



مقدمة قصيرة جداً

# الحفريات

كيف طُفِّلْتُ



# الحُفريات

مقدمة قصيرة جًدا

تأليف  
كيث طومسون

ترجمة  
أسامي فاروق حسن

مراجعة  
هبة نجيب مغربي



الناشر مؤسسة هنداوي

المشهرة برقم ١٠٥٨٥٩٧٠ بتاريخ ٢٦ / ١ / ٢٠١٧

يورك هاوس، شبيت ستيت، وندسور، SL4 1DD، المملكة المتحدة

تلفون: +٤٤ (٠) ١٧٥٣ ٨٢٥٢٢

البريد الإلكتروني: hindawi@hindawi.org

الموقع الإلكتروني: <https://www.hindawi.org>

إنَّ مؤسسة هنداوي غير مسؤولة عن آراء المؤلف وأفكاره، وإنما يعبر الكتاب عن آراء مؤلفه.

تصميم الغلاف: إيهاب سالم

التقييم الدولي: ١ ٥٢٧٣ ٠٩٨٢ ١ ٩٧٨

صدر الكتاب الأصلي باللغة الإنجليزية عام ٢٠٠٥.

صدرت هذه الترجمة عن مؤسسة هنداوي عام ٢٠١٤.

جميع حقوق النشر الخاصة بتصميم هذا الكتاب وتصميم الغلاف محفوظة لمؤسسة هنداوي.

جميع حقوق النشر الخاصة بالترجمة العربية لنص هذا الكتاب محفوظة لمؤسسة هنداوي.

جميع حقوق النشر الخاصة بنص العمل الأصلي محفوظة لدى نشر جامعة أكسفورد.

Copyright © Keith Thomson 2005. *Fossils* was originally published in English in 2005. This translation is published by arrangement with Oxford University Press.

# المحتويات

٧	شكر وتقدير
٩	١- مقدمة
١٥	٢- ظاهرة ثقافية
٣٣	٣- الحفريات في الخيال الشعبي
٤٥	٤- أشياء نعرفها وأخرى نجهلها
٥٧	٥- مخالفة الاحتمالات
٧٧	٦- إعادة الحفريات إلى الحياة
٩١	٧- التطور
١١٢	٨- الجزيئات والإنسان
١٢٧	٩- ثروات وعمليات احتيال
١٣٩	١٠- العودة إلى المستقبل
١٤٥	قراءات إضافية
١٤٧	مصادر الصور



## شكر وتقدير

بوصفي متخصصاً في علم الأحياء التطوري وشغوفاً بعلم الأحياء النمائي وعلم وظائف الأعضاء، كان لاتجذابي إلى علم الحفريات شقان اثنان: اكتشاف الكيفية التي ينير بها أفكارنا عن التطور، وكذا البحث عن سبل للاستعانة بمعرفتنا بالكائنات الحية في «بث الحياة» من جديد في الحفريات. وعلى الرغم من أنني أمضيت وقتاً طويلاً – حتى إنني لا أتذكر كم طال – في البحث في الحفريات، فإنني لم أشرع في أن أكون عالم متحجرات. وإنني لذلك ممتنٌ غاية الامتنان لزملائي على كل الجانبيين الأكاديميين الذين يمثلان وجهي عملة واحدة وأعني بهما علم الأحياء الحديثة وعلم المتحجرات؛ لتسامحهم معني في عمليات الغزو التي قمت بها على مدار سنوات في تخصصاتهم، بل وتقديمهم يد العون لي إبان ذلك. لقد كنت أعمل دائماً على حفريات الفقاريات لا على اللافقاريات أو النباتات أو الفطريات، وقد يبدو هذا التحيز واضحاً في الأسئلة التي استعنت بها؛ ولكن المبادئ على أية حال واحدة في كل الحفريات.

أجد لزاماً عليّ أن أتوجه بالشكر إلى إريك سبيرلينج لتعاونته البحثية التي لا تقدر بثمن، وكذا لمارشا فيليون من مطبعة جامعة أكسفورد لتشجيعها الحماسي الذي قدّمته. أما ليندا برايس طومسون، وجيم كينيدي، وكريستين أندروز-سيبيد، ومارك سوتون، وإيان تاترسال، وجينو سيجري، وأنتوني فيوريللو، فقد تفضلوا بقراءة نص الكتاب كله أو بعضه وأصلاحوا بعضًا مما اعتراه من هفوات. كذلك قدم كلُّ من إليزا هاوليت، وديريك سيفيتر، وفيليب باول، ومارك روبنسون، وبيثيا توماس، ودانيا بيرش، وتود دايشلر، وكارل تومبسون إسهاماتهم النفيسة. ولا يفوتنـي أن أُنوه إلى أن ليندا برايس طومسون هي من قامت برسم الأشكال (٢-٦) و(٧-١) التي بداخل الكتاب.



## الفصل الأول

### مقدمة

الحفريات (أو الأحافير) لغة هي كل ما يُحفر باطن الأرض لاستخراجه.

\* \* \*

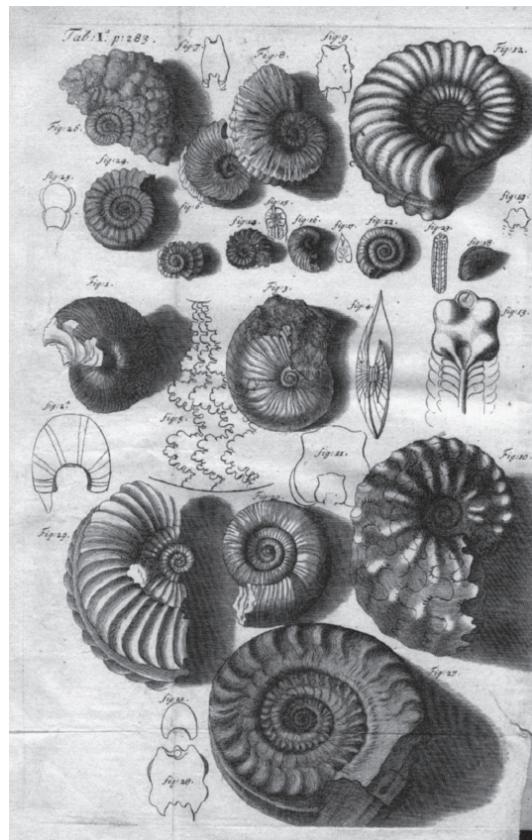
ما زلت أتذكر وكأنه كان بالأمس متى عثرت على أولى حفرياتي وأين. كان ذلك في أوائل شهر أبريل عام ١٩٦١، أما المكان فكان مقاطعة آرتشر بولاية تكساس، التي كانت حينذاك – كما هي الآن – ضرباً من الأراضي الوعرة، فهي جافة تقطعها بعض المستنقعات الضحلة التي ترى فيها بسهولة الصخور الخضراء الضاربة إلى الرمادية والصخور الحمراء التي تتنتمي إلى العصر البرمي، والتي تحيا فيها الحيات ذات الأجراس في رغد من العيش. وقد عثرت على حفريات داخل تلك الصخور قبل ما يربو على مائة عام. كانت ت نق卜 عن الأسماك، والبرمائيات الأولى، والزواحف، وكانت أول حفريات عثرت عليها فقرة عظمية واحدة رمادية اللون. أسفل قشرة مغلفة لها من الحجر الجيري، كان من الممكن رؤية قناة الحبل الشوكي، بجانب أسطح التمفصل مع الفقرات المجاورة. وكشفت عملية التنقيب التي جرت وأنا جاثٍ على ركبتيٍّ عن المزيد من الأجزاء والقطع، جمعها من ذيل حيوان برمائي في حجم التمساح يدعى أريوبس. وكان الأرجح أن الحيوان قد لقي حتفه في موضع آخر؛ إذ لم تكن هناك آثار أخرى باقية منه؛ لقد انجرفت تلك العظيمات القليلة مع تيار ماء وترسبت داخل بقعة صغيرة ضحلة من الطمي. ثم طمر الطمي والعظم أسفل المزيد من الطبقات الرسوبيّة وتحول في بطء إلى تكوين صخري. حدث ذلك قبل ٢٢٠ مليون عام، عندما كانت المنطقة عبارة عن دلتا نهر مكتظة بالمستنقعات. كما حوت جيوب أخرى حاملة للحفريات تقع بالقرب من المكان قشور أسماك وظام فقرية لأسماك قرش. وحوى البعض منها بقايا حيوان الديميترودون الغريب؛ وهو حيوان من

الزواحف تمتد أشواك فقراته مكونة شراغاً مرتفعاً فوق ظهره. أي على الصعيد العلمي البحث، لم تكن حفريتي الأولى مثيرة للاهتمام بشدة، ولكنني أصبحت شديد الشغف بالجال.

في الفقرة الأولى من الفصل ذكرت بعض العبارات التي تعبر عن حقائق (وجود الحفريات، وشكلها، وهوية الحيوان الذي تنتهي إليه، وطبيعتها المتحجرة، والبقايا المرتبطة بها) وبعض الاستنتاجات المبنية على حقائق أخرى (عمر الصخور، وما حدث للحيوان الأصلي عند موته، والبيئة الأصلية التي وقع فيها كل ذلك). وفي هذا الكتاب، سوف أشرح الأساس الذي يقوم عليه كل ذلك: تعريف الحفريات وبعض المفاهيم والمبادئ التي بنيت عليها دراسة الحفريات. وسوف أناقش أيضاً الأهمية الأشمل للحفريات المتمثلة في إثراء معرفتنا بتاريخ الأرض والحيوانات والنباتات – ويشمل ذلك الحديث عن أسلافنا الأوائل – التي استوطنتها بمختلف الصور طيلة مليارات السنين الماضية.

منذ أقدم العصور، تبادرن تاريخ تفسيرات ماهية الحفريات والنظريات التي تفسر معناها. ففي البداية، كانت كلمة حفريات تُستخدم للإشارة إلى أي شيء يجري حفر باطن الأرض لاستخراجه منها، بما فيها المعادن والأحجار الكريمة أو خامات الفلزات، علامة على البقايا العضوية المتحجرة التي صرنا الآن نقصر استخدام المصطلح عليها وحدها. ثمة أدباء إغريق قدامى مثل إمبيدوكليس وزينوفانيس منمن كانت لديهم فكرة لا يأس بها عن كنه الحفريات، مثلما كان الحال مع ليوناردو دافينشي، غير أن الحفريات اكتسبت أهمية مميزة عندما وصلت جميع التداعيات الفلسفية/العلمية المقاطعة لمجرد فكرة وجود الحفريات على كوكب الأرض إلى نقطة حرجة. بل إن في استطاعتنا أن نحدد بدقة متناهية اسم المؤلف وتاريخ الحدث: إنه العالم الإنجليزي روبرت هوك، الذي وضع مؤلفه في عام 1665. قبلها، كان من الممكن التعامل مع الحفريات باعتبارها أشياء غريبة مثيرةً للفضول؛ ومنذ ذلك الحين، صارت الحفريات بدرجات متفاوتة أساساً لثورة علمية وتهديداً لأصول ثابتة في علم اللاهوت.

قبل هوك، كان من الممكن لا تحظى الحفريات بأي اهتمام باعتبارها محض «غرائب الطبيعة»؛ أو «أحجار متشكلة»، وكان علينا أن نحلم بنظريات معقدة كي تفسر لنا وجودها من زاوية «القوة التشكيلية» في التربة أو خواص البلورات. وبالنسبة لأناس آخرين، كانت الحفريات تمثل الدليل المادي على الطوفان العظيم الذي ورد ذكره في الإنجيل. أما بالنسبة للعلماء، فقد صارت الحفريات هي الحقائق المركزية لنظرية حول



شكل ١-١: ساعدت رسوم روبرت هوك الدقيقة للحفريات — مثلاً يتبيّن في هذه اللوحة للأمونيات من كتابه «محاضرات ومقالات عن الزلزال» (نشر بعد وفاته في عام ١٧٠٥) — في إقناع القراء بطبعتها العضوية.

تغير كوكب الأرض بالغ القدم. قادتنا الحفريات إلى فهم تلك الحركة الدائبة التي لا تهدأ للقارات، والتقلبات المناخية، وتاريخ الحياة الذي يخضع لسلسلة لا تتوقف من عمليات النشوء والانقراض.

من خلال دراسة الحفريات، يمكننا تحديد الأنماط المتغيرة للتنوع البيولوجي على كوكب الأرض، لنكتشف أنه كانت هناك فترات مبالغة من الانقراض الجماعي، وفترات أخرى من التنوع الشديد. إن الحفريات تساعد على توضيح كيف انجرفت الصفائح القارية في جميع أنحاء سطح الكوكب، وكيف تغير سطح كوكب الأرض؛ إذ إنها توضح على سبيل المثال — أن بحاراً ذات أعمق سقيقة كانت موجودة ذات يوم في مواضع صارت الآن أرضاً يابسة. يمكننا رسم خارطة لتغيرات باللغة القدم في المناخ، فنكتشف ضمن أمور أخرى أن القطبين الشمالي والجنوبي الحاليين كانوا عبارة عن جنات شبه استوائية.

لقد بدأت الحفريات تبرهن على كل تلك الأشياء قيل ظهور نظرية تشارلز داروين عن الانتخاب الطبيعي بزمن طويل، وهي النظرية التي طُرحت رسمياً عام ١٨٥٩ وقدمنا الآلية السببية لأصل الأنواع. وقد اكتشفت حفريتا الزاحف /الطائر المسمى أركيوبتركس (١٨٥٦) وإنسان نياندرتال (١٨٥٩) في الوقت المناسب تماماً لإثبات نظريات داروين: فقد كانت بمثابة «الحلقات المفقودة» في سلسلة متصلة من الوجود تمتد إلى بدء الخليقة. والآن صار كل اكتشاف جديد يعيد تحديد نطاق بحثنا عن «حلقات» جديدة؛ فإننا في حالة بحث عن أسماك ذات أرجل، وديناصورات ذات ريش، ودائماً عن أسلاف الإنسان. أما فيما يتعلق بالتطور البشري، فإنه تماماً مثلما كشف جاليليو بتلسکوبه عن وجود عالم من وراء عوالم هناك في الفضاء الخارجي، ومن ثم اختزل مكانة كوكب الأرض (والإنسان معه) إلى حصاة لا أهمية لها في الكون شاسع الأرجاء، فإن تاريخ الحفريات على تلك الأرض باللغة القدم يكشف عن أن الإنسان العاقل ليس سوى وافد جديد على عالم الحيوان، وأنه على الأرجح مخلوق محكوم عليه بالانقراض مثل بقية المخلوقات الأخرى.

تقدّم الحفريات نوعاً من العلم يسهل جدًا الحصول عليه؛ فكثير من الباحثين الجادين كان مبعث اهتمامهم الأول بالعلم ذلك الحماس الذي شعروا به تجاه الحفريات. إن متحف التاريخ الطبيعي تعتمد على الحفريات — وتحديداً الديناصورات — في اجتناب قطاع عريض من الزوار، ومن ثم الدخل؛ وهي تعتمد على صائدِي الحفريات في تقديم الموضوع للجمهور. وتمثل الحفريات لعلماء المتحجرات — سواء المتخصصين منهم أو الهواة — اندماجاً رائعاً بين رومانسيّة القرن التاسع عشر وبين الوضوح القاسي الرزين للعلم المعاصر. ولا يزال جمع الحفريات — سواءً من على سهل شاسع يقع في بلد أجنبى، أو بالحفر المنتشر في أرجاء شلالات جرف لaim ريجيس — واحداً من الأنشطة النادرة

(يشاركه في ذلك علم الفلك للهواة) التي تتيح لشخص بمفرده — أو يعمل وسط مجموعة قليلة العدد — أن يحقق إنجازات رائعة؛ فبإمكانه — متسلحاً بمطرقة وعين فاحصة ليس إلا، مثله مثل المدقّب عن الذهب — أن يقدم إسهاماً جوهرياً للعلم.

وقد اتسع نطاق علم المتحجرات بصورة هائلة، سواءً على نطاق الهواة أو المتخصصين خلال السنوات الخمسين الماضية. فعندما حضرت اجتماع جمعية متحجرات الفقاريات لأول مرة في عام ١٩٦١، كان عدد الحاضرين قرابة الثلاثين فرداً، وفي العام الماضي كان هناك ما يزيد عن ٢٠٠٠ شخص.

المخلوقات من أمثل الديناصورات والأمنونيات وثلاثيات الفصوص والزواحف الطائرة والماموث (نادرًا ما تجذب الحفريات النباتية اهتمام الجمهور) نصف حقيقة ونصف خيالية. وإننا نفتتن ب مدى أفتها قدر ما نفتتن ب مدى غراحتها. بل يصل الأمر إلى أنها تصبح صديقة للأطفال؛ فمثلاً الطفل الذي يبلغ من العمر ست سنوات والذي يتعلّم في البداية لإتقان أسمائها العلمية، سرعان ما نجده يجمع لعباً تحاكها بدقة يضمها إلى مجموعة لعبه اللينة التي يحتفظ بها في غرفة نومه؛ ومن ثم فإنها تُسهم في دعم صناعة واسعة الانتشار.

في حين أن الديناصورات تنتهي إلى الماضي السحيق، فإن الإنسان المنتصب وإنسان نيandرتال يشعراننا بالخوف إلى حدٍ ما؛ إذ إنهما من جميع الزوايا قريبيين منا بصورة تشعرنا بالخطر. ونحن لسنا مضطربين للجوء للرسوم الكاريكاتورية الشنيعة البعيدة عن الواقع التي تصور أسلافنا وأبناء عمومتنا في هيئة وحوش كثيفة الشعر تمشي في تثاقل حتى تتقبل فكرة أنه منذ عهد قريب — بالقياس إلى الأزمنة الجيولوجية — كان أجدادنا الأوائل ليست لديهم لغة أو حضارة مادية. إن سجل الحفريات الذي يقول إن الرسم والنحت لم يظهر إلا منذ حوالي ٣٠ إلى ٤٠ ألف عام مضت — وفي سياق أناس يشبهوننا كثيراً من الناحية الجسمانية — من شأنه إما أن يجعلنا نشعر بالفاخر بذلك الذي بدأ نشأة التكنولوجيا والثقافة التي تمضي لنا عن رامبرانت وتيريرن وتوايلا ثارب وفرقة البيتلز وشكسبير، أو يجعلنا نشعر بالتواضع الشديد. فلا عجب إذن أن فكرة أننا — بني البشر — خلقنا الإله خلقاً خاصاً لها جاذبيتها الخاصة.

غير أن الديناصورات والبشر ليسا سوى مكوّنين فحسب من طيف هائل من عالم الحفريات. فإذا امتدَّ بنا النظر للوراء بعيداً نحو بدايات نشأة كوكب الأرض لوجدنا بالفعل مئات الآلاف من الأنواع يمثلها ملايين لا حصر لها من العينات غير الجذابة الراقدة

بلا حياة ضمن مقتنيات المتحف (ولا تزال أعداد هائلة منها مطمورة وسط الصخور). هذا هو المكان الذي يصبح فيه العلماء وهم يرتدون معاطفهم البيضاء في صدارة المشهد حقاً؛ ففي استطاعتهم أن يحسبوا ويقيسوا ويشرّحوا ويمسحوا بالأشعة السينية والأشعة المقطعيّة، أو يضعوا نماذج باستخدام الكمبيوتر، ثم يبنوا رؤى عن العالم الذي ما كان لنا بخلاف هذا سوى أن نحلم به. ويمكنهم أيضاً أن يوثقوا لمسار التغيير التطوري وأن يقودونا نحو وجهات نظر تتعلق بالأليات المحتللة. إن فحص قطعة من حفريات قاع البحر في حجم كرة الجولف يمكن أن يدلنا على أماكن ننقب فيها عن النفط أو الغاز. والحفريات متناهية الصغر التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة تقول لنا إنه قبل ٧٠٠ مليون عام مضت كانت الأرض مطمورة في عصر جليبي أعظم كثيراً من ذلك الأخير؛ كما يمكنها أن تخبرنا الكثير عن المناخ، وإبان ذلك تتبعنا لما سيجري في المستقبل.

في كل يوم في مكان ما من العالم، يحفر العشرات من المتخصصين في علم المتحجرات في موضع جديد أو يمسحون الترببات القديمة ومجموعات من مقتنيات المتحف، بحثاً عن شظية أخرى تنير لهم الطريق نحو علوم الأرض والحياة. ولا يزال هناك الكثير والكثير لنتعلم عن الحفريات نفسها وعن الظروف والتقلبات التي أدت إلى موتها والتي أتاحت حفظ بعض الأفراد (رغم الصعوبات الهائلة) وتحولهم إلى صخور. كذلك لأن الحفريات تمثل شيئاً كبيراً للغاية في عيون العامة، هناك دوماً أشياء زائفة يجب كشف اللثام عنها ونظريات خاطئة يجب رفضها. ولا تزال هناك اكتشافات عظيمة علينا التوصل إليها؛ فقط بمجرد حفر الأرض.

## الفصل الثاني

# ظاهرة ثقافية

هناك أمر محير في مجال علمي أُسس بأكمله على الكائنات التي صارت مهمة بالنسبة لنا فقط بعد موتها، بل ولوتها. إن الحفريات تخلب أبابينا عندما تكون مختلفة تماماً عن حياتنا المعاصرة على الأرض، ويفصلها عنا فترات زمنية لا نكاد نتخيلها، وكذلك عندما تربط بين الأنواع الحية مثلنا نحن وبين أجدادنا المباشرين. أيًّا كان العصر الذي جاءت منه، فإن تلك الكائنات الميتة التي عاشت في أزمنة أخرى تمثل بالنسبة لنا خيالاً، وفي الوقت نفسه تبدو مألوفة على نحو غريب. إن الحفريات تكشف لنا عن عوالم بالغة القدم سكتتها وحوش غريبة ونباتات عجيبة، كان وجودها يشبه عالمنا المعاصر بصورة غريبة، ومع ذلك فهو مختلف عنه بصورة تخلب الألباب؛ فهي لا تأسر خيالنا فحسب، وإنما تختبر كذلك أفكارنا عن الحياة نفسها. وفي الواقع، من المستحيل أن نتخيل كيف كانت نظرتنا الراهنة للعالم ولأنفسنا ستتغير لو لم نكن نعلم شيئاً عن الحفريات على الإطلاق.

## الحفريات قبل عصر التنوير

رغم أن تقبل جمهور العامة لمسألة الطبيعة العضوية للحفريات – أي كونها بقايا كائنات كانت حية ذات يوم حُفظت داخل الصخور ثم تحولت هي نفسها إلى صخر – لم يتحقق إلا مع مطلع القرن التاسع عشر، فإن علم المتحجرات المعاصر بدأ في الثلث الأخير من القرن السابع عشر مع كتابات روبرت هوك (في «ميكروجرافيا» ١٦٦٥، و«محاضرات ومقالات عن الزلازل» ١٦٦٨)، تلتها عام ١٦٦٩ مؤلف «بحث تمهيدي» لنيلز ستينيسن (سُمي لاحقاً نيكولاي ستينونيس ويدعى الآن باسم ستينو وحسب). كان

هوك عبقريةً بحق كما كان عضواً متعدد الثقافات بالجمعية الملكية بلندن، وقد درس فيما يbedo علم الجيولوجيا بصورة غير رسمية على الإطلاق. أما ستيينو — الذي لم يكن يقل عنه عبقرية — فكان في البداية متخصصاً في التشريح بجامعة ليدن ثم لدى البلاط الملكي لآل ميديتشي بفلورنسا. وقد كرس سنوات من عمره لدراسة جيولوجيا إقليم توسكانا، قبل أن يتوجه إلى حياة من التفاني وإنكار الذات قسماً وأسلفاً كاثوليكيًّا.

قبل هوك وستينو، كانت تفسيرات الطبيعة وأسباب تكون الحفيريات الشغل الشاغل لدى الفلسفية على اختلاف توجهاتهم. وكانت أولى العقبات في وجه الكشف عن أسرار الحفيريات هي أن أيسر مكان يمكن العثور عليها به عند الجروف والجبال. فإذا كانت تلك الحفيريات بقايا أسماك ورخويات حقيقية، فكيف وصلت إلى هناك؟ لم يكن يبدو ممكناً أن تكون الأرض تغيرت بهذا الشكل، حتى إن ما كان قائماً للبحر ذات يوم صار الآن يرتفع عن سطح الأرض لآلاف الأمتار. وجاء ليوناردو دافنشي ليقدم ما بدا أنه الإجابة الوحيدة الممكنة: أن مستويات سطح البحر قد انخفضت؛ وقد قدم ستيينو تفسيراً مماثلاً. أما هوك — من ناحية أخرى — فأصر على أن الجبال ارتفعت من قاع البحر بفعل الزلازل والحرارة الداخلية للأرض. وبدون ميزة الفهم المتقدم للقوى العلاقة التي (عادةً) تشكل وتغير من طبيعة كوكب الأرض بصورة لا تدركها حواسنا، وبدون فهم المدى الهائل للأزمة الجيولوجية، كانت تلك التفسيرات ستبدو على أفضل تقدير لا يمكن تصديقها. كانت هناك صعوبة أخرى تكمن في أن الكائنات التي تحولت إلى حفيريات مختلفة بصورة ملحوظة عن الأنواع التي تعيش الآن. فهل كانت نسخاً معيبة من الأنواع الحديثة أم أنها كانت «انحرافات شاذة عن الطبيعة السوية»؟ كان مفهوم «الانقراض» واضحاً بالنسبة لهوك، غير أنه كان يتعارض بصورة مباشرة مع التفسير التوراتي للخلق الذي يتحدث عن واقعة خلق وحيدة؛ إذ كانت فكرة الانقراض تعني ضمناً أنه كانت هناك أكثر من حلقة في مسلسل الخليقة، وأن الإله عندما سمح لتلك المخلوقات بالانقراض كان كمن غير رأيه أو حتى أقرَّ بوجود أخطاء.

### حفيريات أعلى الجبال

والآن لو أن كل تلك الأجسام كانت في الحقيقة أصداف أسماك، وهي الأقرب في الشبه إلى ذلك، وأن تلك الأجسام توجد على قمم أكبر جبال العالم ... فإنه حجة قوية على أن الأجزاء السطحية

من الأرض تعرضت للتغيرات شديدة منذ البداية، وأن قمم الجبال كانت في الأصل مغمورة تحت الماء، ويمكن الرعم كذلك أن أجزاءً متنوعة من قاع البحر كانت في ذلك الحين جبلاً.

روبرت هوك، «محاضرات ومقالات عن الزلازل» (١٦٦٨)

وجاء إدراك أن قشرة الأرض تحتوي على طبقات عديدة من الصخور، يبلغ سمكها بضعة آلاف من الأقدام، تحتوي على مجموعات من الحفريات المتنوعة (مترسبة في الغالب تحت الماء)، ليرغم الباحثين على مواجهة مسألة بناء الجبال وغيرها من عمليات إعادة الترتيب العنيفة لسطح الأرض. فلو أن تلك الحفريات كانت تحيا في يوم من الأيام في البحر وترسبت في قيعان البحار، لكنها الآن تعلو عن سطح البحر بمئات وربما آلاف الأقدام، «فلا بد» وأن الأرض قد ارتفعت لأعلى. غير أن الآليات تكون الجبال ظلت سراً. ويعُدُّ من قبيل الإنجاز غير العادي لعلمي الجيولوجيا والتحجرات أنهما مضيا قدماً في نمو وازدهار برغم افتقارهما لهذا التفسير، والذي لم يظهر إلا في العصور الحديثة مواكباً لاكتشاف الآليات التي من خلالها تحركت أجزاء شاسعة من سطح الأرض عبر الدهور. لو كان هناك برهان مستقل مقبول على أن الأرض بالغة القدم وأنها تعرضت على نحو مستمر للتغيرات من النوع الذي يمكنه أن يرفع الجبال لأعلى من باطن البحار، لكان من الأسهل قبول فكرة أن الحفريات كانت بقايا عضوية حقيقة، وأن الأصداف البحرية يمكن العثور عليها في الصخور العتيقة الواقعية على ارتفاع آلاف الأقدام أعلى منحدرات التلال. وبالمثل، لو كان هناك دليل قاطع على أن الحفريات هي بقايا لكتائن كانت حية يوماً ما، لكان من الممكن بسهولة تقبل فكرة الأرض العتيقة المتغيرة. وفي هذه الحالة، كان على الفهم أن يمضي قدماً للأمام ببطء بصورة تكرارية؛ باكتشاف من هنا، ورؤية مستنيرة من هناك.

بحث الفلسفه كذلك فرضية تقول إن التحجر لم يكن عملية طبيعية وأن الحفريات لم تكن «حقيقية» على الإطلاق. أولاً – وبمنتها البساطة – قد تكون الحفريات مجرد حوادث وقعت في الطبيعة؛ أي قطع من الصخر تحاكي في صورتها كائنات حقيقة ليس إلا، والأمثلة على ذلك كثيرة؛ فعلى سبيل المثال الأحجار التي على شكل قلب أو قدم يسهل العثور عليها داخل التربes الطباشيرية. أو بدلاً من ذلك، ربما تكون من صنع الإله – أو الآلهة – الذي خلقها بقوته الخارقة للطبيعة؛ وفي هذه الحالة لا بد أن الإله ذاته

هو من خلق كذلك جميع الصخور التي على هيئة طبقات والتي تحتوي على الحفيّات، بجانب جميع البراهين الواضحة الأخرى على القدّم والتغيير. وفي الرواية التوراتية التي وردت في «سفر التكوين»، لا بد أن هذا الأمر وقع خلال الأيام الأولى للخلق عندما كانت الأرض قد تشكّلت لكن الكائنات الحية لم تكن قد خلقت بعد. وربما كان فيليب هنري جوس هو أول من شرح الطبيعة المتطرفة من «نظريّة الخلق» في مؤلفه «أومفالوس» (١٨٥٦). فقد اعتبر جوس أن الإله الذي كان قادرًا على خلق الأرض وكافة الكائنات الحية عليها، كان في مقدوره في يسر وسهولة تتبيل صخوره المنحوتة حديثًا بحفيّات تبدو عتيقة في الوقت نفسه. ولما لم يكن هناك — ومن الممكن ألا يكون هناك — دليل عملي على مثل هذا التفسير الذي وضع خصيصي ليخدم غرضًا بعينه، فإن قبولها كان (ولا يزال) مسألة عقائدية أكثر منه قيامًا على العلم المادي، وهنا يظهر إلى الوجود السؤال الفلسفي المترتب على ذلك التفسير: لماذا يفعل الإله ذلك؟

ثمة احتمال مختلف تماماً، وهو أن الحفيّات ربما كانت تشكيلات من صنع إحدى الخصائص الطبيعية للصخور ذاتها؛ أي عملية ما تنتج محاكاة معدنية للكائنات الحقيقة. وكانت تلك الخاصية تسمى عادةً «القوى التشكيلية». واعتمدت الفكرة على فرضية تقول بأنّه إذا كان النبات ينمو من التربة، فلماذا لا تنمو الحفيّة من بين الصخور؟ وفي حين أن تلك الفكرة كانت شائعة في القرن السابع عشر وبديايات القرن الثامن عشر، فلم يكن أحد يتخيل كُنْه الطبيعة المادية — أي العنصر المسبّب الفعلي — للقوى التشكيلية. إلا أنه كان هناك ربط واضح مع ظاهرة التبلور، كما أن العديد من الحفيّات الزائفية توجد على هيئة تبلور للأملاح أشبه بالسرخسيات فوق مستوى سطح الانفصال الطبيعي.

### حول قضية الانقراض

من المؤكّد أن هناك العديد من الأنواع في الطبيعة لم نرها مطلقاً، ويجوز أنه كانت هناك كذلك العديد من مثل تلك الأنواع في عصور العالم السابقة التي ليس لها وجود في الوقت الحاضر، وأشكال عديدة من تلك الأنواع الآن، التي ربما لم تكن موجودة في فترات زمنية سابقة: فنحن نشهد ما يتمخّض عنه تباين الأنواع، وتباين أنواع التربة والمناخ، وغيرها من الأحداث الظرفية الأخرى.

روبرت هوك، في محاضرة ألقيها بالجمعية الملكية

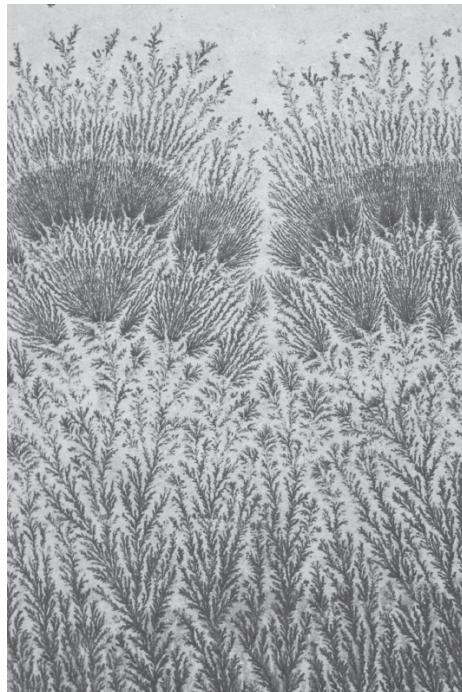
٢٥ يوليو ١٦٩٤

ثمة رأي وسط، وهو أن الحفريات نمت من نوع ما من البذور، ترسبت في الصخور عند الخلق، ثم نبتت بعد ذلك. وقد يفسّر هذا الرأي حقيقة أنه كثيراً ما كان يُعثر على الحفريات أعلى منحدرات جبلية. وكان هناك تفسير مواكب لذلك، وهو أن تلك البذور كانت في حقيقة الأمر نتاج مخلوقات البحر الحية التي انتشرت نحو اليابسة بفعل الرياح والأمطار، ثم سقطت في أحاديد داخل الصخور، ونبتت هناك بصورة عشوائية تشوبها العيوب؛ مما نتج عنه تشوّه كائنات الحفريات فلم تعد نسخاً مطابقة للكائنات الحية.

أما آخر التفسيرات وأوضحتها وأكثرها شعبية بين الناس مجرد فكرة وجود الحفريات، ولجزء كبير من الحالة الجيولوجية للأرض، فهو طوفان نوح. حتى ثلاثينيات القرن التاسع عشر، كانت فكرة أن معظم أراضي أوروبا وأمريكا الشمالية مغطاة بطبقات سميكّة من الرمال والصّى الذي حمله الماء، وأن وديانها منحوتة بفعل نشاط المياه، تبدو وكأنها تقدم دليلاً وافراً على واقعة الطوفان العظيم. ولا يزال هناك من يؤمنون على سبيل المثال – بأن طوفان نوح ليس دهوراً من التآكل بفعل نهر كولورادو، هو الذي شكل الأخدود العظيم بولاية أريزونا المعروفة باسم جراند كانيون.

سار العديد من الباحثين على خطى ستينو – مثل رجل الدين توماس بيرنيت (١٦٨١)، والطبيب جون وودوارد (١٦٩٥) – في الاعتقاد بأن العبارة الواردة في الإنجيل والتي تقول: «وانفجرت كل ينابيع الغمر العظيم» أثناء الطوفان كانت تصف قشرة الأرض وكأنها تنشق مثل البيضة، منتجة الجبال، وكل الدلائل التي نراها من حولنا «لأرض محطمة وممزقة». وتوسيع وودوارد في الفكرة إلى حد أنه اعتبر أن الطوفان عندئذ أذاب أو علق كل المادة التي بداخل قشرة الأرض ورسبها في طبقات منفصلة، كل حسب الكثافة النوعية. في كل تلك النظريات، تمثل الحفريات بقايا لكتائن أهلّتها الطوفان. وعند محاولة تكوين تفسير مادي وجيولوجي للحفريات، كان على أولئك الكتاب أن يتّجاهلو أموراً مثل الوجود المسبق لجبال في نفس الرواية التي يحاولون إثباتها، لكنه لا يوجد أي مغزى الآن من وراء دحض تلك النظريات. غير أنه مع ذلك تتبقى صعوبة واحدة واجهت الباحثين المعاصرين تجدر الإشارة إليها: فلو أنه – طبقاً لحساباتهم – كان تعداد سكان العالم قبل الطوفان ٨ ملايين نسمة، وأنهم هلكوا جميعاً باستثناء أسرة واحدة، لكان من الواجب أن تصير الحفريات البشرية أمراً شائعاً الوجود لا أن تكون غائبة (حتى اكتشف إنسان نياندرتال عام ١٨٥٦).

في حقيقة الأمر، يكشف لنا سجل الصخور – طبقة تلو الأخرى، وعصراً تلو الآخر – عن عوالم منقرضة متعددة ومتداخلة، كل منها له كائناته التي تميزه. ومن



شكل ١-٢: ليست حفريّة: هذه الترسيبات المعدنيّة (اسمها العلمي بيرولوزيت، وت تكون من أكسيد المنجنيز) من حجر سولنهوفن الجيري الذي يستخدم في الطباعة الحجريّة، نبتت على شكل يشبه السرخسيّات لكنها بالتأكيد مادة غير عضويّة.

ثم، فإن أي تفسير قائم على فكرة الطوفان يجب أن يشتمل على الكثير والكثير من الفيوضات. وفي الأساس، السبب الرئيسي لإخفاق فرضية الطوفان أن قشرة الأرض لم تتشكل بواسطة واحدة، وإنما بواسطة ما لا يعد ولا يحصى من الأحداث. ولقد تغيّر وجه الحياة على الأرض عبر مليارات السنين، مدفوعاً بعدد لا يحصى من «الخدمات الطبيعية المتواتلة». وفي النظريّة الحديثة، أن الأرض تشكّلت عن طريق التآكل والترسيب، والزلزال والبراكين، وحركة مساحات هائلة من قشرة الأرض نتيجة لعمليّات جرت في أعماق طبقة الدثار شبه الصلبة (تكتونيات الصفائح). أما المسمار الأخير الذي دُق في

نعش نظرية الطوفان فقد قدمه لويس أجاسي، الذي أوضح عام ١٨٣٧ أن العديد من جلاميد الصخور عجيبة المنظر، والرمال والحصى الذي حمله الماء، والتي بدت دليلاً على أنه كان هناك طوفان كانت في الواقع نتاج نشاط جليدي وقع في العصر البليستوسيني. وترجع التغيرات التي طرأت على الحياة النباتية والحيوانية قبل وبعد وأثناء فترات النشاط الجليدي على مدار الـ ١,٨ مليون عام الماضية إلى تحولات مناخية هائلة بين الحقب الجليدية والحقب بين الجليدية التي تكون أكثر دفئاً. وقد تبيّن في نهاية المطاف أنه حتى البشر كان لديهم أسلاف قديمة من الحفريات. لقد صارت الحفريات الدليل الرئيسي على نظريات التطور.

## الحفريات والفلسفه

يمكنا القول بصورة عامة: إن الحفريات تمنحنا نظرة شاملة عن الحياة نفسها، ت تعرض الحياة داخل بعد زمني تصبح فيه وجهة النظر التي تقوم على أن الإنسان هو محور الكون لا معنى لها. وسواء كانرأي المرء أن الحفريات تمثل عمليات طبيعية أشبه بالقانون، أو أن العالم بأسره – بما فيه الحفريات – جاء بسبب (ولا يزال هكذا) ظواهر خارقة للطبيعة، فستظل الحفريات دوماً جزءاً محورياً من النقاش.

