقياس هذه الظاهرة في مرتفعات جبال الألب. كذلك فإن الكتل الجليدية في أرخبيل سفالبارِ النروجي (المؤلف أساساً من جزيرة سبيتزبرغ)، وفي القطب الشمالي، قد تراجعت أيضاً عدة كيلومترات. في المقابل، تظهر التغيرات المناخية على شكل زيادة في المتساقطات فوق بعض الكتل الجليدية؛ ففي غرب النروج ازداد حجم الجليد خلال السنوات العشر الأخيرة، إلا أن ميزان التغير في حجم الجليد على مستوى الكرة الأرضية يبقى سلبياً.

بالتوازي، تتحول البقايا الصخرية، صغيرة كانت أم كبيرة، بعد امتزاجها مع الكتلة الجليدية إلى آلة كشط للأرض. تصقل عملية الكشط هذه مجرى النهر الجليدي، فتخلّف بقايا صخرية ناعمة كالرمال. هذا «الطحين الصخري» يمكن أن تُجرف إلى خارج النهر الجليدي بواسطة الجليد الذائب. وعندما تصل هذه الترسبات إلى بحيرة أو محيط ما، تعطيه مظهراً مميزاً وكأنما أضيف إليه الحليب.

معجم

مدرَّج
منخفض نصف دائري، ذو جوانب خشنة، يعلو الكتل الجليدية.

جُرافة
حقل من البقايا الصخرية حملتها الكتلة الجليدية ثم تخلت عنها.

الجليد البحري والصفائح الجليدية

يستقر الجليد في مناطق خطوط العرض القريبة من القطبين على الكرة الأرضية.
في البحر يتشكل الجليد البحري، ثم يهرم، ثم يتجدد مع تعاقب الفصول.

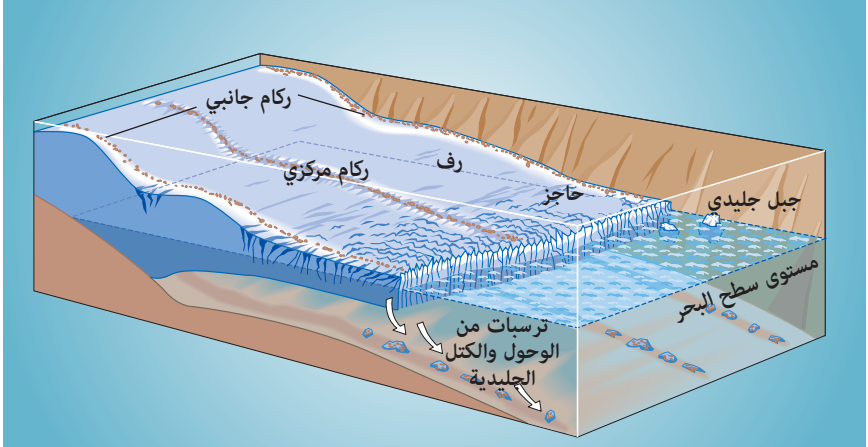
تجمد بطيء

تتكوّن الصفائح الجليدية العائمة من المياه المالحة التي تتجمد على درجة حرارة 2 مئوية تقريبا تحت الصفر (فيما تتجمد المياه العذبة على الدرجة صفر). يحصل التجمد خلال فصل الخريف عندما تصل درجة حرارة الهواء إلى ما بين 12 و15 درجة مئوية تحت الصفر. تتجمد صفحة الماء أولاً لكن ببطء شديد، ذلك لأن المياه التي تبرد تصبح أكثر كثافة وتميل إلى الغوص نحو الأسفل، بينما تصعد المياه الساخنة من الأعماق. إن دورة الكتل السائلة هذه ذات درجات الحرارة المتفاوتة والتي تُسمى «الحمل الحراري»، تعيق عملية تشكل الجليد البحري، التي لن تتم إلا عندما يبرد عمود المياه بأكمله (أي من الأسفل إلى الأعلى). يتمركز الجليد إذاً في منطقة قليلة العمق قريبة من الشطآن، ويتطلب الأمر هواء قارس البرودة ومستمراً كذلك الموجود في مناطق خطوط العرض القريبة من القطبين، حيث يغمر الغطاء الجليدي القطبي في الشتاء وسط المحيط المتجمد الشمالي ويمتد حتى الشاطئ الشمالي لآيسلندا.

مراحل متعددة

تتم ظاهرة تكوّن الجليد البحري على ثلاث مراحل: في المرحلة الأولى نلاحظ ظهور حبيبات كريستالية من الجليد شبيهة بالرماد تعطي البحر لوناً مائلاً إلى الاصفرار يتغير بحسب ألوان الطيف الذي يعكسه، ثم تزداد هذه الحبيبات لزوجة وتتخذ ملمساً زيتياً. باستمرار البرودة، تصبح الحبيبات رقعاً من الجليد العائم تتصادم في ما بينها على سطح البحر مخلفة أطرافاً مرتفعة، ويتراوح قطر هذه الرقع بين 30 سنتم وثلاثة أمتار بسماكة تبلغ بضعة سنتيمترات. في ما بعد تلتحم الرقع ببعضها البعض لتشكل جليداً متحركاً، ثم تقسو لتصبح صفحة جليدية عائمة. هذه الصفحة الجليدية الحديثة التكون تتميز عن «الجليد القديم» بشكلها الأملس. فهذا الأخير الذي أمضى عدة سنوات في مسار متحرك (بمعدل 5 أو 6 سنوات في المحيط المتجمد الشمالي)، تكثر فيه الشقوق ويكون سطحه خشناً ومليئاً

تكوّن الجليد في محيط مالح ومتحرك يتطلب برداً قارساً ومستمراً. في ظل هذه الظروف الجوية يتشكل الجليد البحري العائم في جزر مادلين - كندا.



مثل باقي الكتل الجليدية، يتعاظم حجم الصفيحة الجليدية القارية ببطء، حيث تحتّ الصخرة التي ترتاح عليها. وهي تفقد من كتلتها بفعل انفصال أجزاء منها لتشكل جبال الجليد العائمة، فيما تتجدد بفعل المتساقطات.

بالقبب، التي تتشكل بفعل الاصطدامات بين الكتل الجليدية، حيث تتكسر أجزاء منها وتعوم في المياه، ثم تعود لتلتحم من جديد مع الكتلة الجليدية تحت تأثير التجمد.

لا تحافظ الصفحة الجليدية البحرية على تماسكها إلاّ إذا كانت ضخمة. أما تلك التي تكون قرب الشواطئ فتذوب خلال فصل الصيف مشكّلة السد البحري، وذلك بعد انفصال قطع الكبيرة من الجليد وجبال الجليد وتحركها على سطح الماء تحت تأثير الرياح والتيارات البحرية.

مظاهر متعددة

خلال فصل الشتاء، يتشكل الجليد البحري من قطع كثيرة تختلف الواحدة عن الأخرى. ويكون الكثيب الجليدي ملتحماً بالمنطقة الساحلية، ولا يتحرك مع المد والجزر، بينما يختفي الجليد البحري المحاذي للشاطئ كل عام خلال فصل الربيع. تكون صفائح الجليد البحري ملساء ورقيقة (سماكتها أقل من متر واحد)، تغرق أحياناً في فصل الشتاء إلى القعر وقت العواصف بطريقة دورية ثم تعود لتتكون من جديد خلال أسبوعين. يفصل شريط مائي ما بين صفائح الجليد البحري والكثبان، تأتي إليه الفقمات لتتنفس. عند ابتعادنا عن اليابسة، نجد صفائح جليدية موجودة بشكل دائم، تشكل كتلة واسعة من الجليد البحري، وتبلغ سماكتها حوالى 3 أمتار، وهي تنتقل يومياً من 1 إلى 2 كلم وتدوم عدة سنوات. تتخلل هذه الصفائح أحياناً قنوات مائية، تساعد كاسحات الجليد على شق طريقها في الجليد لتكسره.

جبال من الجليد

على عكس الجليد البحري، تتكون الصفائح الجليدية القارية من مياه المتساقطات العذبة. هي عبارة عن كتل جليدية عملاقة تغطي التضاريس القارية تحت قبتها المتجمدة. إن الصفيحتين الجليديتين القاريتين الأكبر على الكرة الأرضية تكللان غرينلاند وقارة أنتركتيكا. يبلغ متوسط ارتفاع الصفيحة الجليدية القارية في غرينلاند 1500 م، ويصل ارتفاع أعلى نقطة فيها إلى 3240 م. أما في أنتركتيكا فمتوسط ارتفاعها يبلغ 2200 م فيما يصل ارتفاع أعلى نقطة فيها إلى 4300 م. على خلاف الكتل الجليدية في المناطق المعتدلة، فإن الصفائح الجليدية القارية تتحرك ببطء شديد.

ثلج وبَرَد

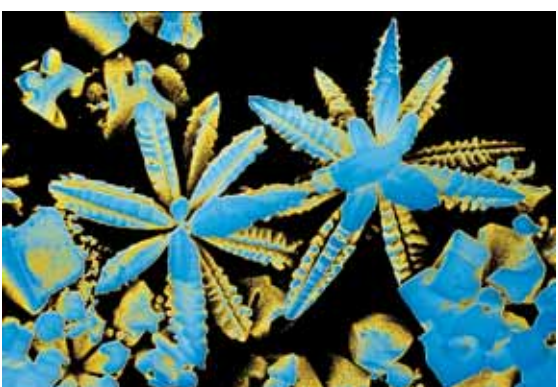
ينتج عن الطقس البارد والرطب متساقطات جليدية متنوعة: ثلوج مع جو هادئ نسبياً، أو بَرَد إذا كانت الغيوم مسرحاً لتفاعلات قوية.

الثلج الناعم

رقع الثلج هي تكتل في بلورات الجليد تتشكل عندما يكون الجو بارداً ورطباً. عندما يتصاعد بخار الماء في الجو، يتكثف بسرعة ويتحول إلى قطرات ماء، فتتشكل الغيوم. يؤدي تدني درجة الحرارة إلى ما دون الصفر مئوية إلى تجمد المياه. لكن القوة التي تحوّل المياه إلى قطرات، والتي تُسمى «التوتر السطحي»، تمنع التحولات فيها. نحن إذاً أمام ما نسميه «التبريد الفائق»؛ أي مياه في الحالة السائلة تحت درجة التجمد. وحده الاختلال الناتج عن الالتحام بجزيئة صلبة صغيرة (غبار، رمال، دخان...) يمكنه أن يطلق عملية التحول، فتنتظم جزيئات الماء على شكل بلورات، في تراص مرحلي منتظم للذرات، وتكون البلورات الأساسية سداسية الجوانب.

تنويعات في الموضوع نفسه

ما من رقعة ثلجية تشبه الأخرى. عندما تلتقي البلورة بنقطة ماء فائقة التبريد، تتجمد هذه الأخيرة بدورها وتشكل امتداداً للبلورات. هذا النمو يميل طبيعياً إلى اتخاذ الأشكال غير المنتظمة، ذلك أنه عند ابتعاد فرع عن وسط البلورة، يلتقي بمكان أكثر رطوبة يسمح له بأن ينمو ويتضخم.



تتخذ بلورات الثلج أحياناً أشكالاً غير متوقعة، فتميل بطريقة منتظمة إلى الرؤوس الحادة والأشكال العشوائية.

ما إن يصبح حجم البلورة كبيراً حتى تسقط. عند سقوطها، تتعرض الرقع الثلجية لعدة تحولات؛ فتذوب البلورات، وتتناثر تحت تأثير الرياح، وتتصادم أو تندمج مع رُقع أخرى. إن هذا المسار المتغير بفعل الهواء، ينتج تنوعاً كبيراً في الأشكال.

وكلما طال المسار، أصبحت الرقع أكبر، شريطة أن يظل الهواء رطباً بما يكفي ليحمل إليها المواد الضرورية. تؤدي درجة الحرارة والرطوبة

معجم

البلّورة
جسم صلب يتميز بتكدس منتظم ومؤقت للذرات.

حبات بَرَد بقياس طابة الغولف تساقطت فوق أوكلاهوما عام 1978.

دوراً مهماً في ما يتعلق بشكل الرقع الثلجية؛ فالرقع الكبيرة تتشكل عندما تكون درجة الحرارة قريبة من الصفر مئوية، والرياح خفيفة، في حين تساعد درجات الحرارة المتدنية، والهواء الجاف، على تكوين الرقع الصغيرة.

عندما يلعب البَرَد «الأفعوانية»

تتكون الكرات الجليدية في وسط غير مستقر، هذا ما تؤكده تركيبة حبات البرَد. فمعظم حبات البرَد تشبه البصلة من الداخل لجهة احتوائها على طبقات متعاقبة كامدة وشفافة. إن تعاقب الطبقات ناتج عن عمليات الذهاب والإياب التي تقوم بها حبات البرَد داخل الغيمة. في الواقع، يتشكل البرَد في الغيوم التي تحمل العاصفة (السحب الركامية السوداء)، عن طريق تجمد المياه الفائقة البرودة بفعل احتكاكها بالغبار أو ببلورة ثلجية، فتُحمل نحو قمة الغيمة، حيث تكبر باندماجها مع جزيئات مائية أخرى. عندما تصبح ثقيلة جداً تسقط، لكنها لا تلبث أن تذوب جزئياً حين تلامس درجة حرارة مرتفعة. هنا يمكن أن تُحمل إلى الأعلى من جديد، لتصبح أكبر حجماً. كلما كانت الحرارة التي تلامسها متدنية، كانت عملية التجمد أسرع، مانعة بذلك فقاعات الهواء من الإفلات، ما يجعل طبقة الجليد تبدو كامدة. عندما يصل البَرَد إلى وزن كاف يسقط على الأرض، بحجم يتراوح بين حبة البازلاء والليمونة.

تتساقط الثلوج والبَرَد أيضاً فوق الصحاري. هذه الصورة التقطت بعد تساقط غزير ومفاجئ للبَرَد على صحراء كلاهاري في ناميبيا.

العواصف الجليدية

تنشأ العواصف الجليدية في ظروف استثنائية. وهي تترك وراءها أضراراً كبيرة أحياناً، ومشهداً رائع الجمال أيضاً.

أمطار جليدية

تبدأ العواصف الجليدية بالثلوج والرياح، وتكون الرياح قوية عادة ما يشير إلى تصادم بين كتل هوائية ذات درجات حرارية مختلفة. بعدئذ تصل الأمطار. هذه الأمطار الاستثنائية تتجمد ما إن تلامس الأشياء على الأرض؛ فتغطي سطح الأرض والأشجار والأبنية بطبقة من الجليد، وأحياناً بقشرة من الملاّح. عندما يستمر تساقط الأمطار بغزارة ويتكثف الجليد، نتحدث هنا عن عاصفة جليدية. هذه العواصف التي تحول الطرقات إلى حلبة للتزلج، تحطم أغصان الأشجار تحت وطأة ثقل الجليد، وتقطع الأسلاك الكهربائية في فصل الشتاء القارس، ويمكن أن تنتج عنها تداعيات مأسوية.

معجم

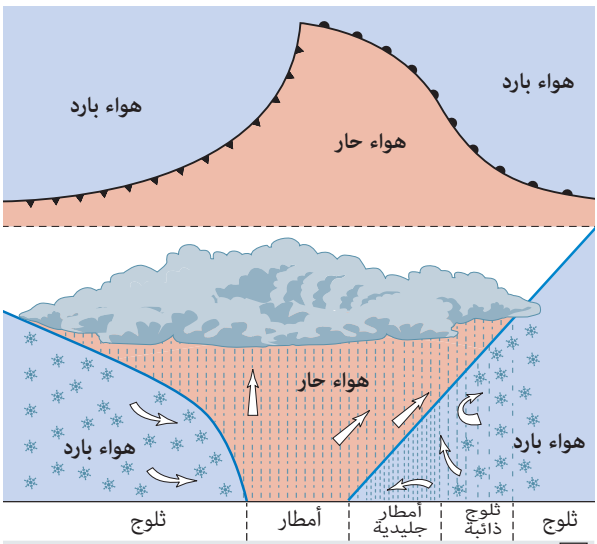
رُقاق الجليد
طبقة من الثلج الصلب شفافة وملساء.

جبهة
منطقة من التبادل بين كتلتين من الهواء تتميزان بتباين في درجتي الحرارة والرطوبة.

تعيق العواصف الجليدية حركة المركبات، كما أنها تسبب أضراراً جسيمة، لا سيما بقطعها خطوط الكهرباء والهاتف.

تشكل العواصف الجليدية

تتشكل العواصف الجليدية عند مستوى الجبهة الحارة، عندما تخترق كتلة هواء ساخن كتلة من الهواء البارد. هنا تُحبس كتلة الهواء الساخن بين كتلتين جويتين باردتين وجافتين، فتنتج عن هذا الوضع الخاص والاستثنائي الأمطار الجليدية. ترتفع رطوبة الكتلة الساخنة إلى الأعلى لتبلغ مناطق أقل كثافة (أكثر جفافاً)، وهكذا تلتقي بدرجات حرارة متدنية جداً، فتتجمد لتأخذ شكل رقع الثلج. تتكاثر هذه الرقع وتزداد ضخامة ويثقل وزنها فتسقط، لتعبر الطبقة الساخنة من جديد فتذوب. أثناء سقوطها، تلامس قطرات الماء الطبقة الباردة بالقرب من الأرض، لكن التوتر السطحي الذي يمسك بها على شكل نقاط يمنعها من التجمد، فتبقى في حالة سائلة على درجة حرارة أقل من صفر مئوية، في ما نسميه «التبريد الفائق» (أثبتت تجارب مخبرية أن المياه العذبة على شكل قطرات صغيرة جداً بإمكانها أن تبقى في حالة سائلة حتى درجة حرارة مئوية 40 تحت الصفر). لكن الماء في حالة التبريد الفائق يكون غير ثابت، لذا فإن التقاءه بأدنى ذرة من الغبار يؤدي إلى تجمده الفوري. هذا ما يحدث عندما تلامس قطرات الماء الأرض أو الأشياء الباردة، إذ يؤدي تبلر قطرات الماء الفائقة البرودة إلى تشكل جليد شفاف (نظراً لخلوه من فقاعات الهواء)، متماسك وأملس كالزجاج، وزلق: إنه رقاق الجليد.