وفي حين أن بعض القضايا الفلسفية وجدت حلّاً لها منذ عهد بعيد، إلا أن المشكلة الأساسية (أو الجوهرية، إن جاز التعبير) بالنسبة لمعظم وجهات النظر الدينية لم تذهب أدراج الرياح. ببساطة، إن شهادة الصخور (لو جاز أن نستعير ونحرّف عنوان كتاب ألفه هييو ميلر الذي يخاف الإله في عام ١٨٥٧) تتناقض مع فكرة عملية الخلق الواحدة الواردة في الفصل الأول من سفر التكوين. ومفهوم الانقراض بأكمله يسير في اتجاه مناقض تماماً لعقيدة أن الإله – بعد أن خلق العالم كله في حدث واحد – خلقه على أكمل وجه. إلا أنه، في حين تقدم الحفريات صعوبات جمة للقراءة المحفوظة الحرافية للإنجيل، فإن جناحاً أكثر ليبرالية من المسيحية سعى منذ ذلك الحين نحو التوافق مع الأدلة العلمية للعلوم الجيولوجية.

كانت أنماط التشابه والاختلاف بين الكائنات الحية محور الاهتمام الرئيسي للباحث الفلسفي منذ العصور الكلاسيكية. إن «سلسلة الوجود الكبرى» مفهوم يعود تاريخه إلى عصر أفلاطون وأرسطو، ثم طوره ديكارت، وسبينوزا، ولابينتس. وهنا، كل شيء في الخلق يمكن تخصيص موضع له بالنسبة للتسلسل الهرمي المتأتي المتد من العدم عند

قاعدته وحتى الإله على قمته. فالإنسان هو التالي للإله والملائكة، والقردة تجيء بعد الإنسان وهلم جرًّا. وتأتي البكتيريا البدائية (لو كانوا يعرفون البكتيريا) عند القاعدة، فوق المعادن مباشرةً. وفي هذا التسلسل الهرمي، كل «نوع» أكثر تعقيدًا وإتقانًا من — وبصورة ما يعتمد على — النوع الأدنى منه. وهذه السلسلة ثابتة، فالكل من خلق الإله، وهي تمثل لنا التناقض المثالي لخلقه. وأي كائن حي يمكن تحديد مكانه داخل السلسلة؛ ومن الممكن أن نضع كذلك أي اكتشاف جديد بسهولة في مكانه الصحيح بين الآخرين. جاء إدراك وجود عالم هائل من الحفريات في البداية ليدعم هذه الرؤية ثم ليتحداها بعد ذلك، مثلاً فعملت الدراسة التي أخذت في الازدهار والمعرفة العملية بعالم الأحياء التي تخضت عنها عمليات استكشاف العالم بدءًا من القرن السادس عشر فما يليه. وسرعان ما ظهرت أنواع عديدة وكثيرة من الكائنات؛ وظهر أنَّه على أقل تقدير يجب أن يكون هناك العديد من السلاسل وليس سلسلة واحدة. وحلت فكرة التنوع محل فكرة العلاقة الخطية في تاريخ الحياة؛ فصارت سلسلة الوجود الكبرى أقرب إلى شجرة الحياة. وب مجرد أن صار من الواضح أنه كان لا بد من وجود عدة سلاسل متفرعة، كان من الضوري أن نفترض وجود كائنات تربط بينها. وعندما كان تشارلز داروين يدرس الطب بأدنبرة (١٨٢٨-١٨٣٦)، قام بأولى مغامراته في الأبحاث العملية مع أستاذه روبرت جرانت. كان جرانت من الأتباع المخلصين لأفكار عالم الحيوان الفرنسي جان باتيست لامارك الثورية. فدرس جرانت وداروين معًا «الحيوانات نباتية الشكل» — شقائق النعمان البحرية — وهي مجموعة من الكائنات مفترض أنها تشارك الخصائص مع الحيوانات والنباتات.

إن سلسلة الوجود الكاملة يجب ألا تكون بها ثغرات؛ ولكن مع أن سجل الحفريات المتنامي سدَّ كثيًراً من الثغرات بين المجموعات، إلا أنه في الوقت نفسه فتح ثغرات جديدة وكشف عن وجود مجموعات جديدة تماماً (منقرضة). وأصبحت قضية الانقراض قضية محورية؛ لأنها أوضحت أن السلسلة — أو السلسل — يمكن أن تقطع. لم يكن هناك ذرية للأنواع المكتشفة حديثاً من الحفريات ذات الأسماء المثيرة؛ الزواحف العملاقة مثل الموزاصور والإكتيوصور والتيراصور، واللافقاريات من أمثل ثلاثيات الفصوص والجرابتويليت. لقد انقرضت تلك السلاسل وانقطع نسلها من الأرض؛ وربما هذا ما حدث مع معظم السلاسل. كما أن العديد من المجموعات الموجودة من الكائنات الحية لديها أعضاء انقرضت، ولعل من أبرزها الماموث والمستودون، التي لا شك أنها من أنواع الفيلة، غير أنها انقرضت ولم يعد لها وجود بين الأحياء.

من الصعب علينا أن نعي مدى الذعر الذي شعرت به تلك الأجيال من الدارسين وحتى عموم الناس عندما اضطروا لمواجهة فكرة الانقراض؛ فكراة أن عالم الأحياء لا يمثل مجموع «الخلق» (أيًّا كان المعنى الذي تحمله تلك الكلمة)، والنتيجة الطبيعية لها أنه لا توجد حياة، سواء كانت في القديم أو في عصرنا الحديث، يمكن اعتبارها كاملة أو تامةً للإتقان؛ وإنما الحياة في تغير مستمر وإنها ليست جامدة. وبذلت العديد من المساعي لاستبعاد حدوث الانقراض. كان أبسطها أننا لم نبحث بعد في كل مكان في العالم: فقد يكون هناك في مكان ما من العالم لا تزال إكتيوصورات وثلاثيات الفصوص حية. وفي محاولة لتبرير ذلك الرأي، كتب جون راي يقول في عام ١٦٩٣: «الذئاب والقنادس ... كان موطنها الأصلي في بعض الأوقات إنجلترا (ولا تزال كذلك) لكن كثيراً منها يوجد في بلدان أخرى». وكتب توماس جيفرسون — وهو نموذج لرجل عصر التنوير بحق — أوصافاً لحفريات المستودون المجلوبة من بييج بون ليك بولاية كنتاكي. وكان يعتقد أن المستودون ربما لا يزال حياً في أقصى الغرب، وكان يأمل أن تعثر عليه حملة لويس وكلارك الغربية التي أرسلت بين عامي ١٨٠٤-١٨٠٦.

يعتمد مفهوم سلسلة الوجود على ثلاثة فرضيات أساسية: الوفرة (وجود جميع الصور الممكنة «للوجود») والاستمرارية، والتدرج. في النهاية، جاء الاتساع الهائل لتنوع الكائنات، في كلٍّ من المكان والزمان، ليتغلب ببساطة على نظريات سلسلة الوجود الجامدة، مهما أضافت إليها العقلانية حتى تمتد ل تستوعب أحداث الخلق المتعددة في المكان والزمان. وقد جعل مفهوم الاستمرارية والتدرج من المنطقى للفلاسفة أن يسألوا بما إذا كانت الكائنات ليس لها أيضاً صلة قرابة من زاوية الوراثة والجينات، وذلك من خلال عملية التطابق؛ أي التطور. في عام ١٦٩٣، كتب لابيتنس (في إعادة صياغة مباشرة لعبارات كتبها روبرت هوك في «ميكروجرافيا» عام ١٦٦٥) أنه لو كان الانقراض حقيقة واقعة، لكان «حرىًّا بنا أن نؤمن ... أنه حتى أنواع الحيوانات طرأ عليها التحول عدة مرات». وتساءل الفيلسوف الاسكتلندي ديفيد هيوم، في كتابه «محاورات في الدين الطبيعي» (١٧٧٩)، بما إذا كان من الأقرب للمنطق أن نفترض أن المخلوقات الحية المعقدة كانت لها أصول من كائنات أبسط منها من أن تكون قد وجدت من خلال نوع من الخلق الإعجازي من قبل ذكاء مبدع ذي قدرة غير محدودة لكننا لا نعلم. وخلال عصر التنوير، تحولت سلسلة الوجود إلى سلسلة الصيرورة؛ أي منظومة ديناميكية زمنية تشتمل على نوع ما من عملية عَرَضية تاريخيًّا.

في محاولتين مبكرتين لاستيعاب الإحساس بالعملية دونما إقصاء تمام لصحة العناصر الثابتة من السلسلة، غيرَ الفيلسوفان والعلماني الفرنسيان شارل بونيه (١٧٢٠-١٧٩٣) وجان باتيست روبينيه (١٧٣٥-١٨٢٠) العبارة المجازية إلى عبارة أخرى وهي سلم الطبيعة. وفي هذا السلم، تنتقل الكائنات بمرور الزمن لأعلى على درجات السلم من خلال عملية التحول. ومن ثم، فإن ثدييات اليوم ارتفعت السلم من مرتبة أدنى وسط الزواحف، وقبل ذلك كانت أسمًاً وديدانًاً. وديدان اليوم لم ترتفِّ بعد لتُصبح أسمًاً أو ثدييات. وفي منظومة بونيه، عملت ظروف بيئية متعددة على إثارة عملية «فقس» تسلسل هرمي من البدور الجنينية التي استقرت في مكانها لحظة الخلق والكاميرا داخل «الأرواح» الأصلية للكائنات، جاعلة إياها — خطوة بخطوة — ترتقي نحو الكمال. وفي تلك الحالات، يتضمن ارتفاع السلم نوعاً ما من الكشف الحرف أو الرمزي أو التنفيذ الفعلي لخطة إلهية موضوعة سلفاً. وظلت تلك الأفكار وفية للمفهوم الغائي (الموجه نحو الغاية) الأصلي للسلسلة.

نظر إرازموس داروين (١٧٣١-١٨٠٢)، جد تشارلز داروين) وغيره من مفكري أواخر القرن الثامن عشر إلى العملية نظرًاً أكثر جسارة، طارحين فكرة أن المسألة سارت مدفوعة بتطاير مستمر للأنواع موجه بتغيرات في «الأنظمة التوليدية» (أي علم الجنين الإنمائي) للكائنات وأيضاً بفعل البيئة. وطرح لامارك (١٨٠٢) مخططًا مختلفًا، وفقاً له كانت هناك سلالات عديدة ومختلفة دائمةً منفصلة بعضها عن بعض (وبالتالي ليست شجرة، وإنما هي مرج من النجيل). كل منها نشأ من خلق تلقائي لشكل شديد البساطة من أشكال الحياة، وكان نسل تلك السلالات قد تسلق بعد ذلك سلم بونيه وفقاً لنطمت معد سلفاً من التطابق. وفي مخطط لامارك، ينتهي البشر — وهو أقرب الكائنات إلى الكمال — لأولى تلك السلاسل التي خلقها المسبب الأول؛ ومن ثم فإنها السلسلة الأقدم والتي قطعت الشوط الأكبر تجاه الهدف الأسماى؛ ألا وهو الوصول للشكل الأقرب إلى الإله. والأنواع شديدة البساطة من الكائنات الحية الموجودة اليوم كان تاريخ خلقها أحدث، ولقد بدأت لتوها الرحلة. أما النمط الشامل للزاديات في التعقيد الذي نراه في سجل الحفيّرات، فيفسر باعتباره مجرد مسألة وقت. وفي هذا المخطط، لم ينذر في الحقيقة أي نوع من الكائنات، كل ما هنالك أنه ربما لا يكون ممثلاً حالياً في أيٍ من تلك السلاسل؛ فسلالة أو أخرى من الزواحف الحية سوف تنتج من جديد إكتيوصورات

— على سبيل المثال — أو الطيور ذات الأسنان. تخيل تشارلز لайл، في كتابه «مبادئ الجيولوجيا» (١٨٣١-١٨٣٣)، وقبل تحوله لاعتقاد الداروينية، نوعاً من الدورات، وفيها سوف تنتج التغيرات البيئية الملائمة في المستقبل لأنواع التي سبق أن انقرضت، من جديد.

وهكذا دبت الحياة من جديد في جدل فلسفى قديم. فقد كان موقع البشر في سلسلة ثابتة، خلقت في مكانة تالية للإله والمملائكة، شيئاً، والبشر بصفتهم نتيجة لحالة من تدفق المادة (وهو ما يرجع في نهاية المطاف إلى الحركة العشوائية للذرات) شيئاً آخر تماماً. إن التطور لم يكتفى بأن رفع يد الإله عن التسبب في وجودنا وخفض مرتبة البشر إلى مكانة القردة المتطرفة، وإنما فتح المجال واسعاً أمام قضية الهدف من الحياة ومعناها. وقد يكون اكتشاف سلسلة متدرجة من الأنواع الحفريّة التي تربط بين البشر وبين القردة العليا سخرية الأقدار الأخيرة لسلسلة الوجود. أما ربط البشر بالاتجاه الآخر — أي الإله — فقد ظل منطقة خاصة بالدين.

للحفريات ومسألة التغيير جانب سياسي أيضاً. في أواخر القرن الثامن عشر، كانت مفاهيم الحرية والمساواة والأخوة — وفوق كل هذا التقدم — هي المفاهيم التي تطلب ليس فحسب إصلاح النظم الاجتماعية المعاصرة لذلك الزمان من جذورها، وإنما اعتمدت كذلك على امتلاك المادة الخام (وهي في حالتنا هذه الإنسانية ذاتها) للمرونة والقدرة على تحقيق أهداف جديدة، وبلغ محطات جديدة. أما حكومات القلة الأوروبية القديمة من ناحية أخرى، فاعتمدت على السلطة الإنجيلية من أجل الحفاظ على استقرار الأوضاع وثباتها كما هي، وبالتحديد الفصل بين الحطابين وجاليي المياه، وبين أوانى الذهب والفضة، وبين السادة والخدم.

وكمنموذج للنظم الاجتماعية، كان من الطبيعي أن تهدد نظريات التغيير التي ضمت العالم العضوي بأسره تلك المؤسسة الراسخة. وكان من سوء حظ إرازموس داروين أنه وضع أفكاره عن التغيير أثناء الثورة الفرنسية، عندما لم تكن تلك الأفكار مرحبًا بها على الأرضي الإنجليزي. غير أنه بحلول ثلاثينيات القرن التاسع عشر، صارت تلك الأفكار كالجواب الجامح لا يستطيع أحد إيقافها. بل وقد اكتسبت فكرة التطافر زخماً شعبياً أكبر في عام ١٨٤٤ نتيجة لنشر — تم على يد مجهول — كتاب يحمل أفكاراً شبه لاماركية بعنوان «آثار الخلق» وكان مؤلفه «روبرت تشامبرز»، لإشاراته الواضحة



شكل ٢-٢: «تغيرات مروعة. اندثر الإنسان فلم يجد إلا في صورة حفريات؛ وعودة ظهور الإكتيصورات.» دفعت فكرة لайл – التي تقول بأن الحياة تسير في دورات – هنري دي لا بيش لإبداع هذا الرسم الكرتوني الهزلي، وفيه نجد إكتيوصوراً محترفاً يحاضر معاصريه حول التاريخ القديم للإنسان.

لجيولوجيا جيمس هاتون. ثم جاء تشارلز داروين، الذي تفسر نظريته حول التطور ظهور «التقديم» من منظور أنه عملية. أثناء رحلة داروين على متن السفينة «بيجل» (١٨٣٦-١٨٣١)، وبعد أن تأثر بقراءاته لممؤلفات تشارلز لайл، قرر داروين وضع بصمته الخاصة كجيولوجي. فجمع حفريات تنتمي للعصر البليستوسيني من حيوان المدرع وحيوان الكلسان الذي يعيش على الأشجار من بونتا ألتا بالأرجنتين في عام ١٩٣٢، وأدرك أن الأنواع الحية حلّت محل أنواع أخرى أقدم اندثرت بمرور الزمن. وخلال رحلاته الاستكشافية في أمريكا الجنوبية،رأى كذلك أن بعض الأنواع الحية تحُل محل بعضها في المكان؛ ومثال ذلك الأزواج الشمالية والجنوبية لأنواع طائر الرية أو الروحاء.

## الزمان

من بين الدروس الرئيسية المستفادة من علم الجيولوجيا ومن الحفريات؛ أن الأرض نفسها قديمة العهد جدًا؛ فهي تبلغ من العمر حوالي 4,5 مليارات عام (على الأساس التقليدي أن المليار يعني ألف مليون)، وأنها في حالة تغير دائم. فما كان يوماً قاع البحر صار الآن جبالاً مثل جبال الألب أو الأجراف الطباشيرية الهائلة في دوفر، وهناك جبال أخرى عتيقة سُويَتْ بالأرض لتحول إلى رسوبيات وأعيد ترسيبها في قاع البحر، وهكذا في دورة لا تنتهي؛ كما تحركت القارات، فأوروبا وأفريقيا كانتا ذات يوم ملتصقتين بالأمركيتين. وجاء مع كل هذا تغيرات بيئية تسببت – على سبيل المثال – في زيادة مستنقعات الفحم الاستوائية التي تعود للعصر الكربوني (وهي المنتجات التي نستخرجها من المناجم في أماكن أبعد ما تكون عن خط الاستواء مثل اسكتلندا وبنسلفانيا) ثم انحسارها. إن الحياة على الأرض في تطور مستمر؛ فتظهر في سجل الحفريات باستمرار أنواع جديدة من الكائنات، لتحل محل سابقتها، وفي بعض الأحيان تفتح بيئات جديدة تماماً لاستعمارها. ففي حقبة الحياة القديمة (حقبة الباليوزي)، غرت النباتات واللافقاريات والفقاريات اليابسة لأول مرة؛ وانطلقـت الحشرات نحو الجو، وتبعتها الزواحف الطائرة، والطيور، وأخيراً الثدييات الطائرة؛ وغزـت مجموعات مختلفة من الكائنات أعمق البحار، في حين وجدت مجموعات أخرى طريقها نحو قمم الجبال.

يكشف سجل الصخور طبقة وراء الأخرى – برغم عدم دقة ما يكشفه – عن تاريخ الأرض والحياة عليها. وقد دُفنت الكائنات التي عاشت في أزمنة قديمة، وحُفظـت في الرسوبيات. وتستغرق الصخور وقتاً طويلاً حتى تتكون وتتراكم طبقة تلو طبقة، فوق قشرة الأرض. وبعض الصخور والحفريات المغلفة بداخلها عمرها أكثر من مليار عام، بينما توجد صخور أخرى حديثة عمرها قريب من عمر الوحـل الذي طمرها.

إن مفهوم الزمن الجيولوجي – سواء من زاوية العمر الأزلي للأرض، أو مفهوم العمليات التي تعمل على نطاق زمني لا يمكن اكتشافـه خلال فترة حياة الإنسان ولا حتى سجل التاريخ الإنساني (الزمن البيئي) – له تاريخ طويل. لقد اعتقاد أرسطو أن الأرض أزلية في امتدادها إلى الماضي وأبدية في استمرارها في المستقبل. غير أن الموروثات الدينية اليهودية والمسيحية تمنح الزمن شكلاً قصصياً له بداية (الخلق) ونهاية (يوم الديونونة). ويسجل سفر التكوين خلق العالم بأسره في لحظة من الزمان. من ناحية أخرى، افترض فلاسفة مثل ديكارت (1596-1650) – وهم يتفكرـون في الأصول المحتملة للأرض

والمجموعة الشمسيّة — وجود بداية تدريجية وناريه، ومن ثم جعلوا أصولنا — من حيث المبدأ — قابلة للدراسة من حيث المفاهيم المعاصرة مثل الذرات والفضاء والحركة. كانت هناك أمور كثيرة على المحك سياسياً وكذا فلسفياً في تلك الأفكار. ففلسفة ترتكز بقوّة على العلم لا بد وأن تهدّد سلطة الدين القائمة على سلطة الإنجيل. فليس من قبيل المصادفة إذن أنه عندما وافت المنية ديكارت، وفي الوقت الذي بدأ فيه القلق يساور الباحثين بشأن الانقراض ويتناولون بجدية افتراض تاريخ قديم ومطرد للأرض والكون، قدم جيمس أشر — أسقف أرماغ ورئيس أساقفة أيرلندا — دعماً لا يقدر بثمن لسلطة الكنيسة ضد تلك الهرطقة؛ فقد قدم «دليلاً قاطعاً» على الحقيقة الحرفيّة لقصة الخلق التي يسردها الإنجيل. واعتمدت حساباته على كلٍّ من علوم الأنساب المسجلة في الفصول الخمسة الأولى من الإنجيل واعتبارات التقويمين اليولياني والعربي، وجاءت النتيجة تاريخاً محدداً للخلق هو ٢٣ أكتوبر ٤٠٠٤ قبل الميلاد. والحقيقة أنه كانت هناك مساعٍ لإجراء حسابات مماثلة منذ القرن الأول الميلادي، وتوصّل معظم المؤلفين إلى تاريخ يقع بين عامي ٢٠٠٠ و٤٠٠٤ قبل الميلاد. ومن الواضح أن ٦٠٠٠ عام لم تكن كافية لوقوع الأحداث والعمليات التي كان العلماء يتحدّثون عنها؛ ومن ثم فإن فكرة أرض عتيقة متغيرة لا بد وأن تكون خاطئة. لم يأتِ إعلان أشر عن تاريخ محدد للخلق فقط في وقت مناسب، وإنما روج له أيضاً ترويجاً جيداً: فقد نجح في إدخاله في كل طبعات إنجليل الملك جيمس حتى يراه الجميع.

برغم ما فعله أشر، استمرّ فلاسفة الطبيعيون (حسبما كان يُطلق على العلماء وقتئذ) في البحث عن ضروب جديدة من الحقيقة. ومن الدلائل المتوفّرة من الصخور نفسها، وضع الكونت دي بوفون (١٧٠٧-١٧٨٨) — وأخرون غيره — مفهوم الوتيرة الواحدة، ووفق هذا المفهوم كانت العمليات التي تشَكّلت وتغيّرت الصخور بواسطتها، وتآكلت بها الجبال ثم بنيت من جديد، هي نفسها تلك العمليات التي شاهدها (والتي تكون خاضعة بصورة كبيرة للدراسة العقلانية) اليوم، وكان الفارق الوحيد بينها في الزمن الذي استغرقته للعمل. لم تكن هناك نوبات من التدخل الكارثي، سواء في صورة معجزات أو من نتاج الطبيعة. لقد نشأت الأرض من كرة نارية من المادة مثل الشمس، ثم تغيّرت باطّرداد أثناء تحولها للبرودة.



العدد	الحقبة	العصر	الزمن	الأصول
٣٢٣	غلاب النباتات البرية، الزواحف	علوي البنسلفاني	٣٢٣	غلايات النباتات البرية، الزواحف
٣٥١	كربيوني المسيدبي	علوي سفلي	٣٥١	البرائيات، النباتات الحشرات، النباتات
٣٣٣	الدييوني	علوي وسط سفلي	٣٣٣	الحيوانات رخوة البذور، المطحالت
٣٤٣	السيلوري	علوي سفلي	٣٤٣	استعمار اليابسة، الشعوب الأحدث
٣٤٥	الأوروفيشي	علوي أوسط سفلي	٣٤٥	الحيوانات رخوة البذور، المطحالت
٣٤٩	أوسما	علوي أوسط سفلي	٣٤٩	الحيوانات رخوة البذور، المطحالت
٣٥٠	الكمبري	علوي أوسط سفلي	٣٥٠	الحيوانات رخوة البذور، المطحالت
٣٥٦	البروتيروزي	الأخري الهدadian	٣٥٦	البروتيروزي
٣٥٧	ما قبل الكمبري	الأخري الهدadian	٣٥٧	ما قبل الكمبري

وتوسع الفيلسوف والجيولوجي الاسكتلندي جيمس هوتون (١٧٢٦-١٧٩٧) في مبدأ الوتيرة الواحدة، وحاول أن يحسب عمر الأرض بقياس عمليات التآكل ومن السجل الرسوبي. وكانت النتيجة ظهور عمله الكلاسيكي «نظرية الأرض» (الذي حدد خطوطه العريضة لأول مرة في كتاب «المقال» عام ١٧٨٥)، والذي سار فيه على خطى روبرت هوك قبل قرن مضى في اعتبار أن أصل الصخور الحديثة من الترسيب والنشاط الزلزالي كان متافقاً مع عمليات التفتت بفعل العوامل الجوية (التجوية) والتآكل. أدرك هوتون وجود عملية ديناميكية لإعادة تدوير مواد الأرض؛ مما ينتج عنه نوع من الخلود للكوكب. غير أنه لم يتمكن من اكتشاف عمر محدد للأرض. واستنتاج في عبارته الأشهر أن علم الجيولوجيا يكشف عن «عدم وجود أثر لبداية، ولا احتمال لنهاية»، لكنه لم يكن يقصد أنه «لم توجد» بداية أو أنه «لن تكون» هناك نهاية، وإنما كان يعني أن الحركة المستمرة لقشرة الأرض قد طمست الأدلة.

تتفق رؤية هوتون تماماً مع الأفكار المعاصرة عن العمليات التي تدخلت في «تكتونيات الصفائح»، والتي بموجبها أرغمت مادة جديدة على الخروج من طبقة الدثار في أماكن مثل أعراف منتصف الأطلنطي الواقعة تحت البحر حيث تتبع الصفائح عن بعضها، وتنزلق الصفائح القارية القديمة عند حوافارها، ويتشوه شكل قارات بأكملها حيث تصطدم الصفائح بعضها ببعض. في تلك الأثناء، كان التآكل يلتهم أجزاء من القارات بلا هوادة، مقلصاً إياها جميعاً مرة أخرى. يحدث كل ذلك في بطيء شديد؛ وتحريك قارتا أمريكا الشمالية وأوروبا حالياً مبتعدتين بعضهما عن بعض بمعدل ٣ إلى ٥ سنتيمترات كل عام (وهو معدل سريع حقاً إذا تأملناه). وتترجم جبال الهيمالايا على التحرك لأعلى بسبب الحركة التصادمية في اتجاه الشمال للصفائح الهندية بأكملها بنفس المعدل تقريباً.

حاول باحثون آخرون تقدير عمر الأرض من معدل التبريد الخاص بها. وأظهر النزول إلى المناجم أن لب الأرض أكثر سخونة من سطحها. وفي عام ١٨٦٣، أجرى الفيزيائي ويليام طومسون (لورد كيلفن) حساباته لعمر الأرض – بناءً على حجم الأرض ومعدل تبریدها – وقال بأن عمر الأرض ١٠٠ مليون عام أو أقل. والآن تغير نطاق المناقشة؛ فحتى عمر مائة مليون عام كان ملائماً لزاعم مناهضي نظرية النشوء والتطور في القرن التاسع عشر مثل كيلفن؛ لأنه لم يكن بالعمر الطويل بما يكفي ليسمح بالعمليات التطورية البطيئة التي تصورها داروين. بعدها راجع كيلفن حساباته، فوصل

## الحفيّات

إلى رقم أكثر عدائية وهو ٤٠ مليون عام. غير أنه لم يكن يعلم على أية حال، أن باطن الأرض كان يطلق حرارة جديدة على الدوام بفعل العمليات النووية التي تتم بداخله، ومن ثم فإن تقديراته جاءت متدرنية للغاية. والتقدير الحالي لعمر الأرض والبالغ ٤,٥ مليارات عام محسوب على أساس قياسات معدل تحلل ونسبة النظائر المشعة في الصخور.

### الفصل الثالث

## الحفريات في الخيال الشعبي

على مدار سنوات القرن الثامن عشر، كان جميع المثقفين في أوروبا والأمريكتين معتادين على نطاق عريض من الحفريات، وكان العديد من هؤلاء يمتلكون صواناً زاخراً بعينات الحفريات في منازلهم. غير أنه كان من المرجح أن حفرياتهم يتم تصنيفها ضمن فئة «أحجار متشكلة»، وهي فئة كانت حيادية فيما يتعلق بأصولها. على أنه بمجرد أن صار من المقبول لعموم الناس أن الحفريات عبارة عن بقايا أعضوية، اكتسبت تلك الحفريات دوراً مهماً في الثقافة الشعبية علاوة على دورها في الدراسة الفلسفية الجادة.

في منتصف القرن التاسع عشر وحتى أواخره، أصبح الافتتان العام بالحياة القديمة واقعاً بفضل – بل وربما هو ما ساعد على تحقيق – الشعبية التي حظيت بها المطبوعات زهيدة التكلفة التي كانت تحتوي على صور توضيحية جيدة، والتي كانت تطرح في الأسواق للجماهير، مثل كتاب كاميل فلاماريون بعنوان «العالم قبل الطوفان»، الذي نشر بباريس عام ١٨٨٦، وتطوير المتحف الشعبي. وعلى مدى مائتي عام، قدّمت الحفريات الأساس لنوع من العلوم يسهل الحصول عليه. وازدهرت الظاهرة بحق مع اكتشاف الديناصورات ومجموعة واسعة التنوع من الزواحف الأخرى – التي كانت ضحمة في معظم الأحيان – التي تتنتمي لحقبة الميسوزوي. وكانت المرة الأولى التي تعرفت فيها على هذه الأدبيات الشعبية من خلال رواية لэрثر Конан Доیل من أعمال الخيال العلمي ألفها عام ١٩١٠، وهي رواية «العالم المفقود»، برغم أنني لا أستطيع أن أذكر أنني قد دار بخليدي أي طموح لأن ألعب دور بطل الرواية البروفيسور تشالنجر. كان للحفريات دوماً جاذبية للأشخاص غير العاديين والمحيرين للاهتمام، لا سيما البروفيسور ويليام باكلاند بجامعة أكسفورد، وهو الرجل الذي كانت أسرته في عشرينات القرن التاسع عشر تحفظ بدُّ في مقر عمدة كرايست تشيرش، والذي كان طموحه

طيلة حياته أن يسلك طريقه عبر أمثلة من المملكة الحيوانية بأسرها (غير أنه لم يعثر قط على طريقة للاستفادة من حيوان الخلد أو الذبابة المزالية). كان ولع باكلاند بالحيوانات الأليفة غير المألوفة عاملًا مساعدًا في حل لغز الترسيبات الحفريّة التي عُثر عليها في كهف كركديل في يوركشير. أدرك باكلاند أن الكهف كان عريًناً للضياع، وكان باحثون قلائل آخرون ينتمون لذلك العهد سيفترضون في بادئ الأمر أن الحفيّات في تلك الترسيبات لم تنجرف إلى داخل الكهف بواسطة الطوفان الذي ورد في الإنجيل، وإنما كان يمثل تجمعاً لحياة كائنات ما. ولم يكتف باكلاند باستنتاج أن الكثيرون من العظام المهمشة التي وجدت في الترسيبات في الكهف كانت الضياع هي التي كشفت وجودها، وإنما تصادف أن كان تحت يده حيوان ضبع مستأنس (إلى حد ما) كي يختبر عليه تلك النظريّة؛ ومن ثم صار أول عالم متحجرات تجريبي في العالم.

كان باكلاند محاضراً مشهوراً غير كثيراً من المفاهيم السائدة في موضوع الحفيّات ثم رُقي لاحقاً خلال حياته المهنية ليشغل منصب عميد دير ويستمنستر. في الوقت نفسه، وفي مكان لا يبعد سوى مائة ميل عن هذا المكان، ولكنه ينتمي إلى عالم مختلف تماماً، عاش شخص آخر فعل أكثر من هذا كي يدشن عصر شعبية الحفيّات. كانت ماري آننج (1799-1847) - بداع الحاجة الاقتصادية - واحدةً من أوائل جامعي الحفيّات المهنيين المتفرّجين لتلك المهنة على مستوى العالم. لقد كانت هي - على ما يبدو - من باعت أصدافاً بحرية على شاطئ البحر. في صغّرها، كانت تجمع الحفيّات على الشاطئ كي تبيعها للزائرين من الطبقة الأرستقراطية، مثلما فعل غيرها من سكان ليم ريجيس. بعد وفاة والدها ريتشارد - وكان نجراً عاطلاً عن العمل - صارت الفتاة، ابنة الثانية عشرة من العمر، تقضي معظم أوقاتها على الشاطئ وفي الجروف الواطئة، باحثة عن حفيّات.

تقدّم لنا ماري آننج نموذجاً جيداً للتقارب الذي يتم في الوقت المناسب بين الناس والأماكن. كانت منطقة ليم ريجيس قد تحولت إلى منتجع ساحلي شهير مع مطلع القرن، وكان من بين عوامل الجذب التي تنتفع بها الجروف الصخرية، والتي كانت الأمواج والطقس السائد بها ينتجان مجموعة متنوعة من الحفيّات المشوقة. كانت الأمونيتات (أو «أحجار الأفعى»؛ وهي كائنات تمت بصلة القرابة لحيوان التوتيلوس الذي ينتج اللؤلؤ) شائعة، بالإضافة إلى الفقرات المنفصلة وما كان يبدو أشبه بأسنان التمساح. وت تكون جروف بلو لياتس بمنطقة ليم ريجيس من طبقات من الطفل الصفيحي والمزل



شكل ١-٣: توضح هذه الحفريات لعظم ثور (إلى اليسار) من كهف كركديل الذي يرجع إلى العصر البليستوسيني، والذي استكشفه لأول مرة البروفيسور ويليام باكلاند عام ١٨٢١، تلاؤاً مطابقاً لذلك الذي تسبّب فيه ضبع لعظمة ثور حديثة (إلى اليمين).

الغني بالحجر الجيري الذي ترسب أصلًا (منذ ما بين ١٩٥ – ٢٠٠ مليون عام) على السواحل البحرية الضحلة. وكانت الحفريات المتواجدة داخل الحجر الجيري محفوظة دون أن تتحطم، وكان الناس يبحثون عنها هي تحديداً.

ماري آننج

«... الأمر غير العادي الذي ميّز هذه الشابة هي أنها جعلت نفسها على معرفة كاملة ودقيقة

بالعلم، حتى إنها في اللحظة التي كانت تعثر فيها على أي عظام كانت تعرف إلى أي قبيلة تنتمي ... إنها مثال رائع على الموهبة الربانية؛ فلا بد وأن تلك الفتاة الفقيرة التي لم تتلقّ تعليماً كانت مباركة؛ إذ إنها من خلال الاطلاع والتطبيق وصلت إلى درجة من المعرفة، حتى إنها اعتادت على مراسلة ومحادثة أساتذة وغيرهم من البارعين في هذا المجال، وقد أقرَّ جميعهم بأنها تعي من هذا العلم قدرًا يفوق ما لدى أي شخص آخر في المملكة.»

ليدي سيلفستر، من مذكراتها، ١٨٢٤

تتميز الجروف الصخرية هناك بكونها ملساء. ربما كان السبب في ذلك أن العواصف أدت إلى تعرية طبقة جديدة من الحفيّات؛ ولعلها كانت موجودة هناك طيلة الوقت ولم ينتبه إليها أحد. على أية حال، بين عامي ١٨١١ و١٨١٢، استخرجت ماري آننج وشقيقها إكتيويصوراً ضخماً كاملاً تقريباً (ليس أول إكتيويصور في العالم، لكنه كان أول ما وُصف وصفاً دقيقاً من قبل الباحثين)، باعاته بمبلغ ٢٣ جنيهًا استرلينيًّا لأحد المالك من أهل المنطقة. ثم تبيّن أن الإكتيويصورات — وهي نوعاً ما النسخة من الزواحف المقابلة للحيتان ذات الأسنان الشبيهة بالدلافين — مصدر جميع أسنان التماسيح. وبعدها اكتشفت أول زاحف طائر إنجليزي (تيراصور)، وأول بليزوصور (مجموعة من الكائنات رُسخت إلى الأبد في أذهاننا على أنها تتضمن وحش بحيرة لوخ نيس)، وحيواناً يمت بصلة قرביًّا لأسماك القرش ويبدو أنه يمثل حلقة الاتصال مع أسماك الورنك والشفنين البحري. وتدافع الآثرياء لشراء تلك الكنوز الجديدة، وتنافس علماء المتحجرات بدورهم للحصول على فرصة لدراسة ووصفها، ورغم ذلك عاشت ماري آننج دوماً في فاقة، كما أن المنظومة الطبقية القاسية جعلتها دوماً على هامش علم المتحجرات الفكري. ليست الاكتشافات المهمة وحدها التي تأتي بالجملة، وإنما العلماء كذلك. ففي عشرينيات وثلاثينيات القرن التاسع عشر، وبينما كانت ماري آننج تكتشف كنوزاً مذهلة في لaim ريجيس، ظهرت مدرسة جديدة كاملة من الباحثين المتمكنين في علم المتحجرات الذين قاموا بدراسة هذه الكنوز. ففي إنجلترا، كان هناك طبيب من ساسكس يدعى جيديون مانتل، وهنري دي لا بيتش (الذي صار لاحقاً أول مدير لهيئة المساحة الجيولوجية البريطانية)، والمبجّل ويليام كونيبر، وباكلاند بالطبع. في هذه الأثناء، وفي فرنسا، ظهر البارون جورج كوفييه — أستاذ علم التشريح بالمتحف الوطني للتاريخ



شكل ٢-٣: يعتقد الكثيرون أن هذا الرسم يصور ماري آننج وهي تحمل مطريقتها عند شاطئ لaim ريجيس.

ال الطبيعي بباريس، والذي يقال إنه مؤسس علم المتحجرات الفقارية بصفته مجالاً دراسياً مهنياً – وسيطر على المشهد بمعرفته الموسوعية وآرائه الرصينة الوااثقة. قدم باكلاند وصفاً رسمياً لأول ديناصور في عام ١٨٢٤. وحقيقة الأمر أن د. روبرت بلوت وصف في عام ١٦٦٧ عظمة فخذ جزئية ضخمة (ضاعت أو فقدت الآن) من الأجزاء التي تنتهي إلى العصر الجوراسي في قرية كورنويل في مقاطعة أكسفوردشير. فقرر بلوت – الذي لم يكن يعلم كنهها – أنها تعود لإنسان عملاق من ورد ذكرهم في الإنجيل. وبتشجيع من كوفيفيه، درس باكلاند مجموعة جديدة من المواد الحفريّة، وأوضح أنها جاءت من نوع عملاق من الزواحف فأطلق علىها اسم ميجالوصور (أي العظاءة العملاقة). وسرعان ما حذوه مانتل – الذي عثر على إجوانودون في أحد المحاجر بغاية تيلجييت في ساسكس. كان كلا الحيوانين يبلغان من الطول أكثر من ٣٠ قدماً.

ومن الواضح أن الميجالوصور حيوان مفترس مخيف، في حين أن الإجوانودون – كما يبدو من أسنانه – حيوان أكل للعشب. في عام ١٨٣٢، عثر مانتل على ديناصور آخر أطلق عليه اسم هايلياصور (عظاءة الغابة). وبعدها بعشر سنوات أدرك عالم التشريح ريتشارد أوين أنه كانت توجد فئة كاملة مستقلة من تلك المخلوقات، ليست عظاءات على الإطلاق ومختلفة كلية عن الأنواع الأخرى من الزواحف، والتي أطلق عليها اسم ديناصوريا (وتعني كمصطلاح تقني العظاءة المروعة، ربما على أساس أن كلمة صوريان اللاتينية يمكن أن تعني أيضًا: حيوان زاحف).