عندما تُحبس كتلة هواء ساخن بين كتلتي هواء بارد، يمكن أن ينتج عن ذلك عاصفة جليدية، تتميز بسلسلة من المتساقطات المتنوعة.

تحت الرداء الجليدي

من 5 إلى 9 كانون الثاني/ يناير 1998، عبرت عاصفة جليدية منقطعة النظير أمريكا الشمالية، فغطت مونتريال طبقة من الجليد وصلت سماكتها إلى 30 سنتم. كانت الأضرار كبيرة، وسقط في كندا حوالى 30 ضحية. دمر الجليد العديد من المنشآت الكهربائية، قاطعاً الكهرباء بصورة مؤقتة عن 60 % من سكان مقاطعة كيبيك، ومغرقاً الملايين في البرد والظلمة، في حين قُطعت مياه الشرب عن بعض المناطق. تُعد هذه المنطقة مكاناً ملائماً للعواصف الجليدية، لأنها تشكل منطقة التقاء ما بين الهواء الساخن القادم من خليج المكسيك، والهواء البارد القادم من القطب الشمالي.

العصور الجليدية

إن التعاقب الدوري للعصور الجليدية وبين الجليدية التي عرفها كوكبنا عبر التاريخ، قد أثر بشكل واسع على تطور الكائنات الحية كافة.

عندما تجتاح التوندرا المناطق المعتدلة

منذ حوالى المليوني سنة، عرفت الأرض العديد من العصور الجليدية. في أشد هذه العصور برودة (حيث وصلت درجة الحرارة المئوية إلى 30 تحت الصفر في جنوبي فرنسا)، كانت قطعان من حيوانات الرنة ترعى الطحالب والحزاز التي كانت تغطي أوروبا الجنوبية في ذلك الوقت. كانت كتل الجليد تمتد إلى اسكتلندا وشمالي البلاد الإسكندنافية، أما الصفائح الجليدية القارية فقد كانت تغطي غرينلاند وأمريكا الشمالية وسيبيريا، حيث وصلت سماكة بعضها إلى 3000 متر. وقد حبس الجليد كميات ضخمة من المياه ما جعل مستوى المحيطات ينخفض مئة متر. لم تقاوم الغابات المدارية الجفاف فامتدت الصحاري على حسابها. وخلال الفترات بين الجليدية التي تلت، كان فرس النهر يستحم في نهر التايمز.

ظاهرة دورية

طوال الدهر الرابع (منذ 1،8 مليون سنة حتى أيامنا هذه)، كانت العصور الجليدية تتوالى بإيقاع منتظم مرة كل 100،000 سنة، وكانت تدوم حوالى 80،000 سنة، تاركة المجال لفترة من الدفء تمتد لـ20،000 سنة.

نحن اليوم على مشارف نهاية الفترة بين الجليدية. هذا التكرار الدوري يعزوه عالم الرياضيات ميلوتن ميلانكوفيتش إلى تغير مدار الأرض حول الشمس، وقد برهن ذلك عام 1924. فالأرض تتخذ مداراً إهليلجي الشكل حول الشمس، لكن شكل هذا المدار يتغير تحت تأثير جاذبية الكواكب المجاورة. وهكذا يكون الشكل الإهليلجي أكثر أو أقل امتداداً، ويكون المحور الشمالي – الجنوبي للأرض أكثر ميلاناً بالنسبة لمسطح داره، وأخيراً فإن الأرض لا تشغل الموقع نفسه بالنسبة للشمس في الوقت المحدد نفسه من كل سنة. كل هذه المعطيات

في أكثر العصور الجليدية قسوة، كانت أمريكا الشمالية وقسم كبير من أوروبا تشبهان هذا المنظر من غرينلاند.

في نهاية العصر الجليدي الأخير، منذ 12000 سنة، كان جنوب أوروبا مغطى بالسهوب الباردة، التي تسرح فيها قطعان الماموث ووحيد القرن الصوفي والرنة. وتظهر الصورة أعلاه امتداد الجليد في تلك الفترة.

الأرض «كرة ثلجية»

عصران جليديان تركا أثرهما على الكرة الأرضية، امتدّا ما بين 760 و700 مليون سنة، ثم ما بين 620 و590 مليون سنة. في ذلك الوقت كانت الأرض شبيهة بكرة ثلج حقيقية، وكانت الصفائح الجليدية البحرية تغطي كافة المحيطات بسماكة تمتد إلى عدة كيلومترات. لم يكن هناك من ملجأ لبعض الكائنات الحية النادرة والطحالب والفطر لتنمو سوى بضع مناطق قريبة من خط الاستواء. هذا النظام البيئي الذي فرض العزلة على الكائنات الحية سمح بدوره بحصول تنوع كبير في تطور هذه الكائنات. وبعد موجات الانقراض الكبيرة الناتجة عن العصور الجليدية، شهدت الأرض تفجراً لأشكال الحياة: هنا نستطيع أن نتخيل أن الناجين استوطنوا بسهولة أراضي عذراء، وتكيفوا بسرعة مع التنوع الجديد للحياة فيها.

غير الثابتة تؤثر على كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها الأرض تبعاً لخطوط العرض وتبعاً للفصول، وتغير بالتالي حركة التيارات الهوائية والمحيطية ما يسبب اضطراباً في مناخ الكرة الأرضية بأكملها.

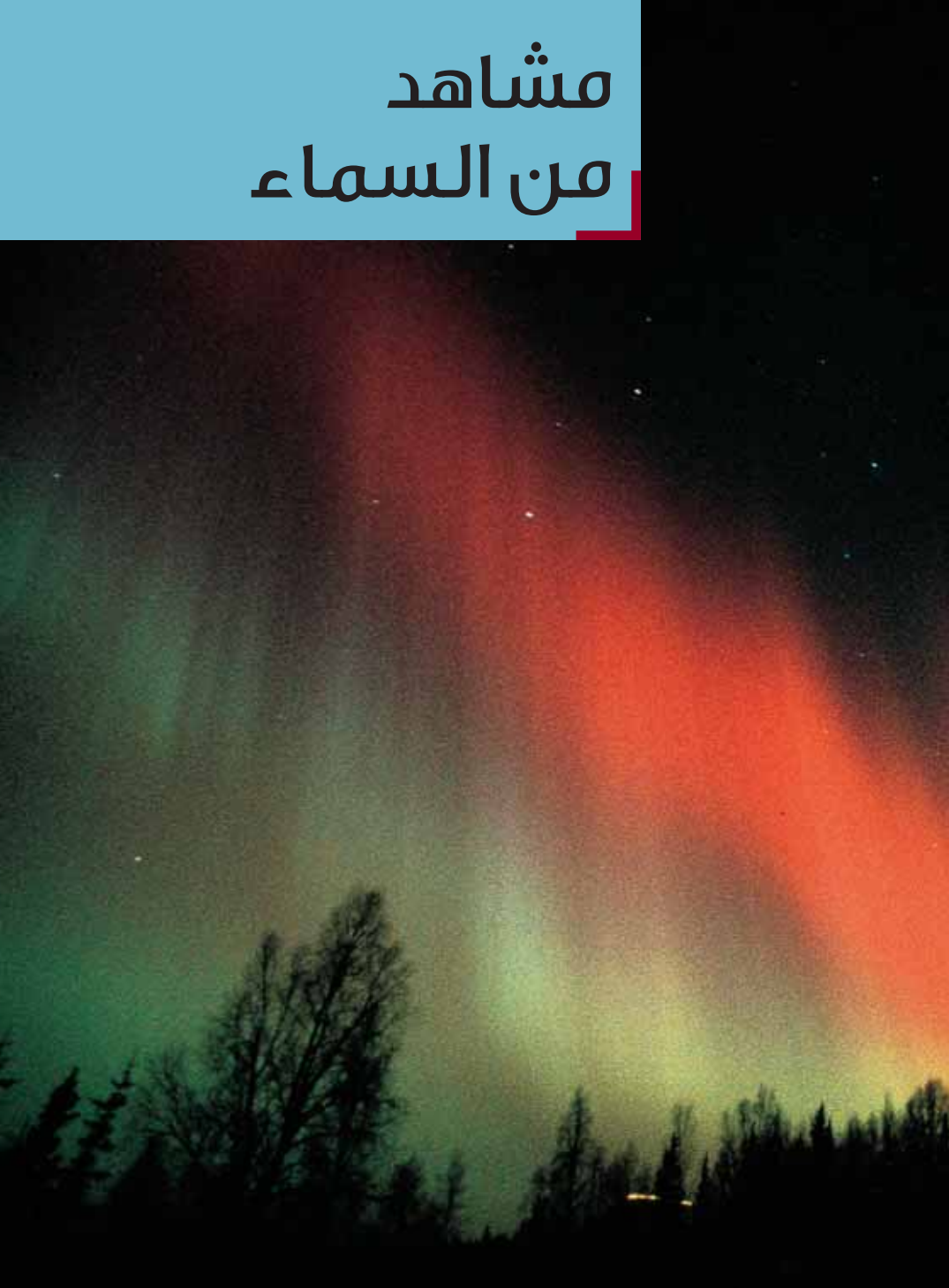
علم الجليد يقدم البرهان

إن عينات الجليد المأخوذة من مناطق قريبة للقطبين، وتلك المأخوذة من الترسبات الكلسية في الأعماق البعيدة للبحار، قد سمحت للعلماء في سبعينيات القرن العشرين بتأكيد نظرية ميلانكوفيتش. في الواقع، يتراكم الثلج في الصفائح الجليدية القارية وكذلك أصداف الحيوانات البحرية المترسبة في أعماق البحار على شكل طبقات متتالية، مسجلة بذلك دلائل تشير إلى المناخ الذي ساد خلال الحقبات الزمنية المختلفة. غير أن العينات المفحوصة لا ترقى في الزمن إلى ما قبل الدهر الرابع، وبذلك يبقى مناخ تلك الحقبات مجهولاً بالنسبة إلينا.

يتحكم الغلاف الجوي للأرض بنشوء ظواهر طبيعية عديدة، لا ينفك البعض منها يفاجئنا ويثير فينا الإعجاب. من بين هذه العوامل على سبيل المثال، السراب الذي يولد من انحناء الأشعة الضوئية الناتج عن اختلاف درجات الكثافة في الغلاف الجوي؛ والصاعقة، التي تسقط عندما تتلبد السماء بالغيوم المثقلة بالشحنات الكهربائية؛ وأخيراً الشفق القطبي، الذي يدل على تأثير الرياح الشمسية على طبقة الإيونوسفير، وهي طبقة مميزة من طبقات الجو العليا.

شفق شمالي يضيء السماء قرب فيربانكس في ألاسكا. اللون الأحمر النادر يدلّ على حدوث الظاهرة على ارتفاع شاهق في الغلاف الجوي.

مشاهد من السماء

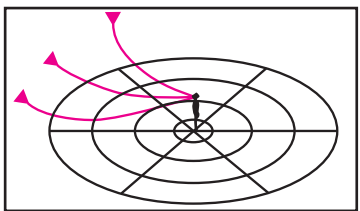


السراب

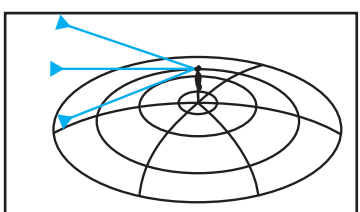
السراب عبارة عن خدعة بصرية بسيطة، وهو يظهر عندما ينقسم الجو إلى عدة طبقات تتفاوت درجات الحرارة في ما بينها بشكل كبير.

قصة صورة

كل النقاط الموجودة على سطح شيء مُضاء ترسل أشعة ضوئية في كافة الاتجاهات. عندما ننظر إلى هذا الشيء المضاء، تلتقط عيننا قسماً من هذه الأشعة الضوئية حينما تصل إلى شبكية العين التي تشبه شاشة سينما مصغرة، فتطبع عليها الصورة المتشكلة من الأشعة الضوئية الملتقطة. والشبكية غشاء مؤلف من مستقبلات حسية ترسل إشارات نحو الدماغ عندما تثار بواسطة الضوء، حيث تتم معالجة وتحليل المعلومات الضوئية من قبل مناطق خاصة في الدماغ الذي يقوم بترجمة الواقع؛ لذا فإن ما نراه في الواقع ليس الحقيقة تماماً، بل هو تفسير من قبل الدماغ لهذه الحقيقة.



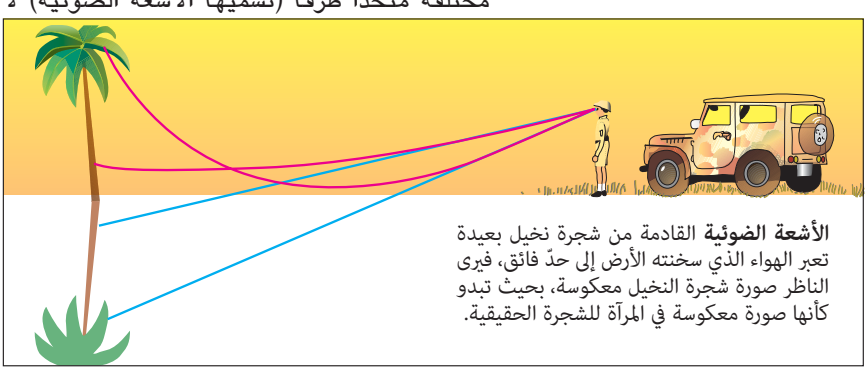
عندما تكون الأرض فائقة السخونة، تنحني الأشعة الضوئية التي يتلقاها الناظر نحو الأرض.



يظن الناظر أن الأشعة الضوئية تصل إليه بخط مستقيم، ويتولد لديه انطباع بأنه يقف في مكان مرتفع.

أشعة ضوئية متسارعة

يفسر الدماغ المشاهد الضوئية على أنها قادمة إليه بخط مستقيم من الشيء المرئي، لكن لا يكون الأمر كذلك دائماً. في الواقع، يسافر الضوء إلى أماكن مختلفة متخذاً طرقاً (نسميها الأشعة الضوئية) لا



الأشعة الضوئية القادمة من شجرة نخيل بعيدة تعبر الهواء الذي سخنته الأرض إلى حدّ فائق، فيرى الناظر صورة شجرة النخيل معكوسة، بحيث تبدو كأنها صورة معكوسة في المرآة للشجرة الحقيقية.

رؤية السراب في الصحاري ليست أمراً نادراً. للأسف، الواحة أبعد كثيراً مما نظن...

تتبع بالضرورة خطوطاً مستقيمة. فبحسب القاعدة الأساسي لنظرية الضوء الهندسية، التي أطلقها بيير دو فيرما Pierre de Fermat في عام 1650، يسلك الضوء من بين كل الطرقات، الطريق الذي يجعله يعبر بوقت أقصر. وبما أنه ينتشر بسرعة أقل بكثير في الأماكن الأكثر كثافة، لذا فإن الأشعة الضوئية تسلك في بعض الأحيان طرقات مختصرة، غير مستقيمة، متجنبة الأماكن ذات الكثافة المرتفعة. تماماً كما يسلك السائق الذي يذهب إلى موعده الطرقات الأقل ازدحاماً.

خريطة (على الصفحتين التاليتين)

الشفق القطبي نادر الحدوث في خطوط العرض المتوسطة، لكنه يحدث بكثرة كلما اقتربنا من القطبين، لأن الدرع الجيومغنطيسي للأرض يكون أضعف بكثير في هذه المنطقة. وبسبب تحركات الهواء العمودية القوية التي تحصل داخل الغيوم التي تعبر القارات، تكون الصواعق هناك أكثر منها فوق المحيطات. كما تُعد منطقة التقارب بين المدارين المكان الأفضل للصواعق الناشطة والقوية.