وقد نفت تلك الزواحف المنقرضة غير العادلة – وإن كانت حقيقة بصورة استثنائية – التي تنتهي إلى حقبة الميسوزوي أخيرًا أي احتمال لأن تكون هي أو أي حفريات أخرى مجرد أحجار مشكلة: أي قطع من الصخور تحاكي شكل الكائنات الحية. وقد جرى توثيقها قبل عقود من تأليف تشارلز داروين لكتابه «عن أصل الأنواع»، وقبل أن تصبح أي نظرية أو آلية مترابطة منطقياً حول التطور مقبولة على نطاق واسع، ومع ذلك حاول البعض اعتبارها كالوحش الخرافية الهائلة من أمثال «البهيموث» الذي ورد ذكره في العهد القديم. ويرغم غرائبها – أو ربما لهذا السبب – استوعب الخيال الشعبي الإكتيوصورات، والتراصورات، والبليزوصورات والديناصورات دون مشقة. والحقيقة أنه بدلاً من تفسيرها على أنها منافية للتالييم الواردة بالإنجيل، كان من السهل على الناس اعتبارها متوافقة تماماً مع سلسلة الوجود المستفيضة. وجاء عقد العشرينات من القرن التاسع عشر ليتمثل ذروة شعبية حركة علم اللاهوت الطبيعي، الذي يهتم بدراسة عجائب الطبيعة باعتبارها آيات على عظمة الإله وقدرته. اعتبر المجل كونويبر (الواصف الأصلي للبليزوصور الذي اكتشفه ماري آننج) أن البليزوصورات تمثل حلقة الوصل بين الإكتيوصورات والتماسيح، وأنها «البرهان المؤكّد على الثراء غير المحدود لإبداع الخالق». وبالطبع استبعد أفكار هؤلاء «الذين تخيلوا على نحو مثير للسخرية أن حلقات الوصل (بين نوع وأخر) ... تمثل انتقالات حقيقة»، واعتبرها أفكاراً «قمية غير سوية».

غير أن آثار الضجة التي أثارتها النظرية لا تزال موجودة: فلم يكن من الممكن تجاهل الإشارة إلى وجود عمليات طبيعية عالية القدرة تعمل في باطن الأرض وفي أعماق الزمن. كانت الأدلة التي يظهرها سجل الحفريات بالفعل واحدة من مصادر إلهام نظريات إرازموس داروين عن التطور. وقد كان على درجة من اليقين من أهميتها حتى

وصل الأمر به إلى وضع بعض الأصداف الحفريية فوق شعار النبالة الخاص بعائلته الذي وضع حديثاً، وبجوارها عبارة تقول باللاتينية ما معناه: «كل شيء من الأصداف».

## الديناصورات

في عام ١٨٠١، قام تشارلز ويلسون بيل – وهو فنان موهوب، بل وموهوب أكثر في العرض، ومبتكر فكرة إنشاء متحف التاريخ الطبيعي المعاصر وديوراما المتحف – بالتنقيب واستخراج اثنين من حيوان المستودون ضخميين وشبه مكتملي الأجزاء، مع أجزاء من مستودون ثالث من نيويورك. وعند وضعها للعرض على الجمهور بفيلادلفيا، نال المستودون الذي اكتشفه بيل شهرة واسعة وساعد في خلق حالة من الافتتان بالحفيريات بين جماهير العامة. غير أن الديناصورات جاءت في نهاية المطاف لتحتل صدارة المشهد. وقد أسمها في حد ذاته في خلق تلك الصورة الذهنية لها، غير أن شهرتها مرتبطة أيضاً ارتباطاًوثيقاً بحقيقة أنها هائلة الحجم وشديدة «الاختلاف»، في حين أن المستودون في نهاية الأمر، كان مجرد نوع مختلف من الفيلة.

ومنذ البداية، روّج بعض العاملين في مجال الديناصورات لاكتشافاتهم (ومن ثم لأنفسهم) بأساليب لم يتبعها العاملون في مجال الحفريات الأخرى (أو أنهم فشلوا في تحقيق شيء). أدرك ريتشارد أوين – على سبيل المثال – أن الديناصورات كانت خياراً بدبيهياً للعرض في المعرض العظيم الذي تقيمه بريطانيا عام ١٨٥١. وأعيد ترکيب الديناصورات بحجمها الطبيعي على يد النحات والمرجوج الرئيسي للحدث بنجامين ووترهاوس هوكينز لصالح كريستال بالاس الكبير في هايد بارك حيث سيقام المعرض العظيم، ثم نُقلت بعدها موقع دائم بجنوب لندن. وعندما أقيمت وليمة عشاء شهيرة عام ١٨٥٣ احتفاءً بإعادة التشييد النصفي للإجوانودون، قطع علم المتحجرات شوطاً كبيراً نحو الحالة الإعلامية المعاصرة التي يعيشها الآن.

حتى تشارلز ديكنز كان من استغلوا حمى الديناصورات في بداياتها، وكان ديكنز رجلاً يعرف جيداً مقدار القوة التي تتمنّع بها المطبوعات التي تناجح الجمهور بأسعار زهيدة، وكانت رواياته في الغالب تظهر أولاً على حلقات في المجالات الشعبية. ففي مجلة «هاوسهولد وورلد» عام ١٨٥٢، في الفقرة الأولى من رواية «البيت الكئيب»، كتب يقول:

طقس نوفمبر الذي لا سبيل لترويشه. كانت الطرق ممتلئة بالوحول كما لو أن المياه قد غادرت لتوها تاركة سطح الأرض، وما كان من المستغرب

وقتذاك أن تلتقي ميجالوصوراً، طوله أربعون قدماً تقريباً، يتهادى في مشيته كالعظاءة الضخمة في شارع هولبورن هيل.

ولم ينظر علم المتحجرات الشعبي وقتها مطلقاً إلى الوراء، لا سيما عندما انتقل مركز النشاط إلى الولايات المتحدة. اكتُشفت أولى الدیناصورات الأمريكية (أسنان متفرقة من العصر الطباشيري العلوي) في قاع نهر جوديث بولاية مونتانَا على يد بعثة هايدن الاستكشافية بين عامي ١٨٥٥ و١٨٥٦. وبعدها في عام ١٨٥٨، عُثر على أول هيكل عظمي شبه مكتمل لدیناصور في حفرة لاستخراج الطمي بنيو جيرسي. ارتحل ووترهاوس هوكينز إلى فيلادلفيا لتركيب أجزاء هادروسورس الذي اكتُشفه د. جوزيف ليدي ثم عرض قوالب مصبوبة له للبيع لتأحف العالم. وقد سبب الهيكل الذي ركبه ضجة، حتى إن أكاديمية العلوم الطبيعية فرضت رسوماً مقابل دخول المتحف كي تحد من حجم الإقبال عليه. وُعرضت نسخة منه في المعرض الأمريكي المؤوي عام ١٨٧٦، ثم لاحقاً بمتحف مؤسسة سميثسونيان.

غير أن ذروة الاكتشافات العظيمة جاءت مع فتح الغرب الأمريكي. ومن جديد، اجتمع العديد من الباحثين حول الموضوع نفسه. وقام عدد من المستكشفين جامعي الحفريات بإمداد الرجل النبيل ليدي (الذي وُصف ذات مرة بأنه آخر الرجال الذين يعلمون كل شيء) بحفريات من الغرب، وكان من بين من أمدوه بالحفريات فردليناند هايدن. غير أنه سرعان ما خاب نجمه أمام نجم مجموعة من المغامرين الباحثين المتحمسين الذين حصلوا على تمويل جيد، والذين – حتى عندما كان المجال يتسع للجميع – دخلوا في منافسة شرسة على الحفريات في الغرب الأمريكي. وخلال ٢٠ عاماً، جمع أوشنيل تشارلز مارش من جامعة بيل، وإدوارد درينكر كوب من فيلادلفيا – وهما أكبر متنافسين بين الباحثين وجامعي الحفريات – ما يقرب من ١٢٠ ديناصوراً مختلفاً من مناطق الغرب الأمريكي الوعرة. وقاما معاً كذلك بجمع ما لا يعد ولا يحصى من الأنواع الأخرى من الحفريات (برغم أنهما كانوا يميلان للبحث عن المواد المثيرة وتجاهل ما سواها، مع أنها كانت لا تقل عنها تشويقاً وإثارة مثل أسنان الثدييات البدائية).

وتعد قصة كوب ومارش واحدةً من أعظم الملاحم العلمية؛ فهي في بعض منعطفاتها مرحة، وفي أحيان أخرى مستهجنَة بل ومؤاسوية. غير أنه ما من شك أنها تدل على مدى إصرارهما. في عام ١٨٧٥، لم يكتفِ مارش بوجوده بمنطقة بلاك هيلز بداكونتا الجنوبية يتفاوض مع قبيلة السو الهندية للحصول على تصريح منهم بجمع الحفريات، وإنما

سرعان ما صار نصيراً في واشنطن لزعيم القبيلة المعروف باسم «السحابة الحمراء» ضد الإهمال الذي يتعرض له من قبل الوكالة المسئولة عن الهنود الحمر بالولايات المتحدة. وفي عام ١٨٧٦، وبعد مرور بضعة أسابيع فقط على معركة «تل بيج هورن» وهزيمة كاستر، كان كوب يقوم بجمع الحفريات في مونتانا، معتمداً على أنه «ما دام كل فرد قادر على القتال من قبيلة السو سوف ينضم إلى المقاتلين البواسل تحت لواء الزعيم «الثور الجالس» ... فلن يكون ثمة خطر علينا». كانت عمليات الاستكشاف والمغامرة محورية من أجل اقتقاء أثر الكنوز العلمية التي يزخر بها الغرب، كما أن تلك الأرضي نفسها ظهرت أمام الجمهور في أعمال فنية من الرسوم والمطبوعات لفنانين من أمثال الفريد بيرستاد، وتوماس موران، وكارل بودمر، وجورج كاتلين.

مع مطلع القرن العشرين، امتدت عمليات التقييب عن الحفريات في الغرب الأمريكي حتى أراضي كندا الوعرة، التي لا تقل وحشة عن الأرضي الأمريكية. وأسرف تشارلز ستيرنبرج – وهو شخصية جذابة عمل لصالح كلٌّ من كوب ومارش ثم بعدهما لصالح الحكومة الكندية – في جمع الحفريات في وادي رد دير فالي بألبرتا. وتُعرض الحفريات الرائعة التي استخرجت من تلك المنطقة حالياً بمتحف تيريل في درامهيلر، بمقاطعة ألبرتا.

ومن حيث الاهتمام الشعبي، فقد استولت الديناصورات على صدارة المشهد وأزاحت جانباً التيراصورات والإكتيوكوصورات بذلك الاكتشاف البلجيكي المذهل لمقرة جماعية لحيوان الإ gioanodon عام ١٨٧٨. وفي عام ١٨٩٧، رسم مقال كتب بأسلوب شاعري ومفعم بالصور التوضيحية نُشر بجريدة «أمريكان سينتشري» تحت عنوان «العظاءات العملاقة القادمة من عصر الزواحف» – واقتبسه في العام التالي الصحفتان المصغرتان «نيويورك جورنال» و«نيويورك وورلد» – أقدام الديناصورات باعتبارها ظاهرة في الثقافة الشعبية.

في عام ١٨٩٥، اشتري المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي مجموعات حفريات خاصة من كوب المفلس تحت سمع وبصر أكاديمية فيلادلفيا، وجعل مدير المتحف هنري فيريفيلد أوزبورن (وكان هو نفسه عالم متجرات) الديناصور أحد عوامل الجذب للمتحف ووضع صورته في واجهة العرض. في عام ١٩٠٢، اكتشفت بعثة بقيادة بارنوم براون أول ديناصور من نوع تيرانوصور ركس. وبعدها وفي العشرينات والثلاثينيات من القرن العشرين، توسع المتحف توسيعاً هائلاً بإرسال سلسلة منبعثات الاستكشافية

(ولم ينس تزويد أفرادها بكاميرات سينمائية)، تحت قيادة الجسور روى تشابمان أندروز (النسخة الأولى من شخصية «إنديانا جونز» السينمائية) مرتدياً حذاء ركوب الخيل شديد اللمعان، إلى صحراء جobi. كان هدفهم الأصلي هو البحث عن حفيّات للإنسان الأول؛ غير أنهم وقعوا بدلاً من ذلك على اكتشافات مذهلة للديناصورات المقرنة وأعشاش لا يزال البيض بداخّلها.

وحتى لا يُهزم متحف كارنيجي في بيتسبرج في تلك المعركة، قرر — مستنداً إلى الدعم المالي من مؤسسه الذي يحمل المتحف اسمه — بدء جهوده البحثية الكبرى الخاصة به، متلماً فعلت جميع المتاحف الكبرى الأخرى التي كانت تشتري من جامعي الحفيّات لو لم تطلق بعثاتها الخاصة بها. واليوم، وبعد مرور ٧٥ عاماً، امتد البحث عن الديناصورات الأكثر أهمية (وغيرها من الحفيّات) بنجاح للعالم بأسره، من القطب الشمالي وحتى الأرجنتين، ومن الصين إلى جرينلاند، ومن أستراليا حتى أفريقيا. ومن المشوق حقاً أن زيادة شعبية علم المتحجرات أعاد الحياة إلى الاكتشافات المتعلقة بالديناصورات في بريطانيا، لا سيما في جزيرة وايت. وأينما كان الموضع الذي يجمع منه أي شخص حفيّات، فإن الديناصورات على الأرجح هي أكثر ما يجذب اهتمام الصحافة والإعلام.

## آخر شعّلات الحركة الرومانسية

قلة من العلوم تلك التي نجحت في أن تحافظ على جديتها مثل علم المتحجرات وفي الوقت نفسه تظل متاحة للناس على نطاق واسع. وربما يرجع قدر كبير من شعبيتها إلى صورة عالم المتحجرات التي تطبع في الأذهان باعتباره مستكشفاً ومن ثم «لاعباً» في عالم يبدو محاطاً بالسحر والتشويق في آنٍ واحد. إن الصورة الشعبية السائدة لعالم المتحجرات أنه شخص قوي صاحب نظرية فردية. فالمستكشف النبيل يضع نفسه في مواجهة مع البرية ثم يعود حاملاً أشياء لا يصدقها عقل.

جزء كبير من تلك الصورة صحيح وينبع بصورة جزئية من حقيقة أنه مع نهاية النصف الثاني من القرن التاسع عشر، دخلت الديناصورات — ومعها جزء كبير من علم المتحجرات — إلى أسطورة الغرب الأمريكي. فلم تعد الاكتشافات المهمة هي تلك التي يقوم بها رجال متألقون يرتدون حللاً وربطات عنق (وربما ينزعون ستارتهم) يوجهون حفنة من العمال داخل أحد المحاجر الصغيرة في إنجلترا أو نيو جيرسي، وإنما صار جمع الحفيّات «عملًا تنقيبياً واعداً». فأصبح بإمكان رجل على صهوة جواده ومعه

أداة تنقيب – وبن دقية بالطبع – القيام بِمغامرة استكشافية في الغرب، وعلى غرار أبناء عمومته من الباحثين عن الذهب، يعود محملاً بثروة طائلة جلبتها من بين الصخور. هذه صورة تحمل في طياتها قسطاً وفيراً من الإثارة مقارنة بواقع الرجل – أو السيدة – الذي يرتدي معطف المختبر الأبيض، ويستخلص في دأب تفاصيل بالغة الدقة من بين صواني عينات المتاحف، وينشغل بالأساليب الإحصائية المعقّدة وكيمياء الرسوبيات أكثر من انشغاله بإقامة معسّكرات حول النيران في الأرضي الوعرة. بصرف النظر عن أن النسبة الغالبة من علم المتحجرات كانت تجري في ظروف أقل سحرًا، وتهتم بالكتانات غير المثيرة للاهتمام مثل الجراثيليات وغضديات الأرجل. وبعد فترة طويلة ظل فيها علم المتحجرات علماً معملياً في أغلبيته، صُور على أنه نزعة فردية جامحة ومغامرة تعود على أصحابها بالثراء.

وهكذا، بعد مطلع القرن العشرين، أصبح علم المتحجرات يندرج تحت عنوان رئيسي مزدوج: العلم العملي الرسمي المتجسد في تطوير الجامعات البحثية، وجذوة الحركة الرومانسية التي تخبو. ومنذ ذلك الحين فصاعداً، وفي فصل الصيف من كل عام، يتخلص الأساتذة الذين ينتسبون لأعرق المعاهد البحثية من ستارتهم الداكنة وربطات العنق ليرتدوا الثياب العاديّة من قمصان وجينز، والأحذية ذات الرقبة الخاصة بالملقبين. ثم يأتي الخريف من كل عام ليعودوا بما جلبوه من حفريات إلى معاملهم. لقد كان كل واحد منهم يلعب دور أوثيل تشارلز مارش، أو روبي تشامبان أندروز، أو (حديثاً) إنديانا جونز. ولا تزال الحفريات – في عيون العامة وكثير من علماء المتحجرات، سواء كانوا متخصصين أو هواةً – تمثل ذلك الاندماج الرائع بين رومانسية القرن التاسع عشر ووضوح العلم المعاصر القاسي الذي لا هوادة فيه.



## الفصل الرابع

# أشياء نعرفها وأخرى نجهلها

إن علم المتحجرات علم مشوق ومفعم بالإثارة؛ لأننا لا نزال لا نعرف «سجل الحفريات» معرفة كاملة. فكل حفريات ما هي إلا تمثيل جزئي للكائن الحي الأصلي؛ والحفريات التي يتم جمعها معًا تمثل بصورة غير مكتملة مجتمعاتها الأصلية أو سلالاتها. كذلك فإن أفكارنا عن الحفريات غير مكتملة أيضًا؛ فلا يزال أمامنا الكثير لكي نتعلم منه عن تاريخ الأرض وعن النظرية المحورية العظمى لسائر علم الأحياء: نظرية التطور. إن سجل الحفريات مليء بالكائنات المنقرضة التي تتجاوز أقصى ما توصل إليه خيال أفلام الخيال العلمي بكثير. وهو أيضًا مليء بالثغرات بنفس القدر تقريبًا. بعض الأنواع تم التعرف عليها من آلاف العينات، والبعض من حفنة من العينات. وسوف تتواصل الاكتشافات الكبرى، ومن المحتمل أن يؤدي ذلك إما لفتح خطوط جديدة من الفكر أو دحض الأفكار القديمة. فكل حفريات جديدة تعادل نقطة بالغة الصغر في صورة هائلة الحجم؛ صورة متطرفة لعالم بالغة القدم كانت تحيا ذات يوم. فالحفريات سببنا الوحيد نحو إعادة اكتشاف تلك العوالم.

يوجد سوء فهم شائع لسجل الحفريات يتمثل في الاعتقاد بأنه يوثق لعملية سلسة من التنوع البيولوجي المتتطور التدريجي. في حالة بعض المجموعات، من أمثال الثدييات والطيور، وبعض التحولات الرئيسية مثل أصل الفقاريات رباعية الأرجل (البرمائيات والزواحف والطيور والثدييات؛ وأستخدم على امتداد صفحات هذا الكتاب المصطلحات بمفهومها الشائع قديم الطراز) ونشوئها من الأسماك — وحتى في حالة أصل البشر — فقد أدت الاكتشافات التي وقعت مؤخرًا إلى تقدم واضح في فهمنا للأمور وسدت العديد من الثغرات.

غير أن سجل الحفيّرات مليء أيضًا بمجموعات من الكائنات التي ظهرت إلى الوجود فجأة، وازدهرت أحوالها، ثم اختفت مرة أخرى. وعلى الرغم من أننا ربما نكون على علم بالمجموعة الكبرى (الشعبية أو الطائفة) التي تتنمي إليها، فإن آباءها في سلسلة التطور لا يمكن تمييزهم في السجل حسبما نعرفه الآن ويبدو أنها لم تخلف ذرية. وتتضمن أمثلة تلك المجموعات التي تبدو لا أصل لها بعضاً من أنجح أشكال الحياة القديمة، مثل الأنواع الغريبة التي تتنامي إلى حقبة الباليوزي المسممة بالقرشيات الشوكية، وأسماك مدرعة بدروع ثقيلة تسمى لوحيات الأدمة (ذوات الصفائح)، ولافقاريات شديدة التميز وإن كانت متوافرة بأعداد غزيرة مثل الجرابتوليتات وثلاثي الفصوص، وعشرات من المخلوقات الأقل شهرة. وعلى هذا الصعيد، لا يزال أمامنا الكثير من العمل للقيام به.

## قراءة الصخور

بعد أن رَسَخَ روبرت هوك وستينو لفكرة أن الحفيّرات لا بد وأنها بقايا لكتائنات كانت حية ذات يوم، صار جمع الحفيّرات تدريجيًّا علمًا منهجيًّا، واكتسب أهمية هائلة في الجيولوجيا العلمية. وقد مكّتنا المبادئ الثلاثة العظيمة التي وضعها ستينو: ألا وهي «التركيب» و«الأفقية» و«الاستمرارية الجانبية»، من فتح السجل الجيولوجي كالكتاب: لقد جعلت الحفيّرات قراءة صفحات هذا الكتاب وترقيمهما أمرًا ممكناً.

منذ القرن الثامن عشر فصاعداً، وفي الوقت الذي بدأت فيه البنية الداخلية للأرض تصبح أكثر وضوحاً أمام أنظارنا نتيجة لعمليات التعدين الأعمق وتعبييد الطرق وحفر القنوات وإنشاء السكك الحديدية؛ سرعان ما صار جليًّا أن هناك أنواعاً من الصخور ترتبط بحفيّرات بعينها. فالطبقات الفحمية التي تعود للعصرين الكربوني والإيوسيني – على سبيل المثال – تحوي مجموعات مختلفة تماماً من الحفيّرات. وقد شوهد أن العمود الطبقي (نسبة لعلم طبقات الأرض) يتكون في نهاية المطاف من طبقة مركبة فوق أخرى من الصخور التي تحتوي كلُّ منها على نمطها الخاص من الحفيّرات، وأكثر تلك الحفيّرات نفعاً هي الحفيّرات الدقيقة مثل المنخربات (وهي كائنات بلانكتونية مجهرية الحجم أحادية الخلايا، ولا تزال الأنواع الحديثة منها تعيش في المحيطات، وقد ترسّبت هيكلها بالمليارات في قاع البحر).

يمكن لتلك الأنماط الخاصة من الحفيّرات أن تعطينا إشارات عن الفوارق الزمنية والمكانية. على سبيل المثال، قاعان للحفيّرات قد يكونان في العمر نفسه تقريباً، لكن لو

كانت الظروف البيئية والترسيبية الأصلية مختلفة — على سبيل المثال إذا كان أحدهما قاع بحيرة عتيقة والأخر شعاباً مرجانية — فإنها سوف يحتويان حفريات مختلفة تماماً. لكن العكس صحيح أيضاً، ومفيد بصورة استثنائية. إذا كان لدينا بروزان من الصخور، يبعدان بعضهما عن بعض ببضعة أميال، ولديهما نفس النمط من الحفريات، فمن الممكن أن تكون على يقين من أنهما من نفس العمر وترتسباً في الأصل في ظروف مشابهة.

ومن معدل اتساق «بصمات» توزيع الحفريات في الطبقات الرسوبية، اكتشف ماسح الأرضي ومشيد القنوات الإنجليزي ويليام سميث (١٧٦٩-١٨٣٩) أن باستطاعته تتبع الصخور الجوراسية نفسها البارزة في سومرست، حيث شارك في تشييد قناة تسير باتجاه مائل في اتجاه الشمال الشرقي إلى ساحل بحر الشمال مباشرةً. وبعد أن جاب طول البلاد وعرضها يجمع الحفريات وعينات الصخور، صنع أولى خرائط الجيولوجيا السطحية لبريطانيا.

### قوادين ستينو

**الراكب:** في الوقت الذي كان جسم ما يتشكل، كان ثمة جسم آخر تحت الطبقة نفسها حصل وقتئذ بالفعل على تكوين صلب.

**الأفقية:** من المؤكد أنه عند تشكيل أي طبقة كان سطحها السفلي وسطح جوانبها مطابق لأسطح الجسم السفلي؛ غير أن سطحها العلوي كان — قدر الإمكان — موازياً للأفق.

**الاستمرارية الجانبية:** وقت تشكيل أي طبقة، كانت إما عند الجوانب محاطة بجسم آخر صلب، أو أنها كانت تغطي كوكب الأرض بأكمله.

ستينو، «بحث تمييدي لأطروحة حول احتواء جسم صلب داخل جسم صلب آخر في الطبيعة» (١٦٧١؛ ترجمه إلى الإنجليزية: هائز أولدنبرج، ١٦٦٩)

علاوة على ذلك، تمكّن سميث في كثير من الأماكن أيضاً من رسم خريطة للطبقات الجيولوجية تحت السطحية. ولتلك الخرائط قيمة لا تقدر بثمن. فإنها تتبّأ بأنواع الصخور التي ستكون تحت السطح حتى لو كان السطح مغطى بالنباتات، وهي تُعلم قارئها بما تحويه تلك الصخور — خام حديد أو فحاماً أو أحجاراً للبناء — أو الظروف

التي تسمح بإنشاء خطوط سكك حديدية ولا تسمح بشق القنوات. ولهذا كله، كانت الحفريات أهمية جوهرية.

بُنيَ القياس الزمني الجيولوجي بأسره كما نعرفه اليوم — بدءاً من الدهر ما قبل الكمبيوتر وحتى العصر الهولوسيني — في الأصل على الاختلافات بين تلك الأنماط من الحفريات؛ ما إذا كانت تقسيمات كبرى مثل حقبة الباليوزي أو اختلافات في أدق التفاصيل. هناك بطبيعة الحال مشكلة الحركة الدائرية إذا كانا نستخدم الصخور لتاريخ الحفريات، والحفريات لتأريخ الصخور. وإذا كان من الممكن أن ينشأ نوع ما مرتين بصورة مستقلة، فسنكون قد تعرضنا للخدع. لحسن الحظ، بعض الصخور يمكن تحديد تواريχها باستخدام القياس الإشعاعي، ومن ثم تقدم لنا العمر الدقيق والمعايرة المستقلة للأعمار النسبية التي توفر من خلال سجل الحياة الحيوانية والنباتية.

مع إدراك وجود العمود الطبقي باعتباره تسلسلاً زمنياً فريداً في نوعه، صارت الأنماط الإجمالية في سجل الحفريات واضحة. لقد كشف النقاب عن تاريخ الحياة على الأرض، وصار معلوماً أنه «مطّرد»، على الأقل من حيث إنه بدأ بكتائنات بسيطة (ما يطلق عليها «الأدنى مرتبة») ثم سار قدمًا عبر زيادة أبدية في التنوع والتعقيد. ولعل أكثر جانب يحكي لنا الكثير عن سجل الحفريات الجديد هذا أن الغالبية العظمى من الكائنات المسجلة فيه لم يعثر عليها بين الأحياء على الأرض في أيامنا هذه. وكلما غصنا إلى أعمق أكبر في الطبقات الصخرية، ظهرت المزيد من الكائنات المنقرضة؛ ليس فقط أنواعاً منقرضة وإنما مجموعات كبيرة بأكملها (ثلاثيات الفصوص، على سبيل المثال). لم تقدم كل تلك الاكتشافات حقائق جديدة كي يتدارسها العلماء فحسب، وإنما تسببت في حراك هائل للخيال الشعبي؛ فلقد كان هناك عوالم أخرى بأكملها نشأت ثم اندثرت قبل عالمنا.

من وجهة نظر علم المتحجرات، يُنظر إلى المالك الحيوانية والنباتية الحياة على أنها أحدث فصول رواية التغير العضوي التي بدأت فصولها منذ ما لا يقل عن ٣٥ مليارات عام. وب مجرد تطور الحياة، في كل عصر من عصور تاريخ الأرض، كانت الحياة تترك بصمة جديدة؛ في القياس الزمني الجيولوجي المألف لنا — بعد معايرة تواريχه بأساليب النظائر المشعة — صارت حفرياته الآن تعرّف الوحدات المكونة له كبیرها وصفيرها.

إن الخطوط العريضة لمسار الحياة المتغير على الأرض عبر الـ ٥٤٥ مليون سنة الماضية من الدهر الفانروزي («الحياة الظاهرة») معروفة جيداً. وإذا سرنا «للوراء» في

الزمن من عصرنا الحالي، فسنجد أن معظم مجموعات الكائنات الحية التي نألفها اليوم يمكن توضيح أنها قد نشأت في العصر الطباشيري وتنوعت خلال الـ ٦٦ مليون عام الماضية: حقبة السينوزوي (ومعناه «الحياة الحديثة»). كان ذلك العصر عصر تنوع هائل بين المماثلين الأوائل للثدييات والطيور والأسماك والحشرات والحشائش والأشجار المزهرة والنباتات التي تطورت مع الحشرات التي كانت تلصقها.

إذا نظرنا للوراء أكثر إلى حقبة الميسوزوي («الحياة المتوسطة») لرأينا عالماً مختلفاً تماماً، انقرض قاطنه؛ ومن بينهم مجموعات كاملة مثل الإكتيوبورات والبليزوصورات، والزواحف الطائرة، والأموبيات. في هذا العصر المسمى بـ «عصر الزواحف»، كانت أشجار الغابات في الغالب من الصنوبريات والسيكاسيات. وبالطبع كانت هناك الديناصورات، والتي لا يزال أحد فروعها يعيش إلى اليوم على هيئة طيور. بعض الأنواع المألوفة من الحيوانات مثل التمساح والسلحفاة كانت ممثلاً جيداً، وكانت المجموعات المعاصرة من الأسماك تبدأ في التنوع. وكانت الأنواع المختلفة من الثدييات البدائية موجودة اعتباراً من العصر الترياسي المتأخر فصاعداً.

إذا عدنا للوراء أكثر وأكثر، نحو الحقبة الكربونية من أواخر حقبة الباليوزي (حقبة الحياة القديمة)، فإننا ندخل أكثر في العالم الأقدم. على اليابسة، كانت هناك غابات استوائية ذات أشجار ضخمة من بينها أنواع تتصل بصلة القرابة بنباتات أدناب الخيل ورجل الذئب، التي وفرت لنا بقاياها الفحم، وكذلك المستنقعات التي كانت موطنًا لحشرات عملاقة ورباعيات أرجل برمائية عجيبة. وفي البحار ترسيبات هائلة من الحجر الجيري كانت تتكون. لكن كان هناك عالم أكثر بدائية من ذلك في العصر الديفوني السابق، والذي غالباً ما كان يطلق عليه «عصر الأسماك». وهذا العصر تحديداً دون غيره هو الذي أود زيارته مستخدماً آلة الزمن؛ حيث المساحات شبه القاحلة التي بالكاد عاش فيها أقدم أسلافنا من البرمائيات ذات الأرجل الأربع حياة محفوفة بالمخاطر عند الحواف السبخية للقارارات وحول البحيرات والمستنقعات داخلها. في ذلك العصر أيضاً خارت أولى النباتات الوعائية والحشرات عديمة الأجنحة بالخروج إلى اليابسة، بعيداً عن الأنهر والبحار التي كانت تهيمن عليها مجموعة متنوعة من الأسماك الغريبة ذات الدروع الثقيلة، من بينها أسماك مفترسة يبلغ طولها ٢٠ قدماً.

ثم نعود للخلف أكثر حيث العصور: الكلمبي، والأوردويفيши، والسيلوري، والتي غالباً ما كان يطلق عليها مجتمعة «عصر اللافقاريات»، حيث هيمنت عليها ثلاثيات

الفصوص وعضديات الأقدام والجرابوليتات الغربية، ومخلوقات أكثر غرابة تسمى مخروطيات الأسنان أو كونودونت (ويُعثر عليها عادةً ممثّلة في أسنان متفرقة)، والتي ربما كانت من الحبليات؛ مما يشير إلى أن أسلاف جميع الفقاريات تطورت بالفعل في العصر الكمبري.

لم تقع أيٌ من تلك الأحداث في فراغ جيولوجي-جغرافي-بيئي: فمنذ البداية الأولى، كان على المفترس والفريسة، والمستهلك والطعام أن ينخرطا فيما يعادل الآن سباق التسلح. فكلما طور الطرف الثاني وسائل دفاعية جديدة ينجو بها من الافتراض، كان يتبع ذلك ابتكار الطرف الأول أساليب جديدة لقهر تلك الوسائل الدفاعية. فعلى سبيل المثال، تتمثل أحد أغرب سمات الحياة في العصر الثلاثي في تطور بلورات صلبة من السيليكا في الحشائش، والتطور الذي تبعه لأنواع الأسنان لدى الحافريات (الماشية والغزلان والجياد، على سبيل المثال) والقوارض للتعامل مع تلك المواد الصلبة.

كانت كل تلك التغيرات بين الكائنات الحية مصحوبة — بل وتحركها بشكل جوهري — بتغيرات فيزيائية تعمل على نطاق عالمي حقيقي. تتكون قشرة الأرض من عدد من «الصفائح التكتونية» التي تتحرك في الأنباء فوق طبقة الدثار شبه السائلة التي تقع أسفلها. وفي الدهر البروتيروزوي، كانت جميع الصفائح القارية على الأرجح ملتحمة في قارة واحدة عملاقة. وبحلول العصر الأوردو فيشي، كانت هناك قارة واحدة كبيرة — هي جوندوانا — تتكون في الأساس من أفريقيا وأمريكا الجنوبية وأستراليا، وقد ضمت بعضها إلى بعض، تقع في مكان ما من المحيط الجنوبي العظيم، في حين كانت آسيا وأوروبا وأمريكا الشمالية معزولة إلى حد ما في نصف الكرة الشمالي ومحاطة بالبحار إلى حد كبير. وبحلول العصر الديفوني، التحمت أوروبا الغربية وشرق أمريكا الشمالية على هيئة كتلة شمالية كبيرة من اليابسة تسمى لورينشيا؛ وبنهاية العصر الديفوني، كانت القارات تتقارب معاً في قارة كبيرة عملاقة (سميت بانجيا). بعدها، وفي منتصف حقبة الميسوزوي، بدأت تنفصل عن بعضها مجدداً، وانفتح الأطلنطي، واقتربت القارات من اتخاذ أوضاعها الحالية.

لا تزال تداعيات تلك الحركات العالمية موضع تحليل. غير أنه من الواضح أن تكتونيات الصفائح تمثل مجموعة كبيرة من العوامل في توجيه التطور العضوي من خلال إنتاج السياق البيئي لقدر كبير من التغيير التطوري. لقد أثر تكون الجبال، وفتح أحواض المحيطات وغلقها، ونشأة البحار القارية الضحلة واحتفاوها، والتغيرات التي

طرأت على مستوى سطح البحر، على المناخ (ولا تزال تؤثر عليه) من خلال توازن بيئات اليابسة في المناطق الاستوائية والمعتدلة والقطبية، وأنظمة تيارات المحيطات الكبرى (على سبيل المثال، من غير الممكن أن يكون هناك ما يعرف بتيار الخليج قبل أن يصير المحيط الأطلنطي مفتوحاً)، والحركة الدورانية للغلاف الجوي (من المحتمل أن نشأة جبال الهيمالايا هي أصل الرياح الموسمية).

مما لا شك فيه أن سجل الحفريات سوف يواصل التغير؛ سوف تُكتشف العديد من الأنواع الجديدة من الكائنات، وسوف تتمكن من اكتفاء أثر الأنواع المعروفة حتى أعمق الزمن السحيق. غير أنه يبدو من غير المرجح أن يثبت كذب الصورة العامة لتغيير الحياة على الأرض خلال الأزمنة الحديثة نسبياً من الدهر الفانروزي (آخر ٥٤٥ مليون عام). إلا أنه لا تزال هناك العديد من التحديات عندما يتعلق الأمر بالأزمنة الأقدم.

## البداية

توجد أكبر ثغرات سجل الحفريات في البدايات. لا توجد صخور في قشرة الأرض يزيد عمرها على ٣,٩ مليارات عام، فكل الصخور السابقة على ذلك تعرضت لإعادة تدوير من خلال العمليات الأرضية. وتعرف الفترة الزمنية التي مرت بين نشأة الأرض منذ حوالي ٤ مليارات عام وببداية العصر الكمبري – أي منذ ٥٤٥ مليون عام – بالدهر ما قبل الكمبري، والمقسم إلى ثلاثة دهور (الهاديان؛ ثم الأركي الذي بدأ قبل ٤ مليارات عام مضت؛ ثم أكثرها حداة، البروتيروزوي منذ ٢,٥ مليار عام، ويعني «الحياة الأولى»).

هناك قدر بسيط من الأدلة – أغلبها لا يزال مثار جدل – يسجل وجود بكتيريا وربما حياة ميكروبية أخرى في صخور الدهر الأركي من أستراليا وجنوب أفريقيا يعود تاريخها إلى ٣,٥ مليارات عام مضت. كانت الأنواع الرئيسية من البكتيريا هي الزراقم أو البكتيريا الزرقاء؛ ويشير الاسم إلى لونها الأخضر الضارب إلى الزرقة، لا إلى إنتاجها للساينانيد. لا تزال الزراقم موجودة بوفرة إلى اليوم، إلا أن هناك فجوة قدرها مليار عام على الأقل بين نشأة الأرض وتلك العلامات الأولى على وجود الكائنات الحية. وعند نقطة ما خلال تلك الفترة الفاصلة، نشأت الحياة على الأرض في صورة جزيئات بسيطة نسبياً تتکاثر ذاتياً، ثم مضى الأمر قدماً حتى تكون شيء يشبه الفيروسات والبكتيريا المعاصرة. بين ٣,٥ ملايين عام مضت وببداية العصر الكمبري، ظهر نوع جديد من التنظيم في صورة طحالب وحيدة الخلية. تواجدت تلك الكائنات في بُنى أشبه بالهضاب تسمى

## الحفريات

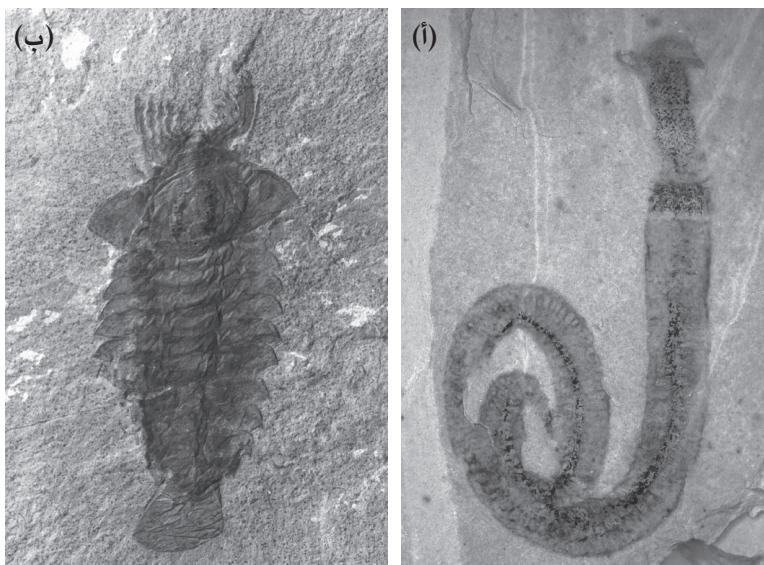
الرقائق الكلسية الطحلبية (ستروماتوليت) تتكون من طبقات من الزراقم والطحالب أحادية الخلايا والرسوبيات. وتوجد اليوم مستعمرات مماثلة في برك المياه الضحلة الاستوائية مثل خليج القرش في أستراليا الغربية، بل وربما تضم تلك الأنواع نفسها.



شكل ١-٤: تكون الرقائق الكلسية الطحلبية (ستروماتوليت) من طبقات من الطحالب أحادية الخلايا والرسوبيات، كما هو مبين في هذا المقطع العرضي لشكل يعود للدهر ما قبل الكمبري.

ومعنى وجود الزراقم والطحالب أحادية الخلايا في الدهر البروتيروزوي أنه — لأول مرة في التاريخ — تحقق التمثيل الضوئي. التمثيل الضوئي هو العملية التي تستغل بها جميع النباتات اليوم الطاقة القادمة من الشمس كوقود لتصنيع السكريات وغيرها من

الكريوهيدرات من الجزيئين البسيطين: ثاني أكسيد الكربون والماء. وتمكّنت تلك الأشكال «المتحة الأولية» الشبيهة بالنباتات أو «ذاتية التغذية» من اصطياد طاقة الشمس غير المحدودة واحتزارتها. وفي نهاية المطاف، قدمت بذلك قاعدة لسلسلة الغذاء، وذلك في أعقاب تطور مجموعة جديدة من الكائنات الحية غيرية التغذية، التي نسميها الحيوانات؛ والتي تطورت بحيث تحصل على طاقتها عن طريق افتراس الكائنات ذاتية التغذية. وبهذا أصبح المشهد جاهزاً لظهور نظم بيئية معقدة تتغذى فيها الكائنات بعضها على بعض.



شكل ٢-٤: حفريات من العصر الكبري المبكر: (أ) سيريكوكوزميا، نوع من الديدان من شينجيانج بالصين و(ب) سانكتاكارييس، من أقارب العنكبوت من بيرجس شيل، بكندا.

هناك جانب مهم من خصائص التمثيل الضوئي، وهو أن النباتات تطلق من خلاله الأكسجين. وهناك سمة رئيسية في معظم الكائنات غيرية التغذية – وجميع الأنواع المختلفة من الحيوانات التي نعرفها اليوم – وهو أنها في حاجة إلى الأكسجين كي تتمكن من تفتيت الجزيئات المعقدة حتى تطلق منها الطاقة التي تحتاج إليها (أي كي

تعكس عملية التمثيل الضوئي). ومن ثم، فإن الأكسجين الذي تخرجه النباتات هو الذي يهب الحياة للحيوانات. وقبل ما بين ٢,٥ و ٢ مليار عام، يبدو أنه كانت هناك تركيزات منخفضة نسبياً من الأكسجين الحر في الجو. ويشير إلى ذلك تكون تربسات «الحديد الشرائطي» على مستوى العالم، والذي يتكون من تبادل معادن حديد (ماجنيتait) مع حجر الشرت (ثاني أكسيد السليكون). وكان من الواضح أن تلك الظاهرة هي محصلة عملية دوارة تتضمن الحديد المذاب (المشتق من تجوية الرسوبيات) والبكتيريا المنتجة للأكسجين في المحيطات الأولى.

وأتحد الحديد مع الأكسجين وترسب على هيئة طبقات من الماجنيتيت يبلغ سمكها بضعة مليمترات، ويقال إن العملية توقفت بسبب نفاد مخزون الأكسجين. ومنذ حوالي مليار عام مضت، يوضح انخفاض حاد في ترسيب الحديد الشرائطي أن هناك مستويات أعلى بدرجة واضحة من الأكسجين الجوي قد تراكمت.

ومن المفارقات، أن الأكسجين الذي نعتبره نحن الحيوانات ضروريًا للحياة، هو في الواقع الأمر سُم كيميائي ما لم يروض ويُستغل. لقد قتلت المستويات العالية الجديدة من الأكسجين الجوي معظم الأنواع الأقدم من البكتيريا والطحالب. وكان هذا مصحوبًا بانفجار جديد للتطور في صورة أنواع مختلفة من الكائنات عديدة الخلايا الأكثر تعقيدًا بكثير والتي تستخدم الأكسجين بأسلوب جديد. حتى ذلك الحين، كانت معظم الحياة على الأرجح مرکزة في البحار الضحلة والحواف الساحلية؛ ولكن في ذلك الوقت تقريبًا بدأنا نجد نوعًا جديداً من الطحالب الصغيرة وحيدة الخلية تسمى أكريتارش التي كانت تعيش في المحيط المفتوح، وهو ما كان يعني افتتاح منظومة بيئية عالمية رئيسية أخرى، وهذا بدوره أدى إلى المزيد من إنتاج الأكسجين.

تأتي أكثر المعلومات التي تصيبنا بالحيرة بشأن تنوع الحياة في العصر الكمبي المبكر من عدد قليل من الواقع (تسمى لاجرستان، أو «القنوات الأُم») حيث حفظت أشكال ذات أجسام رخوة. من بين تلك، يعد أهمها موقع بيرجس شيل الذي يعود للعصر الكمبي الأوسط في بريتيش كولومبيا (اكتشف عام ١٩٠٩)، وموقع شينجيانج الأقدم منه قليلاً (عمره ٥٢٥ مليار عام) ويقع في مقاطعة يونان بالصين (اكتشف عام ١٩٨٤). يوجد عدة أنواع من الطحالب عديدة الخلايا وما لا يقل عن ١٢ مجموعة رئيسية مختلفة من الحيوانات، من بينها شعب مألوفة مثل الإسفنجيات، والجوفمعويات (اللاحشويات)، والرخويات، والديدان المقسمة (الديدان)، ومفصليات الأرجل (أقارب

القشريات والحشرات)، وشوكيات الجلد (أقارب نجم البحر وقنفذ البحر)، بل وحتى مجموعة متنوعة من الحبليات (أقاربنا نحن البشر) قابعة في مكان ما بالقرب من قاعدة شجرة الحياة الفقارية. من الصعب قراءة العديد من تلك الحفريات (ومن ثم فإنها مثيرة للجدل)، وبعضها قد أُعطي أسماءً ملائمة مثل أنومالوكاريس وهالوسيجينيا. والأكثر إثارة للاهتمام أن الأمر لم يقتصر على بدء التنوع العظيم في الكائنات الحية التي نعرفها اليوم، وإنما نشأت كذلك العديد من السلالات (بل وربما شَعَّ بِأكملها)، وازدهرت، ثم انقرضت بعد ذلك في الدهر ما قبل الكمبري والعصر الكمبري. وكانت الفترة ما بين ٦٠٠ و ٥٠٠ مليون عام مضت واحدة من أشد الفترات في تجريب سبل جديدة للحياة كحيوان أو كنبات وما قابل ذلك من انتخاب العديد من المجموعات واصطفائه.



شكل ٤-٣: كانت حفريات كارنوديسناس الإيدياكارية الشبيهة بسعف النخيل من تكوين «ميستيكن بوينت» بنيفاوندلاند مرشحات و/أو متغذيات على الفتات.

اختار الجيولوجيون الأوائل تثبيت بداية العصر الكمبري عند النقطة التي اكتشفوا فيها أول تفجر ظاهر للحياة على الأرض (بعد أن حُدد الدهر ما قبل الكمبري خطأً باعتباره عصراً بلا حياة). إلا أن هناك عدداً قليلاً من الواقع التي تربط بين السجل المتناثر الخاص بالدهر البروتيروزوي والدهر الفانروزي الأكثر ثراءً، حيث عثر على سجل

حفيّي مذهل؛ وهو سجل من الثراء والامتلاء بحيث لا يمكننا أن نعرف ترتيب الأحداث التطورية التي أنتجه إلا عن طريق التخيّم. فالحياة الحيوانية الإيدياكارية (وسميت بهذا الاسم تيمناً بأكثر الواقع أهمية ببلاد إيدياكارا بجنوب أستراليا)، ويتراوح عمرها بين حوالي ٥٦٥ إلى ٥٤٠ مليون عام مضت، يصعب جدًا — بل ومن المثير للجدل — تفسيرها. بعض علماء المتحجرات يعتقدون أنها تشمل طبعات لقناديل بحر ورخويات وديدان ومفصليات أرجل أولية وشكوكيات أرجل، وربما إسفنجيات. بينما يعتبرها آخرون نطاقاً من أشكال لا تزال صلات قرابتها غير واضحة، لكنها في الأساس لا تنتمي بصلة قرابة للسلالات المعاصرة. من بين العناصر اللافتة للنظر في الحياة الحيوانية غياب الأنواع المفترسة؛ فجميع حيوانات إيدياكارا تبدو من ساكنات القاع العالقة والتي تتغذى على فتات، وقد هلك معظمها مع بداية العصر الكمبري.

من الواضح أن الهيكل الصلب لم يتطّور في أي سلالة تنتمي إلى الدهر البروتوزوي من الكائنات عديدة الخلايا (وهي جملة مختصرة تعني في عرف علماء علم المتحجرات «لم نعثر على أي منها بعد»). وبيدو أنه عند نقطة ما قبل ٥٤٥ مليون عام مضت، شجع محفز بيئي على تطور نمو أنسجة صلبة — وكانت عادة معادن تقوم على عنصري الكالسيوم أو السيليكون — وسمح ذلك ببقاء سجل حفيّي أفضل. وهناك دليل — على الأقل — على حدث بيئي كبير عالمي النطاق وقع في الدهر البروتوزوي ربما كان ضالغاً في تنشيط عملية تكون الأنسجة الصلبة. إذ في الفترة بين ٧٠٠ و ٦٠٠ مليون عام مضت، بدا أنه حدث نوبة واحدة أو أكثر من نوبات البرودة العالمية. ولم تتمّض تلك النوبات فقط عن تكون المساحات الجليدية الهائلة، وإنما ربما أيضًا عن تجميد كامل للأعماق لدرجة أنه حتى البحار التي عند خط الاستواء كستها الثلوج. وفي ظروف مثل تلك، لم يكن ممكناً للحياة أن تستمر إلا في أماكن مثل الينابيع الحارة وفوهات البراكين التي في أعماق البحار. وسواء امتدت تلك البرودة لتحول الأرض بأسرها إلى «كرة من الثلج» مثلاً يفترض البعض، أم أنها كانت مجرد «كرة من الجليد الهش»، فلا بد وأن تأثير ذلك على الحياتين الحيوانية والنباتية وهما لا تزالان في مهدهما كان كبيراً. ولعل الدفء الذي أعقب التجمد كان مدفوعاً بارتفاعات في تكتونيات الصفائح؛ مما أحدث زلزال وبراكين أطلقت كميات هائلة من غازات الاحتباس الحراري. وقد أدى ذلك إلى تجوية كاملة للصخور مما أطلق كمية هائلة من كربونات الكالسيوم والفوسفات إلى المحيطات؛ وهو الكالسيوم الذي تكونت منه الهياكل العظمية.

## الفصل الخامس

# مخالفة الاحتمالات

ووجدتُ أولى حفرياتي وأنا طالب في الدراسات العليا، لكنني كنت أبحث عنها قبل ذلك بوقت طويل. خلال طفولتي، كنا ندفع منزلنا المعرض لتيارات الهواء الشديدة مستخدمين في ذلك الفحم؛ وكانت أعلم أن الناس يعثرون على الحفريات داخل الفحم، وهكذا اعتدت الذهاب إلى مخزن الفحم وأظل أطرق على الفحم باستخدام مطرقة ضخمة كنت أحفظ بها هناك، أملاً في العثور على سعفة جميلة تنتهي لنبات سرحي أو سن لحيوان برمائي مثلًا. (وكانت عائلتي تتسامح مع اكتساع ملابسي بغير الفحم لأنه كان لا بد من أن يقوم أحد بتكسير الكتل الضخمة من الفحم على أية حال). إلا أنه أينما عثر الناس على حفريات من العصر الكربوني، لم يكن هذا في الأماكن التي يأتي منها موردننا من الوقود. ومع ذلك ظللت أهشّ الفحم بحثاً عنها، مدفوعاً بإغراء العثور على كنز مدفون. ولم أتبين إلا بعد ذلك أن أفضل الحفريات توجد داخل طبقات من الطفل الصفيحي تقع بين طبقات الفحم وأنه – على أية حال – كان علىَّ أن أسطر العديد من الأطنان من الصخر حتى أتعثر ولو على حفريات كبيرة واحدة يمكن تمييزها. وحتى في طبقات الفحم – حيث يعد الفحم في حد ذاته مادة نباتية حفرياتية (وهذا أمر لا يدركه كثيرون) – فليس لديك أي فرصة.

هناك وأنت في الميدان، تلك اللحظة الساحرة التي تقع فيها عيناك لأول مرة على موضع حفريات ما. في الأحوال العادلة، تكون ظللت تبحث ل أيام دون أن يحالفك الحظ، ثم بعدها تنظر أسفل قدميك فتشاهد جزءاً من صدفة أو عظمة يلمع داخل الأرض وقد انكشف جزء منها. ربما تقودك سلسلة من الشظايا انزلقت من منحدر صخري إلى حيث يقع الجزء الرئيسي من الحفريات. والآن صار عليك إخراجها. وبدون أن تخاطر بإحداث أي تلف فيها، فإنك تحفر بحرص من حولها مستخدماً إزميلاً أو سكيناً حادة.

وبالتدرج، تتعثر على حدود ذلك الشيء؛ فهل هو مجرد جزء مكسور، أم أن الحفريات بأكملها تتبع هناك داخل الصخرة؟ ولحظة تلو أخرى، وفي بعض الأحيان ساعة وراء أخرى، بل وأحياناً يوماً بعد يوم في حالة الحفريات الضخمة، تبدأ الحفريات في الكشف عن نفسها. وفي أغلب الأحوال لا تكون شيئاً مميزاً، لكنها في بعض الأحيان تكون جمجمة، أو أمونيت حلزونية متحجرة رائعة المنظر، أو عظمة لأحد الأطراف، أو مجموعة من أصداف الرخويات، أو سن سمكة قرش، أو ورقة نبات عتيق. وبمجرد كشفها، فإنها ربما تكون في حاجة إلى مثبت؛ وهو نوع من الطلاء تمكن إزالته بسهولة في المعمل. ويمكن وضع جسم صغير مثل حيوان ثلاثي الفصوص أو سن قرش في كيس بلاستيكي، وتغليفه بمنديل ورقى لحمايته؛ وفي هذه الحالة يكون توفر لفافة من ورق الحمام ذات قيمة هائلة. أما إذا كانت الحفريات ذات حجم لا يأس به، فأفضل شيء صنعته سترة واقية لها من أشرطة من القماش تم نقعها في جبيرة جبوسية، تماماً مثل الجبيرة القديمة التي كانت تستخدم لتجبير السيقان المكسورة. في بادئ الأمر، تجري تعطيلية القمة ثم تأتي النقطة التي يتعمّنّ عندها قلب الحفريات رأساً على عقب، فتقوم بإدخال سكين من أسفلها ... ثم ترتفعها برفق، وبهذا تخرج دون أن تتفتّت. وأخيراً صارت بين يديك، وجاهزة لإعادتها للمعمل، مميزة بعلامة تحديد رقمها بطريقة منمقة، ثم تدرج في الكتاب الميداني. وبعدها، تبحث في طمع عن المزيد.

ما من سبيل إلى معرفة عدد الحفريات التي تم جمعها على مدى السنوات الماضية. ولا يزال ما بقي من حفريات بين الصخور عصياً على العد، وهذه الحفريات في حد ذاتها تمثل فقط حفنة بالغة الضائلة من تنوع أشكال الحياة التي عاشت على سطح كوكب الأرض. فكل حفريات تمثل جزءاً صغيراً من كائن كان حياً ذات يوم، وعادةً ما تكون من الأجزاء التي كانت صلدة وعصية على التحلل. ويرغم أن الاهتمام الشعبي عادةً ما يكون منصبًا على عظام الحفريات من حيوانات فقارية مثل الديناصورات والبشر، فإن أكثر أنواع الحفريات شيوعاً هي بقايا هيكل اللافقاريات البحرية والأصداف الكلسية أو تلك من السيليكات للبلانكتون المجهرى.

## ما الحفريات؟

إن أفضل السبل لمعرفة ماهية الحفريات هي فحص الطريقة التي « تكونت » بها، ولقد صارت تلك الدراسة فرعاً رئيسياً من فروع علم المتحجرات.

إن احتمالات حفظ أي كائن في صورة حفرية بعيدة: عدة ملايين إلى واحد. فبمجرد موت أي كائن، ينتهي صراعه المديد — الذي تحركه قوى الشمس — مع عوامل الإنتروبيا، وتبدأ عملية التحلل. فلا توجد سوى فرصة ضعيفة للغاية لدى الكائن كي يعيش في الأرض أو تحت سطح الماء قبل أن تأتي الحيوانات القَمَّامَة كبيرة وصغيرها وتتلهمه أو تقتات عليه البكتيريا والفطريات التي لا ترحم. وفي الطبيعة، هناك من العمليات التي تعمل على التخلص من الكائنات الميتة من البيئة ما يفوق كثيراً أعداد العمليات التي تعمل على الحفاظ عليها؛ وإنجمالاً هذا أمر جيد. فعلى سبيل المثال، هناك حوالي ٧٠٠ ألف يحمور (نوع من الأياتل) تعيش في بريطانيا، إذا كان عمر الواحد منها يمتد إلى خمسة عشر عاماً، فمعنى ذلك أن هناك في المتوسط ما يقرب من ٥٠ ألف أيل منها تتفق سنوياً. ولو لم يكن هذا هو الحال، لصار هناك وباء متفسراً من الأياتل الحية، ولكن لو لم تكن الجيف تتحلل سريعاً، لكننا دُفنا سريعاً تحت أكوام من الأياتل الميتة.

وحتى تكون الحفرية، فإن أي شيء ينجو من الكائن من عمليات التحلل المبكرة عليه عندئذ أن يدخل ضمن طبقة رسوبية تتاحول في نهاية المطاف إلى صخرة. وفي الوقت نفسه، سوف تعرّض البقايا للتغيرات كيميائية وفيزيائية (عملية التصلد) والتي ستحولها هي الأخرى إلى صخور. والأجزاء الأقرب إلى أن تُحفظ كحفرية من أي كائن هي الأجزاء الصلبة بالطبع؛ أي الأصداف المتحجرة للافقاريات مثل الأمونيات والرخويات، وأجسام الشعاب المرجانية والإسفنج، وعظام وأسنان الهياكل العظمية للفقاريات، والهياكل الخارجية المصنوعة من الكيتين لمفصليات الأرجل مثل ثلاثيات الفصوص والقشريات والحشرات، والأنسجة الخشبية للنباتات. وفي أحياناً كثيرة تُحفظ جذوع الأشجار. غير أن الكائنات لينة الأجسام مثل الديدان وقنديل البحر يكون احتمال حفظها في صورة حفريات أقل كثيراً. ومن الناحية العددية، فإنه من المؤكد أن تكون أكثر الحفريات انتشاراً هي الأصداف مجهرية الحجم لكتائن البلانكتون البحري والأبوااغ صلبة الجدران وحبوب لقاح النباتات.

ولا يحفظ على هيئة حفرية من النسيج اللين الأصلي لأي كائن إلا أقل القليل. فعلى سبيل المثال، لأسماك القرش أسنان معدنة شديدة الصلابة، ويُشيّع العثور على حفريات من أسنان أسماك القرش، إلا أنه ينذر العثور على بقايا الأجزاء الأخرى من أجسادها. غير أنه في ظل ظروف معينة، من الجائز أن تُحفظ مجتمعات كاملة من أشكال الحياة ذات الأجسام اللينة على هيئة حفريات. وحدث ذلك في حالة منطقتي شينجيانج ولاجرستن.

بيرجس شيل اللتين ترجعان إلى العصر الكمبري. آثار المسير التي تحدثها الحيوانات التي زحفت أو حفرت جحوراً في الطمي بالغ القدم تظهر كثيراً على نحو مدهش. وفي الأصداف حديثة العهد نسبياً، نجد الألوان في بعض الأحيان وقد حفظت؛ في بعض الأحيان تبقى عناصر الكيمياء الحيوية الأصلية على هيئة أحماض أمينية، بل إن بعض القطاعات من الحمض النووي دي إن إيه يتم العثور عليها في حفريات الكائنات حديثة السن. غير أنه برغم الخرافات التي تشيع بين الناس، فإنه ليس من الممكن إعادة خلق مخلوقات اندثرت من الوجود باستخدام الهندسة الوراثية لجينات الحفريات.

تعد البيئة كذلك أمراً شديداً الأهمية في هذا الصدد: فعملية تحول كائن ما بعد نفوقه إلى حفريّة من عدمه أمر يعتمد على كلٌّ من طبيعة الكائن الأصلي كما أنه يعتمد جزئياً على الظروف والبيئة التي أحاطت به أثناء حياته وبعد مماته. فالكائنات اللاطئة (المارجانيات والرخويات) أقرب إلى أن تحفظ من الكائنات التي تسحب بحرية في ذات المجتمع (الأسماك، والرأسمدييات، والقشريات). والكائنات التي تحيى في بيئات «عالية الطاقة»، مثل جداول المياه المندفعة من فوق الجبال، أو حيثما يكون هناك نشاط موجي هادر، أقرب للتعرض للتدمير بدنياً بعد وفاتها من تلك التي تعيش في قاع البحر. الحيوانات والنباتات التي تموت في بيئات مكتظة بالأشجار تقع وسط مهاد ثرية بأوراق الشجر الملائمة بالكائنات التي تقتات على تحليل المادة العضوية، ومن المحتمل أن تتحول إلى سماد سريعاً. وداخل التربة، لا يقتصر الأمر على حدوث تحلل حيوي للأنسجة فحسب، وإنما تقوم العديد من كائنات التربة بحفر جحور في جميع أنحاء الكائن النافق فتتسكب في اضطراب في كل شيء وتفتك الأنسجة الرخوة. إن الكائنات التي تحيى في كل تلك البيئات يكون احتمال تعرضها للطمر بطبقات من الرسوبيات أقل كثيراً من تلك التي تنفق داخل دلتا الأنهر أو البحيرات الضحلة أو بالقرب منها. وكذلك الحشرات وغيرها من المخلوقات الأرضية الهشة أقل احتمالاً أن تُحفظ من المحار والفقاريات وفيرة العظام. أما الحيوانات من أمثل الديدان وقنديل البحر والنباتات من أمثال الطحالب والأشننة التي تفتقر إلى أي نوع من الهياكل الصلبة (معادن أو بروتينات أو خشب) فسوف تتحلل أسرع من الجميع. ويطلق على دراسة كل تلك العمليات والظروف في عملية تكوين الحفريات «علم تحلل الكائنات».

## قبل الدفن

من الأرض وإلى الأرض: من اللحظة التي يلقي فيها الكائن حتفه، يبدأ سباق محموم بين عمليات التفسخ والتحلل وبين تلك العمليات التي تميل للحفاظ على ما يتبقى من الكائن. بادئ ذي بدء، يجب على بقاياه أن تنجو من تلك الواقائع السابقة على الدفن والتي تختزل بقاياها معظم الكائنات حتى تقترب من التلاشي في بضعة أسبوع فحسب. قد تقتات الحيوانات القمامية على الجيفة، وربما تضع الحشرات بيضها هناك، وتتفسس اليرقات وتتغذى على الجيفة المتعرجة. معظم عملية التحلل تتسبب فيها البكتيريا، سواء القادمة من داخل الجيفة أو من خارجها. فإذا ظلت بقايا في بيئه رطبة أو جرفة إلى مسطح مائي – وبالطبع هناك العديد من الكائنات تعيش وتموت في الماء أصلًا – فإن الفطريات الرميمية (المدمرة للأنسجة) ستكون أيضًا سبباً رئيسياً في التحلل. والكائنات التي تسقط داخل تربة أرضية، وهي بيئه غنية أصلًا بالمادة العضوية المتحللة أو المساعدة على التحلل ومكتظة بالكائنات التي تزدهر أحوالها فيها، تكون هي الأكثر تعرضًا للتحلل (من سmad إلى سmad).

ويساعد الدفع على تحلل الأنسجة. وقد تنفصل القطع المختلفة من الجيفة ببعضها عن بعض حيث يعمل التحلل على تفكيك المفاصل. وربما تقوم الحيوانات القمامية بتمزيق الجيفة إرثًا وتحمل أجزاءها بعيداً، ثم تأتي تيارات الماء فتوزع القطع بطرق مختلفة على امتداد التيار أو الساحل، وتصل الأجزاء الصغرى لمسافات أبعد. أما أوراق النباتات وحبوب اللقاح – والتي قد تكون بخلاف ذلك مؤشرات قوية على ظروف بيئية معينة – فإنها تتوزع على مسافات شاسعة بفعل الرياح؛ مما يجعل مهمة عالم المتحجرات البيئية صعبة بصورة خاصة.

قد تسجل بعض الحفريات بالفعل عناصر من تلك العمليات السابقة على الدفن. علامات أسنان الحيوانات المفترسة والحيوانات القمامية تظل في بعض الأحيان محفورة على العظام والأصداف. وغالبًا ما تحفظ الأسماك وقد انفجرت تجويفاتها البطنية نتيجة للغازات التي تنتجه البكتيريا. وربما يشير فرز و/أو توجيه الحفريات على مستوى القاع إلى اتجاه التيار وقوته.

العوامل المختلفة التي تسبق الدفن قد تمنع أو تؤخر كل هذا التحلل والدمار والذوبان. وبصفة عامة، أفضل فرصة لدينا لاستعادة معلومات عن المجتمع الطبيعي في الحياة ربما تأتي من خلال جانب مخالف قطعاً للطبيعة من جوانب الوفاة. ربما تموت

الكائنات في ظروف سامة للحيوانات القَمَامَة والبكتيريا. وأبسط حالة من تلك الحالات ربما تكون عملية التحنين التي تتم عن طريق التجفيف الهوائي السريع. فالحشرة التي تقع أسرية في كتلة صغيرة من المادة الصمعية — التي تحول إلى كهرمان — لأحد النباتات تصبح مخللاً بالأساس. أما مستنقعات الخُث — حيث تكون هناك مستويات مرتفعة من أحماض الهيوميك والثانيك التي تعطل عمل البكتيريا أو تحول دونه — فتميل إلى حفظ الجيفة حفظاً جيداً للغاية، وهي في الأساس مصدر تكوينات الفحم. هناك حالات لبشر حفظوا بصورة رائعة في مستنقعات خث حديثة. وكلما كان تطبيق تلك العوامل مبكراً ولدة أطول، زادت احتمالات حفظ الكائن الحي سليماً، وفي العديد من مناطق الحفيّرات لا تزال هناك عينات فردية محفوظة في مكانها الأصلي.

من بين أبرز الأمثلة على مثل تلك الظروف الخاصة ينابيع النفط العتيقة المحفوظة في تجاويف القطران في رانشو لا بربا بجنوبى كاليفورنيا. اعتباراً من ما يقرب من ٤ ألف عام مضت، تسببت برك من القطران نحو سطح الأرض، وكلما تغطت تلك التسربيات ببرك من مياه الأمطار صارت جذابة بالنسبة للحيوانات الجوالة مثل الخيول البرية (ولم تكن قد انقرضت بعد من أمريكا الشمالية) والجمال والماموث والماستودون. وعندما كانت تلك الحيوانات تعلق بالقطران، كانت تجذب الحيوانات المفترسة مثل السنوريات ذات الأسنان السيفية والأسود الأمريكية، وكانت تلك الضواري تقع هي الأخرى في الشرك. كذلك كانت هناك طيور مثل النسور والكندور والعقارب تحاول الاق提ات على تلك الجيف، فتقع هي الأخرى في الفخ؛ كذلك دخلت مواد نباتية إلى تلك المصيدة. وبالإجمال، حُفظ في هذا القطران أكثر من ٦٦٠ نوعاً من الكائنات الحية؛ بل إنه يوجد حتى حفريّة بشريّة، وهي لأنثى يعود تاريخها إلى ٩ آلاف سنة مضت. إن خليط الأنواع، مع كونه منحاً بشدة نحو الحيوانات المفترسة والحيوانات القَمَامَة التي حاولت الوصول إلى الجيف الواقع في الشرك والاق提ات عليها، لا يعُد دلالة على المجتمع الأصلي. غير أن عملية حفظ الكائنات الواقعة في الشرك كانت مميزة بالفعل.

## الدفن وعملية التصلد

تلعب البكتيريا الهوائية دوراً رئيسياً في تحلل البقايا العضوية أثناء تواجدها في التربة المكشوفة أو المياه الغنية بالأكسجين. وقد أوليت اهتماماً كبيراً في الماضي لفكرة أن البقايا تكون فرصتها أكبر في الحفظ إذا انتقلت سريعاً نحو بيئه ساكنة خالية من الأكسجين

(لا أكسجينية). وتخلو التربة والمياه للأكسجينية من الحيوانات القمامحة التي تُرثى بالعين المجردة؛ كما أنه في الوحل للأكسجيني لا توجد ديدان حفارة ولا غيرها من المخلوقات التي تصنع اضطراباً بالطبقة الرسوبيّة (اضطراباً حيوياً) أو توصل إليها الأكسجين. هذا هو الموقف – موسمياً على الأقل – عند قاع البحيرات والأهوار البحريّة عاليّة الإنتاجيّة، حيث تكون هناك وفرة زائدة من المادة العضويّة والتي تستنفذ عملية تحللها كمية الأكسجين الموجودة في مياه القاع. إلا أنه يبدو من المرجح أن البيئة المحيطة مباشرةً بمعظم الكائنات التي تتعرّض للتحلل داخل رسوبيّات رطبة تكون لا أكسجينية في معظمها أو بالكلية على أية حال، ويرجع هذا ببساطة إلى أن البكتيريا الهوائية التي تقطن الجوار المباشر لبقايا الكائنات الحيّة تستهلك معظم أكسجين المنطقة.

أيّاً كانت الظروف التي يموت فيها الكائن الحي، فإن جثته سوف تضيع لا محالة ما لم تندمج في السياق الرسوبي الملائم. ومن بين تلك الظروف الرمال التي تحملها المياه والأوحال والطمي وشلالات الرماد. وأكثر أنواع الحفريّات انتشاراً على الإطلاق تلك التي سقطت إلى (أو كانت تعيش في) قاع البحر، وصارت مكسوّة بطبقة رسوبيّة انجرفت فوقها أو هطلت عليها من أعلى. وتوضّح ترسّبات بحيرات المياه العذبة – مثل أكانتاراس فيش بيد الذي ينتمي للعصر الديفوني الأوسط باسكتلندا، أو ترسّبات الخليج الإسكوميني المنتمي للعصر الديفوني المتأخر في كيبيك، أو تكوين جرين ريف الذي ينتمي للعصر الإيوسيوني بولاية وايومنج، حيث تم العثور على الكثير والكثير من الحفريّات الرائعة – توضّح في الغالب سلسلة من الطبقات السنوية (طبقات حولية)، بالتبادل مع طبقة غنية بالمواد العضويّة غاصت إلى القاع وتحللت نتيجة عمليّات النفوّق التي تقع بين فصلي الخريف/الشتاء، وتراكم الرسوبيّات خلال فترات جفاف المياه في الربيع من الأراضي المحيطة بالمنطقة.

هناك حالة أخرى مفضلة لدى الكثير من علماء المتحجرات ألا وهي التعرّج على شكل حرف U في الأنهر التي ينقطع جريانها فتصير راكدة. إن الحرمان من الأكسجين يقتل جميع الكائنات بداخلها؛ فتغوص تلك الكائنات داخل الطمي الموجود بالقاع إلى أن يحين موعد فيضان النهر من جديد فيرسب حملاً من الطمي الناعم فوقها جمِيعاً. وتبين ترسّبات الفيضان الذي يغمر الضفاف في سهول الأنهر النتيجة نفسها. وفي البحر، قد يحفظ مجتمع حي بأكمله – كالشعاب المرجانية على سبيل المثال – في موضعه بفعل موجة مد أو هبوط لقاع البحر يطمره داخل طبقة رسوبيّة. وفي ظروف كارثية أخرى،

ربما تعمل الحرارة والرماد الآتيان من انفجار بركانى على غمر أنظمة بيئية كاملة، سواءً أكانت تعيش على اليابسة أم في المسطحات المائية.

ومعظم الحفريات لا يتم العثور عليها فرادى، وإنما في مجموعات، غير أنه ينبغي توخي الحذر عند تفسير مثل تلك التجمعات؛ فإنها قد تمثل مجتمع حياة أو — وهو الأرجح — أنها ببساطة تراكمت بعد وفاتها في الموضع الذى حُفِظَتْ فيه. في حالة بيرجس شيل، فإن الكائنات على ما يبدو نفقت في بيئه ما ثم انجرفت سريعاً إلى بيئه أخرى. إن أحجار سولنهوفن الجيرية الشهيرة الموجودة في بافاريا وتعود للعصر الجوراسي المتأخر قد تشكّلت داخل سلسلة من الأهوار البحرية الضحلة شديدة الملوحة، والتي لم يكن بها سوى قدر ضئيل من الحياة اقتصر على الزراقم والمنخرات البلانكتونية. وكان القاع عبارة عن غرين رقيق من الطمي الغنى بالكريبونات. وكما هو الحال في رانشو لا بريا، فإن الحفريات المحفوظة في سولنهوفن كلها من أشكال من الحياة عاشت في موضع آخر ثم طارت إلى هذا المكان (مثل الأركيوبتركس والتيراصورات)، أو انجرفت إليه. وبمجرد أن حطت الرحال داخل الهور، سرعان ما ماتت ثم هوت نحو القاع فكساها الوحل، ولم تكن هناك أنواع حيوانية من التي تحفر الجحور ولا تiarات مائية كي تزعج الجيفة. فكانت المحصلة تكون حجر جيري بلغ من دقة حبيباته أنه استخدم في صنع ألواح تستخدم في الطباعة الحجرية، كما حُفِظَتْ الحفريات بداخله بصورة رائعة.

يمكن لعملية الدفن أن تقطع الطريق على المراحل السابقة للدفن؛ وهي التحلل والذوبان، وتحول دون المزيد من تمزق بقايا الكائن الحي وانتقالها لموضع آخر. إلا أن البقايا من الجائز أن تظل عرضة للأضطرابات التي تسببها الكائنات التي تحفر الجحور كما سيستمر التحلل البكتيري. ولكن الآن صار من الممكن بصورة أكبر توقع بدء المراحل الأولى من عملية التحول إلى حفريات. وفي ظل ظروف الدفن تلك، يبدأ نظام جديد من التغيرات الكيميائية لكلٍّ من الجثة والرسوبيات المحيطة بها.

### البيئة وحفظ الكائنات

ذلك لا يبدو متوافقاً مع النطق أن جزءاً من جسم حيوان ما يمكنه مقاومة آثار مرور العديد والعديد من السنوات؛ إذ إننا نرى أنه في أغلب الأحوال في نطاق مساحة زمنية لا تتجاوز بضع سنوات تتعرض نفس تلك الأجسام للدمار الشامل. غير أن هذا الاعتراض من الممكن بسهولة الرد عليه بالقول إن الأمر برمته يتوقف على نوع التربة: إذ إنني شاهدت مهاداً من «الطمي» أدابت

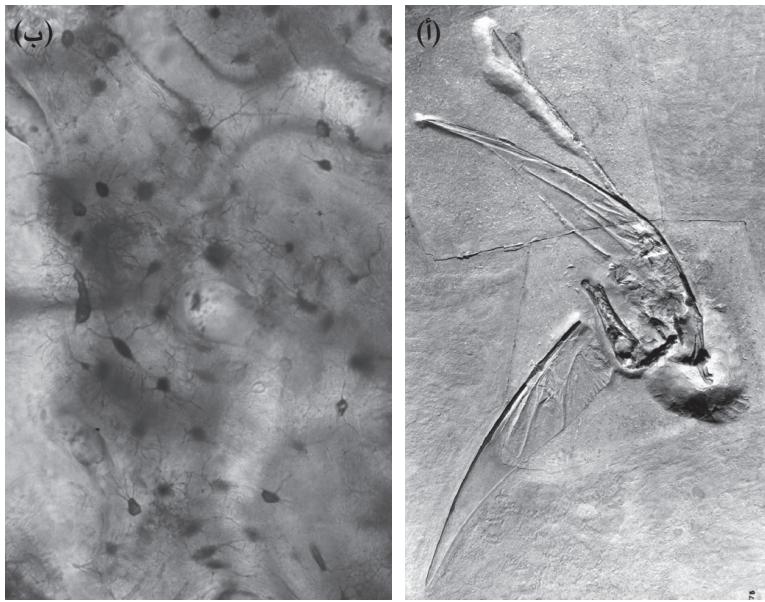
— نظرًا لرقتها ونعومة عصاراتها — جميع الأجسام التي احتوتها بداخلها؛ غير أنني شاهدت أيضًا مهادًا «رمليّة» حفظت جميع الأجزاء المطمورة فيها.

ستينو، «بحث تمييدي لأطروحة حول احتواء جسم صلب داخل جسم صلب آخر في الطبيعة» (١٦٦٩؛ ترجمه إلى الإنجليزية: هانز أولدنبرج، ١٦٧١)

## الكيمياء

أيًّا كانت أجزاء الكائن الأصلي التي بقيت كل تلك المادة — والتي ربما تشمل بعض الأنسجة العضوية، التي تتكون على الأرجح من بعض قطع هيكل معدني مقاوم للتآكل — فإن تغليف تلك البقايا المتحللة داخل الرسوبيات الرطبة يخلق بيئَة كيميائية مجهرية ثلاثية الأبعاد. وهنا ينشأ حسَاء كيميائي موضعي ذو ظروف خاصة من الحموضة أو القلوية، ومركب ديناميكي من المواد الكيميائية التي يخرج بعضها نتاج تحلل البقايا إلى الطبقة الرسوبية، ويأتي البعض الآخرقادًما من المياه والرسوبيات المحيطة. في أغلب الحالات، يأتي المحرك الكيميائي لهذه التغييرات من تحلل المادة العضوية المتبقية داخل الجيف (أكسدة الفوسفات والنترات، ثم بعد ذلك اختزال الكبريت). من الجائز أن يكون من العوامل الخاصة في عملية الحفظ وجود حصائر أو طبقات رقيقة من الكائنات المجهرية الدقيقة كالبكتيريا تكسو سطح الجيف. وتتوفر تلك الأغطية بيئَة عضوية تساعد على التمعدن وتنشِّط التركيز الموضعي للفوسفات والكرbones. وفي الموضع التي يحدث فيها ذلك، قد يكون مستوى التفاصيل المحفوظة في الحفرية مرتفعاً.

لما كانت العمليات الكيميائية للتصدُّل تجري داخل محلول مائي (الماء الذي تحتوي عليه الفراغات المسامية التي بالطبقة الرسوبية)، فإن جزءاً كبيراً من العملية يعتمد على القابلية النسبية للذوبان للمواد التي تدخل في تلك العملية. فالعديد من المواد — ومنها على سبيل المثال، مينا الأسنان — تقاوم بشدة الذوبان في الماء. أما الأملاح المعدنية في العظام فإنها قابلة بنسبة طفيفة للغاية للذوبان في الماء، وأكثر قابلية للذوبان في الماء المالح. وما إذا كانت الأملاح المعدنية ستذوب في المياه المحيطة أم لا، فإن هذا سيعتمد أيضًا على مقدار الأملاح المعدنية التي تحتويها الحفريات بالفعل. في حالة معظم المواد الكيميائية، يكون المقدار الذي سيذوب في مقدار معلوم من الماء محدودًا، ويقال: إن



شكل ١-٥: عملية الحفظ: (أ) هذه العينة للرامفورينكوس — وهو زاحف طائر عُثر عليه في سولنهوفن — تحتفظ بتحطيط الغشاء الرقيق لجناح الطائر. (ب) تحت المجهر يوضح هنا المقطع العرضي لقشرة سمكة من العصر البرمي (إكتوستيوراكيس نيتيوس) من تكساس، آثار وعاء دموي محفوظ وفراغات خلايا العظم، وتلك الأخيرة مملوءة بمعدن أسود غني بالحديد.