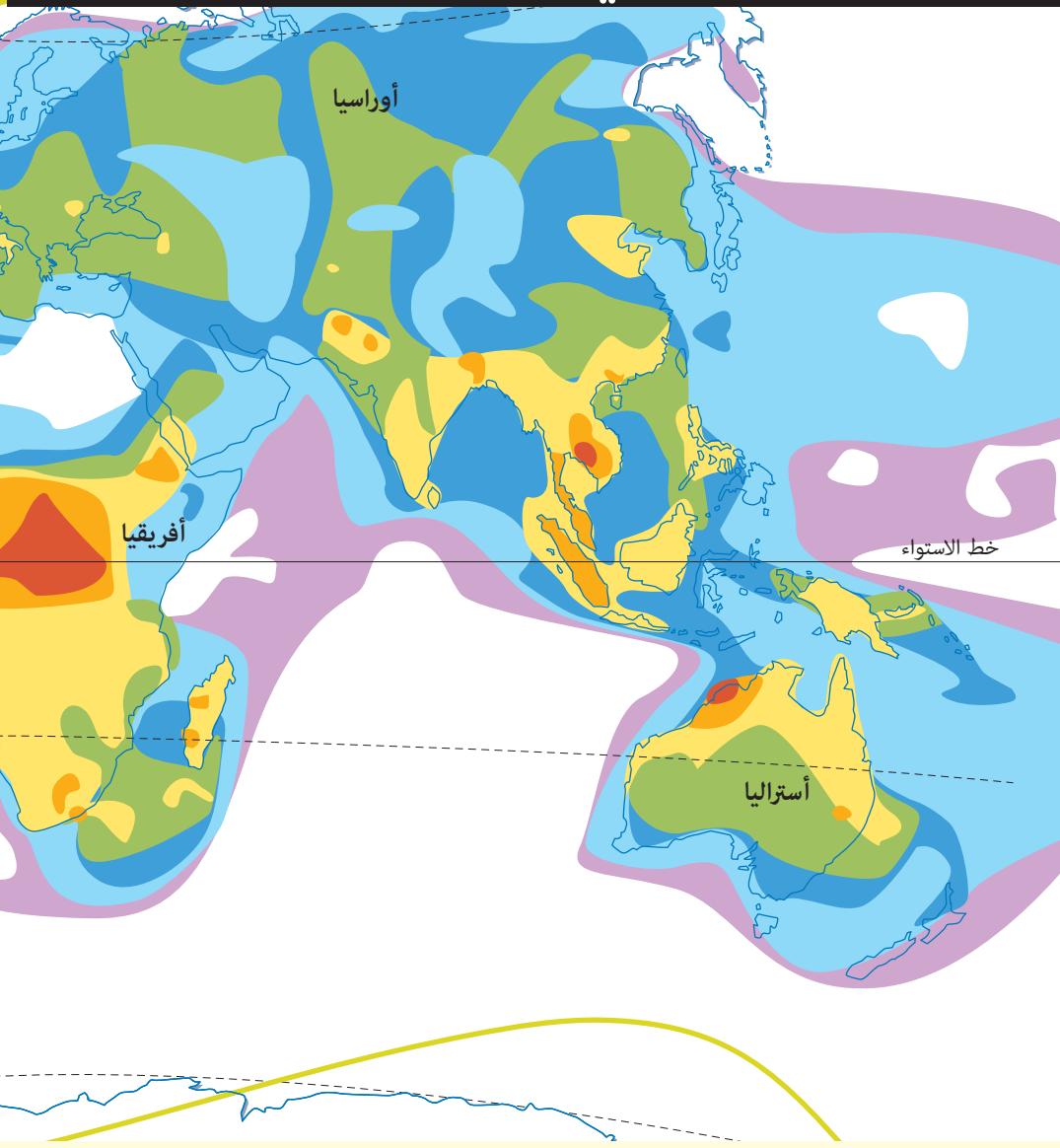
رؤية شيء ما عندما لا يوجد شيء

عندما تختلف درجة حرارة الأرض عن درجة حرارة الجو – فوق الصفائح الجليدية المعرضة لأشعة الشمس أو على رمال الصحاري مثلاً – يشكل الهواء الذي يعلوها طبقات غير متجانسة، مع درجة حرارة ترتفع أو تهبط تدريجياً. إن كثافة أي غاز مرتبطة مباشرة بدرجة حرارته: كلما كان ساخناً، شغل حيزاً أكبر وانخفضت كثافته. هكذا فإن كثافة الجو في الصحراء تتباين بشكل كبير جداً بين الطبقات التي هي على اتصال مباشر بالأرض (شديدة السخونة) والطبقات التي هي على مستوى النظر (وتكون أكثر برودة). إن الأشعة الضوئية تتخذ الطبقات القريبة من الأرض طريقاً لها قبل وصولها إلى شبكية العين، فيدركها الدماغ على أنها قادمة من مصدر يقع على خط مستقيم، أي تحت الموقع الحقيقي للشيء المرئي؛ وهكذا نرى الشيء حيث لا يكون موجوداً. ويحصل في بعض الأحيان أن تصل الأشعة الضوئية إلى العين عبر طرقات كثيرة تعتمدها مختصرة ما أمكن من الوقت: هنا تظهر عدة سرابات لا يمت أي منها إلى الواقع بصلة.

سراب الجاذبية

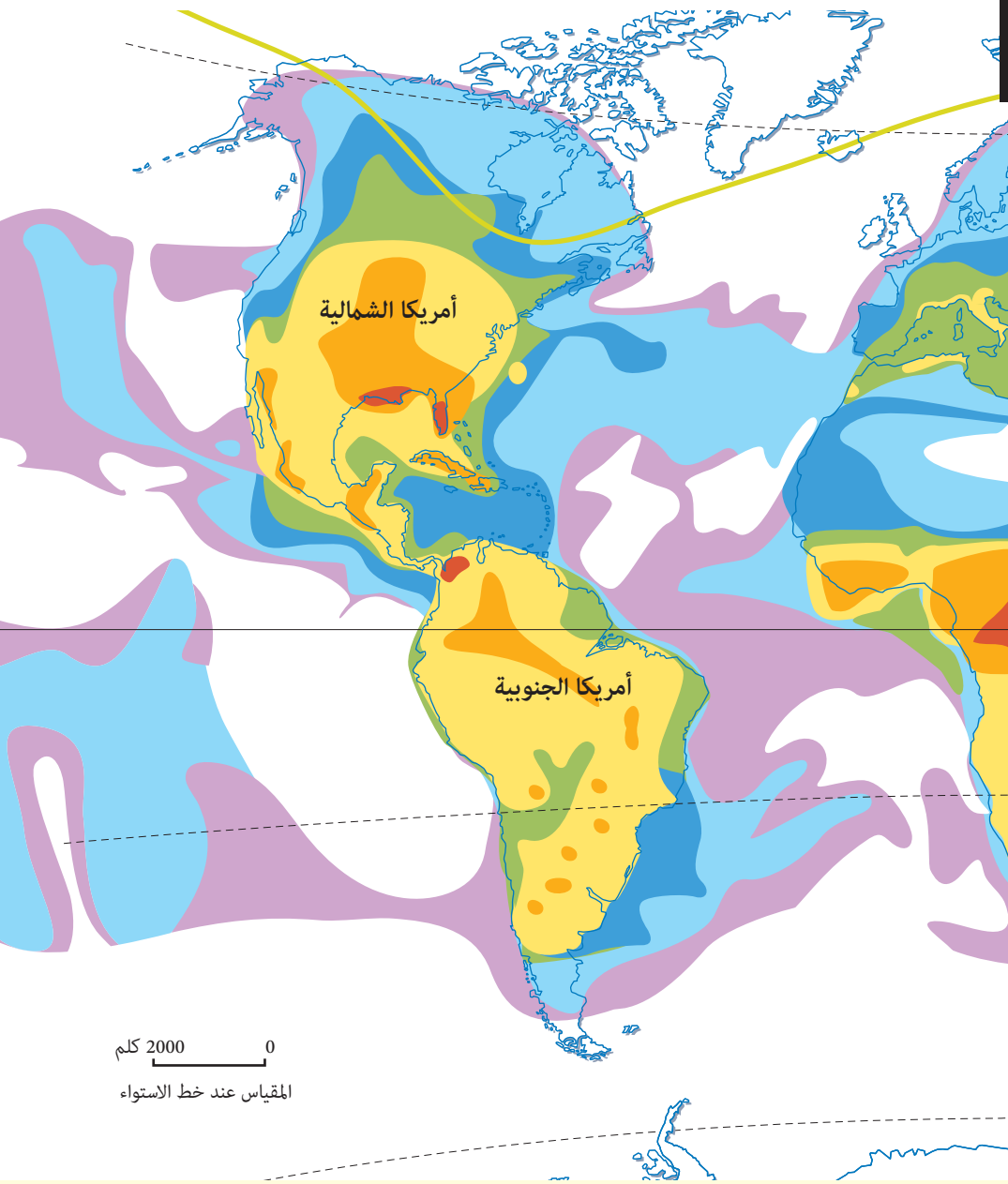
افترض آينشتاين في نظريته حول النسبية العامة أن الأجسام الضخمة (كالنجوم مثلاً) تجعل الحيز الزمني (الزمكان، أو الزمان–مكان) مقوساً. كل ذرة، ولا سيما الفوتونات التي تكون الأشعة الضوئية، تنحرف باتجاه ما يجاورها، وهذه ظاهرة من المفترض أن تولد «سراب الجاذبية». جاء البرهان على ذلك عام 1979 مع أول رؤية لصورة مزدوجة لمجرة بعيدة. إن دراسة تأثيرات «عدسة الجاذبية» قد سمحت لنا اليوم برسم خرائط للكون تكشف وجود أجسام ضخمة غير مرئية.

الشفق القطبي والبرق



كثافة البروق والصواعق (عدد البروق/ كلم^2/ سنة)

0,12 إلى 0,30	1,20 إلى 3	6 إلى 15	30 فما فوق
0,30 إلى 1,20	3 إلى 6	15 إلى 30	



التمركز الوسطي لحلقات الشفق

البروق والصواعق

تملك الصاعقة جمالاً شيطانياً. تضرب الأرض في نقطة غير متوقعة، بعد أن ترسم طريقاً غير منتظم في السماء، مسببة الخوف والذهول.

غيوم كهربائية

تولد الصاعقة في قلب غيوم العاصفة، هذه السحب الركامية الضخمة والداكنة تحلّق على ارتفاع يبلغ 2 كلم ويمكن أن يمتد إلى 10 كلم. هذه الغيوم التي تتكتل فتشبه سندان الحداد، تحمل في داخلها مئات آلاف الأطنان من المياه على شكل قطرات ماء فائقة البرودة وبلورات ثلجية.

إن غيوم العاصفة غالباً ما تكون غير مستقرة لأنها تخضع لموجات هوائية تختلف درجات حرارتها، ناتجة إما عن التقاء كتلتين جويتين، أو من الحرارة المخزنة في الأرض (نتحدث هنا عن عاصفة حرارية). يُترجم عدم الاستقرار هذا بتحركات الحمل الحراري التي بإمكانها أن تصل إلى 70 كلم في الساعة. إن احتكاك قطرات الماء بجزيئات الجليد يولد الكهرباء.

عندما يصبح فارق الطاقة المتولدة كبيراً، ينتج عن ذلك تفريغ للشحنة الكهربائية. إن 90 % من التفريغ الكهربائي يتم داخل الغيوم، أما الباقي فيحصل باتجاه الأرض بفضل آلية مميزة جداً: يحدث «تفريغ أولي» للشحنة الخافتة الضوء بسرعة كبيرة نحو الأسفل، وعندما يصل «الخط المتعرج» إلى مسافة عشرات الأمتار من الأرض، تصعد باتجاهه شحنة كهربائية صاعدة، فتخلق عملية التقائهما قوساً كهربائياً مضيئاً يدخل في القناة المرسومة بدءاً من الأرض: هذا هو البرق الصاعد. لكن يحدث أحياناً في الجبال أن تكون الشحنة الأولى صاعدة، فيكون البرق عندئذ هابطاً.

أدت قوة الصاعقة التي ضربت سقف هذه الكنيسة الريفية الفرنسية إلى انهيار قسم منه.

نتائج الصاعقة

يبلغ متوسط عدد البروق التي تحدث على مستوى العالم كله مئة في الثانية. يحدث في فرنسا سنوياً حوالى مليون تصادم بين الصواعق واليابسة، مسببة موت ثلاثين شخصاً و15000 حريق. يعود سبب الأضرار إلى كمية الطاقة الكبيرة الموجودة في

يتبع البرق في السماء مساراً عشوائياً، بحيث يجعل كل توقع مستحيلاً. أُخذت هذه الصورة فوق سان فرنسيسكو.

الصاعقة، حيث تبلغ قوة الشحنة الكهربائية في الصاعقة مليون فولت، مع قوة ضوء تعادل مئة مليون لمبة عادية. إن الطاقة المحررة تتحول إلى ضوء (البرق)، وطاقة صوتية (الرعد)، وحرارة، حيث تصل حرارة القوس الكهربائي إلى 30000 درجة مئوية.

ترجع الأضرار المادية بصورة أساسية إلى الحرارة المرتفعة التي تختزنها الصواعق فتدمر هياكل الإنشاءات، وإلى الإشعاعات الإلكترومغنطيسية التي تلحق الأضرار بالتمديدات الإلكترونية والمعلوماتية. أما على الإنسان فقد تكون التأثيرات مختلفة: إذ يحصل أن تضرب الصاعقة شخصاً ما وتصيبه بأضرار طفيفة على جلده وتحرق ثيابه، وهذا يحدث إذا كانت الشحنة قوية بما يكفي لجعلها تنتشر على شكل قوس كهربائي على سطح الجلد متجنبة بقية أعضاء الجسم. أما في الحالة المعاكسة، فيمكن للكهرباء والحرارة أن تتسببا بأضرار كبيرة في الأعضاء البشرية حيث تمر الشحنة.

الحماية

لقد أثبتت الحماية الكلاسيكية من الصواعق فعاليتها في حماية الأبنية، وهي تتألف من عمود معدني مغروز في الأرض يجذب الصاعقة نحوه. ويحاول العلماء منذ عشرين سنة إنتاج برق بواسطة أشعة الليزر، يملأ الجو بالأيونات فيرسم بذلك مساراً تفضيلياً للشحنة الكهربائية. إن التقدم العلمي الذي تحقق على صعيد هذه الأشعة قد يسمح لهذه التقنية بالوصول إلى نتائج ملموسة في السنوات المقبلة.

كتل من الصواعق

كتل الصواعق حدث نادر الوجود. هذه الكتل المضيئة التي يصل قطرها إلى 30 سنتم، تدور على ارتفاع متر واحد من الأرض وخلال بضع عشرات من الثواني قبل أن تنطفئ أو تنفجر. وتبقى هذه الكتل لغزاً علمياً على الرغم من البراهين العديدة على وجودها.

الشفق القطبيّ

يُعد الشفق القطبي الشمالي والشفق القطبي الجنوبي الآثار المرئية لاصطدام الرياح الشمسية بالغلاف الجوي للأرض، ويمكننا رؤيتهما إذا كنا على مقربة من القطبين.

أغطية لمّاعة

يظهر الشفق القطبي على شكل مناديل لمّاعة في سماء مناطق خطوط العرض القريبة من القطبين، عند مستوى الدوائر القطبية، ويندر حدوث هذه الظاهرة في مناطة خطوط العرض المتوسطة. هذه المناديل المضيئة تبدو كأنها معلقة على ارتفاع مئات الكيلومترات، وتهبط إلى مسافة تعلو مئات الأمتار عن سطح الأرض، حيث تتوقف عند هذا الحد بسبب كثافة الجو. أما سماكتها فتكون إجمالاً أقل من كيلومتر واحد، لكن بإمكانها الإحاطة بالكرة الأرضية على امتداد عدة الآف من الكيلومترات. يتغير شكل هذه المناديل المضيئة بسرعة، وتتغير أيضاً كثافتها وحركتها.

معجم

الإيونوسفير
طبقة من الغلاف الجوي تبدأ من على ارتفاع 60 كيلومترا، وتتميز بجزيئاتها المؤينة.

وبما أن أعيننا تميز بصعوبة الألوان خلال الليل، فهي تظهر لنا بيضاء إجمالاً مع بعض انعكاسات خضراء وصفراء وزرقاء، واستثنائياً حمراء. وهي تدوم لبضع دقائق وأحياناً لبضع ساعات.

في الرياح الشمسية

يُظهر الشفق القطبي قوة تأثير الرياح الشمسية على الغلاف الجوي للأرض. يتألف القسم الأعلى للغلاف الجوي للشمس من جسيمات (إلكترونات وبروتونات) مسخنة على عدة ملايين من الدرجات. في حرارة مماثلة، تتحرك الجسيمات بسرعة كبيرة؛ فيبلغ معدل سرعة البروتونات حوالى 150 كلم في الثانية، فيما يبلغ معدل سرعة الإلكترونات 5000 كلم في الثانية لأنها أخف وزناً. خلال هذه الحركة، تميل الإلكترونات إلى الإفلات من جاذبية الشمس لتهيم في الفضاء، حاملة معها البروتونات وبعض الذرات (لا سيما الهيليوم) المشحونة كهربائياً. إن الغاز المؤين هذا

تلتقي ذرات الرياح الشمسية بطبقة الإيونوسفير التي تعلو طبقات الغلاف الجوي، من خلال حلقتين موجودتين بالقرب من القطبين.

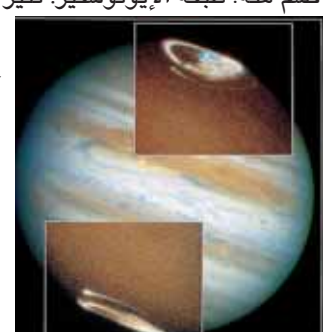
يهرب باستمرار من شمسنا مشكلاً الرياح التي تغمر النظام الشمسي بأكمله، لكن سرعته وكثافته تختلفان باختلاف مصدرهما؛ فتكونان كبيرتين عندما تأتي الجزيئات من مناطق ناشطة من الشمس، مثل البقع والنتوءات. عندما تصل الرياح الشمسية إلى مدار الأرض بعد سفر أربعة أيام تقريباً، فإنها تحمل خمسة جسيمات في السنتيمتر المكعب الواحد.

يظهر الشفق القطبي عادة بألوان صفراء وخضراء، فتميز تلك الطاقة المحررة بفعل اصطدام الجسيمات المشحونة مع ذرات الأوكسجين الموجودة على ارتفاع 100 كلم.