المحلول «مشبع» عند تجاوز نقطة معينة، الكثير من مياه المسام تكون مشبعة بالفعل بالفوسفات والكريبونات، وهذا من شأنه أن يؤخر عملية ذوبان الأملاح من الجيف في الماء أو يحول دونها. (من الجائز في ظل ظروف معينة أن يكون المحلول في حالة غير مستقرة من «التشبع الزائد»، ثم تتسرب عوامل تحفيز متعددة في ترسيب المادة الذائبة خارجه من جديد. وفي تلك الحالة، تضاف أملاح معدنية إلى الحفريات بدلاً من أن تنزع منها).

وت تكون هياكل العديد من اللافقاريات من كربونات الكالسيوم؛ والطباشير والحجر الجيري مكونان من كربونات الكالسيوم أيضاً. وفي الهياكل الحية، يوجد هذا المركب

في صورتين هيكليتين مختلفتين: «الأرجونايت» في حالة معظم الرخويات وبعض الشعاب المرجانية والإسفنجيات؛ و«الكالسايت» لدى معظم عضديات الأرجل، وبعض الإسفنجيات، والمنخرات، والصفويات وشوكيات الجلد، وبعض مفصليات الأرجل؛ ولدى العديد من المجموعات تركيب مختلط. نادرًا ما يُحفظ الأرجونايت سليمًا، حيث إنه مركب غير مستقر وعادةً ما يحل الكالسايت محله سريعاً. في عملية التحول إلى حفرية شيءٍ مثل صدفة الأمونيايت، يحدث من جديد أمر أشبه بسباق بين ذوبان الأرجونايت وترسيب الكالسايت.

إذا بدأت عملية الذوبان تماماً قبل أن يستبدل المعدن، من الجائز أن تترك الحفريّة في صورة قالب طبيعي أحوج داخل الطبقة الرسوبيّة؛ ولعل هذا الأمر يتطلب معاونة غطاء كاسٍ من الكائنات المجهرية. أما إذا سارت عملية إحلال الكالسايت محل الأرجونايت بصورة مطردة في موقع الحفريّة، فمن الجائز أن يُحفظ التركيب المجهي الداخلي للصدفة. وفي بعض الأحيان، يُحفظ الأرجونايت الأصلي ثم قد يغترب الماء على الألوان الأصلية للأمونيايت المتحجرة التي تعود للعصر الطباشيري. وربما يحل الدولومايت (كربونات المغنيسيوم)، أو البايرايت (كربونات الحديد) أو السيليكا — في صورة أوبيال أو عقيق أبيض — محلَّ كلٍّ من الأرجونايت والكالسايت بصورة كليّة أو جزئيّة.

في الأحوال العاديّة، تكون هيكل الفقاريات مصنوعة من فوسفات الكالسيوم (هيدروكسي-أباتايت) لا من كربونات الكالسيوم. العظام مادة مركبة تتربّس المعادن بداخلها فوق هيكل بروتيني من الكولاجين، وعادةً ما تكون مليئة بالخلايا والأوعية الدموية. في عملية التحول إلى حفريّة، ومع بدء عملية التحلل، قد يحل الكالسايت محل الأباتايت. وعادةً ما يفقد الهيكل المجهي للكولاجين وتتمتّع الفراغات المتخلّفة عنه بكربونات كالسيوم أعيد تبلورها من مياه المسام. وعادةً ما يلتقط هذا توقيع العناصر الزهيدة مثل الكادميوم والكروم، وعناصر الأرض النادرة مثل الثوريوم واليورانيوم من مياه المسام. وقد تبيّن أن تلك الحقيقة مفيدة للغاية؛ لأن تلك العناصر الزهيدة من الممكن أن تكشف عن المصدر الذي جاءت منه الحفريّة. فعلّى سبيل المثال، عادةً ما تكون حفريات الأسماك التي عُثر عليها في مجموعة صخور نيوارك التي تعود للعصر الترياسي المتأخر الموجودة في شرق أمريكا الشمالية نشطة إشعاعيًّا بسبب احتوائها على مادة اليورانيوم. وفي بعض الأحيان تحل السيليكا (الأوبال) محل أباتايت العظام؛ بل إنه يوجد هيكل كامل لحيوان بلزيوصور من أستراليا مكون بالكامل من الأوبال.

عادةً ما تكون هيكل السيليكا لبعض الإسفنجيات، والدياتومات، والراديولاريا في صورة (أوبال-إيه) الذي يذوب في مياه المسام القلوية (منتجاً محلولاً مشيناً من الأوبال-سي تي المتبلور المجهري) ثم بعد ذلك يعاد تبلوره في صورة كوارتز. إلا أنه قبل أن يصير هذا الأمر ممكناً الحدوث، قد يذوب الهيكل الأصلي المصنوع من السيليكا تماماً أو يحل محله الكالسait، أو في حالة وجوده في رسوبيات غنية بالمادة العضوية، يحل محله مركب فوسفات الكالسيوم.

في عملية التمعدن، تنفذ المعادن الذائبة في مياه المسام بالطبقة الرسوبيّة إلى جميع الفراغات المسامية المتبقية داخل الأنسجة مثل الخشب وعظام الفقاريات وتترسب بداخلها. وتتفقّر أصداف اللافقاريات إلى مثل تلك الفراغات. المادة النباتية هي الأكثر تعرضاً للتحول إلى سيليكا من النسيج الحيوي، لدرجة أن هناك أشجاراً متجردة بأكملها. في حالات خاصة مثل الترسيبات الحفريّة المعروفة باسم رايني تشيرت التي عثر عليها في اسكتلندا وتعود للعصر الديفوني المبكر، كانت بيئـة من برك المياه العذبة الضحلة تحاط على فترات دورية بمياه آتية من ينابيع حارة مشبعة بالسيليكا. وهنا، اختصر زمن التحلل العضوي وسمحت عملية التحول السريع إلى السيليكون بحفظ الأنسجة الرخوة. وهناك أنواع أخرى من التمعدن تتضمّن تكوناً للبـايرـايت وأنواع مختلفة من مرکبات الفوسفات. وكلما بدأت عملية التمعدن أسرع، كانت فرص حفظ تفاصيل الأنسجة الرخوة أفضل.

ربما كان أوضح مثال على النشاط الكيميائي داخل البيئة المصغرة المحيطة بالبقايا المطمورـة هو تكون ما يعرف بالعقـيدـات. وهنا، تتكون عـقـيدةـ من الكربونات داخل الطبقة الرسوبيـةـ المحيـطةـ، وذلك حول نواة من مادة عـضـويـةـ، فيما يـشـبهـ نموـ لـؤـلـؤـةـ حول حـبةـ رـمالـ دـاخـلـ محـارـةـ. إنـ شـكـلـ العـقـيدةـ وـتـفـاصـيلـ تـكـوـينـهاـ يـعـتمـدـ اـعـتمـادـاـ كـبـيرـاـ عـلـىـ موقعـ الجـيـفـةـ بـالـنـسـبـةـ لـنـطـقـةـ التـرسـيبـ الجـدـيـدـ وـعـلـىـ عـوـاـمـلـ أـخـرـىـ مـثـلـ إـنـتـاجـ المـيـثـانـ أـثـنـاءـ تـحـلـلـ المـوـادـ عـضـويـةـ. ويـتـمـ العـثـورـ عـلـىـ مـتـحـجـرـاتـ فيـ مـوـاـقـعـ عـدـيـدـ فيـ جـمـيعـ أـنـاءـ الـعـالـمـ. وـفـيـ أـلـغـبـ الـحـالـاتـ، لمـ تـكـنـ النـوـاـةـ سـوـىـ شـذـرـةـ مـنـ مـادـةـ عـضـويـةـ، غـيرـ أـنـهـ فـيـ بـعـضـ الـحـالـاتـ يـتـبـيـنـ أـنـ الـمـتـحـجـرـ تـحـتـويـ عـلـىـ حـفـرـيـةـ مـتـمـيـزـةـ. مـنـ بـيـنـ أـشـهـرـ الـأـمـاـكـنـ الـتـيـ تـوـجـدـ بـهـ الـعـقـيدـاتـ مـوـقـعـ جـوـجـوـ فـوـرـمـيـشـنـ الـذـيـ يـنـتـمـيـ إـلـىـ الـعـصـرـ الـدـيـفـونـيـ بـغـرـبـيـ أـسـتـرـالـياـ؛ـ وـمـوـقـعـ مـازـونـ كـرـيـكـ الـبـنـسـلـفـانـيـ (ـالـذـيـ يـرـجـعـ لـلـعـصـرـ الـكـرـبـوـنـيـ الـمـتـاـخـرـ)ـ فـيـ وـلـاـيـةـ إـلـيـنـوـيـ؛ـ وـقـيـعـانـ الـعـقـيدـاتـ الـمـنـتـمـيـةـ لـلـعـصـرـ الـتـرـيـاـسيـ بـمـدـغـشـقـرـ؛ـ وـمـوـقـعـ سـانـتـانـاـ فـوـرـمـيـشـنـ الـذـيـ

يرجع للعصر الطباشيري بالبرازيل؛ وموقع فوكس هيل ساندستون بذاكوتا الشمالية؛ وفي تكوين لدن كلاري فورميشن الذي ينتمي للعصر الإيوسيني. عند تكون العُقَيْدَة، يُعتقد أن اختزال المادة العضوية للنواة يؤدي إلى تشبع فائق موضعي للمياه المسامية بالكريبونات. وبعدها يعاد ترسب تلك الكربونات حول المحيط الخارجي للعُقَيْدَة النامية (في صورة معادن السايدرايت أو الأنكريات).



شكل ٢-٥: أمونيات ليتوسيراس التي تنتمي إلى العصر الجوراسي، وقد قُطعت كي تبين تركيبها الداخلي؛ امتلأ حجرات الهواء الأصلية بالكلسيت، والبعض منها ذاب فيما بعد وتحلل.

برغم حدوث تحلل عام للمواد العضوية في الحفريات الآخذة في التكون، فإنه يحدث في حالات خاصة أن ينقطع مسار ذلك التحلل بحيث – مثلما هو الحال عند تكون الخُث والفحm والنفط – يجري حفظ قدر كبير من المادة العضوية. ينشأ الفحم عن

طريق تحلل غير مكتمل لترسبات هائلة الحجم أشبه بالخث من مادة نباتية تراكمت في مستنقعات بالغة القدم بالمناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، ويمثل النفط والغاز بقايا مواد هيدروكربونية غُزلت داخل أجساد تريليونات لا تحصى من الكائنات المجهريّة البلانكتونية التي عاشت في محيطات سقيقة القدم. وينتقل الغاز والنفط عبر الصخور المسامية ويترافقان داخلها، ويمكن استخراجهما من تلك الصخور. وفي تلك الأحوال الثلاثة، تكون الحرارة والضغط عاملين ضروريين لتلك العملية.

برغم كل تلك التقلبات، فإن بعض البروتينات — منها الكولاجين على سبيل المثال — من الجائز أن تمر مدة زمنية طويلة داخل البقايا الحفريّة. وربما تبقى آثار الحمض الأميني لعدة ملايين من السنين (تصل إلى ١٠٠ مليون عام، كما يزعم البعض)، بل إن شذرات من تسلسلات الحمض النووي دي إن إيه من الجائز أن تصمد مدة تتراوح بين ١٠٠ إلى ١٢٠ ألف عام. وكلما كبر حجم الجزيئات التي حفظت، زاد حجم المعلومات التي من المتوقع أن تحويها. من ناحية أخرى، في بعض الحفريات يكون كل ما تبقى منها هو غشاءً كربونيًّا، وكأنه صورة فوتوغرافية تسجل بأمانة تامة شكل الكائن الحي، فوق الصخرة.

## التصرّر

تكون عملية تصلد البقايا الحفريّة مصحوبة بسلسلة كاملة من العمليات الموازية لما يعرف بالتصحر (أي التحول إلى صخر). يشجع الانضغاط والتخلص من الماء على التحام حبيبات الطبقة الرسوبيّة معًا والتصاقها، وهكذا قد تتكون بلورات معادن جديدة مثل الفيلدسبار. ويعتمد مقدار تشوّه البقايا الحفريّة عن طريق انضغاط الصخور اعتماداً كبيراً على التوقّيت النسبي للأحداث. فإذا سبق التصرّر عملية الانضغاط بفترة زمنية كافية، فإن البقايا الحفريّة تُحفظ سليمة بأبعادها المجمّدة. ولكن الكثير والكثير من الحفريات ينتهي بها الأمر إلى أن تصير مسطحة كليًّا أو جزئيًّا، وغالباً ما تتّشوّه على نحو عجيب من خلال التشوّه التشكيلي للحفرية والصخور معًا. ويلعب الضغط والحرارة دوراً رئيسياً في التصلد المتأخر، ولكن ليس في جميع الأحوال. فبعض الحفريات باللغة القدم تبدو طبيعية للغاية، في حين أن حفريات أخرى تبدو كما لو أنها قد تعرّضت لعملية طهي.

## الحفرات والصناعة

للحفرات عدد من الاستخدامات الاقتصادية المباشرة، بخلاف إسهامها في العلوم البحثية. تُستخرج الصخور المكونة من دياتومات حفريات مجهرية لمناطق كبير من الاستخدامات، مثل استخدامها في المرشحات (الترباب الدياتومي)، بل وحتى في مستحضرات التجميل. يطلق على الفحم والغاز الطبيعي والنفط «الوقود الحفري»، وهي نتاج كائنات كانت حية ذات يوم، برغم تزايد الجدل بشأن غاز الميثان ربما يكون من الصخور نفسها بعد التعرض لضغط هائل. وهي جميعاً من الهيدروكربونات العضوية، ومصدرها الرئيسي المادة النباتية الميتة؛ في حالة الفحم، جاءت تلك المركبات من ترسبات حُثّت عتيقة في المياه العذبة ترسّبت في مستنقعات؛ أما في حالة النفط، فجاءت من بلانكتون مجهرى كان يعيش في البحر.

وكما تسمح «الأنماط المميزة» من الحفرات للجيولوجيين بدقة أن يربطوا بين الطبقات في تسلسل طبقات، فإنها يمكن استخدامها لأغراض تنمية. ففيما يقعان كافة أحواض المحيطات – منذ قديم الأزل إلى اليوم – تراكم طبقات فوق طبقات من الحفرات المجهرية: المنحنيات، والصفائح الحجرية، والدياتومات، والرادوليولاريا. وتشهد الترسبات الطباشيرية – التي يبلغ سمكها آلاف الأقدام من أوروبا إلى أستراليا – لكل من غزارة إنتاجية المحيطات ومقاومة تلك الهياكل المجهرية للتحلل. وفيما يُستخدم مستكشفو صناعتي الغاز والنفط الأنماط التي تميز تلك الحفرات المجهرية عند تحليل العينات من الحفر التي يصنعنها في الأرض. وبهذه الطريقة، تتمكن قراءة جيولوجيا المنطقة حتى من عينات تُستخرج من الحفر التي تصنع من على ظهر السفن، والتنبؤ ليس بأماكن تواجد خزانات النفط فحسب، وإنما أيضاً بكميات النفط التي تحتوي عليها.

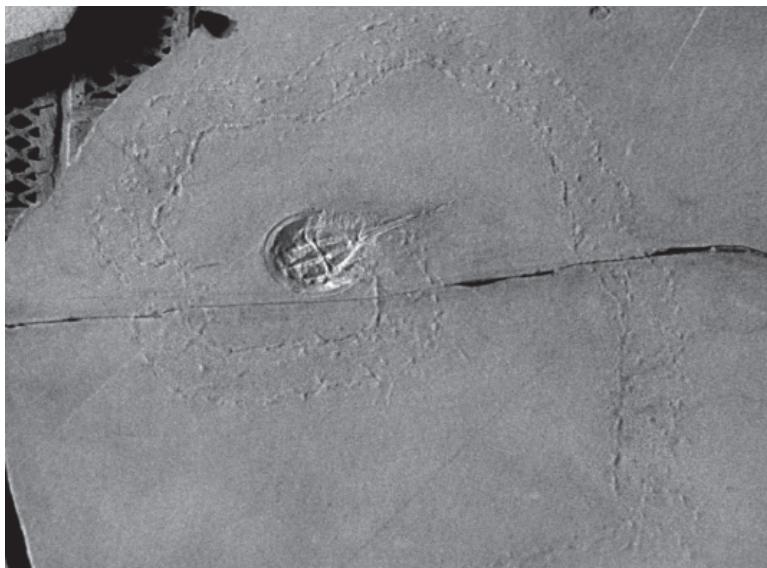
وتباين الآراء فيما يتعلق بإجمالي طول المدة الزمنية اللازمة «لتكون حفريه ما». إن عمليات التثبيت الكيميائي والتصدّل ينبغي أن تبدأ في غضون أيام من الانطماس، والتمعدن ربما يكتمل إلى حدٍ كبير في غضون عشرات السنين. أما بالنسبة لحفظ التفاصيل الدقيقة، بل ويصل الأمر فيه لحفظ الأنسجة الرخوة – وهو ما يكسب ما يسمى بترسبات لاجرستاتن أهمية بالغة – لا بد أن تكون المراحل المبكرة قد حدثت بسرعة كبيرة. إلا أنه حتى في تلك الحالة، قد تستغرق عملية التصلب والتصرّر التام للرسوبيات المحيطة بها آلاف – وربما ملايين – السنين.

## الآثار الأحفورية

مع أن البقايا الحفريّة للأجزاء الصلبة من الجسم والحفريات التي نفع عليها في بعض الأحيان لأجزاء رخوة تخبرنا بالكثير والكثير عن الكائن الأصلي، فإن الآثار الأحفورية

## الحفريات

تعطينا رؤية مختلفة وموازية عن العالم المنشئ. وتشمل تلك الظاهرة آثار أقدام الكائن، والأنفاق التي حفرها، وبقايا الروث، والثقوب التي صنعها وعلامات أسنانه، وهي مجتمعة مع ظواهر متعلقة بها مثل طبعات قطرات المطر، وشقوقات الطمي، وعلامات التموج والتغيرات البحرية، تقدم لنا معلومات بيئية وسلوكية فريدة من نوعها.



شكل ٣-٥: سلطان حدوة الحصان – الذي يتم بصلة قرابة وثيقة لسلطعون حدوة الحصان المعاصر – قد زحف نحو طمي حجر جيري سام في العصر الجوراسي بموقع سولنهوفن وسرعان ما لقي حتفه فجأة في مكانه.

معظم الآثار الأحفورية تكونت في مادة لينة أو عندما صنع كائن ما علامة مميزة فوق سطح ما يتسم بالصفات الملائمة، والتي يُعدُّ الطمي أبرزها. ولا بد أن السطح لم يكن مبتلاً بشدة، وإلا ضاع الأثر سريعاً، ولا شديد اللزوجة، وإلا يصبح تحديد العلامة مبهماً. ربما بسبب ضخامة الحجم والعمق، فإن مسارات أقدام الديناصورات شديدة الشيوخ. وفي أحوال بالغة الندرة، بالطبع، يمكن التعرف على الكائن الذي صنع الأثر من

حيث نوعه؛ وهذا لا يكون ممكناً إلا في ظل وضع نموذجي، كأن يُعثر على الحيوان راقداً ميتاً في خندقه أو عند نهاية خط سيره، مثلما هو الحال في المثال الشهير لسرطان حدوة الحصان الذي انجرف إلى هور سولنهوفن، ثم مات فجأة في مكانه.

عادةً ما يبين فحص مقطع رأسِي لأثر الأقدام أن البصمة ربما تكون انطبعت خلال عدة طبقات رقيقة من الرسوبيات، وأن مستوى القاع الذي يتم شطره للكشف عن الأثر ربما لا يكون هو المستوى «العلوي» الذي يميز الفاصل بين السطح الأصلي وبين طبقة رسوبية ترسّبت في وقت لاحق. ومعنى ذلك أنه – في حالة بصمة قدم ثقيلة – ربما يتم حفظ الطبيعة الأصلية لأثر الأقدام في رسوبيات أعمق، حتى وإن كانت العلامة الفعلية فوق السطح المكشف قد تعرَّضت للتلوث أو المحو.

## الاكتشاف والإعداد

من الممكن أن تضيع بقايا أي كائن عند أية مرحلة، وحتى عندما تُحفظ الحفريات، فإنها قد تكون مراوغة على نحو مذهل؛ فقد تكون مطمورة بالعديد والعديد من الطبقات المكونة من صخور أحدث عهداً حتى إنها قد لا تظهر على السطح مطلقاً إلى الأبد. وربما تتعرض الصخور التي دفنت فيها للدمار من خلال عمليات التآكل أو الاندساس. ولا يمكن العثور على الحفريات والتقاطها إلا عندما ينكشف من جديد المهد الذي ترقد فيه ويخرج إلى سطح الأرض (أن تعمل قوى الطبيعة على تعرية الطبقات الصخرية التي تعلوها أو أن تتم تلك التعرية بيد الإنسان). وفي أوروبا الغربية حيث الطقس لطيف وتعمل الارتفاعات المنخفضة (في أغلب البقاع) على ضمان نمو كثيف للحياة النباتية، فيعتمد اكتشاف الحفريات على التعرية التي تحدث بالمصادفة على امتداد قيعان الجداول، وسفوح التلال المنحدرة، والجروف البحرية وفي المحاجر، وأثناء شق الطرق وإنشاء خطوط السكك الحديدية، وأعمال حفر المناجم. ونجد على النقيض من ذلك أنه في أماكن مثل غرب أمريكا الشمالية، وأستراليا وصحراء جوبي توجد مسطحات من الأرضي المكشوفة نسبياً، والتي تتعرض لعوامل التعرية بمعدل أسرع، فتكتشف عن عدد أكبر من الحفريات، إن وجد. وأينما ظهرت الحفريات، من الضروري العثور عليها بسرعة نسبية قبل أن تختزل من جديد لتصبح حبات رمال بفعل التجوية أو التآكل.

العثور على الأماكن الملائمة والصخور المناسبة للاستكشاف يعد علمياً وفناً في آن واحد. وفي كثير من الأحيان، يعتمد اكتشاف موقع ما للحفريات أولاً على الاستكشاف

الجيولوجي الأساسي وعلى رسم الخرائط التي رسمها أناس آخرون. فالعديد من الواقع المهمة اكتشفت لأول مرة عن طريق شخص ما وجد قطعة أو قطعتين من الحفريات التي ظهرت على السطح بفعل التجوية. وفي نهاية المطاف، فإن العثور على الحفريات يعتمد على أمرتين: الكثير والكثير من البحث وامتلاك «عين ثاقبة». وفي حين أن العامل الأول واضح، فإن الثاني ليس كذلك. فقد كان لدى كبار جامعي الحفريات دوماً القدرة على رؤية الحفريات في أماكن كان غيرهم سيمر عليها مرور الكرام. وهو أمر يبدو أنه ليس من السهولة اكتسابه. وقد اكتشفت — وأنا نفسي لا أمتلك تلك العين الثاقبة — مبكراً أن أفضل عمليات جمع الحفريات التي قمت بها كانت في دوالib المتاحف حيث تركز عمل خبراء سابقين على مدار مئات السنوات. لكن أولئك الذين يرغبون في دراسة علم ما مثل تركيب مجتمع الحفريات، عليهم أن يخرجوا ويبذلوا الجهد الشاق بأنفسهم؛ لأنه نادراً ما يتبيّن للمرء أن آخرين جمعوا الحفريات للهدف نفسه الذي سعى هو إليه. حتى عند العثور على إحدى الحفريات، والتقطها بحرص، وإحضارها للمعمل لدراستها، لا يزال هناك الكثير من العمل لإنجازه. ففي المعمل، يتولى أمر الحفريات «معد» يتوقف الكثير على ما يتمتع به من مهارات تقنية. فينبغي إزالة التغليف الواقي بحرص بالغ؛ لأن الصخرة ستكون قد جفت خلال الفترة الزمنية التي مرت منذ جمع العينة، كما ينبغي أيضاً إزالة أي صمغ أو مثبت وُضع في الميدان. بعدها يجري إعداد العينة بحرص، ويكون ذلك عادةً بأسلوب ميكانيكي مختبر زميّناً حيث تُزال الصخرة المغلفة للحفريات ببطء شديد تحت المجهر باستخدام أزاميل وإبر دقيقة جداً من الصلب. وفي بعض الأحيان، من الممكن استعمال أدوات ميكانيكية مثل مثقب الأسنان إذا كانت الحفريات تستحمل الذبذبات. وفي بعض الأحيان، يُزال الكسae المغطي لها بإذابته بالأحماض. وإذا كانت الحفريات مصنوعة من شيء يتمتع بمقاومة جيدة نسبياً مثل السيليكا ومحفوظة داخل حجر جيري، فإنه من الممكن إذابة الحجر الجيري بحرص في حمض مخفف، بحيث يخلف الحفريات المكوّنة من السيليكا دون أن يمسها بسوء. ويبدو هذا أشبه بعملية بسيطة نسبياً، لكنه أمر عسير دوماً كما أنه يستغرق الكثير من الوقت؛ لأن الحفريات نفسها يجب حمايتها بالشمع والورنيش أثناء غمر الحفريات بأكملها داخل حوض من المادة الحمضية. وبعدها تُغسل ثم يجري تكرار العملية برمتها عدة مرات.

وينتهي الأمر ببعض الحفريات داخل طبقات رسوبية مثل الطباشير والليجناتيت التي تكون على درجة من اللين بحيث يمكن الحفر واستخراجها باستخدام سكين

خلط الألوان التي يستخدمها الرسامون ثم تنظيفها بالماء مع الفرشاة. بينما نجد صخوراً أخرى بالغة الصلادة، لا سيما عندما تكون ملتصقة معًا بمعادن يدخل الحديد في تركيبها، بحيث تكون شديدة المقاومة لأقوى أنواع الأزاميل وللغالبية العظمى من الأحماض عدا أشدتها قوة. وفي المتوسط، كلما كانت الطبقة الرسوبيّة أحدث عهداً، كانت الحفريّة أفضل وأيسر في «تجهيزها». وأقل الطرق اختراقاً لفحص الحفريّة هي عن طريق مسحها بالأشعة المقطعيّة، وإعادة بناء الحيوان بأكمله بواسطة الكمبيوتر. أما أكثرها اختراقاً فهي كسر أجزاء تسلسليّة على مسافات بالغة الدقة (٣٠ ميكرونًا، على سبيل المثال)، وتصويرها في كل مرة، ثم إعادة تكوينها باستخدام الكمبيوتر. وعلى أية حال، وفي الغالب الأعم، من الممكن أن تمر أيام، بل وأسابيع، إلى أن تكتشف التفاصيل الكاملة للعينة.



## الفصل السادس

# إعادة الحفريات إلى الحياة

نادرًا ما يكون علم المتحجرات ملحمة بطولية جميلة من الحفر لاستخراج هياكل عظمية كاملة أو مجتمعات بأسرها محفوظة سليمة في صخرة لينة لطيفة؛ ففي الغالب تكون المهمة شاقة؛ عبارة عن التقاط الآلاف والآلاف من شظايا الحفريات من أجل العثور على أدلة بالغة الدقة يمكن تجميعها، وغالبًا ما يكون ذلك على مدار سنوات، لتصبح ذات شكل متماضك الأجزاء. من ثم فإن قدرًا كبيرًا من السحر الذي يتمتع به علم المتحجرات يمكنُ في دور المخبر السري الذي يلعبه العالم. فعالِم المتحجرات يعمل بأسلوب يشبه كثيرًا أسلوب عمل عالم الطب الشرعي الذي نعرفه في المسلسلات البوليسية (وفي الحياة الواقعية)، فهو يستنتِج أسرار حياة فرد وحياة العالم أجمع من بعض البقايا التي تغيب عنها الحياة.

ولعلم المتحجرات عدة أهداف طموحة بصورة استثنائية. على المستوى التاريخي، كانت أولى تلك الأهداف استخدام الحفريات في علم رسم طبقات الأرض، واكتشاف وتفسير تركيب وتاريخ الأرض نفسها. كل طبقة من الأجزاء الرسوبيّة لقشرة الأرض لها حفريات لها الميزة الخاصة بها، وهو ما يجعلها تقدم مفتاحًا لعمرها مقارنة بالطبقات الأخرى، وكذلك البيئة الأصلية. ولما كانت الطبقات عبر الزمن تظهر ممالك حيوانية ونباتية متباعدة «وإن كانت مرتبطة بصورة واضحة»، فقد أعقَب ذلك الهدف الثاني: إعادة تجميع علم أنساب شامل جامع — أي العلاقات التداخلية التطورية — للحفريات والكائنات الحية، للعودة إلى أصول الحياة ذاتها. وما من عالمٍ متحجرات يمكنه أن يتخيل يومًا أن شجرة العائلة الناتجة ستكون مكتملة. غير أن كل حفرية يُعثر عليها لديها القدرة على إضافة شيء ما لقاعدة البيانات التطورية. ولكن المهمة الثالثة الرئيسية لعلم المتحجرات أكثر طموحًا: أن نفهم ما كانت عليه الكائنات التي صارت حفريات

أثناء حياتها. ولنست مهمته أن نتعرف على هذه الكائنات فحسب، وإنما أن نعيد بناء مظاهرها، ووظائفها الميكانيكية والفيسيولوجية، والبيئة التي عاشت فيها، بل وحتى سلوكياتها.

## الكائن الحي

تعتمد عملية إعادة بناء الكائن الحي اعتماداً كبيراً على امتلاك معرفة واضحة ببيولوجية الكائنات الحية والعثور على نظير ملائم له بين الكائنات الحية الحالية. ويمكننا – على سبيل المثال – الاستدلال من أسنان حفرية ما على نوع الطعام الذي كان الحيوان يقتات عليه؛ ويمكن لل forskin أن يدلانا على الأسلوب الذي كان يمضغ به الطعام؛ أما المفاصل وندوب العضلات ونسبة الأطراف بعضها إلى بعض، فتدلنا على الطريقة التي كان يسير أو يركض بها؛ والصادفة من شأنها أن تدلنا على الأسلوب الذي كان يختبئ به؛ ومن هذه النسب يمكننا أن نقدر حجم الكائن بأكمله. وفي حالة حيوانات كثيرة، من الممكن في الغالب أن نعرف ما إذا كان ذكراً أم أنثى. وفي الفقاريات، يدل تعظم الدرزات في الجمامح على الفرد البالغ وهكذا. وتدل أشكال أوراق الأشجار الحية على سمات البيئة التي تعيش فيها: فالأوراق المجزأة ذات الأطراف الطويلة عادةً ما تكون لنباتات تعيش في بيئات رطبة، والأوراق الرفيعة الطويلة أكثر كفاءة في جمع طاقة الشمس في البيئات الجافة المكشوفة، والحواف المستديرة للأوراق تميز أكثر ظروف الأجواء المعتدلة. وفي الوقت نفسه، تعتمد عمليات إعادة بناء الحفيّات الجديدة (بل ومراجعتنا المستمرة لإعادة بناء الحفيّات القديمة) على – كما أنها تعدل بناءً على – النماذج الحية التي ننتقيها كي نقارنها بها. ومما لا شك فيه أن الحيوان أو النبات الذي تحول إلى حفرية والذي نسعى لإعادة بنائه على الأرجح كان يبدو – ويحيا – أشبه بأقرب أقربائه من الأحياء، أكثر من أي شيء آخر.

بعد أن تسلّحنا بتلك القواعد، حتى لو كان لدينا حفرية عبارة عن جزء واحد من الهيكل العظمي فإن باستطاعتنا القيام بتقديرات مستنيرة للشكل الذي كانت عليه الأجزاء المجاورة له. فالكائن الذي تكون أرجله الأمامية مثل أرجل الفيل لن تكون أرجله الخلفية مثل أرجل الغزال، على سبيل المثال. في بدايات القرن التاسع عشر، كان البروفيسور كوفييه (والذي صار بعد ذلك باروناً) في باريس على يقين تامٌ من قدرته على التنبؤ بالهيكل العظمي بأكمله من مجرد جزء صغير، لدرجة أنه وضع «مبدأ ارتباط

الأشكال في الكائنات المنتظمة» الذي وضع قانوناً لهذا النوع من الاتساق. وقد كان على يقين أن باستطاعته إعادة بناء هيكل عظمي كامل من مجرد عظمة واحدة ليس إلا. ومن ثم، فإن قدرًا كبيراً من العمل يعتمد على معرفة عالم المتحجرات بنوع الكائن الذي يتعامل معه. فحفريات لاماوث — على سبيل المثال — يمكن أن تتوقع وجود أوجه شبه كثيرة لها مع حيوانات الأفيال الحية الآن. ولكننا عندما نتعامل مع مجموعة من حفريات الكائنات العملاقة التي لا تنتهي بصلة القرابة واضحة بالحيوانات التي تحيا الآن، تصبح المشكلة أكثر صعوبة. فديناصور الإيجوانودون سمي بذلك الاسم لأن أسنانه كانت تشبه أسنان السحلية المعاصرة، المسماة إيجوانا. غير أن الديناصور ليس مجرد سحلية متضخمة؛ كما أن الإكتيوبصورات ليست تماسيخ، كما اعتقد في بادئ الأمر. أما البليزوصورات (التي وصفت بأنها تشبه ثعباناً يمر عبر جسد سلحفاة)، فقد كانت أكثر صعوبة في تفسيرها. عندما اكتشف أول بليزوصور عام ١٨٢١ على يد ماري آننج، جزم كوفيه بقوه أنه لا بد وأن يكون خطأً أو شيئاً مزيفاً؛ لأنه لم يكن هناك حيوان معروف له مثل هذه الرأس الصغيرة والعنق والجسد الطويل. فحيوان بهذا لم يكن من الممكن أن يكون له وجود! ثم تبين أنه في علم المتحجرات — مثلما هو الحال في أي علم آخر، وبالنسبة لكونه كوفي، مثلما هو الحال بالنسبة لنا جميعاً — يكون أصعب شيء على المرء هو أن يكتشف مدى جهله. فقد كشف لنا سجل الحفريات عن الكثير والكثير من الكائنات التي تبدو للوهلة الأولى أنها ما كان من الممكن أن تكون موجودة. وهناك الكثير من الحفريات التي ليس لها نظير بين الكائنات الحية التي نعرفها. وجميع حالات التشابه ليست سوى أساس لإعادة البناء وليس برهاناً على هوية الكائن.

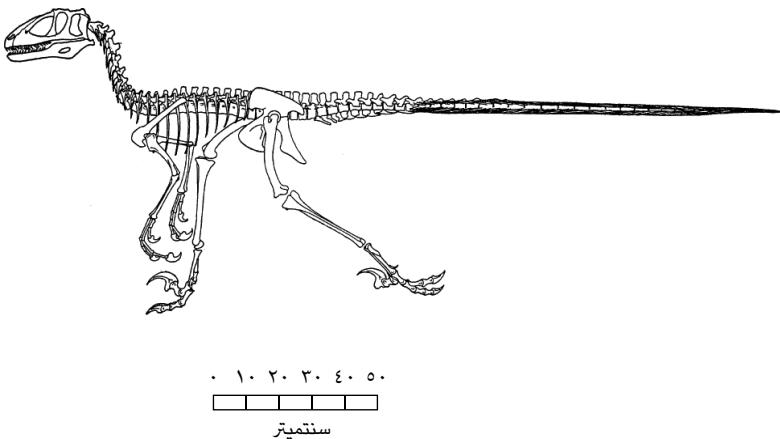
كما شرحنا في الفصل الثالث، كان اكتشاف الديناصورات في عشرينيات وخمسينيات القرن التاسع عشر إشارة بده ظاهرة كبرى في الثقافة الشعبية. وعندما قام ويليام باكلاند — الأستاذ بجامعة أكسفورد — بوصف الميجالوصور لأول مرة معتمداً على بعض القطع من الفك، والوحوض، وبعض عظام الأطراف، لم يكن هناك حيوان يسير على قدمين مشابه له معروف آنذاك، وكان من المنطقى إعادة بنائه باعتباره حيواناً يسير على أربع؛ يشبه في جزء منه الضفدع وفي جزء آخر حيوان الضبع. وأعاد جوزيف ليدي فييلادلفيا بناء الهايدروسورس الذي اكتشفه عام ١٨٥٨ باعتباره يسير على اثنتين، غير أن علماء المتحجرات لم يمتلكوا دليلاً لا يمكن دحضه على أن تلك الحيوانات كانت تقف على قدميها الخلفيتين إلا بعد أن اكتُشفت مجموعة من الهياكل الكاملة للإيجوانودون

في أحد مناجم الفحم في بلجيكا؛ وحتى يومنا هذا، لا يمكن للمرء أن يتيقن بحق من وظيفة تلك الأطراف الأمامية الضئيلة التي لدى حيوان مثل التيرانوصور ركس (برغم كثرة الافتراضات في هذا الأمر).

في وقت من الأوقات، افترض أن الديناصورات الضخمة آكلة الأعشاب من فصيلة صوروبيودا مثل الأباتوصور كان وزنها من الثقل بحيث لا يمكنها العيش على اليابسة، وإنما لا بد وأنها كانت تعيش في البحيرات بحيث يتحمل الماء جزءاً من وزنها. وقد فُهمت على أنها حيوانات بطيئة الحركة وغبية، مثلاً هو الحال مع جميع الديناصورات: ذوات دم بارد فسيولوجياً وذوات أمخاخ صغيرة. وقد أعلن العلماء في جسارة أن تلك الحيوانات كانت على درجة من الطول حتى إن الإشارات العصبية كانت تستغرق وقتاً طويلاً حتى تصل من المخ إلى الذيل، وأنه لا بد أنه كان هناك مخ إضافي موجود في منطقة جوفاء من القناة الفقارية في المنطقة العجزية. وكان يُنظر إلى الديناصورات التي تسير على قدمين باعتبارها حيوانات خرقاء هي الأخرى، تجرجر ذيولها الطويلة على الأرض، أو أن تلك الذيول تؤدي وظيفة قدم ثالثة عندما يكون الحيوان في فترة الراحة.

وفي ستينيات وسبعينيات القرن العشرين، دخلت دراسة «الشكل والوظيفة» لدى الحيوانات الحية – وهو خليط يجمع بين علوم الميكانيكا الحيوية وعلم الفسيولوجيا وعلم السلوك وعلم البيئة – طوراً تجريبياً وتحليلياً جديداً. وكانت جميع جوانب بيولوجية الكائنات الحية – سواء كانت بسيطة أو معقدة، من نباتات ولافقاريات وفقاريات – مفتوحة أمام نوع جديد من التدقيق والفحص، وسرعان ما طبقت النتائج على الحفيّات. وفي حالة الديناصورات، بدأت الدراسات التي أجريت على أحجام غمدات العضلات في الهيكل العظمي، والقياس الدقيق لزاوية مفاصل الوركين والأكتاف، بجانب الدراسات التجريبية المفصلة لوظائف الأعضاء وأسلوب حركة الزواحف الحية (بالطبع مع المساعدة التي قدمتها الأفلام المتحركة باستخدام الأشعة السينية)، في رواية قصة جديدة ومختلفة.

كان من العناصر الحاسمة في تلك القصة الوصف الذي قدمه جون أوستروم من جامعة ييل عام ١٩٦٩ لديناصور متوسط الحجم يعود للعصر الطباشيري من مونتانا. لقد بدا في جوانب عديدة منه ديناصوراً تقليدياً صغير الحجم من الديناصورات آكلة اللحوم، فيما عدا أنه كان له مخلب ضخم ذو مظهر مخيف في كل قدم من قدميه الخلفيتين. وكان الذيل مرتكزاً على سلسلة طويلة من الأربطة المتعظمة، ومن الواضح



شكل ٦: هيكل عظمي لдинاصور داينونيكس، ينتمي للعصر الطباشيري المبكر، حسبما أعيد بناؤه لأول مرة في وضع حركي على يد البروفيسور جون أوستروم.

أنه لم يكن يجرجه على الأرض. وكشفت عمليات إعادة بناء ديناصور داينونيكس (أي «المخلب البشع»، حسبما أطلق عليه بعد ذلك) عن حيوان مفترس شديد الضراوة، يتميز بخفة الحركة والنشاط. ولا بد أنه كان من ذوات الدم البارد ويتسنم بالذكاء. ثم ثلت ذلك اكتشافات مماثلة، من بينها أشكال مثل ديناصور الفيلوسيرابتور ضئيل الحجم. وبذلك الاكتشاف، صار هناك أسلوب جديد تماماً للتفكير في الديناصورات وتصويرها وصار ذلك الأسلوب هو الشائع. وكان مفهوم الديناصورات ذوات الدم البارد مع طوفان من المعلومات الجديدة التي ظهرت عن الحفريات ذاتها، إيداعاً بمولد جيل جديد من عمليات إعادة البناء الكاملة لكتائبات ذوات الدم البارد، تجنب في بعض الأحيان للخطأ، بقدر مسرف نحو الدراما المبالغ فيها، مثلما كانت الآراء الأقدم مضحكة وتفقر إلى الحيوية.

### البيئة والسلوك

كثيراً ما تحكي لنا البقايا الحفريّة بصورة مباشرة كلاً من أسلوب موت الكائنات وكذلك شيئاً عن أسلوب حياتها. إضافة إلى أن آثار انغراس الأسنان تدلنا على ممارسة الاقتيات

على القمامنة أو الافتراض، كثيّراً ما تدلنا بقايا الهياكل العظمية على وجود التئامات للكسور، وتقدم لنا أدلة على أمراض كالتهاب المفاصل؛ ويبدو أن دبة كهوف العصر البليستوسيني كانت عرضة لهذا المرض بقدر كبير. نجت عينة ديناصور التيرانوصور الموجودة بمتحف شيكاغو الميداني – والتي يطلق عليها اسم «سو» – من كسر بعده ضلوع، ومن إصابات في فكها، والتهاب العظم والنقي (التهاب يصيب الأنسجة العظمية) بالسوق اليسرى.

هناك حفريات للإكتيوبصورات لا تزال محتويات معداتها سليمة، بينما لقيت أخرىات حتفها أثناء الولادة. وماتت أسماك كثيرة عند محاولتها التهام سمكة أخرى كانت هائلة الحجم. وهناك حشرات حفظت ملتصقة بصمع الكهرمان كانت في بعض الأحيان في وضع التزاوج. وتترك الكائنات الطفيلية والكائنات الحفارة عدداً من الآثار المادية داخل فرائسها. وتحتوي أعشاش ديناصور المايتوصور على صغار، مما يشير إلى وجود رعاية أبوية. وهناك علم فرعى كامل يُعنى بالرووث الحفري، وهو ميدان علمي ثري بالمعلومات الخاصة بالתغذية.

أما الآثار الأحفورية، فذات فائدة جمة، في العصر الجوراسي الأوسط (منذ ١٦٨ مليون عام) وفي محجر أردلي بالقرب من أكسفورد، يسجل ساحل عتيق آثار سير ديناصور تمتد لمسافة تزيد على ٢٠٠ متر تقريباً. فقد كانت مجموعة من الصوروبودات هائلة الحجم تتهدى في بطء على طول أرض منبسطة طينية، تطاً بأقدامها الخلفية بثبات في الموضع نفسه – التي يقترب حجمها من حجم طبق تقديم العشاء – التي وطئتها أقدامها الأمامية. وهناك مجموعة أخرى من الآثار – متوجهة إلى الوجهة نفسها في الشمال الغربي – خلفتها ثلاثة أو أربعة من حيوانات الثيروبودات التي تسير على قدمين – وهي حيوانات آكلة للحوم يبلغ طولها من ٢٠ إلى ٣٠ قدماً (وهي على الأرجح ميجالوصور). وباستخدام معادلة بسيطة تربط بين ارتفاع مفصل الورك عن الأرض وطول الخطوة، من الممكن حساب أن الصوروبودات كانت تسير في بطء بسرعة تتراوح بين ٢ و ٣ أميال في الساعة، ثم انطلقت راكضة بعد ذلك (بسرعة تقترب من ٨ أميال في الساعة)، لفترة قصيرة؛ لكن سرعتها كانت أقل كثيراً مما يمكن أن يمثل الحد الأقصى لسرعتها الذي يبلغ حوالي ١٨ ميلاً في الساعة. ومن المغرى هنا أن نعيّد بناء هذا المشهد على أنه مشهد تطارد فيه الميجالوصورات المفترسة ذلك القطيع الصغير من الحيوانات

النباتية العملاقة، وتخيل أن «خارج المشهد» (تحت المنحدر بعد المساحة المفتوحة) كانت هناك مجردة مروعة. ولكن بالمثل، ربما سارت الميجالوصورات على امتداد الشاطئ أولاً، بل وربما طُوردت من قبل الحيوانات العملاقة التي تقترب منها. كما أن هناك ذلك الاحتمال الذي يفتقر إلى آية إثارة أن المجموعتين تجولتا على امتداد الشاطئ نفسه في وقتين مختلفين ولم ترَ أيًّا منهما الأخرى مطلقاً. فعلى المرء أن يكون حذراً كي لا يفرط في خياله فيما يتعلق بالآثار الأحفورية!



شكل ٢-٦: رسم مخطط لأثار السير بمحجر آردي، في أكسفوردشير. مجموعة من الصوروبودات الأكلة للعشب (الخطوط المتصلة) كانت تعبر هذا الشاطئ الطمي في العصر الجوراسي؛ وما إذا كانت تعلم بوجود اثنين من الميجالوصورات المفترسة (صاحبة الخطوط المتقطعة) أم لا، فهو أمر لا يزال محل تخيّل. كلتا المجموعتين كانتا تتجهان نحو الشمال الشرقي.



شكل ٣-٦: برغم تجاور تلك الآثار بصورة مخيفة، فإن صاحب آثار القدم البشرية لم يلتقي مطلقاً بنمر اليفور الذي مر هو الآخر بشاطئ النهر الكوستاريكي.

تقوم كثير من السلوكيات المصورة في الرسوم وإعادة بناء الحفريات على تحليلات وظيفية صارمة للتركيب الجسماني. فبعضها – لا سيما في حالة الرسوم المتحركة التي تُنتج من أجل التليفزيون والسينما – تخميني و/أو قائم على افتراضات مستقاة من نماذج حية. فعلى سبيل المثال، إن الأباتوصور الذي يظهر في مسلسل الرسوم المتحركة الذي أنتجته «بي بي سي» «السير مع الديناصورات» والذي حقق نجاحاً جماهيرياً

كبيراً بدأ بفيل يسير ويركض. لقد قدم المسلسل مكافئاً ديناميكياً (وهو في حالتنا هذه إلكترونياً) لهيكل الفيل ثم أضيف إليه العنق الطويل وذيل الديناصور باستخدام فن الجرافيكس. وقد كان التأثير رائعاً، ولكن بمجرد أن تعلم أن هناك فيلاً في الصورة، تصبح رؤية الأباتوصور أكثر صعوبة.

معظم الحفريات لا توجد فرادى وإنما يعثر عليها في مجموعات. وينبغي أن يطلق على تلك المجموعات اسم «مجموعات»؛ للتمييز بينها وبين المجتمعات الأصلية التي تمثل هي انعكاساً لها. إن طبائع تلك الروابط تقدم لنا معلومات وفيرة. العديد من أنواع حفريات النباتات مؤشرات دقيقة دالة على المناخ، بل وحتى – بالنسبة للنباتات المزهرة المعاصرة – على الارتفاعات التي نمت عندها. الطبقات المتالية من الرسوبيات والحفريات المطمورة في تربات البحيرات تتيح لنا قراءة أنماط التغير المناخي على مدى مئات أو آلاف السنين. ورغم الكثير من الصعوبات، فإنه يمكن استخدام الحفريات في إعادة بناء قسط كبير من المعلومات الحجرية البيئية المتعلقة بالظروف البيئية للأفراد، والمجتمع الذي يتكون من جميع الأفراد، وكذلك الموطن الأكبر لهم.

في بعض الأحيان، يمثل التوزيع الجغرافي البسيط للحفريات مشكلة بيئية مليئة بالتحديات؛ فالдинاصورات الضخمة – مثل الترودون آكل اللحم والإدمونتونوصور آكل العشب – توجد في العصر الطباشيري بأسكاكا؛ غير أن معظم الناس يعتقدون أن هاتين المنطقتين كانتا قطبيتين أو شبه قطبيتين في ذلك العصر. حتى لو كانت درجات الحرارة أكثر اعتدالاً في الشمال في تلك الأيام، فكيف ظلت الديناصورات على قيد الحياة خلال شهور الشتاء الطويلةظلمة؟ من المعتقد أنها لم تهاجر مثل حيوان الرنة المعاصر. فهل يوجد تفسير ما لم نضع أيدينا عليه بعد؟

## الحفريات والفنانون

كان علماء المتحجرات يعتمدون دوماً وبقدر كبير على مهارات الفنانين في رسم أعمالهم، ومن بين العوامل المؤثرة في قبول أفكار روبرت هوك حول الطبيعة الحقيقية للحفريات في كتابه «ميكروجرافيا» (١٦٦٥) رسمه الرائع للعينات (حيث كان هوك قد تدرّب في صغره على يد فنان لندن بيتر ليلي). غير أنه ليس كل علماء المتحجرات موهوبين بالقدر الذي يسمح لهم بإجراء عمليات إعادة البناء النهائية للحفريات التي يعملون عليها، والقليل جداً من الحفريات يكون مكملاً بصفته عينة واحدة، وعادةً ما تكون هناك

ضرورة للاستعانة بفنان لرسم كيان مكتمل واحد من تلك الأجزاء المبعثرة. والتعاون بين العالم والفنان في أفضل صوره يكون عملاً تصافريًّا يحقق نتائج أفضل من الجهد الفرديّة.

وينقسم دور الفنان إلى شقين؛ أولهما: أنه قد يُطلب من الفنان إبداع تصويري، صادق قدر الإمكان، ينقل تفاصيل العينة على نحو يكاد يكون فوتوفغرافيًّا. والثاني: أنه قد يطلب من الفنان رسم نظرية عن الحفريّة. فكون حفريّة حيوان ما ذات سيقان طويلة، أو أسنان ثلاثة، أو أن نباتاً ما له أوراق مدببة، هذا أمر؛ وأسلوب أدائه لوظيفته في الحياة أمر آخر. وفي العديد من الحالات، يتعدّر الفصل بين التصوير الصادق لما هو موجود وبين إعادة بناء ما يتحمل أن يكون موجوداً، برغم أنه يتبع على كافة الأطراف المعنية التيقن من أن أي تخمينات أو فرضيات في التمثيل النهائي لها مبررات قوية. وبالنسبة للقارئ، هناك قاعدة واحدة تنطبق بصفة عامة: الرسومات التي تُنفذ من أجل الدراسات العلمية تكون أكثر واقعية وتعبرًا عن الحقيقة، أما تلك التي رسمت من أجل السوق الشعبية فغالبًا ما تكون أكثر اعتمادًا على الافتراضات.

ولعل أهم استخدام لمهارة الفنان يكون في إعادة بناء المناظر الطبيعية العتيقة بأسرها، بما تضمه من مستوطنات الحيوانات والنباتات في أوجها. في المتاحف، كانت تلك المناظر الطبيعية في الماضي غالباً ما تُترجم إلى دiorama بالحجم الطبيعي أو مصغرة؛ أعمال ثلاثة الأبعاد يكون فيها تصوير كائنات الحفريّات فيها عمل للنحات أكثر منه للرسام، أما ذلك الأخير فيكون مستغرقاً بالكامل في تصوير خلفية المشهد. وربما كانت أولى محاولات رسم منظر طبيعي كامل تلك التي نفذها الجيولوجي هنري دي لا بيش، وهو مصمم بارع يحمل نزعة إلى التصوير الدرامي. وقد صارت لوحته التي نفذها بالألوان المائية والأحبار عام ١٨٣٠ – والتي أعاد فيها بناء إكتيوصورات وبليزوصورات وتيراصورات مقاطعة دورست الإنجليزية التي جمعتها ماري آننج وآخرون، وقد وضعت داخل منظر بحري يعود للعصر الجوراسي – نموذجاً خلال عقد واحد من الزمان سار على هديه عشرات المقلّدين وتفرع منه لون من الفن العلمي التجاري الذي لا يزال ينمو ويتطور.

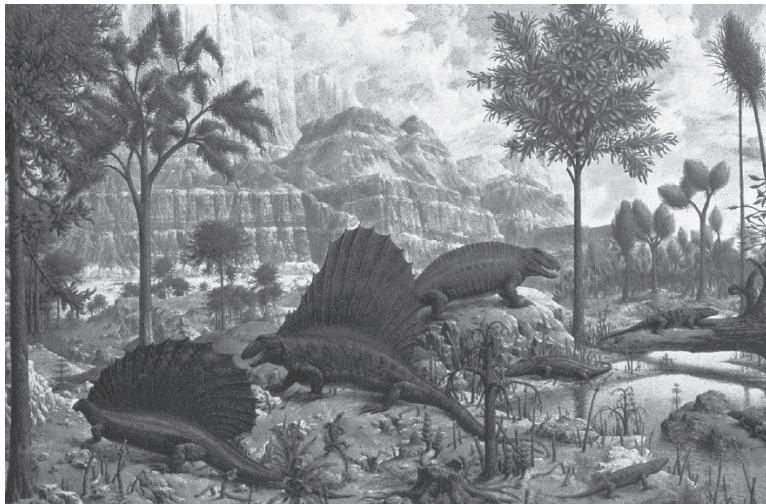
إن الحيوانات في لوحة دي لا بيش عن مقاطعة دورست في الماضي ربما تبدو وكأنها مصنوعة من الخشب، غير أن تأثيرها لا يزال تأثير دراما شديدة وعنف. إنه ليس عالمًا قد يرغب البشر في المخاطرة بالدخول إليه إلا في خيالهم. (ولم تُحدث أيٌّ من عمليات إعادة



شكل ٦-٤: طبع هنري دي لا بيش نسخاً من رسمه الذي نفذه عام ١٨٣٠ بعنوان «دورست العتيقة» وطرحها للبيع مقابل ٢,٥ جنيه إنجليزيًّا للنسخة الواحدة، وجعل حصيلة البيع لصالح دعم ماري آننج.

البناء المتميزة العديدة لمواضيع أخرى — مثل حياة اللافقاريات في حقبة الباليوزي — تأثيراً كهذا). وقد استمر هذا التقليد منذ ذلك الحين، وغالباً ما يخلق توترةً ديناميكياً بين الرغبة في إظهار شيء درامي وبين الحاجة للمحافظة على الصدق في رسم الواقع الأصلي. وفي هذا الصدد، ومن بين العديد من رسامي لوحات الديناصورات الموهوبين، ربما لم ينتج فنان معاصر مثل هذه المجموعة من الأعمال العبرية والDRAMATICية مثل فنان الرسوم المتحركة بيل واترسون في مسلسله «كالفين وهوبرز».

رسم بنجامين ووترهاوس هوكيتز (الفصل الثالث) — علاوة على منحواته المفعمة بالحيوية للديناصورات — بعضًا من اللوحات الجدارية الكبرى التي تصور الحياة في حقبة الميسوزوي بجامعة برينسوتون حوالي عام ١٨٧٠. وفي وقت مبكر من القرن العشرين، خطأ فن تصوير المواطن الكاملة خطوة للأمام في عمل رسمه تشارلز نايت، الذي رسم لوحات جدارية ضخمة تنبض بالحياة وتتنفس بالدقة الشديدة في متاحف



شكل ٦-٥: لوحة جصية عملاقة من إبداع روبي زالينجر بمتحف بيبودي بجامعة ييل وضعت معياراً لإعادة تصور معاصر للحياة في القدم. ويبين هذا المقطع منظراً طبيعياً من العصر البرمي، يضم الديميترودون — الشبيه بالثدييات — «بشراعه» الظهري الأسطوري.

بنيويورك وشيكاغو ولوس أنجلوس. وفي عمل ربما يعد الأخير في هذا اللون من الفنون، رسم روبي زالينجر في خمسينيات القرن العشرين لوحة جصية طولها ١١٠ أقدام تصوّر عصر الزواحف (تبعها فيما بعد عصر الثدييات) بمتحف بيبودي، بجامعة ييل. وقد أوجز هذا العمل — الذي وزع على هيئة ملصقات على معظم مدارس أمريكا والعديد من أنحاء العالم المختلفة — أحدث شيء فيما كان يُعرَف عن مظهر وسلوك حيوانات ونباتات حقبة الميسوزوي. إنه عمل فائق الروعة، يتميّز بالدقة والتأني، برغم أن أوضاع بعض الديناصورات تبدو الآن متحفظة وساكنة مقارنة بالأفكار الحديثة. وبوصف هذا العمل تصوّيراً للأفكار علاوة على حقائق خاصة بالحفريات، فإنه يمثل معياراً يُهتمّ به في نطاق هائل من الجهد والأخرى في هذا الصدد — بدءاً من دي لا بيتش — بالطريقة نفسها التي نقارن بها الحفريات.

تُظهر بعض الحفريات أدلة على النمطية في المظهر الخارجي، ولكن الألوان المستخدمة في أي تصوير لحفرية – شأنها شأن كثير من الأوضاع والسلوكيات – يكون جزءً منها من خيال الفنان وجزء آخر عبارة عن تخمينات من بиولوجيا الكائنات الحية. وبرغم وجود بعض المزاعم التي تدفع بأنه لو كانت الديناصورات ذات قرابة للطيور، وكانت استعانت بالألوان في سلوكياتها؛ إلا أنه ليس في مقدورنا أن نعلم أي شيء عن استخدام الألوان في التحذير أو الحماية، ولا أشكال الشعر، أو التقرح اللوني لدى الكائنات التي انقرضت منذ عهد بعيد، ناهيك عن سلوكيات التزاوج أو الاستعراضات الطقوسية. لا بد وأن جميع الديناصورات الضخمة كانت ذاتجلود سميكه، ومن ثم كانت على الأرجح ذات ألوان رمادية باهتة وكئيبة كألوان الفيلة أو وحيد القرن.



## الفصل السابع

# التطور

قد يكون موضوع التطور مثيراً للجدل عندما لا يتفهم الناس أنه من الممكن استخدام المصطلح في سياقات عديدة مختلفة وفي كل منها يحمل معنى مختلفاً اختلافاً جوهرياً. لعبت الحفريات دوراً رئيسياً في تقديم جميع جوانب التطور العضوي ولا تزال تلعب دوراً محورياً فيما يتعلق بمحاولة فهم أنماط التغير التطوري وأسبابه. أول تلك الأدوار وأهمها، أن الحفريات هي البرهان الموثق على عملية التطور من حيث التغير في الحياة بمرور الزمن: فالكائنات الأولية البسيطة (الأدنى مرتبة) تكملها في الحياة، وفي كثير من الأحيان تحل محلها، كائنات أكثر تعقيداً (أعلى مرتبة). إن سجل الحفريات يقدم لنا سلسلة من الأنماط المتسلقة لتلك التغيرات مع مرور الزمن، يتضمن عمليات نشوء وانقراض لا سبيل للهؤل دونها، وإحلال وتتجدد متواصل للحياة بالملكتين الحيوانية والنباتية، وهو انعكاس أيضاً للتذبذب في البيئات التي عاشت فيها جميعاً. وأنماط نفسها متوقفة بعضها على بعض؛ ففي أي وقت من أزمنة التاريخ الجيولوجي، ما يوجد الآن يعتمد على ما كان موجوداً من قبل. إن اتساقها يشكل الأساس لاستخدام الحفريات في رسم طبقات الأرض.

وقد نجح فهمنا لأنماط التنوع المتغير في سجل الدهر الفانروزي في الصمود أمام اختبار الزمن صموداً واضحاً. وعلى الرغم من أنه من الجائز أن تجري مراجعة التفاصيل في كل مرة يبدأ فيها جامع الحفريات في العمل، فإن السمات العامة دائماً ما يجري تأكيدها. على مستوى الفقاريات، تأتي الأسماك أولاً، ثم البرمائيات والزواحف؛ ثم الطيور والثدييات متأخرة، ثم الإنسان في آخر القائمة (حتى الآن). فلا توجد ثدييات في العصر الأوردو فيشي، ولا ديناصورات في العصر الديفوني، ولا بشر في العصر الجوراسي. ولم تنجح أيُّ من مجموعات الزواحف العملاقة التي عاشت في حقبة الميسوزوي

— مثل الإكتيّوصورات — في البقاء على قيد الحياة حتى العصر الثلاثي؛ فلا توجد بليزوصورات حية (باستثناء ما يعتقد في وجوده والسمى بوحش بحيرة لوخ نيس). ويمكننا الزعم بشأن ماهية العمليات التي ربما تكون أحدثت كل تلك التغييرات، ولكن تبقى البيانات الأولى (أي الحفيّات والعصور النسبية لكل منها) حقائق لا مجرد افتراضات. فلو أثنا عشرنا في يوم من الأيام على حفريّة بشريّة وقد احتضنها بصورة لا تدع مجالاً للشك أذرع ديناصور (وهو أمر تصوره عادةً خيالات قصص الرسوم المتحركة)، فإن هذا سينفي مفهومنا بالكامل عن العملية التطوريّة بمرور الزمن بصورة نهائية (وقد كانت هناك محاولات تشويهاً للأخطاء من قبل معادي نظرية التطور لتحديد آثار خطى بشريّة على امتداد آثار سير ديناصورات في موقع يعود للعصر الطباشيري المبكر بجلين روز في تكساس). ولعل سجل الحفيّات يمثل واحداً من أكثر «الحقائق» التي تخضع للاختبار بصورة مستمرة في العلم. ففي كل يوم، في مكان ما على هذا الكوكب، يحفر أحد علماء المتحجرات الأرض ليستخرج حفريّة. وكثيراً ما تتيح لنا تلك الحفيّات تنقية وجهة نظرنا عن جزء من النمط التطوري العظيم للحياة، غير أنها لا تقلّبها أبداً رأساً على عقب.

أما المعنى الرئيسي الثاني لمصطلح «التطور» فينطوي على العلاقة؛ أي مفهوم أن جميع الأنواع المختلفة من الكائنات، سواءً الحية أو الحفيّات، يمكن وضعها (على أساس تركيبها وخصائصها الوراثية التي يتم التعرّف عليها من حمضها النووي كلاماً أمكن ذلك) في خارطة واحدة معدّدة من التشابه والاختلافات. فطيوور الشحرور أكثر شبّهاً بطائر السمنة من شبه أيّ منهما بطائر نقار الخشب مثلاً وهكذا. إن التطور يفسر تلك الأنماط على أنها تمثل علم الأنساب. وبدلًا من تكوين سلسلة من السلالات المستقلة بعضها عن بعض، فإن جميع الكائنات الحية والحفريّة يرتبط بعضها بعض في نمط من التنوع عن طريق التفرع الذي لا يتسلّق إلا في حالة وجود صلة قرابة. ويفسر التطور أن هذا التنوع نتج عن عملية الانحدار من نسل أسلاف مشتركين. ومن ثم، فإن الحفيّات تعبر عن سلسلة من اللقطات السريعة (لكنها لا تعبر بعد عن فيلم مكتمل) لشجرة عائلة ضخمة؛ أي معرض لوحات فنية للحياة بأسرها.

في الوقت الذي ظهر فيه تشارلز داروين على مسرح الأحداث كي يقدم المعنى الثالث للتطور في صورة آلية فعلية — وهي الانتخاب الطبيعي — كان التطور بمفهوميه السابقين قد أصبح أمراً مألوفاً بالفعل. وعندما يقول أحدهم إن «التطور ما هو إلا

نظريّة»، فإنّه يقصد بذلك الانتخاب الطبيعي، أمّا التطور باعتباره عملية تغيير عضوية تتم مع مرور الزمن، فهو حقيقة مسلم بها.

## أهو فجوة أكثر منه سجلًا؟

إن علم المتحجرات بصفته علمًا، يجب أن يكون قائمًا على فهم متميّز لتركيب الحفريات و هوبيتها. وعندما نقول إن شيئاً ما نادر الوجود، أو إن شيئاً آخر شائع أو واسع الانتشار، إذا استنتجنا من هذا أن بعض الظواهر تطورت بمعدل أسرع من غيرها، فإننا نكون بحاجة للتأكد من أن انتقاءنا للعينة مكتمل وشديد الدقة من الناحية الكمية.

يقع مفهوم الاستمرارية في قلب جميع أبحاث علم المتحجرات. من حيث المبدأ، يجب أن يقدم السجل الجيولوجي وصفًا مكملاً ومتدرجًا وسنويًا للحياة على الأرض، معتمدًا في ذلك على الحفريات. أمّا في الواقع العملي فإنه لا يقوم بذلك. في تربات البحيرات قد يعثر المرء على ترسيب حقيقي عامًا بعام لحفريات تمتد بصورة متواصلة على مدى بضع مئات وربما آلاف من السنوات، ولكن ليس ملايين السنوات. فعلى سبيل المثال، تقدم تربات بحيرة الحفريات في نيويورك سوبر جروب بشرق أمريكا الشمالية سجلًا ممتازًا للتغير المستمر في ممالك الأسماك في نهاية العصر الترياسي.

أدرك تشارلز داروين أن سجل رسم طبقات الأرض وحفرياته — برغم أنه كان في مقدوره (والآن تتحقق هذا على نطاق واسع) أن يوثق المسار الإجمالي لعملية التطور — ربما لن يوفر مطلقاً أي دليل قاطع فيما يتعلق بكيفية حدوث التطاير لأحد أنواع الكائنات. إن لدينا فقط سجلًا غير مكتمل لتاريخ كوكب الأرض والحياة فوق سطحه، قد يكون مفصلاً في موضع، ومرقاً في موضع آخر، ومفروضاً في موضع ثالث. فلم تعد القطع هائلة الحجم من سجل الصخور قائمة، حيث تم تدميرها في عمليات جيولوجية لا ترحم مثل التجدد وتكتونيات الصفائح. وهناك تتابعات أخرى لم يُعثر عليها، أو ظهرت في أعماق سحيقة، حتى إنه لن يكون من الممكن الكشف عنها. وقد أوجز الراحل ديريك أجر — وهو جيولوجي بريطاني كان إلى حد ما يخالف الأعراف الراسخة — الموقف في عبارة خالدة، تصف علم وصف طبقات الأرض بأنه: «فجوة أكثر منه سجلًا». وبأنه مثل وصف طفل لشبكة بأنها ثقب كثيرة متصلة فيما بينها بخيط؛ مما يعني أنه يتوجب علينا أن نستخدم السجل بحذر، مما يعيد صياغة عبارة هاملت: «هناك في السماوات والأرض أشياء أكثر مما حلمنا به في علم المتحجرات الذي ندرسه».

يبليغ إجمالي أعداد أنواع الحفيريات الموصوفة، على مدار الدهر الفانروزي بأسره، حوالي ٢٥٠ ألف نوع. ولما كان هناك ما بين ١,٥ و٤,٥ ملايين نوع يعيش الآن وكان الدهر الفانروزي قد دام مدة ٥٤٥ مليون عام، فإن المشكلة تكون واضحة: إن الحفيريات التي نعرفها لا تمثل بكل المقاييس سوى نسبة ضئيلة من إجمالي التنوع البيولوجي الذي كان موجوداً. وكما ناقشنا في الفصل الخامس، بعض أنواع البيئات سيكون احتمال أن تمندنا بسجل مميز للحفريات أقل من غيرها بكثير. فعلى سبيل المثال، لدينا سجل فقير عن المرتفعات، والأماكن مرتفعة الطاقة، والبيئات الرسوبيّة، ومعظم البيئات الاستوائية. وهناك أنواع معينة من الكائنات ليس من المرجح أن تحول إلى حفريات. (سجل الحفيريات فقير بصورة خاصة فيما يتعلق بالحشرات التي تشكل في مجموعها اليوم أكثر من ٥٠٪ من سائر الحيوانات التي تشاهد بالعين المجردة على سطح الأرض).

#### عدم اكتمال السجل

وبالقدر نفسه ... الذي حدث به الانقراض على نطاق هائل، لا بد من وجود عدد هائل من الأنواع المختلفة الوسيطة على سطح الأرض. فلماذا إذن لا يمتلك كل تكوين جيولوجي وكل طبقة من طبقات الأرض بمثيل تلك الروابط الوسيطة؟ إن علم الجيولوجيا لا يكشف بالطبع عن أيٌ من تلك السلسل العضوية المتدرجة بصورة دقيقة؛ وربما يكون هذا هو أوضح وأقوى اعتراض يمكن إثارته على نظريتي. ويكمّن التفسير — من وجهة نظري — في كون السجل الجيولوجي أبعد ما يكون عن الكمال.

شارلز داروين «عن أصل الأنواع» (١٨٥٩)

في الوقت الذي ربما لا نتمكن فيه من معرفة أكثر من نسبة ضئيلة للغاية من «الأنواع» التي عاشت يوماً على ظهر الأرض، فلو أننا حصرنا أنفسنا في المجموعات التي من المحتمل أنها **حفظت** في السجل، مثل اللافقاريات البحرية ذات الأصداف الصلبة، فإن الموقف يصبح جيداً إلى حد ما. وعند الفئات الأعلى مثل الفصائل والرتب، ربما يكون السجل مكتملاً بنسبة تتراوح بين ٧٠ و٩٠٪؛ وعند مستوى الجنس قد يكون بين ٥٠ و٦٠٪ أو أقل. ومن الممكن استخدام عدد من أساليب الحساب الكمي المعقدة في تقدير مدى عدم اكتمال (ومن ثم معرفة مقدار الاستفادة من) جزء محدد من سجل الحفيريات. ويمكننا — على سبيل المثال — قياس معدل اكتشاف أنواع جديدة أو مجموعات أرقى

بالمقارنة بالجهود البحثية المبذولة. على سبيل المثال، في المراحل الأولى من جمع الحفريات في موقع مهم مثل سولنهوفن، ربما يزداد عدد الأنواع الجديدة المكتشفة في علاقة مباشرة مع عدد العينات التي يتم جمعها. ولكن سرعان ما تتضاءل نسبة العينات الجديدة المكتشفة، وينخفض معدل اكتشاف أجناس جديدة بسرعة أكبر، ويكون معدل انخفاض اكتشاف الفصائل والرتب أسرع من كل ما سبق.

وتتمتع مسألة الاتكمال بأهمية نظرًا لاحتمالية ألا يكشف سجل الحفريات عن الطبيعة النوعية للتطور فحسب، وإنما أيضًا عن السمات الكمية مثل معدلات التطور وأنماط التنوع بمرور الزمن. إلا أنه في واقع الأمر، القضية المحورية هنا ليست قضية اكتمال السجل في حد ذاته، وإنما مدى كفايته للإجابة عن تساؤلات محددة. ووجهة النظر الواقعية هي أنه بينما لن نتمكن قط من عمل حصر كمي للمدى الكامل للتنوع البيولوجي العالمي في سجل الحفريات، فإنه يمكننا إجراء دراسات دقيقة على أجزاء من السجل وعلى أنواع محددة من الكائنات وفئات معينة من البيئة.

### الإنسان ليس معصوماً

هناك نوعان من الشرور يحذّران بدراسة البقايا العضوية، وهما برغم اتسامهما بشخصيتين متناقضتين، لا يتحقق أيٌّ منهما تأثير الآخر كما يمكن للمرء أن يتوقع للوهلة الأولى: الأول يتكون من رغبة جامحة في العثور على بقايا عضوية مشابهة في ترسيرات يفترض أنها متكافئة، حتى ولو كانت تقع على مسافات بعيدة للغاية ببعضها عن بعض، والآخر الميل الذي لا يقل عنه قوة نحو اكتشاف أنواع جديدة.

هنري دي لا بيش، «كتيب جيولوجي» (١٨٣١)

وكل هذا يعني أنه مثلاً هو الحال في كل ميدان من ميادين العلم، فإن تعريف القضية في المقام الأول هو أكثر المهام أهمية على الإطلاق. وبعده يمكن توفيق مجموعات البيانات مع القضية. على سبيل المثال، دراسة مجموعة معينة من مواقع الحفريات ربما تجيب عن سؤال يدور حول تطور الكائنات البحرية اللافتة عبر فترة زمنية معلومة؛ والذي ربما يكشف عن حدوث انراض واسع النطاق. غير أن هذا على الأرجح لن يجيب عن التساؤل بما يحدث في بحيرة مياه عذبة معاصرة، حيث ربما كان الانتهاء في ذروته. إذا اكتفيينا بتقدير متوسط ما كان يحدث في كلا البيئتين، فسوف نتوصل إلى استنتاج

خاطئ مفاده أن التطور كان يمضي قدماً بمعدل «طبيعي» نوعاً ما. ومن ناحية أخرى، إذا كان نمط التغيير هو نفسه في بيئتين مختلفتين في آنٍ واحد، لكننا توصلنا إلى اكتشاف عملية ذات ظاهرة أعم.

## التنوع العالمي في الدهر الفانروزي

من المفارقات أن أكثر الدراسات الكمية لتنوع الحفيّات تعرضاً للمناقشة على نطاق واسع تتعلق بسؤال هو بالتحديد أكثر الأسئلة صعوبة في الإجابة عليه بدقة: كيف تغير إجمالي أعداد الأنواع على كوكب الأرض على مدار الـ ٥٤٥ مليون عام وهي فترة الدهر الفانروزي؟ في بداية الحياة على الأرض، من الواضح أنه كانت هناك أعداد أقل من أنواع الكائنات مقارنة بما هو موجود الآن. ومن ثم، من الطبيعي أن نطرح السؤال التالي: هل إجمالي التنوع لا يزال في ازدياد، وإذا كان كذلك، فلماذا؟ أو هل بلغنا الحد الأقصى (المناظر لما يسميه علماء البيئة «سعة التحمل») منذ عهد بعيد؟ هل هناك أنماط من التأرجح يمكن التعرف عليها في معدلات نشوء أنواع جديدة، وبالتحديد في معدلات الانقراض؟ وإذا سلمنا بأن التنوع العالمي قد ازداد، فهل حدث ذلك عبر زيادات في معدل التنوع، أم أن معدلات الانقراض هي التي تناقصت؟ أم كلاهما؟ وكيف ترتبط عمليات النشوء بعمليات الانقراض بعلاقة سببية، هذا إن كانت بينها علاقة على الإطلاق؟

بل إن السؤال الأكثر صعوبة في الإجابة عليه هو: هل تغير إجمالي الكتلة البيولوجية بنمط أو أنماط محددة مع مرور الزمن؟ بمعنى أنه عندما كانت هناك في الماضي «أنواع» أقل من الكائنات، هل كان هناك عدد أكبر من «الأفراد» يشغلون نفس إجمالي الفراغ البيئي بأكمله؟

تلك أسئلة خلبة ومهمة، لا سيما عندما نتأمل مليأً في احتمال أن السنوات العشرة آلاف الأخيرة شهدت انخفاضاً في التنوع البيولوجي العالمي. وتمثل الإجابات على تلك التساؤلات أهمية للفلكيين الذين يفكرون في تاريخ المجموعة الشمسية وما وراءها ولعلماء البيئة الذين يشغل بالهم معدل فقدان التنوع البيولوجي المعاصر والمدفوع بالتدخل البشري.

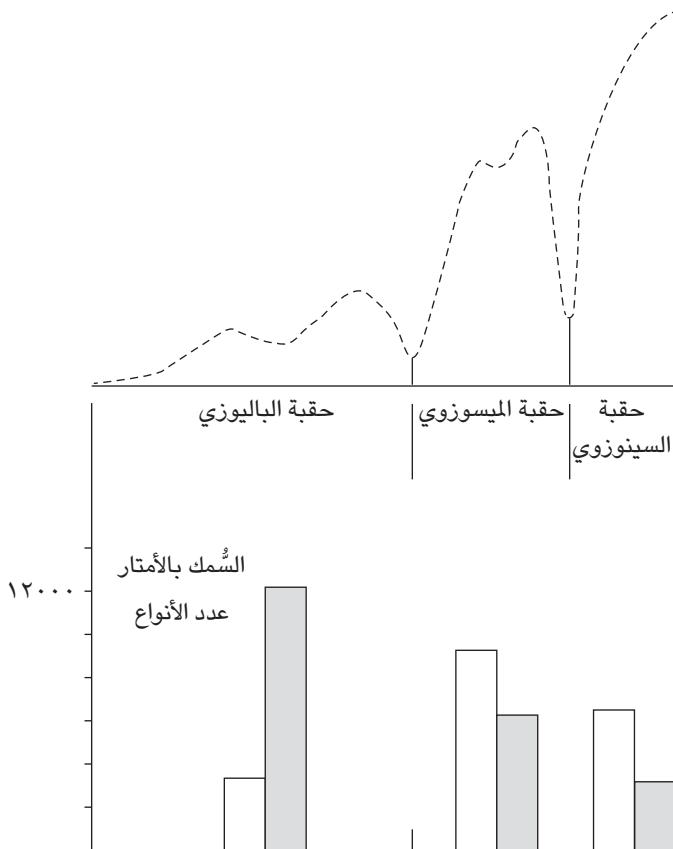
يتمتع تحليل التنوع العالمي مع مرور الزمن بخاصية جذابة؛ ألا وهي أنه من الممكن إيجازه في رسم بياني بسيط. فعندما يضع المرء إحصائيات أعداد الأنواع المختلفة من الكائنات الحفريّة التي اكتُشِفت داخل عمود رسم طبقات الأرض (باستخدام الأجناس

كبديل مماثل للأنواع، ومركيzin على اللافقاريات البحرية اللاحظة ذات الأصداف الصلبة)، تظهر أمامنا صورة خلابة. منذ المرة الأولى التي أجري فيها هذا العمل على يد جون فيليبس بأكسفورد عام ١٨٦٠، تبيّن أن التنوع العالمي قد ازداد مع مرور الزمن (بوتيرة غير متساوية)، حيث تبيّن أن هناك أجناًساً وفصائل أكثر من الكائنات (وبالتبعية المزيد من الأنواع) تعيش اليوم أكثر من أي وقت مضى.