الوجهة: القطبان

يحيط بالأرض حقل مغنطيسي ناتج عن تحركات نواتها السائلة. عندما تقترب الجسيمات الشمسية المشحونة بالكهرباء من الأرض، يتلقفها الحقل المغنطيسي الأرضي ويوجهها نحو القطبين المغنطيسيين. هنا، عبر حلقة تحيط بكل قطب (أعرض على مستوى القطبين خلال الليل منها خلال النهار)، تتصل بالذرات الموجودة في الغلاف الجوي في أعلى قسم منه: طبقة الإيونوسفير. تثير الاصطدامات الذرات (لا سيما الأوكسيجين والنيتروجين) التي تقوم بإعادة توزيع الطاقة المخزنة.

إن الأشعة الناتجة تملك أطوال موجات تختلف باختلاف الجزيئات وطبيعتها الكيميائية. فإذا كانت ذرات الأوكسيجين على ارتفاع 100 كلم، فإنها ترسل ضوءاً يتماوج بين الأصفر والأخضر. وإذا تم الاصطدام في مكان أعلى، يصبح الضوء أحمر. أما ذرات النيتروجين فإذا كانت على ارتفاع منخفض، فإنها تعطي ضوءاً أحمر باهتاً، وإذا كانت مؤينة وعلى ارتفاع أعلى، يصدر عنها الضوء البنفسجي. وهكذا فإن الشفق القطبي هو انعكاس لمكونات الطبقات العليا من الغلاف الجوي.



الشفق القطبي لا يحدث على كوكب الأرض فقط، هنا نراه على المشتري.

سواء كانت وميضاً على هيئة شَعر فضي يمر في سماء الليل، أم أمطاراً من الحجارة تهطل فجأة على الأرض، فإن النيازك والشهب لطالما كانت نذير شؤم. أما اليوم، فقد أصبحت دراسة مثل هذه العوامل السماوية تمثل إحدى قضايا العلم في القرن الحادي والعشرين. وقد نجد فيها ليس فقط سبب انقراض بعض الفصائل الحيوانية، لكن أيضاً بعض أسرار الحياة على سطح الأرض. وعند التحدث عن أصل الأرض، تنضم الشهب والنيازك إلى كيمياء غريبة.

إن الأمطار النيزكية المذهلة لشُهُب الأسديات التي شاهدناها في تشرين الثاني/ نوفمبر 1999 وتشرين الثاني/ نوفمبر 2003، قد نتجت عن مرور المذنب سويفت-تاتل.

ظواهر كونية

المذنّبات، رُسُل من السماء

يبدو أن دور الرُسُل أو المبعوثين الذي نُسب إلى المذنبات لا يزال قائماً. فالمذنبات التي كانت تُستخدم قديما للتنبؤ بالمستقبل تتم اليوم دراستها على أمل أن تخبرنا... عن الماضي.

المذنبات عبر التاريخ

ما هي المذنبات وما هي طبيعتها؟ هذا السؤال الذي طرحه الإغريق منذ 2500 سنة (والذين أعطوها اسم «kometes» أي الكوكب ذو الشعر) لم يجد جواباً مرضياً له حتى نهاية القرن العشرين.

سجادة من مدينة بايو الفرنسية. في العام 1066، رأى هارولد ملك إنكلترا مذنباً في السماء، فتوقع أنه سيخسر معركة هاستنغ ضد وليام الفاتح دوق النورماندي.

في القرن السادس ق.م. اعتبر الفيتاغوريون أن المذنبات أجسام سماوية تتحرك وفق مسارات شبيهة بمسارات الكواكب الأخرى، وهكذا فإن من الممكن توقع موعد عودتها. واليوم نعلم أن هذا الأمر صحيح. بعد قرنين من الزمن، فسرت مدرسة أرسطو الأمر بطريقة مغايرة تماماً؛ إذ رأت أن المذنبات نوع من الشهب قادمة من طبقات الجو العليا، شبيهة بالحرائق أو بالأبخرة الأرضية، وتنتمي إلى كوكب الأرض فقط. لم تكن تعتبر أشياء حقيقية، بل مجرد رؤى نارية أو خدع بصرية.

سادت النظرية الأخيرة طوال 2000 سنة، حتى أوائل القرن السابع عشر، حين أعلن عالم الفضاء الدانماركي تيكو براهي

فأل حسن أم فأل سيّئ؟

بحسب البابليين، فإنّ المذنب المتجه جنوباً ينبئ بمحصول زراعي جيد. كما أن ولادة القيصر السعيدة، ثم ولادة ميتريدات قد تمتا بعد مرور مذنب يلمع أكثر من الشمس! على العكس من ذلك، تقول التقاليد إن موت الإمبراطور الروماني فسباسيان وموت النبي محمد (ص) قد حدثا بعد مرور مذنب.

إن لائحة التوقعات المنسوبة للمذنبات، سعيدة كانت أم تعيسة، يمكن أن تمتد إلى ما لا نهاية؛ إذ ظلت تفسيرات مماثلة رائجة حتى بداية القرن العشرين، عندما ظن كثيرون أن مرور مذنب هالي في عام 1910 هو بمثابة إعلان عن نشوب الحرب العالمية الأولى.

عام 1997 ظهر مذنب هال-بوب خلال فصل الشتاء، مع ذنبيه المرئيين بوضوح: أحدهما أزرق (مكون من غاز مؤيّن)، والآخر أصفر (يحتوي على الغبار).

(Tycho Brahe) في العام 1597، بعد 12 سنة من الدراسات التي قام بها على المذنبات، أنها تمر أبعد من القمر، وأنها أشياء مادية شبيهة بالكواكب. هكذا بدأت أخيراً دراسة المذنبات بالارتكاز على قواعد علمية.

عودة المذنبات

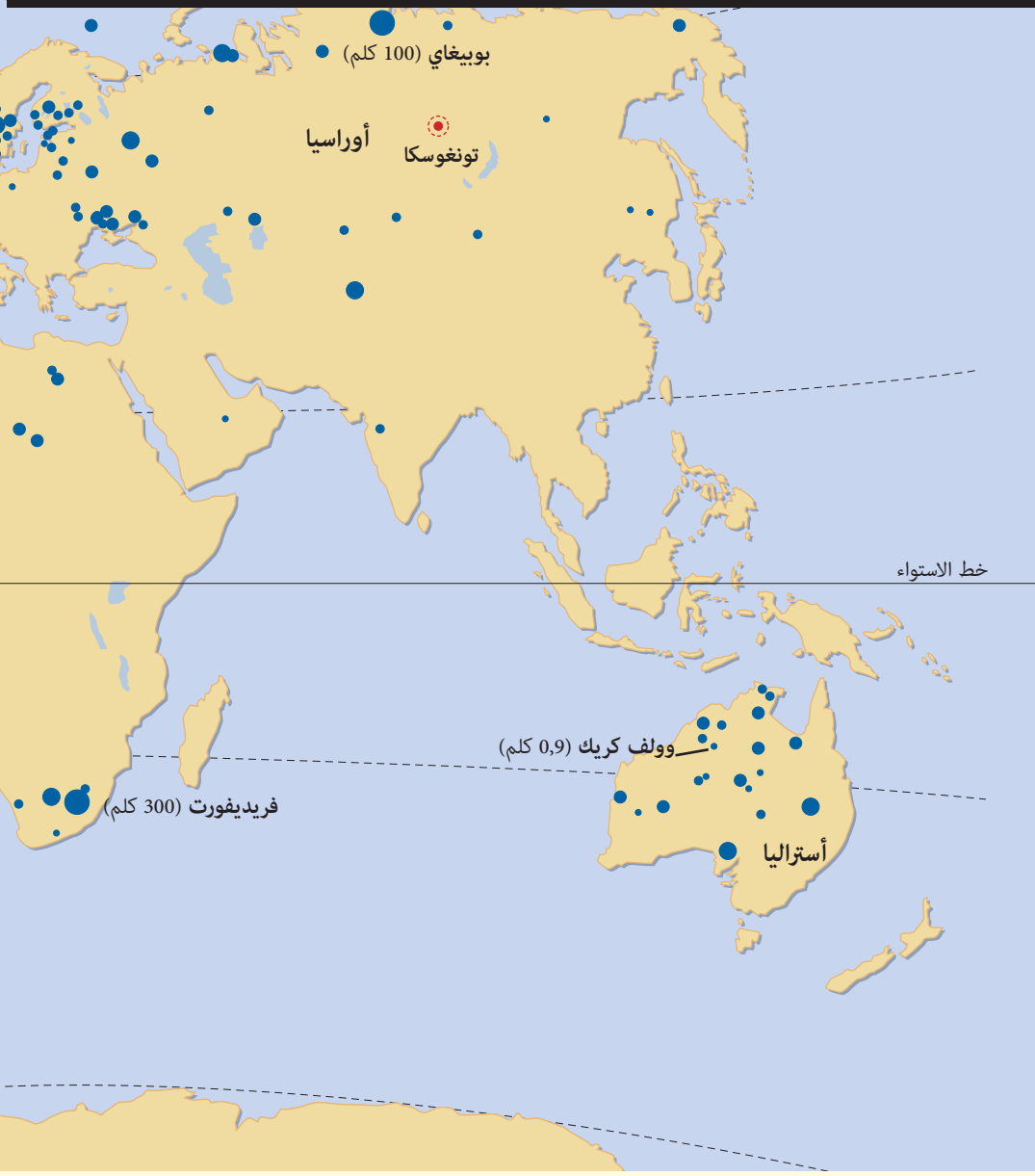
في العام 1680، استنتج إسحق نيوتن بعد مراقبته لأحد المذنبات أن هذا الأخير يرافق الشمس صباحاً ومساءً، فظن أنه يدور حول الشمس متأثراً بجاذبيتها. قام بحساب مساره مبرهناً أن المذنبات تدور حول الشمس وفق مسارات إهليلجية (ما يعني انحناء سطحياً ممتداً إلى حدّ ما، حيث تكون الشمس إحدى بؤرتيها)، أو على شكل قطع زائد (وتكون بؤرتها الثانية في اللانهاية، وفي هذه الحالة لا يعود المذنب مطلقاً).

في العام 1705، لاحظ إدموند هالي تناظراً صاعقاً بين المذنبات التي تمت رؤيتها في أعوام 1682، و1606 و1531، واستنتج أنه مذنب واحد يعود للظهور كل 76 سنة، وهكذا حسب بأن تاريخ عودته سوف يكون في عام 1758. كانت تلك المرة الأولى التي يتم فيها معرفة تاريخ عودة المذنب، فتم إطلاق اسمه على المذنب: مذنب هالي.

خريطة (على الصفحتين التاليتين)

عندما لا تتفتت بشكل كامل بعد عبورها الغلاف الجوي للأرض، فإن ما يبقى من المذنبات أو النيازك يسقط على الأرض مخلفاً آثاراً عميقة هي الحفر النيزكية، حيث لا يزال البعض منها بادياً بوضوح على الرغم من مرور ملايين السنين. إحصائياً، يسقط 70 % من هذه الأجسام في المحيطات، وهذا ما لا يظهر على الخريطة.

الحفر النيزكية



- وولف كريك (0,9 كلم): حفر نيزكية مشهورة مع تحديد قطرها

- من 50 إلى 100 كلم
- أكثر من 100 كلم

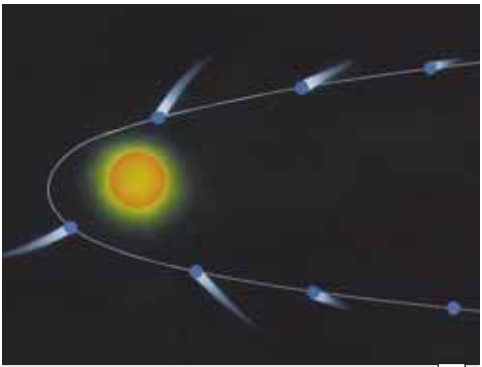
- أقل من 1 كلم
- من 1 إلى 10 كلم
- من 10 إلى 50 كلم

في عام 1908 تعرضت منطقة تونغوسكا لخراب امتد على مساحة 2000 كلم مربع، نتيجة انفجار شظية من أحد النيازك أو المذنبات قبل بلوغها اليابسة بقليل.

0 2000 كلم

المقياس عند خط الاستواء

غبار، بلازما وكرات ثلج



عند الاقتراب من الشمس، يبدأ الثلج الذي يكوّن المذنب في الذوبان، تاركاً وراءه ذنبين يمكن أن يمتدا ملايين الكيلومترات.

المذنب كرة كبيرة من الثلج المليء بالأوساخ يصل قطرها إلى عدة كيلومترات، توجد على حدود النظام الشمسي. بالإضافة إلى المياه المتجمدة، نجد فيها نوعاً من القشور المكونة من الغبار، داكنة اللون، تتشكل من عدة مواد، منها الكربون والأوكسيجين والكبريت والسيليسيوم والماغنيزيوم. عندما تقترب كرة الثلج هذه من الشمس، تبدأ في الذوبان تاركة وراءها ذنبين: الأول لونه أصفر ومكون من الغبار الهارب مع المياه الذائبة، والآخر لونه أزرق ويُسمى «البلازما». هذه البلازما مكونة من الغاز المتطاير من المذنب، الذي تأين بواسطة الأشعة الشمسية (من هنا جاء اللون الأزرق). وبفعل الرياح الشمسية التي تواجههما، يتابع ذنبا المذنب نموهما دائماً بالاتجاه المعاكس للشمس، على امتداد مسار المذنب.

تتبع المذنبات الآتية من سحابة أورط مدارات طويلة جداً تمتد خارج مسطح مدارات الكواكب.

مذنبات أورط...

معجم

سنة ضوئية
وحدة طول تعادل المسافة التي يجتازها الضوء خلال سنة في الفراغ، وتساوي 9500 مليار كلم.

البلازما
سائل مكون من جزيئات غازية ذات شحنات كهربائية محايدة.

بعد تكون النظام الشمسي، دُفع عدد كبير من الأجسام الصخرية التي تسبح خلف مدارات الكواكب الأربعة العملاقة إلى حدود النظام الشمسي، مقذوفة بتأثير الجاذبية، ونتج عنها هالة من الأشياء المختلفة المحيطة بالنظام الشمسي بأكمله، وهي تدور بفعل الجاذبية الشمسية عند مسافة تتراوح بين 0،1 و0،5 سنة ضوئية. إنها سحابة أورط.

التقطت هذه الصورة لمذنب هالي عام 1986 بواسطة المسبار جيوتو لتكشف النقاب عن نواة المذنب: كرة من الثلج المليء بالأوساخ.

يحدث أحياناً أن يثير مرور نجم بالقرب من الشمس، أو التواجد بالقرب من ضباب غازي وغبار، الاضطراب في سحابة أورط، ما يدفع ببعض العناصر – المذنبات – إلى الأمام باتجاه الشمس. تكون مدارات هذه المذنبات ذات أشكال إهليلجية طويلة جداً، وتتخذ أحياناً شكل القطع الزائد (وفي هذه الحالة لا تعود أبداً). هذه المذنبات «الفتية» تعود بشكل دوري بعد مدة طويلة جداً (مذنب هالي–بوب مثلاً ظهر في العام 1997، ولن يعود إلا في عام 6300). كل مرة تعود فيها المذنبات، تشيخ وتصبح حركتها أبطأ بسبب الجاذبية الموجودة حول الشمس، وسيقصر مدارها ويقصر معه وقت عودتها شيئاً فشيئاً. فالمذنب هالي الذي يظهر كل 76 سنة هو متقدم نسبياً في السن، لكنه أكثر شباباً من مذنب أنكي، الذي يظهر كل 3،3 سنوات.

المذنبات والأرض

عندما كانت الأرض حديثة التكوين ومن دون غلاف جوي، صدمتها ملايين المذنبات التي اختفت آثارها بفعل الزلازل والبراكين. ويُعتقد أن كميات الثلوج والجليد الهائلة التي حملتها المذنبات وذابت في ما بعد قد ساهمت في ملء البحار والمحيطات بالمياه. ولا تزال حتى أيامنا هذه، آلاف المذنبات القديمة التي تفتتت إلى قطع صغيرة، تأتي باتجاه الأرض، حيث يحولها مرورها في الغلاف الجوي إلى «شهب»، لأن هذا الفتات يحترق كلياً أو جزئياً (وفي الحالة الأخيرة يسقط ما تبقى منها على الأرض).

...أو مذنبات كويبر؟

منذ عام 1990، تم اكتشاف أن بعض الأجسام تهرب أيضاً من حزام كويبر، وهو «خزان سماوي» آخر يقع خلف نبتون. تتحول هذه الأجسام أيضاً إلى مذنبات (مذنبات كويبر)، يتلازم مسطح مدارها مع مسطح مدارات الكواكب الأخرى. ولأن تكوينها قريب من تكوين النظام الشمسي، يمكن لمذنبات أورط وكويبر أن تعطينا معلومات وافرة عن الظروف التي رافقت ولادة مختلف الكواكب، ومن ضمنها على وجه التحديد، كوكبنا الأرض.

النيازك، أبناء المذنبات والكويكبات

سواء ظهرت على شكل صخور تتجه للاصطدام بالأرض، أو رسمت في الجو نقوشاً متوهجة (الشهب)، فإن النيازك ما هي إلا أبناء للمذنبات.