لو كانت هذه الصورة صادقة، لكانـت بالـغـة الإثـارـة؛ فـهـي تـكـشـف عن عـالـم حـي يـشـبـه كـثـيرـاً عـمـلاً يـمـضـي قـدـماً، لا عـالـم يـحـتفـظ بـحـالـة ثـابـتـة نـوـعـاً ما بـلـغـها فـي الـماـضـي السـحـيقـ. وـمـن شـأـنـهـا أـنـ يـجـعـلـنـا شـرـعـ فـي اـخـتـبـارـ مـجـمـوعـةـ مـنـ العـوـاـمـلـ السـبـبـيـةـ الـمـحـتمـلـةـ. وـرـبـماـ كانـ مـعـنـاهـ أـنـ طـبـيـعـةـ الـفـئـاتـ التـقـسـيمـيـةـ الـمـخـتـلـفـةـ (نـوـعـ، جـنـسـ، فـصـيـلـةـ) مـسـتـمـرـةـ فـيـ التـغـيـرـ مـعـ مـرـوـرـ الزـمـنـ؛ حـيـثـ يـصـبـحـ كـلـ مـنـهـاـ مـحـصـورـاًـ أـكـثـرـ وـأـكـثـرـ عـنـ ذـيـ قـبـلـ، بـمـاـ يـسـمـحـ بـوـجـودـ الـمـزـيدـ مـنـ الـأـنـوـاعـ الـمـخـتـلـفـةـ. وـرـبـماـ كانـ مـعـنـاهـ اـزـديـادـ رـقـعـةـ الـأـجـزـاءـ الـصـالـحةـ لـالـسـكـنـىـ مـنـ الـأـرـضـ؛ أـوـ أـنـ هـنـاكـ بـيـئـاتـ مـعـيـنـةـ صـارـتـ أـكـثـرـ تـفـرـغاًـ وـانـقـسـاماًـ عـنـ ذـيـ قـبـلـ، وـصـارـ بـهـاـ أـنـوـاعـ أـكـثـرـ وـأـكـثـرـ اـخـتـلـفـاًـ مـنـ مـوـاـطـنـ الـمـعـيـشـةـ، كـلـ مـنـهـاـ يـحـمـلـ الـمـزـيدـ وـالـمـزـيدـ مـنـ الـأـنـوـاعـ الـمـخـتـلـفـةـ (الـمـتـخـصـصـةـ)؛ أـوـ أـنـ كـلـ نـوـعـ رـئـيـسيـ مـخـلـفـ مـنـ الـكـائـنـاتـ الـتـيـ ظـهـرـتـ — سـوـاءـ أـكـاتـ ثـدـيـيـاتـ أـوـ حـشـرـاتـ — عـلـىـ سـبـيلـ المـثالـ، شـغـلتـ مـوـضـعـهاـ الـمـلـائـمـ بـيـئـيـاًـ الـذـيـ كـانـ إـمـاـ خـاوـيـاًـ فـيـماـ مـضـىـ أـوـ كـانـ مـسـتـعـمـراًـ بـصـورـةـ جـزـئـيـةـ؛ أـوـ أـنـ شـيـئـاًـ كـيـمـيـائـيـاًـ (الـعـلـهـ مـقـدـارـ الـأـكـسـجـينـ الـجـوـيـ أـوـ ثـانـيـ أـكـسـيدـ الـكـرـبـونـ، أـوـ الـحـدـيدـ الـذـيـ تـحـويـهـ الـمـحـيـطـاتـ، أـوـ الـكـالـاسـيـوـمـ) قدـ تـغـيـرـ عـلـىـ مـسـتـوـيـ الـعـالـمـ. رـبـماـ تـعـرـضـتـ الدـوـرـاتـ الـمـحـيـطـيـةـ وـالـجـوـيـةـ لـتـغـيـراتـ، وـعـلـىـ الـأـرـجـحـ تمـ نـذـلـكـ بـالـاـرـتـبـاطـ مـعـ تـكـوـنـيـاتـ الـصـفـائـحـ. وـعـلـىـ الـأـرـجـحـ، كـانـ جـمـيعـ تـلـكـ الـعـوـاـمـلـ تـنـتـطـبـقـ فـيـ وـقـتـ مـاـ مـنـ الـمـاضـيـ.

أدرك فيليبس ومن جاء بعده أن عدداً من العوامل بإمكانها توجيه البيانات الأولية بقوة للتحيز إلى اتجاه بعينه. أظهرت أولى حساباته بالفعل الوصول إلى ذروة التنوع في حقبة الميسوزوي، ودون شك كان هذا بسبب أن حقبة الميسوزوي كانت ممثلاً بكثافة في صخور بريطانيا العظمى بشكل فاق حقبتي الباليوزي والسينوزوي. وهكذا أعاد معايرة بياناته وفق سmek الطبقات المتاحة التي جمعت منها الحفريات. وبعدها صار جلياً ضرورة تعديل الأرقام وفقاً لمساحة السطح المكتشفة من الطبقات أياًً.

كان من الواضح تلقائياً أن انحيازاً رئيسياً سينجم بالضرورة عن حقيقة أننا سوف نحصل على سجل أفضل من الطبقات الأحدث للأرض؛ نظراً لأن الصخور محفوظة



شكل ١-٧: تغير التنوع العددي بمرور الزمن، حسب تقديره لأول مرة على يد البروفيسور جون فيليبس بأكسفورد عام ١٨٦٠. بالأعلى، رؤيته التي تمسك العصا من المنتصف؛ وبالأسفل، تقديراته الحسابية لسمك الصخور بالأمتار (المظلة) وأعداد أنواع الحفيّات البحرية (غير مظلة)، والتي من خلالها قام بحساب معدل الأنواع لكل مائة متر، فكان المعدل ٢٠١ لحقبة السينوزوي، و١٥٠ لحقبة الميسوزوي، و٢٦ لحقبة الباليوزي.

بشكل أفضل، وكذلك لأننا نعرف الحيوانات والنباتات المعاصرة أكثر مما نعرف تلك الأقدم عهداً. ويطلق على هذا اسم «جانبية الحديث»، ولا بد أنه يسهم في انطباع بأن

هناك أنواعاً تعيش الآن أكثر من أي وقت مضى. كذلك تتباين الأساليب، حيث يهيمن على بعض أجزاء السجل علماء المتحجرات الذين يميلون إلى «ال التقسيم»، فهم يسمون أنواعاً جديدة بناءً على اختلافات طفيفة للغاية. بينما تجد أجزاءً أخرى يسيطر عليها من يميلون إلى «التجميع»؛ أي يقومون بالعكس. وهذا مزعج بصورة خاصة للطلاب الذين يدرسون التطور البشري؛ فعلى سبيل المثال، بالنسبة لأحد المؤلفين يعد الإنسان المنتصب نوعاً واحداً، بينما يعتبره مؤلف آخر ثلاثة أنواع أو أربعة.

يتهدّنا خطر التعرض لبرهان الدائرة المفرغة عندما يتعلق الأمر بحدود رسم طبقات الأرض، والتي تحدّد معظمها أصلًا اعتمادًا على وجود أو غياب أنواع معينة من الكائنات: فلو أن تلك الأنواع تبيّن لاحقًا وجودها على الجانب «الخطأ» من الحدود فإنها سوف تُمنح أسماءً مختلفة. وقد افترض دارسون آخرون أن الحيوانات التي تنتمي لأقاليم حيوانية أو نباتية متباينة جغرافيًا يجب أن تكون مختلفة، ولهذا فإن الباحثين في قارات مختلفة يصفون أنواعًا جديدة لكيانات كانت قد سميت بالفعل. وهناك مفارقة خاصة هنا عندما يتبيّن أنه بسبب الانجراف القاري، فإن إقليمين مثل إقليم كندا البحري وإقليم شمال غرب أوروبا كانتا متجاوريين خلال حقبة الباليوزي. بل إن هناك عنصراً «إمبرياليًا» في هذا الأمر؛ فالباحثون الذين ينتمون لبلد ما سيطلقون أسماءً على أنواع جديدة من الخارج اعتمادًا على ما يعرفونه هم في وطنهم. فالبريطانيون الذين يعملون في بلد أجنبي ما سيتعرّفون على الأنواع بصورة مختلفة عن غيرهم من الفرنسيين أو الألمان. ومن دواعي السرور، أن معظم تلك الممارسات صارت شيئاً من الماضي، لكن هذا يترك لنا مشكلة محو ما كُتب في الماضي.

بعد وضع جميع هذه العوامل معًا في الاعتبار، اتفق أربعة من رواد ذلك الميدان في ثمانينيات القرن العشرين (وهم ديفيد روب، جاك سيبوكوفסקי، ريتشارد بامباخ، وجيمس فالنتاين) على وجهة نظر تقول بأن البيانات توضح لنا بصورة صادقة وجود زيادة في التنوع التصنيفي على الأرض بمرور الوقت، برغم أن الزيادة أقل وطأة بكثير مما كان يُعتقد من قبل. لكن اليوم حتى ذلك الرأي الوسطي يبدو متزعزعًا. من الواضح أن البيانات الأولية الحالية في حاجة لمراجعة شاملة، وهي مهمة ضخمة نظرًا لعدد الأنواع الموصوفة وعدد العينات في المجموعات الموجودة حالياً. ويجري العمل حالياً على تنقيح البيانات الأولية، وتشير تحليلات جديدة باللغة الدقة بالفعل إلى فكرة أكثر منطقية بكثير — وإن كانت أقل إثارة — من فكرة التنوع الذي لا ينفك عن الزيادة. ويبعد الحال —

في نهاية المطاف — أن الأرض قد حققت الحد الأقصى من التنوع التصنيفي خلال حقبة الباليوزي الوسطى، وأن التنوع الشامل كان مستقرًا بصورة جوهرية (مع تأرجح لا يستهان به بمتوسط ما) منذ ذلك الحين.

### الجيولوجيا والتطور

ربما تصل بنا دراسة باطن الأرض — لو لم يكن إلى حل مشكلة الخلق العظمى — على الأقل إلى معرفة بعض القوانين التي حكمتها في الحقب المختلفة. لقد ألغت كثيرةً من الضوء على تلك النقطة. إنها تبيّن لنا أن الكائنات العضوية صارت أكثر وأكثر اقتراباً إلى الكمال منذ بدء الحياة على الأرض وحتى وقت ظهور الإنسان. إنها توضح لنا أنه خلال الفترة الطويلة التي تفصل الإنسان عن الظهور الأول، كان العالم يعُج بثورات متعاقبة؛ ولكن منذ ذلك الحين تحقق التوازن بصورة مثالية؛ مما سمح للإنسان بالانتشار في جميع أنحاء العالم.

إم روزيت، «البحث الأولي في علم الجيولوجيا» (١٨٣٥)

### الانقراض: عالم الملكة الحمراء

الانقراض هو الحقيقة العالمية الثابتة في علم المتحجرات. تعيش جميع الأنواع في بيئه متغيرة، تحكمها — حسبما وأشار عالم المتحجرات والمنظر في نظرية التطور المقيم في شيكاغو لي فان فالين (ومن المفارقات هنا أنه استنقذه الصريح هذا من تحليل معيّب) — «الملكة الحمراء» التي وردت في قصة لويس كارول «عبر المرأة»، فتقول الملكة: «نوع متبدل من البلدان. أما «هنا»، فتحتاج إلى أن تظل ترکض قدر الإمكان، كي تظل في مكان واحد. وإذا أردت الذهاب إلى مكان آخر، فعليك أن ترکض بضعف سرعتك على الأقل». وفي الطبيعة، تتطور الأنواع بما يتوافق مع احتياجات البيئة، لكنها في نهاية المطاف دائمًا ما تختلف عن اللحاق بالركب، فتُستبدل بأنواع جديدة تسقط بدورها في نهاية المطاف. معظم أنواع الحفريات لا تعيش أكثر من ٢ إلى ٤ ملايين عام، والأجناس من ٥ إلى ٢٠ مليون عام (من بين الاستثناءات طولية العمر الرخويات ذات المصاعين، والشعاب المرجانية، والفورامينيفرا البلانكتونية).

وبعيدًا عن عملية الإحلال والتجدد المتواصلة التي تحدث للأنواع («الانقراض في الخلفية دائمًا») تكشف جميع حسابات التنوع الحفري في الدهر الفانروزى عن سلسلة

من السقطات الواضحة (عدها ستة أو سبعة) في إجمالي التنوع العالمي، موزعة على مر الزمان. توضح التحليلات وجود تباين هائل بين معدلات الانقراض والنشوء الجيد خلال تلك الفترات الزمنية القصيرة نسبياً من «الانقراض الجماعي». وبسبب انقراض الديناصورات، فإنه في عيون العامة يعد أشهر ضياع للتنوع ذلك الذي جاء مع نهاية العصر الطباشيري. وإذا عدنا أكثر بالزمن للوراء، لوجدنا انقراضاً أصغر في نهاية العصر الтриاسي. ومن الناحية العددية، أعظم واقعة انقراض على مر التاريخ حدثت في نهاية العصر البرمي. كان هناك ما لا يقل عن ثلاثة حالات انقراض جماعي في حقبة الباليوزي: في العصر الديفوني المتأخر، والعصر الأوردو فيشي المتأخر، والعصر الكلمبي المتأخر. وبإضافة المستوى الأصغر من حالات الانقراض (على سبيل المثال، في الأوردو فيشي المتأخر والإيوسيوني المتأخر)، حاول بعض المؤلفين إظهار أن حالات الانقراض كانت تقع على فترات يفصل بين كلٍ منها ٢٦ مليون عام.

ربما أهم ما يمكن أن يقال عن تلك النوبات من الانقراض الجماعي أنها لم تكن عالمية. ففي نهاية العصر الطباشيري، تمكّنت فقاريات اليابسة برغم ما تبدو عليه من هزال وضعف — مثل السلمدر، والطيور، والثدييات — من عبور تلك المرحلة. ونجت التماسيح والسلاحف من الهلاك، في حين أن الزواحف الضخمة الأخرى، والعديد من نباتات اليابسة، وجميع الأمونيتات لم تكتب لها النجاة. كان الأثر أعظم ما يكون في عالم البحار، كما كان كذلك في الانقراض الذي وقع في العصر البرمي. وُصفت حادثة انقراض العصر الطباشيري شعبياً بأنها قضت على جميع الديناصورات لكنها في الواقع لم تهلك سوى القلة المتبقية من أنواع مختلفة؛ فالديناصورات كفصيل كانت في طريقها للاندثار طيلة الجزء الأخير من العصر الطباشيري. وربما كان هذا ينطبق أيضاً على الفصائل الأخرى وغيرها من حالات الانقراض. أما بالنسبة لعنصر «المفاجأة»، فإنه في حين كان يُعتقد أن حادثة انقراض العصر الطباشيري وقعت على امتداد بضعة آلاف من الأعوام على أقصى تقدير، فإن حادثة الانقراض التي وقعت في العصر البرمي ربما استغرقت مليون عام أو أكثر.

هناك احتمال كبير أن يكون نطاق حالات الانقراض تلك تعرّض لمبالغة شديدة من خلال انحياز في سجل الحفريات. وإذا كانت تلك الانقراضات الجماعية — من ناحية أخرى — حقيقة، فلا بد أنها وقعت بسبب قوة عملت من خارج (أو عند أقصى نطاق) العمليات التقليدية التي تسير على وتيرة واحدة، وعلى امتداد نطاق زمني قابل للقياس

بالزمن البيئي لا بالزمن الجيولوجي. ومن غير المرجح أن جميعها حدثت لنفس السبب. حالات الانقراض التي وقعت في العصرين الطباشيري والبرمي — على سبيل المثال — كانت مصحوبة بانحسار بحري جماعي ونشاط بركاني بالغ القوة نشر مساحات هائلة من الحمم البركانية على مسافات شاسعة من الأرض (شراك الدكن وسبييريا، على التوالي). ولا يزال المزيج من التغيرات المناخية (ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة)، والتدبّبات الجوية في نسب الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، والتغيرات في مستوى سطح البحر، والتغيرات في تنوع المواطن الناشئ عن إعادة الترتيب القاري والنشاط البركاني في مناطق كثيرة، لا يزال يحتل الصدارة في القوائم التي يضعها معظم الناس لأسباب حالات الانقراض الجماعي (الكلي أو الجزئي).

كما جذب تأثير الكويكبات معظم الشهرة وهو يمثل التفسير الشعبي الحالي الذي تسبب في واقعة الانقراض في أواخر العصر الطباشيري. والبرهان الرئيسي على ذلك وجود عناصر غير معادة مثل الإيريديوم في البيئة الرسوبيّة المتصرّرة. ومن الموضع المحتملة فوهة تشيكسلوب بالملكيك، وهي ناجمة عن اصطدام. ومن المفترض أن حادثة مثل تلك لا بد وأن أعقبها حرائق واسعة النطاق بالغابات وترسب كميات هائلة من كربون الحفريّات، غير أن الأدلة على هذا غير قاطعة؛ بل إن هناك شگاً حتى في التزامن الدقيق للاصطدام والانقراض.

## إيقاع التطور وصيغه

قبل عام ١٩٤٤، كانت تهيمن على ميدان علم المتحجرات دراسات قديمة الطراز نسبياً في علوم التشكّل والتّصنّيف ورسم طبقات الأرض. بعدها نشر جورج جايلورد سيمبسون كتابه الرائد «إيقاع والصيغة في التطور»، والذي استعان فيه بتحليلات كمية وأساليب إحصائية لسر ألغوار سجل الحفريّات، وتحديداً، لجعل دراسة الحفريّات تقف على قدم المساواة مع دراسة الكائنات الحية.

لا يوجد تحليل أفضل مما تسمح به البيانات الأولية، و(كما أشرت سابقاً) هناك مبرر قوي لتوكّي الحذر عند التعامل مع كثير من الأرقام المستخدمة حالياً في علم المتحجرات. غير أن سيمبسون أوضح لعلماء المتحجرات أن البيانات التي لديهم كانت في مواضع مكتملة بالقدر الكافي لإنتاج معلومات حول التباين، وهو أحد أحجار الزاوية في فكرة الانتخاب الطبيعي التي طرحها داروين؛ فأنتج أول تقدّيرات كمية لمعدلات التطور،

واستنتج «معدلات تصفيفية للتطور» عن طريق قياس أطوال أعمار مختلف الأنواع أو الأجناس أو الفصائل، أو — أبسط الطرق — عن طريق وضع إحداثيات توزيع أول وأخر ظهور للكائن على مقاييس زمني جيد على نحو ملائم. ويمكن التعبير عنها بأنها معدلات أيٌّ من النشوء والانقراض، ويبين البرهان أن تلك المعدلات تتباين بوضوح في داخل السلالات نفسها وفيما بين السلالات المختلفة و/أو على فترات زمنية معينة.

من الممكن تقدير معدلات التطور التشكيلي داخل سلالة ما عن طريق تسجيل الحفريات وتمييزها بسمات تشريحية معينة مثل أبعاد سن ما من الأسنان أو عدد العظام المستقلة لسقف الجمجمة. وينبع هذا العمل مباشرةً من عمل دارسي تومبسون وجولييان هكسلي على رياضيات النمو النسبي، ويؤدي دوره إلى تحليلات لمعدلات النمو التفاضلية (التمايز الزمني) وغيرها من الظواهر الأخرى الخاصة بالنمو في الكائنات الحفرية. ومن بين الحالات الكلاسيكية التي وثق فيها علم المتحجرات التغير التطورى حالة تطور الخيول، حيث نتج عن أسلافها ذات الأصابع الخمسة، والتي كانت في حجم الكلب تقريباً في العصر الإيوسيني، سلالات ذات ثلاثة أصابع ثم أنواع ذات إصبع واحد. وخلال عملية الازدياد في الحجم، تطورت أيضاً لدى الخيول أطراف أكثر طولاً بحسب متفاوتة (للركض) وأدمغة أطول وأسنان أطول (لمضغ الحشائش). وقد حدثت تلك التغيرات بمعدلات مختلفة في سلالات متنوعة داخل فصيلة الخيول.

قد أوضح سيمبسون أن المجموعات المختلفة تتباين وتطور وتتعرض بمعدلات متفاوتة، وأنه من الممكن قياس تلك المعدلات. ولا يزال منهجه قائماً إلى يومنا هذا برغم أن بياناته مع العديد من حججه توارت خلف النمو الاستثنائي الذي شهدته علم المتحجرات الكمي في الخمسين عاماً الأخيرة. وكان هذا متوقعاً، ولكن الغريب أن بعض علماء المتحجرات قد اشتكتوا مؤخراً من أنه هبط بمكانة العلم الذي يدرسونه فجعله مجرد خادم لعلم الأحياء. وهم هنا يغفلون المكانة التي كان هذا العلم يحتلها قبل مجيء سيمبسون، والذي ندين له بالفضل العظيم؛ لأنه أوضح أن علم المتحجرات يمكنه في كثير من الأحيان الكشف عن ظواهر غير مرئية في الزمن البيئي، لكنها تحدث بنفس المبادئ. غير أنه ربما يكون من الصحيح كذلك أن سيمبسون — الذي جرأ أن يعتبر كتابه انصهاراً بين علمي المتحجرات والوراثة — كان أكثر تفاؤلاً مما نحن اليوم بشأن مدى كفاية سجل الحفريات.

## شكل التطور

كان يُعتقد دوماً فيما مضى أن سجل الحفيّات الأفضل هو ذاك الذي يكشف عن تغيرٍ تطوريٍ بطيءٍ وتدرجيٍ، بحيث يوضح تحول أحد الأنواع إلى نوع مختلفٍ اختلافاً طفيفاً أو يتفرع في بطيء إلى نوعين، والتطافر الدارويني للأنواع ينبغي أن يكون قابلاً لللاحظة بمجرد التسلق إلى أعلى المكان الذي جرى اكتشافه وجمع العينات بوصة بوصة وعاماً وراء آخر، وهكذا. غير أنه في عام ١٩٧٧، عثر نيلز إيلدرidding (من المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي) وستيفن جاي جولد (من جامعة هارفرد) على نمط مختلف. وثق الاثنان حالات ظلت فيها الأنواع دون تطور ظاهر (في حالة ثباتٍ تطوري)، لفترات طويلة من الزمن في السجل، ثم فجأة حل محلها أنواعٌ وثيقة القرابة بها (من الواضح أنها من ذريتها)، فأطلقا على ذلك النمط اسم «التوازن المتقطع»، لتمييزه عن التدرج التطوري، معتبرين أن شكل التطور أقرب إلى درجات سلم منه إلى منحدر.

كان التوازن المتقطع مفهوماً ثوريًا بحقه، ويمكن أن يفسر (على نحو خاطئ) بأنه يشير إلى طرازٍ عتيقٍ من فكرة «التطور القافز» (وهي الفكرة التي تقول بأن التطور يمضي قدماً بأسلوب الثبات المتناقض) ويكشف (بحق) عن لمسةٍ من الماركسية. في حقيقة الأمر، يتفق التوازن المتقطعي تماماً مع نموذج من الانتواع يتضمن العزل داخل نوع من المجتمعات الهامشية التي يكون التغيير فيها سريعاً، يعقبه غزو من جديد وإحلال في الإقليم الأصلي الذي كان يسيطر فيه انتخاب يعمل أكثر على تحقيق الاستقرار. وحظيت تلك النماذج بشعبية بسبب الصعوبة التي واجهت العلماء بدونها في تفسير عدم ذوبان الأشكال الجديدة عن طريق التزاوج بين الأفراد في المجتمعات الرئيسية (وهي مشكلة راوغ داروين في التعامل معها عن طريق تبني نسخة معدلة من النظرية اللاماركية في الطبعة الخامسة من كتابه «عن أصل الأنواع»). هناك جانب مشوقٌ من التوازن المتقطعي، وهو أنه إذا كان التغيير التطوري مرتكزاً في أحاديث الانتواع السريع وليس تراكimياً على امتداد تاريخٍ تدرجيٍ ممتد لأي نوع، فسوف يمكن تفسير المعدلات التصنيفية المتباينة للتطور، ليس باعتبارها صيغاً مختلفةً من التغيير، وإنما باعتبارها محصلةً مدد زمانية مختلفة لفتراتٍ من الثبات التطوري.

يُزخر العلم بتفسيرات «خاصةً لهذا الغرض تحديداً» لشرح كل هذا. تشير الأدلة المستقاة من حالاتٍ تبدو فيها العديد من الأنواع المعاصرة وكأنها تتعرض لعملية «مقاطعة»، في آنٍ واحد، إلى أن أحاديث الانتواع من الجائز أن تكون مدفوعةً بواسطة

أحداث بيئية خارجية مبالغة نسبياً (مرة أخرى ليست تدريجية). تطلق إليزابيث فربا من جامعة بيل — على هذا الأمر «فرضية التذبذب الإلالي». في تفسير يتعلق بالنمو، يتوقع من فئة من المجتمعات تتعرض لضغط بيئي مستمر أن تراكم لديها أعداد من التغيرات الوراثية الطفيفة (غير مرئية في سجل الحفريات). وبمجرد أن تراكم تلك التغيرات حتى تصل إلى كتلة حرجة، يقع حدث في التحكم الجيني في النمو؛ مما يؤدي بعنة إلى حدوث تغير ظاهر (أو ما نعرفه بالنمط الظاهري).

إن اختبار أيٌّ من تلك الفرضيات يضعنا في مواجهة مشكلة العينات البحثية. من المنطقي أن يتوقع المرء أن يجري تمثيل أي نوع من الأنواع بعدد من المجتمعات التي تحوي نطاقاً من التنوع داخل النوع الواحد. فإذا كانأخذ العينة من مكان بعينه يوضح وجود تغير تدريجي، فقد يعني ببساطة أن الظروف البيئية في ذلك المكان تغيرت ببطء، وأن مجموعة فرعية مختلفة من المجتمعات الموجودة تحركت نحو الفراغ البيئي الذي سحبته منه العينة. أما إذا أظهرت العينة عدم وجود تغير، فقد يكون تفسير ذلك أن خصائص الكيان الرئيسي للنوع ربما حدث لها نوع من التغير لكن في موضع آخر، في حين تكشف التربسات المأخوذة كعينة فقط عن مجتمع شاذ ظل ثابتاً في خصائصه.

بمجرد أن انطلق مفهوم التوازن المتقطع — مثلما هو الحال غالباً — تبعه جدل شخصي مrirer بين التقليديين والثوريين (بين «زحف» النهج التدريجي، و«قفزات» نهج التوازن المتقطع). في حقيقة الأمر، من الصعب أن نفهم لماذا يجب أن تكون مجموعة واحدة من علماء المتحجرات هم الأووصياء على «الحقيقة»، أو أن صيغة واحدة فقط من الانتواع هي الصحيحة بالنسبة لسجل الحفريات بأكمله. ربما كان أعظم مكسب جاء من وراء ذلك الجدل أنه كان السبب في بدء جهدين مهمين: تحليل دقيق للأمثلة السابقة التي اعتُقد أنها تشير إلى التدرجية، والبحث عن ظروف جيولوجية كان فيها المقياس الدقيق للتطور عبر الزمن قابلاً للإثبات في فترة زمنية واحدة متواصلة. والسبيل الوحيد للتعامل مع المشكلة، ثم بعد ذلك معالجة كل حالة على حدة، أن نأخذ عينة من التوزيع الجغرافي الشامل لسائر الأنواع محل البحث، عبر إطار زمني يسيراً عاماً تلو عام حتى نحل كلاً من التنوع الزمني والمكاني لكل المجتمعات المشتملة خلال واقعة الانتواع. وقد تبين أن الدليل القاطع على حدوث انتواع تدريجي أو متقطع يندر الحصول عليه بسبب مشكلات صعوبة التوسيع في الحصول على عينات. والرأي الحالي الذي يحظى بإجماع هو أن النماذج المختلفة — التدريجي أو المتقطعي أو الجمع بينهما — لا يزال صائباً على أزمنة مختلفة وأماكن مختلفة وكائنات مختلفة.

وتوجّد هنا مفارقة؛ فمعظم الفلسفه الأوائل زعموا من قبل أن الأنواع ثابتة ولا تتغيّر طبيعتها؛ ففي الفلسفه اليهودية المسيحيّة — على سبيل المثال — كانت الأنواع ثابتة لحظة الخلق. وهناك رأي بديل نراه في كلٍّ من التقدّميين المتسامين وفي وجهة النظر التطوريّة التدرّيجيّة، وهي أن الأنواع قد تكون نتاجاً مختلفاً. فربما ما نراه نوعاً في الزمن البيئي مجرد لقطة سريعة التقاطت اليوم لكيان ما داخل سياق تدفق متواصل. ولقد دافع معظم أنصار نظرية التطور الأوائل بشراسة عن مفهوم التطافر التدرّيجي للأنواع. أما التوازن المقطعي — من ناحية أخرى — فيعيدهنا إلى مفهوم خضع للمراجعة عن ثبات الأنواع، وهو ما يستحق أن نستعين فيه بعبارة نجم البيسبول الأمريكي خفيف الظل يوجى بيرا: الأنواع لا تتغيّر إلى أن يطرأ عليها التغيير! وهو مفهوم يتطلّب أن نستبدل بالمفهوم التقليدي لتحول الأنواع — أي التغيير التدرّيجي الذي من حيث المبدأ يجب أن يكون ملحوظاً في سجل الحفيّات — مخططاً لا يحدث فيه ذلك التغيير.

## التحولات التطوريّة الرئيسيّة والمشكلة التطوريّة الكبري

تُعرف نشأة مجموعة جديدة كبرى من الكائنات بأنها (وتظهر في سجل الحفيّات في صورة) تركيبات جديدة واحتلال (الاستيلاء على) مكان بيئي جديد تماماً. ومن أبرز الأمثلة على ذلك نشأة فقاريات اليابسة (التي لها أرجل ورئتان) من الأسماك، وكلٌّ من الطيور والثدييات من قطعان (مختلفة) من الزواحف. غير أن مثل تلك الواقع عادة ما تكون من بين أدقّ المناطق توثيقاً في السجل. وهذا يدفع المرء لأن يتساءل عما إذا كانت الندرة النسبيّة للحفيّات الانتقاليّة تعكس شيئاً ممیزاً في العمليّات التي تتدخل في التطور، أو هل المشكلة تتلّخص ببساطة في ملاحظة أخرى في سجل الحفيّات.

في نشأة المجموعات الكبري، يبدو أن التطور قد سار قدماً بسرعة كبيرة غير معتادة وبقدر منخفض من التنوع. وهذا يطرح تساؤلاً عن الحد الأدنى من عدد وقائع الانتفاع المطلوبة لأي من التحولات التكّييفيّة الكبري في التطور التي ينتج عنها نشأة مجموعات رئيسيّة جديدة (كالطيور أو الثدييات أو الحشرات، أو النباتات المزهرة). فيما مضى، كان من الضروري تفسير أي تحول تطوري رئيسي — ول يكن مثلاً من الزواحف إلى الطيور — عن طريق تجميع المئات وربما الآلاف من مثل تلك الأحداث وأعداد هائلة من الأنواع كلٌ منها لا يختلف سوى اختلاف طفيف عن الآخر. ولكن هذا التفسير «المبني على التراكم» للتطور إما أنه خاطئ أو أنه صحيح بدرجة غير كافية. ويبدو أن العديد من

مراحل التغير التطوري تتضمن تغييرًا يتم بمعدل لا يمكن تبريره بالتطور التدريجي البطيء. ففي نشأة المجموعات الكبيرة، يبدو أن التطور بالغ السرعة، وأن الأشكال الانتقالية كانت أقل تنوعاً وأقل عدداً مما هو الحال؛ سواء لدى مجموعات الأسلاف أو الذرية. ولم يبدأ التنوع واسع النطاق من جديد إلا بعد أن تمت تجربة البنية التكيفية والفسيولوجيا الجديدة واختبارهما أولاً.

ويشير هذا إلى وجود فصل رئيسي بين الصيغ الشكلية (التغير في التركيب) والتصنيفية (عدد الأنواع) للتطور، أو – على أقل تقدير – معدل مرتفع من الانتواع والتغير الشكلي في نطاق سلالة محدودة دون حدوث تنوع فرعي. وقد يكون أبسط تفسير لذلك أن كل هذا عبارة عن ملاحظة نتيجة الحصول على عينات من البيئات الانتقالية. فعلى سبيل المثال، في حالة التحول من الزواحف إلى طيور، من الجائز أن الأشكال الانتقالية احتلت بيئتها تكسوها الغابات، وهي بيئه تفتقر إلى عوامل حفظ الحفريات. ومن الجائز أيضاً أنها كانت محصورة جغرافياً في مساحة صغيرة. ومن الجائز أن تكون السرعة الظاهرية للتغير مرجعها ببساطة وجود فجوات في السجل؛ غير أنه من غير المحتمل أن ينطبق هذا التفسير على جميع حالات الانتقال التطوري الرئيسي. وقد اعتقد داروين نفسه أن حالات الانتقال حدثت بقدر قليل من التنوع على مستوى الأفراد: «الأنواع الوسيطة؛ نتيجة لتواجدها بأعداد أقل من الأشكال التي ترتبط بها، سوف تُهزم بالتدريج ويُؤخَذُ علية خلال مسار يحدث فيه المزيد من التعديل والتحسين». وفي هذه الحالة، تكون الحفريات نادرة في المرحلة الانتقالية، غير أن هذا لا يفسر السرعة العالية للتغير الشكلي.

وربما يساعدنا مفهوم «الابتكار المحوري» في هذا السياق. والابتكار المحوري عبارة عن تغير شكلي أو فسيولوجي أو متعلق بالنمو، والذي قد يكون هو في حد ذاته ضعيف التأثير غير أنه يفتح المجال واسعاً أمام احتمالات جديدة. وهو ينشأ في براءة شديدة في أحد السياقات ثم يتبيّن أنه أكثر ذرعاً في سياق مختلف. وكثيراً ما يُنظر إلى الريش باعتباره أحد تلك الابتكارات الرئيسية، والذي تطور في بايِّن الأمر من أجل التحكم في درجة الحرارة. ونشأت الكائنات رباعية الأطراف من تعديلات طرأَت على زعانف الأسماك كي تعيش في المياه الضحلة. ونشأت الرئة من جهاز تنفسي تكميلي و/أو جهاز خاص بالطفو، وهكذا. وفي مثل تلك الحالات، بُذل جزء كبير من العمل الشاق قبل حدوث الانتقال الفعلي.

المفهوم الثاني هو «التقدم الترابطي» (سُمِّي هكذا في إشارة من مؤلفه إلى مفهوم وضعه داروين وهو «التبابن الترابطي»؛ ومن أمثلته فكرة أن جميع القطط البيضاء زرقاء العيون تكون صماء). لا يوجد جزء من جسم أي كائن مستقل عن بقية الأجزاء. أول سمة نجحت في الاحتفاظ بفقاعة هواء داخل أحشائها خلقت في الوقت نفسه احتمالات جديدة في تبادل الغازات التنفسية، وفي التحكم في الطفو، وفي القدرة على السمع تحت الماء. وفي الأحوال العادية، تكون إمكانية حدوث تغيير في عضو ما وفي الأجهزة الفسيولوجية، ومسارات النمو، مقيدة بسبب ارتباطها بأجهزة أخرى، على مستوى الوظيفة والنمو. ولو كان كل منها بمعزل عن الآخر، لتمكن كل منها من التغيير إلى هذا الحد فحسب دون أن يتجاوزه. وفي التقدم الترابطي، يفترض أنه إذا كانت تلك الأعضاء ستتغير معاً، فإن إمكانية الابتكار هنا ستكون أكبر. فعلى سبيل المثال، في رأس الفقاريات هناك عناصر مشتركة في ميكانيكا عمل الفكين، وميكانيكا التنفس، وأليات اتخاذ الأوضاع، وأليات السمع. والغير الذي يطرأ على أي منها من شأنه أن يحدث تأثيراً طفيفاً، أما التغييرات التي تطرأ على عدة أجهزة منها معاً – في ظل نفس المنظومة التكيفية – فسوف تصير مدعمة ذاتياً وسوف تحدث أثراً أكبر بكثير.

يصبح كل من «الابتكار المحوري» و«التقدم الارتباطي» أكثر وضوحاً وفهمًا عند ترجمتها إلى سياق نموي لا في سياق الأفراد البالغة. على سبيل المثال، في عملية تطور الخيول، نشأت حالة الأصابع الثلاثة في الأرجل بالتوازي أكثر من مرة في العصر الميوسيني، وحالة الإصبع الواحد أكثر من مرة في العصر البليستوسيني؛ مما يشير إلى أن القوة المحركة لم تكن مجرد الانتخاب القائم على الأنماط الشكلية لدى الأفراد البالغة، وإنما كانت في صورة تحول ما طويل المدى ومؤثر في مسارات النمو والذي تمَّحض عن صفات مغایرة عمل الانتخاب على أساسها.

من بين عوامل الجاذبية في نموذج التوازن المتقطع أنه ربما يتتيح إمكانية حدوث الانتواع بسرعة أكبر مما لو حدث في ظل النموذج التدريجي (بتقصير فترات الثبات التطوري). كذلك فإنه يوجهنا نحو إدراك أن الانتخاب يجب أن يعمل على أكثر من مستوى. وفي وجهة نظر هرمية بالكامل بشأن التطور، تماماً مثلما أن هناك انتخاب على مستوى كل من الجين والفرد والمجتمع، هناك أيضاً انتخاب على مستوى النوع، وربما حتى انتخاب على مستويات أعلى. وفي هذه الحالة، ربما يرجع الاختلاف بين – مثلاً – النمط المزدحم للتطور الذي نراه في مجموعات عديدة، والذي ينتج العشرات من

الأنواع شديدة التشابه (معظمها من الحشرات والطيور الطنانة)، وبين التنوع المنخفض لجموعة ما في حالة انتقالية، ربما يرجع جزئياً إلى درجات من الانتخاب تعمل على مستوى النوع وتكون مدفوعة بقوسورة الظروف البيئية. ومع تحول المجموعة سريعاً لأن تصبح أكثر كفاءة (من الناحية الشكلية والفيسيولوجية والسلوكية) في التعامل مع مجموعة من الظروف الجديدة، تهدأ وتيرة الانتخاب النوع ويزداد التنوع.

## الحفرات الحية

وضعت نظرية داروين حول الانتخاب الطبيعي موضوع التطور برمه على الخريطة العلمية مباشرة كما خلقت نطاقاً جديداً من التوقعات لصالح قوة علم المتحجرات. غير أن داروين كان مدركاً أن سجل الحفرات لم يقدم دليلاً قاطعاً على نظريته كما كان يود؛ إذ إن به العديد والعديد من التغيرات نتيجة عدم اكتمال السجل الجيولوجي. كانت هناك أيضاً تناقضات في سجل الكائنات الحية. في كتابه «عن أصل الأنواع»، شرح داروين مفهوم «الحفرة الحية» بالتفصيل. الحفرات الحية (وفي المصطلح تناقض ظاهري، إذ لا يمكن للكائن حي أن يكون حفرة) هي الاستثناءات التي تبرهن على القاعدة التطورية؛ إذ إنها تبدو أكثر حصانة من باقي المجموعات الأخرى أمام ضغوط التغيير مع مرور الزمن والانقراض الذي لا يرحم. وعادة ما ينجو نوع واحد (أو بضعة أنواع) من مجموعة كانت فيما مضى أكثر انتشاراً في سجل الحفرات العتيق.