بعد المذنبات تأتي الأمطار

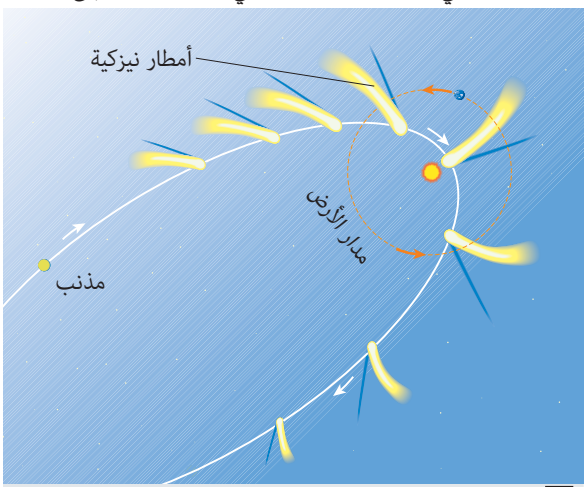
تلتقي الأرض في مدارها حول الشمس بالغبار والحجارة (وأحياناً بالصخور) المتجولة في منظومتنا الشمسية. بعض هذه الأشياء يأتي من الكويكبات أما القسم الكبير منها فيأتي من المذنبات.

عندما تقترب من الشمس، تفقد المذنبات كمية هائلة من المواد (20 إلى 30 طن في الثانية)، كالمياه والغبار بالدرجة الأولى، إضافة إلى الكثير من الشظايا الصخرية. بعد مرور المذنبات، تبقى هذه المواد لبعض الوقت في دوران حول الشمس قبل أن تتبدد. عندما تبلغ بقايا المذنبات هذه مدار الأرض، تتساقط فوق كوكبنا كالمطر. لذا نحن نربط اليوم كل مجموعة من الشهب بمرور أحد المذنبات: كالمذنب «سويفت تاتل» الذي ترافقه شهب البرشاويات في شهر آب/ أغسطس، ومذنب «تمبل» الذي ترافقه شهب الأسديات في شهر تشرين الثاني/ نوفمبر، وهكذا دواليك.

يتساقط يومياً على الأرض ما معدله 250 طناً من بقايا المذنبات أو الشهب. عند احتكاكها بالغلاف الجوي، تشتعل هذه البقايا تاركة وراءها ذنباً مشتعلاً: إنه النيزك.

250 طناً يومياً

أثناء طوافها على مسافة 150 مليون كيلومتر من الشمس، تتلقى الأرض نوعين من الأمطار النيزكية: الأول مكون من بقايا مذنبات، والثاني من بقايا كويكبات. في المجمل، يصل إلى الأرض سنوياً 400000 طن من هذه البقايا (أي 250 طن يومياً). هذا الرقم مؤثر، لكن يجب تقديره بالنظر إلى مساحة الأرض الواسعة؛ فمن وجهة نظر إحصائية، لا يقع على الكيلومتر المربع الواحد في المتوسط إلا نيزك واحد يزن على الأكثر 500 غرام خلال عدة ملايين من السنوات. خلال القرون الثلاثة الأخيرة، تم تسجيل عشر حوادث تسببت بها النيازك، إما لناحية قتل كائنات حية، أو تدمير سطوح منازل.



عندما تبلغ بقايا أحد المذنبات المدار الأرضي، تتلقى الأرض أمطاراً نيزكية.

النيازك: إما شهب...

عندما تصل إحدى بقايا المذنبات إلى الغلاف الجوي للأرض، تبلغ سرعتها بين 50000 و250000 كلم في الساعة، وهكذا تغدو نيزكاً. عندما يدخل هذا الأخير طبقات الغلاف الجوي العليا على ارتفاع حوالى 80 كلم، يصطدم بطبقة «الميزوسفير» الجوية، التي تخفف من سرعته الكبيرة وتجعله متوهجاً. يُشحن الهواء بالكهرباء لدى مرور النيزك المشتعل، فيترك وراءه ذنباً أزرق: هذا ما نسميه شهاباً، أو بتعبير علمي أدق: نيزك. إن الشهب ليست نجوماً على الإطلاق، لكنها بكل بساطة حجارة تذوب في الغلاف الجوي.

بصورة عامة، تكفي احتكاكات النيازك بالغلاف الجوي لإحراقها وتبخيرها بالكامل، مع أنه يحدث أحياناً أن يصل جزء غير محترق إلى سطح الأرض...

معجم

الشهاب
كل ظاهرة (باستثناء الغيوم) تلاحظ في الفضاء، وتحديداً الآثار المضيئة للنيازك أثناء عبورها الغلاف الجوي.

... أو ثقوب في الأرض

عندما تصل بعض أجزاء النيازك إلى الأرض، تسبب فيها حفراً أشبه بفوهات هائلة، يتنوع شكلها بحسب سرعة سقوط النيازك وحجمها، ونسميها الحفر النيزكية. إذا كانت النيازك ذات حجم كبير، فإن كل طاقتها أو جزءاً منها سيتحول إلى حرارة عند اصطدامها، وسوف

«متيور كراتر» حفرة نيزكية في أريزونا (الولايات المتحدة) قطرها 1،3 كلم. تشكلت بسبب اصطدام نيزك حديدي قطره 25 م بالأرض متجهاً بسرعة 15 كلم في الثانية، وذلك منذ 30000 سنة.

معجم

حفرة نيزكية
فوهة تكونت نتيجة اصطدام جسم سماوي بكوكب ما.

تتفتت بأكملها تاركة حفرة في الأرض تسمى «فوهة الانفجار». أما إذا كان وزنها لا يتعدى بضعة كيلوغرامات أو عشرات الكيلوغرامات، فإن سرعة وصولها تكون أضعف، وسيُحدث النيزك حينئذ حفرة يسببها الاصطدام وسيبقى سالماً تقريباً في وسطها. نعرف حالياً مئات الفوهات الكبيرة التي سببتها النيازك، كالفوهة النيزكية المشهورة في أريزونا، التي يبلغ قطرها 1300 م ويصل عمقها إلى 200 م. هذه الفوهة ناتجة عن اصطدام نيزك قطره 20 متراً منذ 30000 سنة.

لكل مطر إشعاعاته

ينتج عن النيازك شهب تتساقط على مدار السنة، لكن بعض الفترات تكون أكثر سخاءً وهي تلك التي تلتقي فيها الأرض بزخة من الشهب النيزكية التي يخلفها عبور بعض المذنبات.

تتحدر تسمية كل زخة من المطر النيزكي في اللغات الأوروبية من اسم كوكبة من النجوم: «بوتيد» من كوكبة «بوتس» (كوكبة العواء بالعربية)، «برسييد» (شهب البرشاويات) من كوكبة «برسيوس» (حامل رأس الغول بالعربية)،

هل هي قاتلة؟

لم يتحدث الأرشيف سوى عن شخص واحدٍ قتل بسبب النيازك عام 1644، وكان راهباً فرنسيسكانياً. على الرغم من ذلك، فإن الحفر النيزكية الكبيرة (كتلك التي في أريزونا) تدفعنا إلى التفكير بأن المطر النيزكي يمكن أن يكون عنيفاً أحياناً. لذلك، فإننا نعزو حالياً سبب انقراض الديناصورات منذ 65 مليون سنة إلى مطر نيزكي هائل. وليست الحجارة السبب في موتها، إنما فوهات الصدم التي خلفتها والتي أطلقت ملايين الأطنان من الأتربة، فغيرت المناخ ما أدى إلى اختفاء 75 % من الفصائل التي عاشت على سطح الأرض.

حفرة خلفها أحد النيازك الذي يبلغ وزنه عدة آلاف من الأطنان. إنها فوهة «وولف كريك» في أستراليا، التي لا تزال واضحة على الرغم من مرور مليون سنة على وجودها.

إلخ... في سماء الليل، تبدو كل شهب الزخة نفسها وكأنها قادمة من جهة واحدة، من نقطة مشتركة نسميها «نقطة انبثاق» الزخة. عندما توجد نقطة الانبثاق هذه عند كوكبة من النجوم، أو على مقربة منها، يُشتق من هذه الكوكبة اسم الزخة. ولرؤية زخة معينة في وقت محدد من السنة، يجب الالتفات إلى الكوكبة المعنية بهدف لمشاهدة أكبر عدد من الشهب.

بهدف إيجاد النيازك

إن لم تكن الحفرة النيزكية كبيرة بما يكفي، فمن الصعب إيجاد نيازك على الأرض؛ إذ تكون هذه الأخيرة مختلطة بالحجارة الأخرى على اليابسة، وسواء كانت الحجارة النيزكية الصغيرة ممزوجة بالحديد أم لا، فإنه يبدو من المستحيل إيجادها. لهذا السبب يذهب الباحثون المحترفون عن النيازك إلى أنتركتيكا أو إلى القطب الشمالي، عندما يريدون دراسة التركيبة الكيميائية لهذه الشواهد القادمة من النظام الشمسي، حيث يمكن إيجاد النيازك بسهولة فوق مساحات الجليد البيضاء. وخلال فصل الصيف، يبحث هواة كثيرون عن النيازك فوق الجليد المتبقي على الجبال، للسبب عينه.

الزخات الأساسية

الإسم	التاريخ الأقصى*	الرقم المرئي بالساعة	المذنب المنسوب إلى الزخة
بوتيد	3 كانون الثاني/ يناير	40	كوزيك–بيلتييه
ليريد	21 نيسان/ أبريل	10	تاتشر
ألفا أكواريد	4 أيار/ مايو	20	هالي
توريد	30 حزيران/ يونيو	20	أنكي
دلتا أكواريد	29 تموز/ يوليو	15	(مصدره غير معروف)
برسيد	12 آب/ أغسطس	50	سويفت–تاتل
أوريونيد	22 تشرين الأول/ أكتوبر	15	هالي
ليونيد	17 تشرين الثاني/ نوفمبر	10	تامبل
جيمينيد	14 كانون الأول/ ديسمبر	60	(مصدره غير معروف)

* يمكن رؤية كل زخة قبل أو بعد 10 أيام على الأقل.

الكويكبات

الكويكبات بقايا من عملية تكون الكواكب تسبح خلف مدار كوكب
المريخ. عندما يقترب بعض منها من الأرض، ندق ناقوس الخطر: إنها
الأجرام القريبة من الأرض.

منذ 4.6 مليار سنة...

اكتمل تكوّن الشمس، وقذفت انفجاراتها بعض المواد غير المستخدمة، فأخذت هذه الأخيرة تسبح في مدار على شكل أسطوانة مسطحة. ثم تكثف الغبار بسرعة ليشكل أجساماً شبيهة بالكويكبات الحالية، ذات عدد كبير، اصطدمت في ما بينها واندمجت لتشكل الكواكب. أما المواد الباقية فقد دُفعت إلى خارج النظام الشمسي فشكلت حزام كويبر وسحابة أورط، فيما بقيت مواد أخرى هي الكويكبات، عالقة في النظام الشمسي.

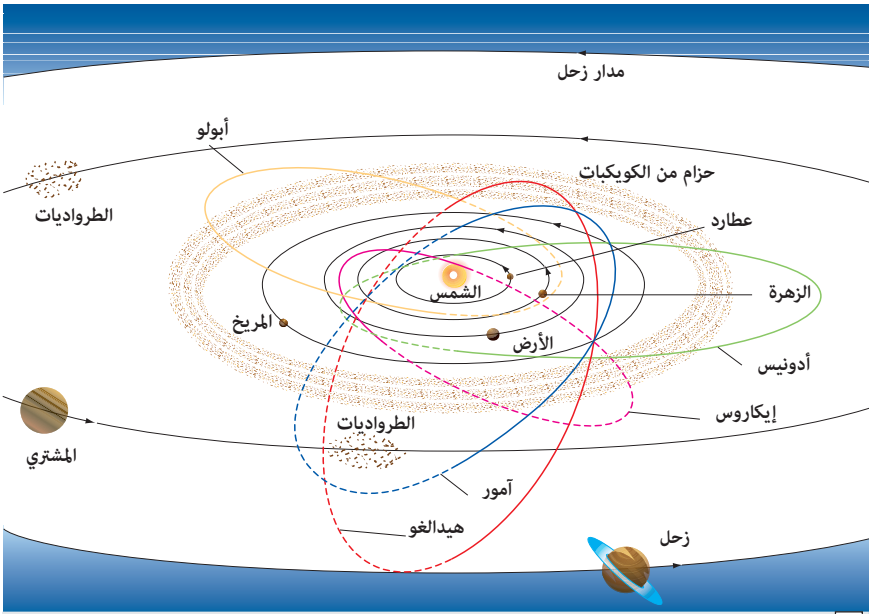
بين المريخ والمشتري: حزام من الكويكبات

تتوزع كواكب النظام الشمسي وفق مسافات تتبع متوالية هندسية. وبحسب قانون تيتيوس–بود هذا، يجب أن يكون هناك كوكب ما بين المريخ والمشتري على مسافة 400 مليون كلم من الشمس، غير أننا نجد مكانه حزاماً كبيراً من الكويكبات على مسافة 300 إلى 600 مليون كلم من الشمس، يُعتقد أنه موجود مكان هذا الكوكب الذي لم يتكوّن، ذلك أن المشتري الهائل الحجم والقريب جداً، يحول دون تكوّن أي كوكب في هذه المنطقة. لقد ظلت الكويكبات مجهولة لفترة طويلة؛ فهي صغيرة جداً وغير مرئية للعين المجردة وليس لها شكل محدد، ويصل متوسط قطرها إلى عدة كيلومترات، وهي لم تصبح ظاهرة من الظواهر الطبيعية المعروفة على نطاق واسع إلا عندما اكتشفنا بقلق بالغ أن بعضها يتحرك بالقرب من الأرض.

تهديد الأجرام القريبة من الأرض

الجرم القريب من الأرض «إيروس»، طوله 34 كلم وعرضه 13 كلم. التقط هذه الصورة المسبار «نير» عام 2000.

في قصة تان تان المصورة «مشينا على سطح القمر»، يلتقي تان تان ورفاقه بالكويكب أدونيس. إنه أحد الأجرام السماوية القريبة من الأرض، التي تظهر عندما يتقاطع مدار أحد الكويكبات مع مدار الأرض، ماراً أحياناً بينها وبين القمر. نفترض أن هذه الأجرام العابرة تأتي من المناطق الأبعد في حزام الكويكبات، وأن المشتري هو الذي قذفها باتجاه الشمس. ما إن تطلق هذه الأجرام في الفضاء، حتى تقع تحت تأثير كواكب عدة وتتخذ مسارات شاذة. وقد تم حالياً اكتشاف المئات منها، يصل معدل طولها تقريباً إلى كيلومتر واحد أو يتعداه، كالجرم «إيكاروس» المشهور



تقترب الأجرام من الأرض بعد أن قذفت من حزام الكويكبات.

الذي ظن العلماء عند اكتشافه أنه كوكب. إذا اصطدم أحد هذه الأجرام بالأرض – وذلك يحصل كل 60 مليون سنة بحسب الإحصاءات – فإنه يسبب كارثة، ويخلف فوهة قطرها من 10 إلى 200 كلم.

تأثير اصطدام الجرم السماوي بالأرض

يصعب بالنظر إلى إمكانياتنا التكنولوجية الحالية تفادي اصطدام الكويكبات التي يبلغ قطرها أكثر من 500 م بالأرض، هذا الاصطدام الذي قد يسبب الدمار للبشرية. غير أن الحسابات التي أجراها علماء الفلك تشير إلى أنه لا يوجد تهديد جدي خلال السنوات الخمسين المقبلة، وذلك على الرغم من مرور الكويكب 1999AN10 في يوم 7 آب/ أغسطس 2027 على بُعد 400،000 كلم «فقط» من كوكبنا. في كل الأحوال، نحن لا نعرف سوى نصف مسارات هذه الأجرام. وطالما أن الأرض مغطاة بالمحيطات بنسبة 70 %، فإن 70 % من الكويكبات سوف يسقط في الماء. هل هذا مطمئن؟

أنواع متعددة من الكويكبات

بالنظر إلى المسافة التي تفصلها عن الشمس، يمكننا تمييز 18 فئة من الكويكبات. تتألف الكويكبات بوجه عام من مواد تقل كثافتها كلما ابتعدت عن الشمس: فالكويكبات الأقرب إلى الأرض يغلب على تكوينها الحديد، أو الصخور (بشكل أساسي السيليكات)؛ والكويكبات الأبعد منها، التي تفصلها عن الشمس مسافة 400 – 600 مليون كلم، فتتألف من الكربون ومن مواد عضوية وبعض السيليكات؛ أما الكويكبات الأكثر بعداً والتي تجاور المشتري، فتتألف غالبيتها من مواد عضوية وأحياناً من الجليد.

ما الذي يمكن أن يكون طبيعياً أكثر من ظاهرتي الكسوف والخسوف، عندما يمر جسم أمام الآخر ويحجبه كلياً أو جزئياً؟ فلكون الأرض تدور حول الشمس والقمر يدور حول الأرض، يحدث أحياناً أن يستوي الثلاثة في خط مستقيم، فيحصل ساعتئذ إما خسوف للقمر، أو كسوف للشمس. هل من شيء يثير الذهول، والإرباك أيضاً، أكثر من عدم معرفة سبب الظلمة المفاجئة وسط النهار، أو تلوّن القمر تدريجياً باللون الأحمر؟ منذ اختراع الكتابة قبل 5000 سنة، تداول البشر آلاف الحكايات حول هذه الأحداث.

كسوف كليّ للشمس تم تصويره في الهند في 24 تشرين الأول/ أكتوبر 1995.

الخسوف والكسوف

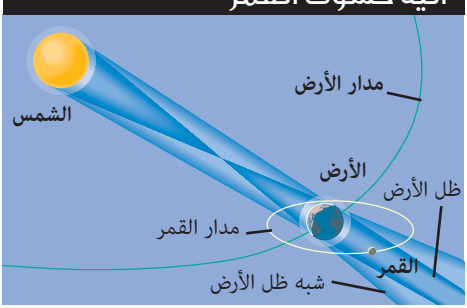
مصدر الخسوف والكسوف

تبدو لنا ظاهرتا الخسوف والكسوف بسيطتين للغاية. لكن لكي تحدث إحدى هاتين الظاهرتين، لا بد من توفر بعض الشروط كالحجم الظاهر، والمسافة، والتواجد بدقة على خط مستقيم.

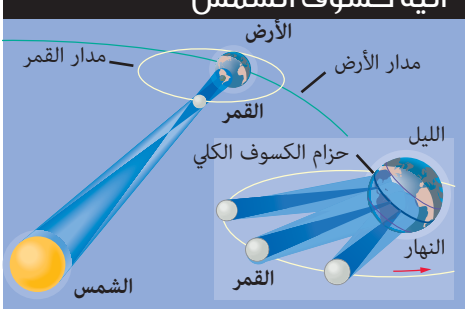
الحجم المناسب والمسافة المناسبة

تتبع الأرض في دورتها حول الشمس مساراً إهليلجياً، تتراوح في خلاله المسافة الفاصلة بينهما بين 147 و152 مليون كلم. وبقطرها البالغ 1.4 مليون كلم، تظهر لنا الشمس ضمن زاوية تتراوح بين 31 دقيقة و28 ثانية و32 دقيقة و31 ثانية. كذلك فإن المسافة الفاصلة بين القمر والأرض تتراوح بين 356000 كلم و406000 كلم. وبقطره البالغ 3500 كلم، تتراوح الزاوية التي نرى ضمنها قرص القمر بين 29 دقيقة و22 ثانية، و34 دقيقة و8 ثواني. وهكذا يتضح لنا من تشابه القطرين أنه في كل مرة يمر القمر بين الأرض والشمس بقطر ظاهر أكبر من قطر الشمس، يتسبب في كسوفها. ففي أثناء الكسوف الذي حدث في آب/ أغسطس 1999 على سبيل المثال، كان القطر الظاهري للشمس 31 دقيقة و34 ثانية، وكان قطر القمر 32 دقيقة و28 ثانية. أما ظاهرة خسوف القمر فهي أبسط من ذلك: عندما يكون القمر إلى الجهة الأخرى من الأرض بالنسبة للشمس، فإن ظل الأرض الذي يبلغ عرضه 9000 كلم عند المسافة التي يقع فيها القمر، يغطي وجه هذا الأخير تماماً. لكن سؤالاً يطرح نفسه: لماذا لا يحدث خسوف للقمر وكسوف للشمس مع كل دورة قمرية؟

آلية خسوف القمر



آلية كسوف الشمس



اصطفاف كامل

لكي يتمكن شيء ما من حجب شيء آخر من أمامنا، يجب أن يكون الاثنان موجودين على الخط المستقيم نفسه مع نظرنا، أي على المسطح نفسه. إلاّ أن مدار القمر حول الأرض لا يقع على المسطح نفسه لمدار الأرض حول الشمس (والذي نسميه «مسطح مسار الشمس»)، بل يشكل هذا المسطح زاوية تبلغ 5.9

أنواع متعددة من الكسوف والخسوف

تنتظم تحت عنوان الخسوف والكسوف ظواهر متنوعة: فأثناء خسوف القمر، لا يختفي هذا الأخير تماماً بل يبقى مُناراً بدرجات وألوان مختلفة، في حين تختفي الشمس أثناء الكسوف كلياً في بعض الأماكن على الأرض، وجزئياً في مناطق أخرى (حيث لا يخفي القمر سوى جزء من الشمس). أخيراً، إذا كان القمر شديد البعد عن الأرض أثناء كسوف الشمس، فإن دائرته لا تغطي الدائرة الشمسية بأكملها، بل تترك حلقة من الضوء، فنتحدث حينئذ عن كسوف حلقي للشمس.

عندما يكون القمر بعيداً جداً عن الأرض يحدث كسوف حَلَقي للشمس (هنا في المغرب، نيسان/ أبريل 1994).

درجات مع مسطح مسار الشمس. إن الخسوف والكسوف ممكنان لأن مسطح المدار القمري يدور حول نفسه ببطء، على محور متعامد مع مسطح مدار الأرض، في دورة تدوم 18.61 سنة. ويحدث في خلال هذه الفترة أن تصطف الشمس والأرض والقمر على خط واحد مستقيم ولعدة مرات؛ هذا ما نسميه «خط العُقَد». وإذا صودف في هذه اللحظة أن كان القمر على مسافة مناسبة من الأرض، فإننا نشهد كسوفاً كلياً للشمس.

خريطة (على الصفحتين التاليتين)

إذا ما عرفنا تحركات القمر في دورته حول الأرض، وتحركات الأرض في دورتها حول الشمس، يصبح من الممكن حينئذ التنبؤ بموعد الكسوف المقبل للشمس ومدته الزمنية وعرض حزام الظل الذي سوف يلقيه. إن ذلك يتطلب حسابات معقدة لم يكن بالإمكان القيام بها إلا اعتباراً من القرن الثامن عشر. أما خسوف القمر فيسهل التنبؤ به أكثر.

لكلٍّ دورته

في الواقع، يشهد مدار القمر عدم انتظام يجعل من دورته التي كانت تستغرق 18،61 سنة تتقلص لتصبح 18 سنة و11 يوماً و8 ساعات، وتسمى هذه الدورة «ساروس». يحدث كسوف الشمس عند خطوط عرض محددة في كل دورات الساروس، لا عند نقطة محددة. لا يُحتسب الساروس بعدد مقفل (مدوّر) من الأيام بسبب ثماني ساعات من التأخير. فبعد 18 سنة و11 يوماً، يحدث الكسوف متأخراً ثماني ساعات عن المرة السابقة التي حدث فيها، أي أبعد بمقدار 120 درجة نحو الغرب.

معجم

خط العُقَد

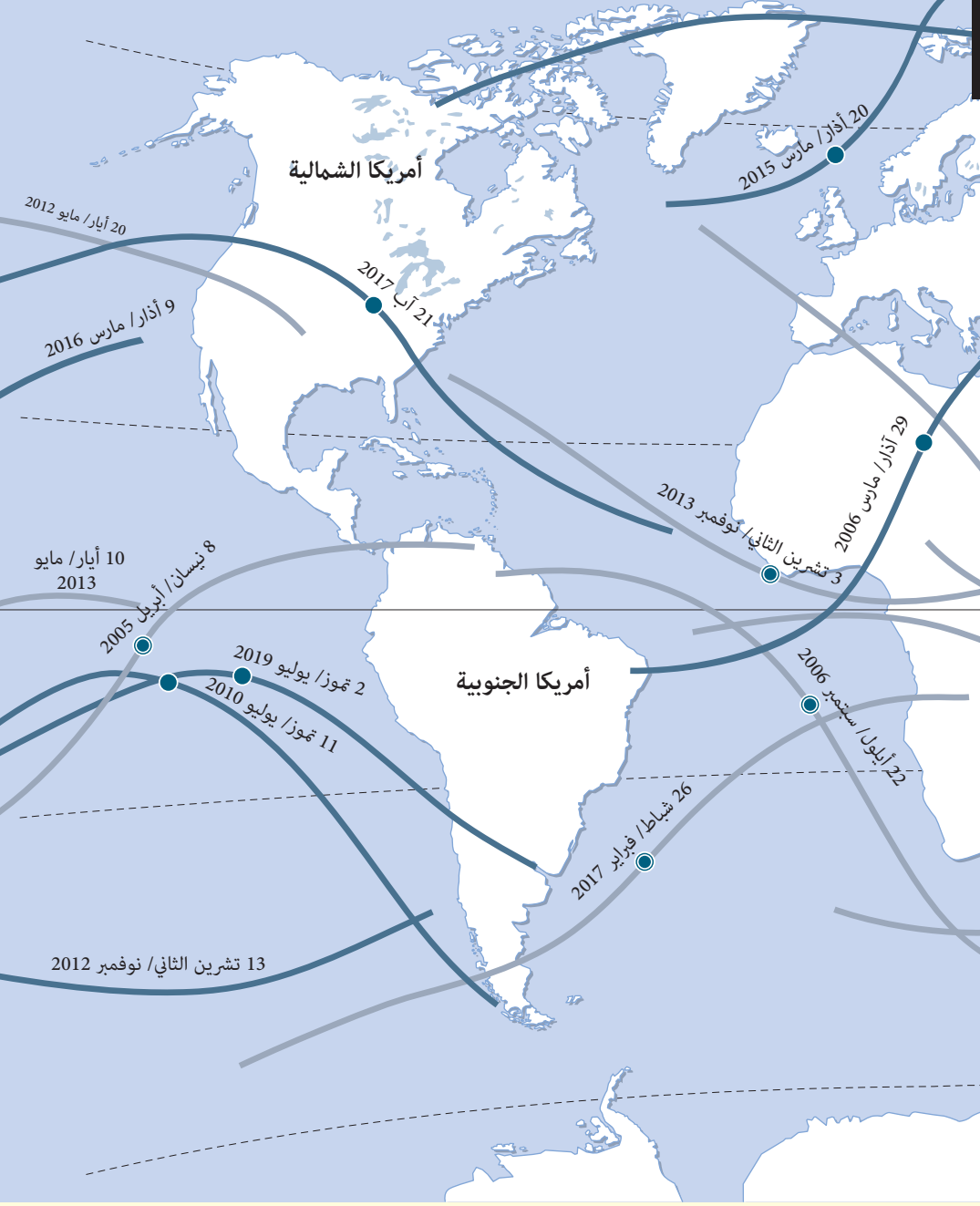
خط يجمع نقاط التقاطع لمدار جسم متحرك مع المسطح المرجعي له. بالنسبة للكسوف، هو خط التقاطع بين مسطح مدار القمر ومسطح مسار الشمس.

مواعيد كسوف الشمس ومساراتها

كسوفات الشمس بين عامي 2005 و2019

حزام تمركز الكسوف التام

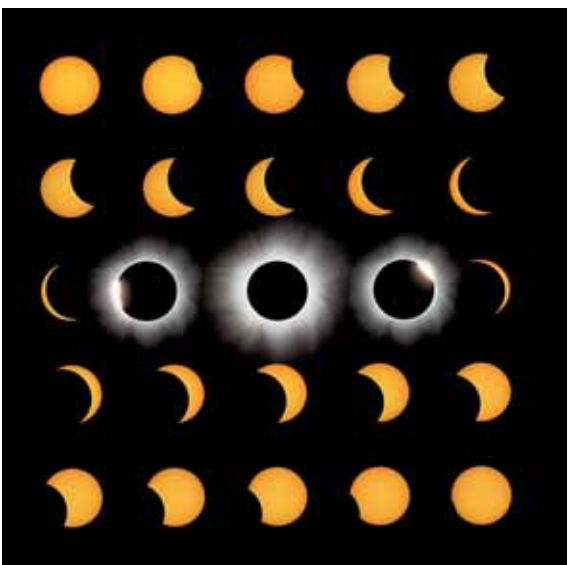
حزام تمركز الكسوف الحلقي


أمريكا الشمالية
أمريكا الجنوبية
20 أيار/ مايو 2012
9 أذار/ مارس 2016
21 آب 2017
20 أذار/ مارس 2015
29 أذار/ مارس 2006
3 تشرين الثاني/ نوفمبر 2013
10 أيار/ مايو 2013
8 نيسان/ أبريل 2005
2 تموز/ يوليو 2019
11 تموز/ يوليو 2010
22 أيلول/ سبتمبر 2006
26 شباط/ فبراير 2017
13 تشرين الثاني/ نوفمبر 2012
0
2000 كلم
المقياس عند خط الاستواء
موقع المدة القصوى للكسوف التام
موقع المدة القصوى للكسوف الحلقي

كسوف الشمس

إن احتجاب الشمس خلال النهار هو إحدى أكثر الظواهر المسببة للاضطراب التي تشهدها البشرية، إذ يفسر الناس هذا الحدث بأشكال مختلفة.

قدوم القمر



صورة لكسوف كليّ للشمس أخذت في تشيلي في 3 تشرين الثاني/نوفمبر 1994. تظهر الشمس براقة لا داكنة بسبب التاج الشمسي، حيث جعلت الهالة الصورة تتعرض لكمية كبيرة من الضوء.

يبدأ كسوف الشمس عندما يبدأ القمر بقضم سطح نجمنا من جهة اليمين. لرؤية هذه العملية، يجب أن نضع نظارات خاصة أو ننظر من خلال منظار وضعت عليه عدستان خاصتان منعاً لاحتراق شبكية العين وتلفها. إن النظر إلى أشعة الشمس أمر شديد الخطورة، والنظارات الشمسية العادية لا تصلح للنظر مباشرة إلى الشمس، بل تُستعمل لهذه الغاية عدسات مزودة بفلتر لا يسمح بمرور إلا 1/1000 أو 1/10000 من قوة الأشعة الإجمالية.

لا نشعر بخفوت نور الشمس إلا عندما يقترب الكسوف من اكتماله، أي عندما يغطي القمر 90 % من قرص الشمس. وفي أثناء مرور القمر أمام الشمس، تحدث على الأرض ظاهرة غريبة؛ حيث تتخذ البقع الضوئية الصغيرة التي تتخلل ظلال الأشجار أشكالا إهليلجية ممتدة تكون كلها مقوّرة من الجهة نفسها، تماماً كما تكون الشمس في حالة الكسوف الجزئي.

القبة الماسية

قبل بضع ثوانٍ من الكسوف الكلي، نلاحظ بعض النقاط اللامعة على حافة قرص الشمس، تسمى «نقاط بايلي»، يسببها مرور آخر أشعة للشمس عبر تضاريس القمر. وتكون النقطة الأخيرة هي الأكثر إشعاعاً، لأن السماء تكون بذلك قد أظلمت. هذه الظاهرة لا تدوم إلا من 3 إلى 5 ثوانٍ، وتسمى «القبة الماسية».

كسوف كلي للشمس تم تصويره في تشيلي في 3 تشرين الثاني/ نوفمبر 1994. تبدو الشمس مضيئة غير سوداء، وذلك بسبب التاج الشمسي حيث تعرض الطفاوة (الهالة) الصورة إلى مزيد من الضوء.

اكتمال الكسوف

أخيراً غطى القمر مساحة الشمس بأكملها: إنه الكسوف الكلي. الآن نستطيع نزع النظارات الواقية، فقد حل الظلام وبات بإمكاننا رؤية النجوم المشعة في السماء، حتى الشهب أيضاً. هناك ظواهر عديدة يمكن ملاحظتها خلال مرحلة الكسوف الكلي القصيرة التي لا تدوم سوى 7 دقائق و6 ثواني في أقصى الأحوال، أو دقيقتين أو ثلاث دقائق في أدناها. فما إن تتغطى الشمس كلياً حتى تظهر هالة ضوئية فضية، ذات إطار غير منتظم من جهته الخارجية: هذا هو التاج الشمسي، وهو الغلاف الجوي لنجمنا الذي يمتد عدة ملايين من الكيلومترات. أما في الدائرة الأقرب من قرص الشمس، أي في الجهة الداخلية للهالة، فنلاحظ وجود حلقة رفيعة زهرية اللون: إنها طبقة الكروموسفير التي تنبعث منها مقذوفات طويلة من الغاز المشتعل: إنه الوهج أو الشواظ الشمسي.

على الأرض يمكننا أن نلاحظ انخفاضاً سريعاً في درجات الحرارة خلال المرحلة التي يمر فيها القمر أمام الشمس، يبلغ عدة درجات في عدة ثوان ويرافقه هواء بارد. ويخيم على الطبيعة صمت غريب، فتتوقف العصافير عن الزقزقة فيما يذهب عدد من الحيوانات ليبيت.

228 كسوفاً للشمس

عندما يتموضع القمر بين الشمس والأرض (ويكون محاقاً)، قد ينتج عن ذلك كسوف للشمس. لهذا يجب أن تكون الشمس والقمر والأرض على الخط المستقيم نفسه (على خط العُقَد)، وأن يكون القطر الظاهري للقمر مساوياً على الأقل أو أكبر من القطر الظاهري للشمس، لكي يتمكن من تغطيتها بالكامل (لرؤية كسوف تام). خلال القرن العشرين، حصل 228 كسوفاً تاماً أو جزئياً.

خسوف القمر

على الرغم من كونه متدرجا ولا يحول الليل إلى نهار أو النهار إلى ليل، إلا أن خسوف القمر لا يقل روعة وإثارة عن غيره من الظواهر الطبيعية.

ظلال وشبه ظلال

إن انكسار الأشعة الحمراء لنور الشمس عند مستوى الغلاف الجوي للأرض يلوّن القمر بالأحمر عندما يمر في مخروط الظل الأرضي.

مثل كل الأشياء التي تضيئها الشمس من جهة واحدة، تلقي الأرض وراءها (من الجهة «المظلمة») منطقة من شبه الظل، في وسطها منطقة أكثر عتمة تُسمى الظل. عندما يمر القمر في منطقة شبه الظل التي تخلفها الأرض، تتدنى درجة إشعاعه، لكنه يبقى مرئياً ولا يحتجب، وذلك بسبب الغلاف الجوي المحيط بالأرض الذي يحرف الأشعة الشمسية عن مسارها. بسبب هذه الظاهرة التي نسميها «الانكسار»، تنحرف أشعة الشمس عندما تمر بشكل تماسي مع الغلاف الجوي للأرض، ما يترك وراء الأرض ظلاً مخروطياً لا ظلاً أسطوانياً. يقع رأس مخروط الظل هذا على بعد 268000 كلم من الأرض، أي أنه أقرب إلى الأرض منه إلى القمر، حيث إن المسافة الوسطية التي تفصل القمر عن الأرض تبلغ 384000 كلم.

هكذا فإن القمر لا يمر أبداً في مخروط الظل التابع للأرض، لكن فقط في منطقة شبه الظل النسبي التي يبلغ قطرها 9000 كلم. مع ذلك، ولكون هذه المنطقة داكنة أكثر من منطقة شبه الظل، فإننا نسميها «منطقة الظل»، وهذا ما يثير بعض اللغط.

لماذا يتحول لون القمر إلى الأحمر؟

عندما يمر القمر المخسوف في منطقة الظل التي تلقيها الأرض، يتلونِ شيئاً فشيئاً باللون الأحمر. ثمة حقيقتانِ فقط تفسران هذه العملية: أولاً إن ضوء الشمس ليس متجانساً أو موحداً، بل ينقسم إلى سبعة إشعاعات بألوان مختلفة، بدءاً من الأزرق (والبنفسجي) وصولاً إلى الأحمر. هذه الأشعة لا تملك طول الموجة نفسه ولا الطاقة نفسها، لذلك يكسرها الغلاف الجوي بصورة متفاوتة. ولكون الأشعة الزرقاء منخفضة الطاقة، فهي تتبعثر وتنتشر بشكل كامل (لهذا تظهر لنا السماء زرقاء)، في حينٍ أن الأشعة الحمراء هي آخر من يتبعثر، ويشكل انكسارها مخروطاً أحمر اللون يمتد بعيداً وراء الأرض، فيميل لون القمر إلى

معجم

انكسار الضوء
تغير في اتجاه الموجة التي تمر من مكانٍ إلى آخر؛ إذ تنكسر أشعة الشمس بسبب الغلاف الجوي الأرضي، وتختلف درجة انكسار كل شعاع باختلاف طول موجته.

الأحمر عندما يعبر منطقة شبه الظل هذه الأكثر تركزاً وكثافة.

مراقبة خسوف القمر

يمكن مراقبة خسوف القمر بالعين المجردة، لكن المشهد يصبح أجمل إذا ما نظرنا من خلال المنظار. نلاحظ بداية أن نور القمر يخف شيئاً فشيئاً عند دخوله منطقة شبه الظل الذي تلقيه الأرض، ثم تظهر «تقويرة» شبه دائرية على الجانب الأيسر لقرص القمر وتتقدم حتى تغطيه بأكمله. هذا الظل الذي يبدو في البداية رمادي اللون، يتحول في ما بعد إلى اللون الأحمر الذي يغطي قرص القمر بأكمله عند اكتمال الخسوف.

إن قطر منطقة الظل يعادل ثلاث مرات قطر القمر، لذلك يمكن للقمر أن يبقى مخسوفاً مدة تقارب الساعتين. ومن ثم تتكرر الظاهرة معكوسة: حيث يظهر هلال أكثر إشعاعاً (دائماً من الجهة اليسرى لقرص القمر)، يتسع شيئاً فشيئاً إلى أن يعود الضوء بأكمله إلى القمر عند خروجه من دائرة شبه الظل.

تواريخ خسوف القمر في أوروبا (الجزئي والكلي)

التاريخ	وقت الدخول في الظل	الذروة	الخروج من الظل
2008/2/21	الساعة 1:43	الساعة 3:25	الساعة 5:08
2008/8/16	بداية غير مرئية	الساعة 21:09	الساعة 22:43
2009/12/31	الساعة 17:50	الساعة 19:25	الساعة 21:10
2010/12/21	الساعة 6:32	الساعة 8:16	الساعة 10:01
2011/6/15	بداية غير مرئية	الساعة 20:12	الساعة 22:02
2013/4/25	الساعة 19:42	الساعة 20:22	الساعة 20:51
2015/9/28	الساعة 1:12	الساعة 2:41	الساعة 4:25

بعد تهديده من قبائل الهنود الحمر، أعلن كريستوف كولومبس في 29 شباط 1504 أنه «سيحرم القمر من نوره»، فأخضع الخسوف الذي حصل في الليلة التالية القبائل الثائرة لسيطرته. ونرى إلى أعلى اليمين من هذه اللوحة الرمزية قمراً أسود اللون.

التنبؤ بالكوارث الطبيعية

تحرك الكوارث الطبيعية التي تفاجئنا بقوتها أو بتطورها، جهود الأوساط العلمية. لكن، إذا كان تجنب المخاطر هو الطريقة الفضلى اليوم لتفادي المآسي، فإن ثمنه ليس متوفراً إلاّ للبلدان الغنية.

براكين تحت المراقبة

شهد توقع الثوران البركاني خلال السنوات الأخيرة تطوراً كبيراً، ذلك أن ثمة ظواهر مختلفة تسبق الثوران البركاني (ازدياد النشاط الزلزالي، تمدد القشرة الأرضية) أصبح بالإمكان قياسها: فالاهتزازات التي تسبق الثوران البركاني يتم تسجيلها على مقياس الزلازل، بالإضافة إلى أن مراكز المراقبة باتت تستعين أكثر فأكثر بآلات حديثة لقياس انتفاخ الأرض الناتج عن اندفاع الصهارة، كما يتم أحياناً استخدام خرائط بيانية ثلاثية الأبعاد، ونظام تحديد المواقع GPS (نظام تحديد المواقع الشامل بواسطة الأقمار الاصطناعية). إذاً فقد أصبح توقع الظواهر الطبيعية على المدى المتوسط سهلاً في أيامنا هذه، وبالطبع التوقع على المدى القريب أيضاً. إن الطبقة الخارجية للقشرة الأرضية أكثر هشاشة من الطبقة الوسطى ويمكن أن تتصدع فجأة، لذلك يظل التسارع الأخير بعيداً عن التوقع، إضافة إلى القوة الحقيقية المتوقعة للظاهرة. في ظل هذه الظروف، يبقى إجلاء السكان عن المكان قراراً يصعب اتخاذه؛ إذ إن السكان الذين سيتركون بيوتهم سوف يجدون أنفسهم في حالة مأسوية يمكن أن تمتد لوقت طويل. أخيراً، يجب ألا تغيب عن ذهننا حقيقة أن عدداً قليلاً من البراكين الناشطة تتمتع بآلية متكاملة للمراقبة، وأن المراقبة لا تشمل أصلاً إلا البراكين الناشطة، في حين تُظهر التجارب أن الانفجارات البركانية الأعنف والأكثر ضرراً قد حدثت بعد خمود طويل.

زلازل لا يمكن توقعها

على عكس الانفجارات البركانية، لا ترسل الزلازل أي إشارة تدل على بدايتها. وإذا كانت المناطق الأكثر ضعفاً من القشرة الأرضية معروفة، فإنه يمكن للزلازل أن تحدث خارج هذه المناطق، وفق آليات لا تزال غامضة. إن مخاطر الزلازل يصعب تقديرها، والتوقعات بشأنها شبه مستحيلة. مع ذلك، يحاول بعض الهيئات العلمية إيجاد علاقة بين الزلازل الخفيفة وتلك المدمرة، حيث يشير عدد من الدراسات إلى تراجع في عدد الزلازل الخفيفة مع ازدياد في حجمها لتصل إلى درجتها القصوى مسببة صدوعاً جديدة. لكن نظرية الارتباط هذه لا يمكن

تعميمها، وهي لا تزال مثار خلاف. ومع دراسة الاختلافات في الضغط التي نجدها على امتداد التصدعات والأخاديد الطبيعية الكبرى على الكرة الأرضية، فُتح مجال جديد للأبحاث، حيث بيّنت دراسة حديثة أجريت على أخدود شمال الأناضول في تركيا أنه عندما يقع زلزال كبير، فإن جزءاً كبيراً من الضغوط التي تتلقاها المنطقة لا يتحرر بل ينتقل ببساطة إلى نقاط أخرى من الأخدود، وفق آليات محددة، لذا يصبح من الممكن إذ ذاك توقع المكان الذي سوف يقع فيه الزلزال القادم. وهكذا تتوقع الدراسة حدوث زلزال كبير في منطقة اسطنبول خلال السنوات العشرين المقبلة. غير أننا لا نزال بعيدين كل البعد عن التوقعات القريبة الأمد؛ فالعوامل التي تطلق زلزالاً متعددة وغامضة، ومعرفتنا لما يحصل تحت الأرض لا تزال غير كافية لنقوم بالتوقعات.

أعاصير متقلبة

لا يمكن لإعصار أن يتشكل في زمننا الحالي من دون التنبه إليه، فمراقبة الأعاصير متصلة مباشرة على مستوى عالمي بالمنظمة الدولية للأرصاد الجوية، التي استحدثت في كلٍّ من المحيطات الخمسة مركزاً متخصصاً، تتوزع في ميامي وطوكيو ونيودلهي وفيجي وسان دنيز دو لا ريونيون (في فرنسا). هذه المراكز ترصد الظواهر، تحاول توقع تطورها، وتبث رسائل الإنذار، فيما ترسل الأقمار الاصطناعية التابعة للأرصاد الجوية صوراً للأعاصير. مع ذلك، لا يزال من الصعب توقع تشكُّل الأعاصير، وكذلك تحديد مسار تطورها. وتبعاً لطبقة الغلاف الجوي التي ترتبط بها، يمكن معرفة مدى تفاقمها أو تراجعها أو تغير اتجاهها المفاجئ، وأيضاً توقفها لعدة أيام في المحيط الأطلسي كما في حالة الإعصار ميتش عام 1998. أخيراً، فإن التوقع يزداد صعوبة إذا كانت نقاط الرصد الجوي البحرية (الطوافات، السفن، والطائرات) أقل عدداً من تلك الموجودة على اليابسة.

الأخطار المائية

تتعدد أسباب الفيضانات، كذوبان الثلوج، العواصف، العوائق النهرية، ذوبان الجليد، التسونامي، الأعاصير، الأمطار الغزيرة على المدن، انهدام السدود.. وسواها. وبالإضافة إلى الفيضانات التي تغمر السهول والمنازل، يمكن لهذه العوامل أن تفجر سيولاً من المياه والوحول، إضافة إلى انزلاقات في التربة. إنه من المكلف والصعب جداً حصر فيضان ما، والسياسة المتبعة خلال السنوات الأخيرة تقضي بإنشاء بنى تتحكم بالأنهار ذات المخاطر المعروفة. في هذا الإطار تم إنشاء عدة سدود، كما تم تحويل مجاري بعض الأنهار لتفادي مناطق الخطر، وإنشاء خزانات لاستيعاب المياه، ودراسة آليات فعالة لتصريف مياه الأمطار في المدن. إن رؤية مخاطر الفيضانات اليوم باتت عالمية، تصل إلى مستوى أحواض التصريف الطبيعية نفسها، وهنالك برنامج معلوماتي متكامل قادر على توقع أداء الأنهار عند ذوبان الثلوج وعند هطول الأمطار الغزيرة. هذا الأمر سوف يسمح بتحكم أفضل بالمخاطر، من خلال مراقبة عدة متغيرات؛ ككمية الثلوج في المرتفعات،

توقعات الأرصاد الجوية، منسوب تدفق الأنهار والسواقي، قدرة اليابسة على امتصاص الماء من خلال قياس رطوبتها. وطالما أنه من الصعب مراقبة كافة الأنهار عن كثب، يبقى الإجراء الأفضل لتفادي المخاطر هو تجنب بناء المنازل في المناطق المعرضة للفيضانات، وعدم السماح بإقامة المخيمات على ضفاف الأنهار، واحترام الخرائط السكانية للأراضي. وعلى العكس من المخاطر الناتجة عن البراكين والزلازل والأعاصير، فإن خطر الفيضان يمكن الحد منه بواسطة البنى التحتية، مع العلم أن هذه البنى لا يمكنها الحد من مخاطر الفيضانات الهائلة في الأماكن المأهولة بالسكان. هنا، تلعب دقة التوقعات الجوية دوراً أساسياً يسمح بتفادي المخاطر وإجلاء السكان قبل حدوث الكارثة.

في النهاية، يبقى الهرب أفضل الحلول التي يمكننا تقديمها إزاء غضب الأرض. وإذا ما امتد الوقت المقدر لإزالة آثار النكبة لعشرات السنوات، تصبح عملية إنقاذ الأشخاص المنكوبين عندئذ مشكلة سياسة عامة دقيقة وحساسة.

الطوفان، أسطورة أم حقيقة؟

كثيرة هي القصص القديمة التي تحدثت عنه، لكن لدينا اليوم الكثير من المعطيات العلمية المتراكمة: لقد حدث الطوفان بالفعل على ضفاف البحر الأسود.

الأسطورة

تُلازم أسطورة الطوفان مختلف الحضارات في كافة البلدان: في الصين، في أمريكا الشمالية، في أفريقيا، وفي منطقة الهلال الخصيب على وجه الخصوص. فمن تركيا إلى الخليج الفارسي، تروي الحكايات عن طوفان فجائي أغرق الأرض بأكملها، باستثناء بعض الأشخاص والحيوانات الذين لجأوا إلى سفينة. تعود الحكاية الأولى عن الطوفان إلى القرن الثالث ق.م. وتشكل جزءاً من ملحمة غلغامش المكتوب باللغة الأكادية على ألواح من الطين المشوي، والتي وُجدت في بلاد الرافدين. أما الحكاية الثانية المشابهة والمعروفة جيداً اليوم فقد وردت في التوراة، في الكتابين السادس والسابع من سفر التكوين، وهي تروي قصة نوح عليه السلام، الذي أنبأه الله بوقوع كارثة أراد بها معاقبة البشر على أعمالهم الشريرة.

العلم

لقد شغلت قصة الطوفان التوراتي العديد من العلماء؛ فحاول عدد كبير من العلماء المسيحيين منذ القرون الوسطى تعزيز مصداقية هذه الرواية من خلال دراسة كيفية إنشاء سفينة نوح بطرق علمية. وكانت الأسئلة التي شغلت تفكيرهم في ذلك الوقت هي التالية: ما هي الفصائل الحيوانية التي وُجدت فعلاً على متن سفينة نوح؟ كيف تم توزيعها في السفينة لتأخذ الحيز الأضيق؟ ما هو النظام الذي حكم حياتهم اليومية على متن السفينة؟ لاحقاً، وخلال القرنين التاسع عشر والعشرين، استحوذت الرواية التوراتية على اهتمام المؤرخين، الذين لم يروها بأنها تدوين حرفي لأحداث وقعت بالفعل، بل استعادة لأسطورة أُعيدت ترجمتها في إطار ديني محدد. وأوضحت الفكرة أن هذه الأسطورة ربما تكون الأثر المتبقي من حدث تاريخي بارز تم تناقله مشافهة عبر الأجيال، حيث لطالما ساد الاعتقاد بأن قصة الطوفان وسفينة نوح يعود مصدرها إلى فيضان استثنائي حصل في نهري دجلة والفرات، هذا الاعتقاد الذي ترسخ لدى الحضارات المتعددة التي استوطنت السهول الواسعة لبلاد الرافدين. لكن ما من أثر جيولوجي يدعم هذه النظرية.

حوض البحر الأسود

في عام 1996، قدم الخبيران الأمريكيان في الجيولوجيا البحرية وليام راين ووالتر بيتمان، مدعومين من زملاء أتراك وأرمن، فرضية مفادها أن هنالك ارتفاعاً مفاجئاً قد حدث في مياه البحر الأسود. وقد حملت لاحقاً أعمال السبر البحرية والاستكشافات التي أجريت في الأعماق عدداً من البراهين التي دعمت هذه الفرضية.

لقد انتهى العصر الجليدي فعلياً منذ 12000 سنة، وعاد منسوب مياه البحار والمحيطات إلى الارتفاع بعدما كان قد انخفض 120 متراً طوال آلاف من السنين. وهكذا اجتاح البحر المتوسط بحر مرمرة، بعدما ظلت المياه محتجزة في هذا الأخير عدة آلاف من السنوات لأن مضيق البوسفور الذي يربطه اليوم بالبحر الأسود لم يكن قد فُتح حينذاك. وقد أظهرت أعمال السبر التي قام بها راين وبيتمان أنه كان من المفروض أن يرتفع منسوب البحر الأسود بمقدار 150 متراً بالنسبة لما كانت عليه بحيرة أوكسان (التي أصبحت في ما بعد البحر الأسود). ثم وبسبب ضغط المياه، انهار الحاجز الصخري منذ حوالي 7500 سنة، فبدأت المياه المالحة تتدفق بقوة في المياه العذبة للبحيرة بمعدل 1000 إلى 2000 متر مكعب يومياً، وخلال شهور كانت المياه تتقدم على ضفاف البحر الأسود بسرعة 1 إلى 2 كلم في اليوم، وقد أثبتت ذلك الترسبات المستخرجة: فلقد حلت في تلك الحقبة المحارات والأصداف البحرية مكان أصداف المياه العذبة، حيث إن أحدث صدفة مياه عذبة يعود تاريخها إلى 8500 سنة، وأقدم صدفة بحرية يعود تاريخها إلى 7500 سنة، وبين الطبقتين نجد خليطاً من الأصداف المتفتتة، ما يدل على حدوث تغيرات جسيمة. حينئذ، لاذ سكان الضفاف بالفرار تاركين أكواخهم الخشبية التي وجد بعض من آثارها، وتوجه البعض منهم لاجئين إلى بلاد الرافدين، حيث تم تناقل أسطورة الطوفان التي نعرفها في أيامنا هذه.

منمنمة (رسم مصغر) تظهر الطوفان من أعمال بياتوس من ليبانا (من دير سان سيفير، أواسط القرن الحادي عشر)، المكتبة الوطنية في فرنسا.

الشكوك

على كل حال، لا يوافق العالم بمجمله على السيناريو المطروح هنا. وتكمن نقطة الضعف الأساسية في هذه الفرضية في تناقضها مع

معطيات التحاليل التي أجريت على ضفاف نهر الدانوب، وتحديداً عند مصبه في البحر الأسود؛ فالألسنة الرملية لهذا النهر تعود إلى 12000 سنة، كما لو أن مستوى المياه لم يتغير فجأة قط.

وإذا لم يظهر الدانوب أي أثر يدل على حركة ذهاب وإياب عنيفة للمياه، فلن يبقى هناك أي شك في أن البحر الأسود قد عرف بالفعل دخول المياه المالحة فوق المياه العذبة منذ 7500 سنة. ونجد اليوم أيضاً تياراً من المتحجرات يحتفظ بذكرى الطوفان: ففي الدردنيل حيث يتوجه التيار السطحي للمياه من البحر الأسود باتجاه البحر المتوسط، نجد أن المياه في الأعماق كانت تنتقل في الاتجاه المعاكس. مع ذلك، يبدو أن الفيضان كان أخف قوة مما اعتقد رايان وبيتمان. فقد أشار في عام 1999 فريق دولي يرأسه علي أكسو إلى أن أنهار الدنيبر والدون والدانوب التي تحمل مياه الجليد الذائب القادم من سيبيريا وأوروبا الشمالية قد زادت من منسوب المياه في البحر الأسود إلى حد يقارب منسوب البحر المتوسط، وأن الالتحام بينهما قد حصل بهدوء. هكذا فإن الشكوك تتمحور حول طريقة حدوث الطوفان وليس حول حقيقة وجوده. أما بالنسبة إلى حقيقة ما إذا كان البحر الأسود هو مكان انطلاق قصة الطوفان الواردة في سفر التكوين، فإن ذلك يبقى خطوة لا يستطيع العلم القيام بها بمفرده.

وردت قصة الطوفان في القرآن الكريم وهي الرواية التي يؤمن بها المسلمون ولم تتعرض لأي تحريف أو تعديل كباقي الكتب (الناشر العربي)

معجم المصطلحات

انكسار
عبارة عن التفاف الموجة على نفسها، بسبب السرعات المختلفة التي تحرك أجزاء الموجة على ارتفاعات مختلفة.

انكسار الضوء
تغير في اتجاه الموجة التي تمر من مكان إلى آخر؛ إذ تنكسر أشعة الشمس بسبب الغلاف الجوي الأرضي، وتختلف درجة انكسار كل شعاع باختلاف طول موجته.

إهليلجيّ
في علم الفلك، تُستعمل لوصف المسار المنحني والمسطح لجسم ما، مع شكل آخذ في الطول إلى حدٍّ ما، وتكون الشمس إحدى بؤرتيه (مركزيه).

أيونات
ذرّات فقدت أو اكتسبت إلكتروناً واحداً أو أكثر، وأصبحت بالتالي تحمل شحنة كهربائية عوضاً عن كونها محايدة.

بركاني (جهاز):
انظر جهاز بركاني

بلازما
سائل مكون من جزيئات غازية ذات شحنات كهربائية محايدة.

بلّورة
جسم صلب يتميز بتكدس منتظم ومؤقت للذرات.

تأثير كوريوليس
قوة يسببها دوران الأرض، من شأنها أن تجعل الأشياء المتحركة تنحرف إلى الجهة اليمنى في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وإلى الجهة اليسرى في النصف الجنوبي منها.

تآكل (منطقة):
انظر منطقة التآكل.

تباعد (منطقة):
انظر منطقة التباعد.

تبريد فائق
ظاهرة تُبقي جسماً ما سائلاً على درجة حرارة أدنى من درجة تجمّده المعتادة.

تدفق
هو كمية المياه التي تصب في لحظة معينة ضمن فترة زمنية محددة. يقاس التدفق بالمتر المكعب في الثانية.

تراكم (منطقة):
انظر منطقة التراكم.

تسونامي
موجة مد هائلة يتسبب بها اضطراب عنيف لعمود من المياه ناتج عن زلزال أو ثوران بركاني على سبيل المثال.

تكثيف
الانتقال من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة.

تيفون (Typhon)
تسمية تُطلق على الأعاصير في الشرق الأقصى.

جاذبية
قوة مسؤولة عن جذب جميع الأجسام المادية، بالتناسب مع وزنها وبالتناسب العكسي مع مربع المسافة التي تفصل في ما بينها.

جبهة
منطقة من التبادل بين كتلتين من الهواء تتميزان بتباين في درجتي الحرارة والرطوبة.

جُرافة
حقل من البقايا الصخرية حملتها الكتلة الجليدية ثم تخلت عنها.

جفرة (كالديرا)
تعني انهيار سقف البركان بسبب ثوران عنيف جداً.

جهاز بركاني
مادة تحيط بالبركان وتساهم في نشاطه.

حراري–جوفي
مجموع الظواهر الحرارية الموجودة في باطن الأرض والدراسات العلمية المتعلقة بها.

حفرة بركانية
فوهة متشكلة من تلاقي الصهارة الصاعدة مع مياه متجمعة على سطحها.

حفرة نيزكية
فوهة تكونت نتيجة اصطدام جسم سماوي بكوكب ما.

حيد منتصف المحيط
صدع تحت البحر تصعد من خلاله الصهارة فتعيد تشكيل قاع المحيط.

خط العُقَد
خط يجمع نقاط التقاطع لمدار جسم متحرك مع المسطح المرجعي له. بالنسبة للكسوف، هو خط التقاطع بين مسطح مدار القمر ومسطح مسار الشمس.

خفاف
حجر بركاني خفيف الوزن ومليء بالمسامات.

دخان بركاني
الانبعاثات الغازية التي تخرج من البركان.

رُقاق الجليد
طبقة من الثلج الصلب شفافة وملساء.

زائديّ المقطع
في علم الفلك، كلمة تصف المسار المنحني والمسطح لجسم ما، الذي يتخذ شكلا آخذاً في الطول إلى حدٍّ ما، وتكون بؤرته الأولى الشمس أما الثانية فنقطة موجودة في اللانهاية.

زيوليت
سليكات طبيعي مسامي ذو مصدر بركاني، معناها الحرفي باللغة اليونانية القديمة «الحجر الذي يغلي».

سحابة بلينيوس
رذاذ من الحمم البركانية الصلبة يندفع على شكل سحابة تشبه الفطر، ويتكون على فم البركان الثائر عندما تكون الصهارة محتوية على نسبة مرتفعة من الغازات الذائبة، ومضغوطة في مدخنة ضيقة.

سحابة ركامية
غيمة كبيرة داكنة اللون تتكون بشكل عمودي، قادرة على إحداث عاصفة.

سنة ضوئية
وحدة طول تعادل المسافة التي يجتازها الضوء خلال سنة في الفراغ، وتساوي 9500 مليار كلم.

شعاع ضوئي
هو المسار الذي يتخذه الضوء أثناء انتقاله من نقطة إلى أخرى.

شق
هو نتيجة انكسار في مجموعة صخرية.

شهاب
كل ظاهرة (باستثناء الغيوم) تُلاحَظ في الفضاء، وتحديداً الآثار المضيئة للنيازك أثناء عبورها الغلاف الجوي.

صدع
وادٍ يتشكل من انهيار تتسبب به اضطرابات طبقة الليتوسفير.

صُهارة (ماغما)
صخور سائلة تتكون في باطن الأرض.

صهارة صلبة أو تفرا
هي مجموع البقايا التي يقذف بها البركان: غبار ورماد (يبلغ قطر ذراته 2 ملم) وجسيمات صلبة (من 2 إلى 64 ملم) وحمم صخرية.

طاردة (قوة):
انظر قوة طاردة.

عضوية (مكوّنات):
انظر مكونات عضوية.

غلاف الأرض الصخري (ليتوسفير)
إنها الطبقة الخارجية من القشرة الأرضية، وهي مقسّمة إلى صفائح تكتونية.

فوهة
فتحة توجد عادة في قمة البركان.

قوة الطرد المركزي
هي قوة القصور الذاتي التي يتلقاها جسم ما في مرحلة الدوران، وتجعله يبتعد عن نقطة المركز لمساره.

كوريوليس (تأثير):
انظر تأثير كوريوليس.

مُدرَّج
منخفض نصف دائري، ذو جوانب خشنة، يعلو الكتل الجليدية.

مرتفع جوي
كتلة جوية ذات ضغط مرتفع، تحتضن حركة الهواء الهابطة.

مركز الزلزال
المكان الذي يبدأ فيه تكسر مجموعة صخرية.

مركز سطحي كلّي للزلزال
المكان الذي يشعر بالقوة الأكبر للزلزال.

مركز سطحي
النقطة الأقرب إلى مركز الزلزال على سطح الأرض.

مستجمع المائي (أو حوض التصريف)
هو منطقة تُصرَّف المياه فيها من خلال مجرى مائي وروافد تتفرع منه.

مكونات عضوية
جزيئات من الكربون (ألدهايد، أحماض أمينية، إلخ..) تكوّن الكائنات الحية.

منخفَض جويّ
كتلة جوية ذات ضغط منخفض، تحتضن حركة الهواء الصاعد.

منطقة الاندساس
منطقة تغوص فيها إحدى الصفائح الليتوسفيرية (غالباً ما تكون محيطية) تحت صفيحة أخرى (قارية في معظم الأحيان).

منطقة التآكل
منطقة يخسر فيها الجليد من كتلته.

منطقة التباعد
منطقة تتباعد فيها صفيحتان تكتونيتان، وتشهد تجدد المادة الليتوسفيرية عبر تدفق الصهارة.

منطقة التراكم
منطقة يزداد حجم كتلة الجليد فيها.

ميزوسفير
طبقة من الغلاف الجوي للأرض تقع فوق الستراتوسفير، على ارتفاع يتراوح بين 40 و80 كلم.

فهرس المصطلحات

تتضمن أرقام الصفحات المرجعية ما ورد في الصور والخرائط أيضاً.

احتباس حراريّ 73
آرال (بحر) 56، 57
ارتفاع المد 63
ارتفاع منسوب المياه 52، 54، 55، 58، 59، 117، 118
الأرض 10، 11، 63، 64، 80، 81، 91، 99 – 102، 104 – 106، 108، 109، 113 – 115
أستنوسفير 28
إعصار (انظر أيضاً إعصار لولبي، تيفون) 36، 37، 44، 45، 47
إعصار لولبي (انظر أيضاً إعصار، تيفون) 23، 36، 40، 41، 44 – 47، 117
أمطار نيزكية 28، 34، 92، 93، 99 – 103
اندساس 10 – 13
انزلاق التربة 28، 34، 45
انهيار ثلجي 28
بحيرة 56، 57
براكين النقاط الساخنة 10 – 13
بَرَد 43، 76، 77
برق 42، 43، 86، 87، 88، 89
بركان 8 – 25، 34، 116
بركان درعي 15، 18
تأثير كوريوليس 44، 45، 64
تباعد 11، 16
تبريد فائق 42، 43
تسونامي 26، 28، 30 – 35، 47، 117
تكتونية الصفائح 11، 28
تكثيف 42
تيار نفاث 48، 49
ثلج 55، 68، 76 – 79، 98، 99
ثوران بركاني 8، 9، 11 – 13، 17، 18 – 19، 22 – 23، 28، 34، 60
جبل جليدي عائم 68، 70، 71، 75
جُرافة/ ركام جليدي 72، 73
جرم عابر قريب من الأرض 104، 105
جفرة 14، 17، 22
جليد 66 – 81
جليد بحري 66، 70، 71، 74، 75
حجرة الصهارة 10، 16، 18
حراري–جوفي 25
حزام كويبر 99، 104
حفرة بركانية 16
حفرة نيزكية 96، 97، 101، 102، 103
حمل حراري (حركات أرضية) 10، 11، 26
حمم 8، 9، 15، 16، 18، 19
حمم متدفقة 58، 59
حيد منتصف المحيط 12، 13، 15، 16، 28
خسوف 108، 114، 115
خفاف 22، 23، 24
دثار 10، 11، 26، 28
دخان بركاني 25
رعد 42، 43
رقاق الجليد 78، 79
رماد (بركاني) 19، 22، 23، 24
رياح 36 – 61، 78
رياح الفون 39
رياح موسمية 39
زلزال (انظر أيضاً هزة أرضية) 26 – 35، 60، 65، 116، 117
زوبعة/ عاصفة دوارة 36، 40، 41، 45، 50، 51
زيوليت 24
سحابة أورط 98، 99، 104
سحابة ركامية 42، 43، 47، 50، 77، 88
سراب 82، 84، 85
سَرَك 69، 72
شفق قطبي 82، 83، 86، 87، 90، 91
شق (انظر أيضاً صدع) 14، 16، 29، 60
شلال 60، 61
الشمس 63، 64، 80 – 82، 90، 91، 95، 98 – 101، 104 – 106، 108، 109، 113، 114
صاعقة 82، 86 – 89
صدع/ أخدود (انظر أيضاً شق) 11، 12، 13، 15
صفيحة جليدية قارية 70، 71، 74، 75، 80
صفيحة ليتوسفيرية 8، 10 – 13، 16، 28، 29، 30 – 31
صهارة 10، 15 – 19
طوفان 118، 119
عارضة جليدية 72
عاصفة 36، 40، 41، 47 – 49، 51
عاصفة 36، 42، 43، 117
عاصفة جليدية 78، 79
عاصفة مدارية 44
عصر جليدي 66، 70، 71، 80، 81، 119
غيوم 42
فوهة 16، 22
فيضان 47، 52، 54، 55، 58، 59، 117 – 119
قانون تيتيوس بود 104

قطب 66، 74
القمر 63، 64، 104، 106، 108، 109، 112 – 115
قوة الزلزال 28
كتلة جليدية/ نهر جليدي 55، 60، 66، 67 – 73، 80
كسوف 106 – 114
كسوف حلقي 109 – 111
كويكب 92، 96، 97، 100، 104، 105
ليتوسفير 10، 11، 15، 28، 65
متساقطات 43، 45، 48، 55، 75، 76، 78، 79
مجرى مياه 55، 59
مخروط بركاني 14، 16، 19
مد بحري 21، 22، 23
مد وجزر 62، 65
مداخن سوداء 16
مدخنة 16، 18، 19
مذنّب 92، 93، 94 – 101، 103
مرتفع جوي 38، 39
مركز سطحي للزلزال 29
المريخ 104
مستجمع/ حوض تصريف 55، 56، 57، 58
مسقط مياه/ شلال 52، 53، 56، 57، 60، 61
المشتري 104، 105
مطر (انظر متساقطات)
مقذوفات بركانية 18، 19، 22
مقياس ريختر 28
مقياس مركالي 28
ملاّح 78
منخفض جوي 38، 39، 49
منطقة التمدد المحيطي 10
منطقة بركانية 12، 13
موجة صدمية 43
نبتون 99
نسيم البحر 39
نسيم البر 39
نهر 55، 56، 57، 60، 61، 63، 66
نواة الأرض 10
نيزك 100، 101
هزة أرضية (انظر أيضاً زلزال) 22، 26 – 35، 34
وحل (تدفق، سيل) 20، 21، 22، 23، 58، 59

الظواهر الطبيعية

إذا كانت ظواهر كالخسوف والكسوف، والشفق القطبي، والشلالات تشكل مصدراً للإعجاب، فإن ظواهر طبيعية أخرى كالأعاصير، والفيضانات، والانفجارات البركانية تُعدّ كوارث خطرة، وما الفيضانات التي شهدتها أخيراً أوروبا وبنغلادش إلا دليل على ذلك. وعلى الرغم من أن جزءاً من آليات حدوث هذه الظواهر يبقى غامضاً، إلا أن فهمنا لها يتطور باستمرار، ما يمكننا من حماية أنفسنا بشكل أفضل.

يقدم هذا الكتيب أهم الظواهر الطبيعية وأكثرها سحراً، ويشرح عنها في ثمانية فصول هي:

- النار في باطن الأرض
- عندما تهتزّ الأرض
- عندما تجنّ الرياح
- غضب المياه
- تحت تأثير الجليد
- مشاهد من السماء
- ظواهر كونية
- الخسوف والكسوف

كما يتضمن خرائط ملوّنة وصوراً.

تعمل آن دوبرواز في الصحافة العلمية، ولها عدة مقالات حول الظواهر الطبيعية (البراكين، العصور الجليدية، المذنبات والنيازك) منشورة في مجلة "Science et Vie" (علم وحياة).

بعد تخرجه من الجامعة، عمل إريك سيناندر كاتباً وصحفياً ومترجم مقالات علمية، وهو اليوم مستشار علمي لعدة دوريات مختصة بعلم الفلك، ومؤلف لكتب عديدة في هذا المجال منشورة لدى بورداس، ولاروس وهاشيت.

ISBN 978-603-8138-55-7