والحفرات الحية هي آخر ما تبقى من سلالات تطورت بمعدلات أبطأ من المعاد بصورة هائلة. إنها الكائنات الناجية من عقد بالغة القدم على شجرة التنوع العضوي، فتعرض بنيان (وربما بيولوجية وفسيولوجية وكيمياء) زمن بالغ القدم. وغالباً ما تكون ذات قيمة عظيمة للعلم، لا سيما عندما يتعلق الأمر بإعادة بناء حياة نوع حفرى يرتبط معها بصلة القرابة. ويمكننا إجمالاً وضع قائمة تحوى أسماء ما يقرب من ٣٠ نوعاً حياً يندرج تحت هذه الفئة. ومن بين الأمثلة التي عرفها داروين عدة أنواع من أسماك المياه العذبة الاستوائية، ومن بينها ثلاثة أجناس من الأسماك الرئوية وكثيرات الزعافن الأفريقية، والكائن الثديي البيوض الفريد من نوعه المعروف بخلد الماء (البلاتيبيوس) ذي المنقار الذي يشبه منقار البطة. وكان يرى أنه بالإمكان العثور على أمثلة أخرى في أعماق البحار.

لعل أشهر حفريات حية هي سمكة لاتيميريا كالومناي التي تتنمي لرتبة شوكيات الجوف، وهي سمكة اكتشفت لأول مرة حية في المحيط الهندي (رغم أنها لم تكن على عمق سحيق) عام ١٩٣٨؛ وهي تتنمي لمجموعة عرفت في البداية كحفريات من العصر الديفوني، غير أنه اعتقد أنها انقرضت مع الديناصورات. وعند مقارنة لاتيميريا المعاصرة وأسماك النيسيدات الديفونية، وُجد أن الاختلافات بينهما – في الهيكل العظمي على أقل تقدير – قليلة بشكل مذهل. في حقيقة الأمر، كان من الواجب أن تكون رتبة شوكيات الجوف مثيرة للاهتمام قبل اكتشاف اللاتيميريا بوقت طويلاً؛ لأنه كان من الواضح بالفعل من المقارنة بين حفريات شوكيات الجوف التي تتنمي للعصرين الطباشيري المتأخر والديفوني أنه لم يتغير فيها إلا أقل القليل. وقد أضاف اكتشاف النوع الحي العديد من الاحتمالات الجديدة للدراسة، ومن الطبيعي أن يستنتاج علماء البيولوجية التطورية أن النزعة المحافظة في تطور الهيكل العظمي ربما كانت تشير إلى نزعة محافظة مماثلة في باقي بيولوجية السمكة. وعند دراسة إحدى أسماك شوكيات الجوف الحية، فإن الأمل يحدونا أن تكون بذلك وكأننا ندرس سمكة حية من العصر الديفوني. وقد كانت دراسة الميكانيكا الحيوية للسمكة شوكية الجوف الحديثة التي حصلت عليها أثناء عمله في جامعة بيل عام ١٩٦٦ واحدة من أبرز الإنجازات التي أفسر بها في سجل حياته العلمية.

إن مفهوم «الحفريات الحية» مفهوم محير من حيث إن سلالة – وليس نوع – هو ما يظل على قيد الحياة بأسلوب محافظ على نحو يدعو للإعجاب. ونحن لا نملك دليلاً يجعلنا نقول مثلاً إن النوع لاتيميريا كالومناي قد نجح في البقاء على قيد الحياة لأكثر من البضعة ملايين عام المعتادة؛ فالجنس لاتيميريا غير معروف كحفريات. وهناك قلة قليلة من الأنواع المنفردة التي يبدو بحق أنها نجحت في البقاء على قيد الحياة في سجل الحفريات – مثل ذلك النوع – مدة أطول من الفترة الزمنية المعهودة.

يجمع بين كل ما يطلق عليه اسم الحفريات الحية شيء مشترك؛ وهو أنها – باعتبارها أنواعاً أو ممتلكة لسلالة – تبين وجود معدل بالغ البطء للتطور التركيبية، مصحوباً بتتنوع منخفض نسبياً في الأنواع مع مرور الزمن. وفي الوقت نفسه، فإن أقارب تلك المجموعات قد تطورت بصورة طبيعية، نوعاً نوعاً. فهناك أنواع تربطها صلة قرابة بعيدة بشوكيات الجوف والأسماك الرئوية التي تتنمي للعصر الديفوني – على سبيل المثال – كانوا أسلافنا نحن (وأسلاف جميع رباعيات الأقدام التي تعيش على اليابسة).

ولا يعلم أحد لماذا وكيف استمرت سلالات الحفريات الحية. اعتقد داروين أن ضغوط الانتخاب في بحيرات المياه العذبة القديمة في أفريقيا كانت – لسبب أو لآخر – أقل وطأة: «لقد عمرت حتى يومنا هذا، لكنها قطنت مساحة ممحورة، ومن ثم لكونها تعرضت لمنافسة أقل حدة». لكن هذه الإجابة لا يمكن اعتبارها إجابة تامة. فليست كل الحفريات الحية موزعة توزيعاً جغرافياً محدوداً؛ فسرطان حدوة الفرس (وهو المتبقى من سلالة تنتمي لحقبة الباليوزي ذات صلة قرابة بالعنابي) منتشر في جميع أنحاء العالم. وبعض الحفريات الحية ربما كان أسلوب حياتها «مممماً» وقدراً على التكيف (وليس شديد التخصص) مما يسمح لها بمجاراة التغيرات البيئية التي قضت على الكائنات المعاصرة لها. ويجوز أن البعض منها بقي حياً من خلال اتباع الاستراتيجية المضادة؛ أي لأنه تكيف مع نمط حياة معين شديد التخصص ظل مكانه في البيئة دون تغيير بمرور الوقت، أو نمط حياة كانت السلسلة المتتابعة من التغيرات التي طرأت على مكانه في البيئة محايده على مستوى القدرة على التكيف. ومن المحتمل أن معدلات التطور البطيئة في الحفريات الحية – في نهاية الأمر – هي مجرد نتاج مصادفات. ولعل من الواجب على المرء أن يعكس السؤال ويتساءل كيف ولماذا كان التطور يسير على ذلك النحو المتسارع مع كائنات أخرى؟!

## الحلقات المفقودة

منذ عصر أرسطو، كان الناس ينظرون إلى العالم الحي باعتباره نسخة ما من «سلسلة الوجود» المستمرة. وقدمت نظرية التطور لهذه الرؤية إطاراً سبيلاً أكدَ على استمرارية الحياة في المكان والزمان وحولتها إلى «سلسلة الصيرورة». إلا أن سجل الأنساب الخاص بالبشر والمستقى من الحفريات يظل مليئاً بالثغرات. وهذه الثغرات مثيرة للاهتمام؛ لأننا نعلم مكانها، وما الذي يجب – بصفة عامة – أن يملأها، فنطلق على تلك الأنواع غير المكتشفة اسم «الحلقات المفقودة». فالحلقة المفقودة هي ذلك النوع أو سلسلة الأنواع المتتابعة الغائبة عن قاعدة بياناتنا بسبب وجود ثغرات في السجل، غير أنها يجب أن تكون موجودة من الناحية النظرية. فقد اكتشفت الزواحف ذات الريش /والطائر ذو الأسنان أركيوبتركس – وهو مثال نموذجي للحلقة المفقودة – بمصادفة سعيدة عام ١٨٦٠؛ مما منح واقعاً جديداً لعالم نظرية التطور الآخذ في الازدهار. وعلى مر السنين، كرس المتخصصون في علم المتحجرات قسطاً وافراً من جهودهم للعثور على المزيد من تلك الحلقات المفقودة.

وإذا شئنا الدقة فإن تعبير «الحلقة المفقودة» تعبير مجازي. ففي الأصل، كان يستخدم كمصطلح *تنيثي*، يقصد به الإشارة إلى شيء لم يُعثر عليه بعد. ومن هذا المنطلق، يعد نظرية افتراضية. واليوم صار المصطلح يستخدم أكثر لوصف الاكتشاف نفسه، ومن هذا المنطلق صار يعبر عن تأكيد لفرضية جدلية. وفي هذا المفهوم الأخير والأوسع انتشاراً في الاستخدام، صار مصطلح «الحلقة المفقودة» تناقضًا ظاهريًا آخر يشير إلى اكتشاف كائن ما (وبالتالي لا يعود مفقودًا)، عادةً ما يكون حفريه، يحتل موضعًا وسيطًا في سجل سلالتين ستكونان منفصلتين تماماً بدونه.

ودائماً ما كان مصطلح «الحلقة المفقودة» يحظى بأهمية خاصة في عالم علم المتحجرات البشرية حيث تمثل الحفريات المفقودة حلقات الوصل بيننا وبين القردة العليا، ويرجع ذلك إلى حد كبير بسبب كتابات ومحاضرات توماس هنري هكسلي، عالم التشريح والمتحجرات الكبير، والمساند الأكثر وفاءً لتشارلز داروين. ولذلك السبب أيضاً - للأسف - صار المصطلح مادة للاستغلال الشخصي منذ ذلك الحين، فكان ظرفاء العصر الفيكتوري كثيراً ما يتذمرون على العمال الأيرلنديين الذين كانوا في ذلك الحين ينشئون الطرق والسكك الحديدية الإنجليزية *فيصفونهم بأنهم «الحلقة المفقودة في سلسلة التطور البشري»*.

هناك في الغالب تداخل لا يُستهان به هنا مع مصطلح «الحفرية الحية»؛ فعلى سبيل المثال، عندما اكتشفت السمنكة الرئوية الأمريكية الجنوبية لبيبيدوسايرين عام ١٨٣٦، كان يعتقد أنها تمثل الحلقة المفقودة بين الأسماك ورباعيات الأرجل؛ وهذا لا يدهشنا؛ إذ إن لديها زعانف ذات فصوص ورئتين، ونوعاً من فتحات الأنف الداخلية أو المنعر. وبالمثل يمثل الحيوان الثديي البيوض خلد الماء همزة الوصل بين الزواحف والثدييات. (للأسف، تبين أن الحفرية الحية لاتيميريا كالومناي مجرد نوع آخر من شوكيات الجوف وليس حلقة وصل مباشرة مع أصل رباعيات الأرجل.)

## الفصل الثامن

# الجزئيات والإنسان

ذات يوم في أواخر شهر أغسطس عام ١٩٦٣، وضعت رحالي على مسافة ما أعلى جرف صغير بالقرب من الضفة الغربية لبحيرة توركانا (وكان حيئذ لا تزال تسمى بحيرة رودولف) بشمال كينيا، ونظرت وقد تملكتني الإثارة والرهبة وأنا أنظر إلى حفريات لدرس بشري التقطتها لتوi. كم كان مقدار الشبه بيني وبين صاحب ذلك الدرس؟ وما مدى قرابة هذا الشخص بشعب توركانا الحالي الذي يقطن تلك المنطقة؟ وكم مضى من الزمن منذ كان ذلك الشخص يعيش على وجه البسيطة؟ واجتاحتني مرة أخرى ذلك الإحساس العجيب الذي تثيره الخصائص «الغريبة» و«المألوفة» للحفريات. فعلى غرار الديناصورات التي نراها (لا سيما ونحنأطفال) كائنات نصف واقعية ونصف غير واقعية، فإن الحفريات البشرية هي «منا» و«ليست منا» في آن واحد؛ إننا نندهش من وجه الشبه بينها وبيننا، ونتحير من الاختلافات بيننا وبينها كذلك، لا سيما فيما يتعلق بتلك السمات التي استخدمنا أهل العصر الفيكتوري لتصوير أسلافنا على أنهם وحوش تسير في تناقل.

ولا توجد حفريات تخلب أبابنا أكثر من الحفريات البشرية، ولا تفتأّ الاكتشافات الجديدة تتزاحم اليوم بمعدل مذهل، مما يمنح معنى جديداً لعبارة ألكسندر بوب المأثورة: «الدراسة المثل للجنس البشري هي الإنسان» إن الحفريات البشرية تمنحك منظوراً إضافياً عن ماهيتها وكيف أصبحنا على هذه الحال. إنها تبين لنا كيف عاش أجدادنا وأين عاشوا، وكيف تنقلوا، وما صنوف الطعام التي اقتاتوا عليها، وكم كان يبلغ حجم أممأخاخهم، بل وربما ما إذا كانوا يتكلمون أم لا. إن الحفريات تبين – على الأقل من هيئتها الخارجية – تحولنا من كائن يسير على أربع إلى كائن يسير على قدمين،

ومن آكل للعشب إلى آكل للحم والعشب معاً، وتعطينا إشارات فيما يتعلق بنمو التراكيب الاجتماعية، والذكاء، والثقافة.

يقدم لنا سجل الحفريات البشرية كذلك دراسة حالة ثرية بالمعلومات حول جميع فرص علم المتحجرات والمشكلات التي يواجهها. إنه لأمر مفید — وإن كان محبطاً أيضًا — أن تكتب عن مجال من العلوم يعلم المرء فيه أن البيانات الأولية تتغير بصورة متواصلة كل عام، بل وكل شهر. من ناحية أخرى؛ نظراً لأن السجل البشري يتعامل مع مادة تتنمي لعصر حديث نسبياً به فرصة لا بأس بها للحفظ، ولأن الهيكل العظمي يتتألف من عدد هائل من السمات القابلة لليقاس، من سعة القحف وحتى أدق تفاصيل الأسنان أو الأطراف، فإن باستطاعتنا تحليل التطور بالعمل على مقاييس أكثر دقة وعلى مدار فترة زمنية أقصر (في نطاق عشرات الآلاف من السنين) من أغلب المناطق الأخرى في سجل الحفريات. ونتيجة لذلك، فإن السجل البشري يقدم فرصة رائعة لأن نصبح قادرين في نهاية المطاف على تحقيق إعادة بناء أكثر دقة على مستوى التفاصيل لعلم أنساب الحفريات أكثر من أي مجموعة أخرى من الكائنات.

وهنا — حيث يلتقي علم المتحجرات بعلم الآثار — يمثل أحد الموضع التي يمكن لعلم الجزيئات الحديث أن يُستغل جنباً إلى جنب مع المعلومات الأخرى الأكثر كلاسيكية عن الحفريات، مع أن النتائج لا تتفق على الدوام. قلة من بقايا الحفريات البشرية تكون حديثة العمر بقدر كافٍ (أي عمرها أقل من ۱۰۰ ألف عام) بحيث يمكننا استخلاص أجزاء من حمضها النووي. وبالاستعانة بافتراضات بسيطة عن المعدلات التي تثبت عندها الطفرات في جزيئات حمضى آر إن إيه، وهي إن إيه، التي تحمل شفرة وجودنا ذاته، من الممكن ليس فحسب أن نتوصل إلى أي الأنواع أقرب صلة لبعضها، وإنما أيضًا أن نضع تقديرات كذلك للمدة الزمنية التي مررت منذ تفرعت السلالات التي أنجتها. إن التحليلات الجزيئية لا تخبرنا بتوقيت نشأة البشر المعاصرين فحسب، وإنما في استطاعتها أيضاً أن تقدم لنا إجابات عن السؤال القديم بما إذا كان البشر المعاصرون (أي نحن) قصوا ببساطة على كافة الأنواع الأخرى (إنسان نياندرتال، الذي عاش البشر المعاصرون مع آخر الموجودين من سلالته جنباً إلى جنب تقريباً) أم أنهم استوعبوا تلك الأنواع.

حتى منتصف القرن التاسع عشر، كانت مسألة أنه لا توجد حفريات بشريّة معروفة تمثل حقيقة تجريبية، وأيضاً مسألة مبدأ أنه من الممكن ألا تكون هناك أية حفريات بشريّة. وكانت مكانة البشر السامية من أقدم المعتقدات اليهودية-المسيحية التي

ظللت باقية فيما يتعلق بقصة الخلق. وعلى امتداد القرنين الماضيين، ومع إلحاد سجل الحفريات المتزايد على أهمية التوصل إلى وجهة نظر أن الملكتين الحيوانية والنباتية لا بد وأنهما تغيرتا مع مرور الأزمنة، ظلت هناك نقطتان جوهريتان تقاومان حتى آخر نفس: أن الإله هو المسئول على الأقل عن قوانين الطبيعة التي تحكم في كل عملية الخلق (حتى لو لم يحدث ذلك في واقعة منفردة)، وأن الإنسان هو من صنع الإله المباشر، فهو مستقل عن الأحداث والعمليات والأسباب الأخرى الموجودة في الطبيعة.

وجاء اكتشاف الحفريات البشرية بوادي نياندر بألمانيا عام ١٨٥٦ كي يغير كل ذلك، ولكي يتزامن أيضاً مع طرح النظرية الداروينية، التي تعتبر البشر خاضعين للقوانين الطبيعية نفسها التي تسري على ما عادهم في هذا العالم. وجاء الاكتشاف العظيم التالي عام ١٨٩١، عندما شرع يوجين دوبوا – تحت تأثير هومبولت – في البحث عن حفريات بشرية بإندونيسيا وحقق نجاحاً هائلاً باكتشاف إنسان جاوة – أو الإنسان المنتصب – والذي يمثل حلقة مفقودة بين الإنسان والقردة بكل ما تحمله الكلمة من معان. ثم بدا أن الاكتشاف التالي للكرومانيون الأوروبي يسد الثغرة بين إنسان نياندرتال والبشر الحاليين. وبعدها في القرن العشرين، تحول الاهتمام نحو أفريقيا ونحو سلسلة من الاكتشافات عن الأطوار الأولى لأسلفنا.

في عام ١٩٢١، عُثر على ججمحة في برو肯 هيل (زامبيا)، وبعدها بثلاث سنوات اكتشف راي蒙د دارت في جنوب أفريقيا أول أسترالوبيثكس أو ما يعرف بالقردة الجنوبية. وجاءت اكتشافات روبرت بروم في ثلاثينيات وأربعينيات القرن العشرين لتضع كلاً من أسترالوبيثكس وبارانثروبوس بقوة عند جذور أسلاف البشر. وبعد الحرب العالمية جاءت فترة كبرى من الاكتشافات في شرق أفريقيا عند منطقة أولدوفاوي جورج وغيرها من المواقع على يد إس بي ليكي وزوجته ماري، ثم بعدها على يد ولدهما ريتشارد. وفي سبعينيات القرن العشرين، توصل دونالد جوهانسون وأخرون لاكتشافات مذهلة في إثيوبيا. وخلال السنوات الثلاثين الماضية، أُثري تاريخ أشباه البشر الأولى بقوة مع اندلاع ثورة من الاكتشافات المثيرة في أرجاء أفريقيا وأوروبا وآسيا. وما من سبب يدعونا للاعتقاد أنها لن تتواصل لفترة طويلة.

حتى قبل اكتشاف أولى الحفريات البشرية، كان ثمة أدلة متزايدة قد أظهرت بالفعل أنه يوماً ما سيجري تتبع جذور التاريخ البشري إلى شبكة من العلاقات بين الرئيسيات الممثلة الآن في القردة والسعadanات وأقربائهما من الكائنات الحية. وكان محور ذلك

الاعتقاد أن القردة العليا الحية – إنسان الغاب (أورانجوتان) (اكتشف عام ١٧٧٨)، والشمبانزي (١٧٨٨)، والغوريلا (١٨٤٧) – مشابهة تماماً لنا من الناحيتين التشريحية والسلوكية. وعندما وضعت قردة الشمبانزي وإنسان الغاب للعرض في حدائق الحيوان، وألْبِست زِيًّا يشبه ملابس الأطفال لإقامة حفلات شاي، كان تأثير ذلك على جمهور العصر الفيكتوري صاعقاً. ومنذ تلك اللحظة، وفي حين أن العلاقة بين الإنسان وبين شيء أشبه بسعدان ربما بدا بعيدة، فإنه على حد قول هنري هكسلي، ولو مجازياً على الأقل: «لن أُخلُ من أن يكون جدي الأَكْبَرَ قرداً».

إن مصطلح «بشرى» يؤخذ على مقاصد عدة لينتهي عند معنى واحد هو نوعنا نحن فحسب؛ أي «إنسان العاقل»، أو أفراد فصيلة البشريات التي ننتمي إليها، بجانب جميع أقربائنا المفترضين، وأقربها ينتمي أيضاً إلى «جنسنا»: حفريات إنسان نياندرتال، وإنسان هايدلبرج، والإنسان المنتصب، والإنسان العامل، وإنسان بحيرة رودولف، والإنسان الماهر. أما الأنواع: إنسان روديسيا، وهو مو أنثيسيسور أو الإنسان الطليعي، وإنسان موريتانيكوس، وبعضة أنواع أخرى، فلا تحظى بالإجماع مثل سابقتها.

### داروين في حديقة الحيوان

استلقت (جيني أنتي إنسان الغاب) على ظهرها، ثم بدأت ترفس وتصرخ، تماماً مثل طفلة شقية، بعدها بدت شديدة التجمّه، وبعد نوبتين أو ثلاث من الانفعال، قال الحارس: «جيني، إذا توقيفت عن الصياح وصرت فتاة طيبة فسوف أعطيك التفاحة». من المؤكد أنها فهمت كل كلمة مما قاله، ورغم ذلك، فقد بذلت جهداً كبيراً – مثل الأطفال – حتى تتوقف عن النحيب، ونجحت في نهاية الأمر وفازت بالتفاحة التي ثبت بها نحو مقعدها ذي المسند وبدأت تأكلها، وعلى وجهها يرتسم الرضا في أقصى صورة يمكن تخيلها.

تشارلز داروين، في خطاب إلى شقيقته سوزان داروين،  
١٨٣٨ أبريل

ويشمل جنس أسترالوبيثكس على: أسترالوبيثكس أفريكانوس، وأسترالوبيثكس أنامنيسيس، وأسترالوبيثكس راميروس، وأسترالوبيثكس أفارينيسيس. ويضم جنس بارانثروبوس: بارانثروبوس بويري، وبارانثروبوس إثيوبيكوس، وبارانثروبوس روبيستوس، وجميعها عاش خلال الخمسة ملايين عام الأخيرة. وتشكل البشريات

والقرود (أو البُنجدات) رتبة الأنسانيات. ومن ثم، فإن كل البشر ينتمون إلى رتبة الأنسانيات، ولكن ليس كل ما ينتمي إلى رتبة الأنسانيات بشرًا.

تؤكد تحليلات دي إن إيه للأنسانيات أن الشمبانزي هو أقرب أقرباء الإنسان. وفي حين أننا ربما نبدو مختلفين عن الشمبانزي من حيث الوجه ونحن كبار، فإن التشابه بين صغير الشمبانزي ومثيله من بني البشر يؤكد بقوة ما تقوله الأدلة الجزيئية. ولكن في الواقع نحن لسنا من نسل أي نوع من الشمبانزي الفعلي؛ وإنما تبين الأدلة الجزيئية أن السلالات المؤدية للبشر المعاصرين (والمنقرضين أيضًا) من ناحية، وللشمبانزي المعاصر من ناحية أخرى، افترقت منذ ما يقرب من 6 ملايين عام مضت. وهناك ثلاثة اكتشافات حديثة نسبيًا لكتائنات من البشريات شديدة البدائية — أرديبيتيكوس من أثيوبيا (أرديبيتيكوس كادابا ويعود تاريخه إلى 4,2 مليون عام، وأرديبيتيكوس راميدوس ويعود تاريخه إلى 4,5 مليون عام)، وإنسان ساحل التشادي من تشاد (بين 6 إلى 7 ملايين عام)، وأورورين من كينيا (6 ملايين عام) — والتي يبدو أنها تؤكد هذه النظرية. ومن الناحية الشكلية، تبدو قريبة من المراحل الانتقالية بين البشر والقردة؛ فهي إما سلف للقردة المعاصرة، أو للبشر، أو لكليهما.

عند النهاية المعاصرة لشجرة العائلة، قدم عدد من الدراسات الجزيئية تواريخ لأقدم سلف مشترك لجميع البشر الأحياء تتراوح بين 400 ألف و 120 ألف عام، حيث أشارت أحدث الدراسات إلى تاريخ يعود إلى 175 ألف عام تزيد أو تنقص بمقدار خمسين ألف عام. ولما كانت تلك التواريخ تقوم على استخدام دي إن إيه الميتوكندرية — والذي لا يورث إلا عن طريق الأم من خلال البوopies — فقد أطلق على تلك النقطة الأقدم في التفرع «حواء».

ولا تستطيع الأدلة القائمة على الدي إن إيه من بلوغ تاريخ قديم سحيق. الحفريات فقط هي التي يمكنها أن تخبرنا بما حدث بين نقطة افتراق الشمبانزي عن الإنسان ونشأة الإنسان المعاصر الحديث. حتى الآن، يتضح أن الفترة الزمنية الواقعة بين 5 ملايين عام، وحوالي 2,5 مليون عام مضت هيمن عليها في البداية جنس أسترالوبيثكس ثم بارانثروبوس (الذين عاشوا منذ حوالي 2,7 مليون عام إلى 1,3 مليون عام). ولم يعثر على أيًّا من هذين الجنسين خارج قارة أفريقيا. وأقدم أسترالوبيثكس معروف هو أسترالوبيثكس أنامنسيس (4,2 مليون عام) من كابابوي وأليا باي بكينيا. وكذلك أسترالوبيثكس أفارينيسيس، لا سيما الذي يمثله الهيكل العظمي «لوسي» الشهير من

منطقة حضر بأثيوبيا. وقد جرى اكتشاف «لوسي» على يد مجموعة يقودها دونالد جوهانسون عام ١٩٧٤، ولها شكل بدائي من الحركة على قدمين. فلا يقتصر الأمر على أن تركيب مفاصل الورك والركبة تشير إلى اتخاذها وضعًا منتصبًا، وإنما آثار الأقدام من لايتوبي بتتزانيا، تبيّن بشكل قاطع حيوانًا يسير على قدمين بنوع من الخطوات الواسعة المتباينة. وكانت تلك من بين الكائنات الأولى من البشريات التي حققت النقلة من الأحراس إلى الغابات المكشوفة التي كانت في ذلك الحين تتسع رقعتها سريعاً في جميع أرجاء الأقاليم الأفريقيّة، مدفوعة بمرحلة من برودة المناخ. وكانت أممًا تلّك الكائنات لا تزال صغيرة نسبياً (تراوح بين ٤٠٠ - ٥٠٠ سم مكعب) مقارنة بجنس الإنسان، لكنها كانت كبيرة جدًا مقارنة بالشمبانزي. ويشير نمط اصطدام الأسنان إلى أنّ النظام الغذائي كان يشهد تحولاً من نظام نباتي تماماً يعتمد على الفاكهة والجذور والأوراق إلى نظام مختلط يتضمّن فرائس حيوانية صغيرة. وكانت تعيش في مجموعات عائلية واسعة.

انبثق خطان تطوريان من كائن مثل الأسترالوبيثكس. كان البارانثروبوس خطأً جانبياً من البشريات، كان فيه البناء الجسدي ثقيلاً و«قوياً». ولقد انقرضت منذ ما يقرب من ١,٤ مليون عام، وكان آخر ممثل لها (حتى الآن) بارانثروبوس بويزي الشهير الذي اكتشفه ليكي (وكان يسمى سابقاً زنجانثروبوس)، الذي أطلق عليه اسم الإنسان كسار البندق بسبب فكه السفلي الضخم وأسنانه الكبيرة. أما الخط الثاني فهو الذي قاد إلى جنس الإنسان.

## أُسلافنا المباشرون

على امتداد الثلاثين عاماً الماضية، صارت الصورة العامة للسلف المباشر للإنسان المنتصب واضحة، برغم أنه لا يزال هناك الكثير من الجهد الذي يحتاج إلى بذله في هذا الصدد. ويقدم لنا هذا الموضوع مثلاً طيباً على الصعوبات التي تبرز عندما يدرس المرء التفاصيل الأدق في أي سلالة أو سلالات حفرية. وما من شك أنه لا تزال هناك ثغرات في الرواية. ونظرًا لأن الاكتشافات الأقدم عهداً اتجهت أولاً نحو الأنواع الجديدة بل وحتى الأجناس الجديدة، فقد كان من الواجب بذل جهد كبير لتوضيح التصنيفات العلمية القديمة، وكان المجال متخيّلاً بأسماء مثل بيثانثروبوس (إنسان جاوة الذي اكتشفه دوبوا) وسيستانثروبوس (إنسان بيكين) التي لم يعد يعتقد أنها صحيحة وقائمة. وتزداد دراسة

الحفيريات البشرية تعقّدًا من خلال الحقيقة (التي لا تقدر بثمن) القائلة إنه شهرٍّ تقريبًا، يتراجع «التاريخ الأقدم» لأي دليل إلى نطاق أعمق في الزمن. فقبل أقل من عشرة أعوام — على سبيل المثال — كان تاريخ هجرة الإنسان خارج أفريقيا هو قبل مليون عام؛ والآن صار منذ ٢ مليون عام. ومع اكتشاف المزيد والمزيد من الحفريات — إذا جاز لنا أن نقتبس مقوله من معلمي العجوز ألفريد شيرورد رومر حول أصول الثدييات — «إن ازدياد المعرفة يؤدي إلى غياب شديد للوضوح».

ومن بين أكثر المهام صعوبة تثبيت الخطوط الفاصلة بين الأنواع المختلفة. قد يبدو هذا أمراً ميسورًا عندما تكون لديك أنواع يفصل بينها عشرات الملايين من السنين، ولكن عند المقاييس الدقيق للوضوح في سجل الحفريات حيث تتداخل التوزيعات وتبدو السمات التركيبية متداخلة مع بعضها، يصبح الأمر أكثر صعوبة. ويتبيّن أن التباين على مستوى المجتمع، والنوع، بل وحتى الجنس، صعب القياس. على أية حال، فإن ما يميز حفريات البشريات عن القردة العليا (الأخرى): تقلص في حجم الأسنان، كبر حجم المخ، وقبو جمجمة ذي قبة أعلى، والجوانب المختلفة من الهيكل العظمي المتعلقة بالوقوف منتصبًا على قدمين، وفي مراحل لاحقة، نوع من الثقافة يتضمّن أدوات مصنوعة بأسلوب بدائي. أقدم أعضاء جنس الإنسان بتعریفه العام حالياً هو إنسان بحيرة رودولف، من موقع يبلغ عمرها حوالي ٢,٥ مليون عام تقع شرق بحيرة توركانا بكينيا، والإنسان الماهر، ويتبعهما مباشرةً الإنسان العامل والإنسان المنتصب (بيثاكانثروبوس الأصلي الذي اكتشفه دوبوا).

#### كيفية تمييز الأنواع

ينص قانون تاترسال على أنه إذا كان في استطاعتك التمييز بين جمجمتين وأنت تبعد عنهما مسافة خمسين خطوة، فهذا يعني أنهما تنتهيان إلى جنسين مختلفين، أما إذا كان عليك أن تتفحصهما جيدًا عن قرب حتى تترعرع على الفرق، فإنهما تنتهيان إلى نوعين مختلفين فحسب. لكن بالطبع هذا تبسيط مفرط للأمور ...

أيان تاترسال، «أثر الحفريات» (١٩٩٥)

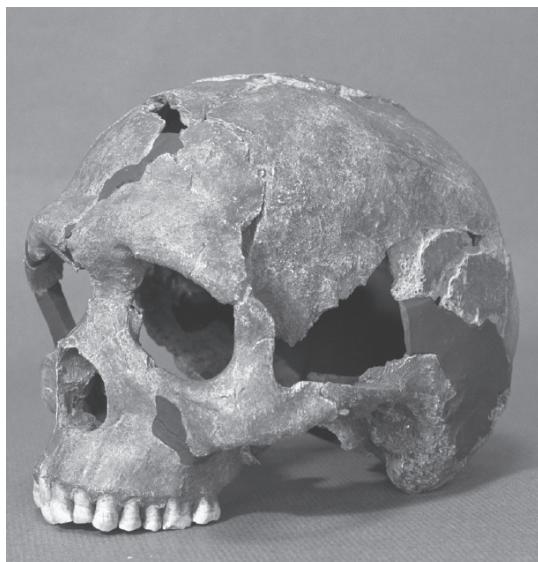
يفصل بعض الباحثين الإنسان المنتصب من النوع الآسيوي عن الإنسان الطبيعي و/أو إنسان موريتانيكوس من النوع الأفريقي. تبلغ سعة جمجمة إنسان بحيرة رودولف

٧٠٠ سم مكعب؛ أما عند الإنسان الماهر فهي أصغر وتبلغ ٥٠٠-٧٠٠ سم مكعب، أما الإنسان العامل فكان «مخه أكبر»؛ إذ تتراوح سعة ججمنته بين ٦٠٠-١٠٠٠ سم مكعب، وعند الإنسان المنتصب ٩٠٠-١٢٠٠ سم مكعب.

في توقيت ما يقع بين مليون عام و ٨٠٠ ألف عام مضت، نشأ أسلاف الإنسان العاقل، ومن المحتمل أن هذه النشأة كانت من الإنسان العامل عبر الإنسان الظليعي أو (في سيناريو منافس، انظر فيما يلي) من الإنسان المنتصب. يتراوح حجم المخ في الإنسان العاقل المعاصر بين ١٢٠٠ إلى ١٨٠٠ سم مكعب؛ أي ١٤٠٠ سم مكعب في المتوسط. لكن عندما تضم جميع الحفيّات، تجد أن الإنسان العاقل نفسه يصعب تعريفه؛ فالمخ يكون كبيراً للغاية، والجمجمة مرتفعة ومستديرة، والوجه عمودي؛ ولكن إلى أي مدى كان المخ كبيراً والجمجمة مستديرةً والوجه عمودياً؟ وفي تناقض مع الموجة المعاصرة السائدة في موضع أخرى من علم المتحجرات التي تقول «بالتوازن المتقطع» كنموذج للتغير التطوري، يميل الباحثون في المواد البشرية إلى رؤية الأمور بمنظور تدريجي، وقد تم التعرف حالياً على أنواع عديدة من الإنسان العاقل. ويبدو أن هناك شكلاً عتيقاً قد وجد من حوالي ٢٥٠ ألف عام في صورة مواد حفريّة غير حاسمة من عدة مواقع أفريقية. ويأتي أفضل شكل محفوظ للإنسان العاقل «المعاصر الأول» من عينات عمرها ١٦٠ ألف عام من موقع هيرتو بأثيوبيا؛ ويعود تاريخ مواد ذات صلة جاءت من كينيا إلى ١٩٥ ألف عام. وهذا يتفق تماماً مع بيانات «حواء» الجزيئية.

وأقدم «إنسان عاقل» معاصر بمعنى الكلمة يأتي من كهوف كلاسيس ريفر ماوث بجنوب أفريقيا وكهف قفزة بإسرائيل، ويعود تاريخه في كلا المكانين إلى حوالي ٩٠ ألف عام و ١١٥ ألف عام على الترتيب. وشملت السمات المتقدمة في المكانين ججمة كبيرة الحجم، قحف كروي الشكل، ومقدمة رأس مقببة، لكنه مع ذلك احتفظ بصفات أكثر قدماً، مثل اتساع المسافة بين محجري العينين، والأذن الأفطس ومنتصف الوجه المنبسط بقدر يفوق ما يميز السكان الحاليين. فيبدو أن «الإنسان العاقل» كان عبارة عن عمل لا يزال غير مكتمل بعد.

بل إن الأكثر صعوبة العثور على برهان شكلي لأصول ثقافات معقدة، وبالتبغية أول تطور لفكرة التفكير الوعي العاقل (على سبيل المثال، يصعب تحديد بداية القدرة على الحديث بدقة؛ لأن العناصر الغضروفية الرئيسية بالحنجرة لم تُحفظ، ب رغم أن باستطاعة المرء التوصل إلى بعض الاستدلالات من الصدر وقاعدة الججمة). غير أن



شكل ١-٨: اكتُشف أقدم البشر المعاصرين (عمره حوالي ١٠٠ ألف عام) في كهف قفزة بإسرائيل.

ثمة بعض المعالم الرئيسية. فصناعة الأدوات دائمًا ما كانت تعتبر (من حيث المبدأ) سمة فريدة تميز جنس «البشر»، والحقيقة أن صناعة الأدوات الحجرية الأكثر بدائية التي تعرف باسم «أولدانية» يبدو أنها بدأت منذ حوالي ٢,٥ مليون عام، إما في أواخر عهد أسترالوبيثكس أو في عصر الإنسان العامل، وهي تسبيق إلى حد ما تطور مخ أكبر بدرجة ملحوظة، والذي وقع في وقت ما في مرحلة افتراق الإنسان الماهر / الإنسان العامل. وتكونت تلك الأدوات من بلطات يدوية بسيطة وشققات حادة من الصخور تستخدم كسكاكين وكواشط، وهكذا بدأ العصر الحجري. من المفترض أن أولئك البشر الأوائل قد استخدموها في وقت سابق بكثير عن ذلك عصيًّا مشحونة النصال — وربما كانت ذات أطراف مدببة تصليب باستخدام التيران — كأدوات، غير أن أقدم دليل حفري على السيطرة على النار يعود تاريخه إلى حوالي ٧٩٠ ألف عام مضت (الإنسان المنتصب أو الإنسان العامل).

منذ حوالي ١,٥ مليون عام مضت، حقق الإنسان العامل ابتكاراً أكثر تميّزاً، وهو ابتكار يعد من زوايا عديدة تصوراً مبكراً للتاريخ التكنولوجيا البشرية، في أدوات الحضارة الأشولية (سكن الجيش السويسري للعصر الحجري القديم)، أزيلت الشقفات من جنبي القلب الحجري (كوارتز، صوان، سجق) بحيث أمكن تشكيل أداة معقدة (بلطة) أكثر تعقيداً يمكن استخدامها في الطعن والسلق؛ أي سكين، بل وتطورت لتصبح في نهاية المطاف رأس حربة أو رأس سهم. أي ذكاء هذا، وأي تركيبة اجتماعية أو ثقافة تمنع بها هؤلاء البشر الأوائل أصحاب المخاخ كبيرة الحجم؟ ليس في وسعنا الإجابة عن هذا التساؤل. كيف كانوا يتواصلون: بالهمميات والإيماءات، أم بشيء أكثر تقدماً؟ أما رسومات الكهوف فيعود تاريخها إلى حوالي ٣٥ ألف عام قبل الميلاد فقط. وأشير مؤخراً إلى أن صنع حبات العقود من الأصداف يعود إلى حوالي ٧٠ ألف عام قبل الميلاد. ومن ثم، لا بد أن هناك فجوة هائلة للغاية في الزمن بين تطور ما نعتبره مخالعاً معاصرًا بكل ما بالكلمة من معان (وتشریح هيکلی متقدم) وبين بدء الاتساع الحديث لاستعمال ذلك المخ.

هناك كلمة يجب أن تضاف عن إنسان نياندرتال، والذي لا يزال يستحضر في الأذهان صور رجال أشبه بالقردة متوجهين يمشون في تناقل. الحقيقة أن البشر في عصر إنسان نياندرتال كانوا شعباً من صياديَنْ أذكياء ضخام الأجسام قصار القامة وأقوباء، ذوي رءوس ضخمة مطولة وذوي حواجب ثقيلة جدًّا؛ وأنف كبيرة؛ وذقن صغيرة. كانوا يعيشون في تجمعات عائلية في إقليم صغير المساحة يمثل موطنهم. وكان من المعتقد فيما مضى أن إنسان نياندرتال هو سلف الإنسان العاقل؛ إذ كانت الأمور أيسراً كثيراً عندما كان عدد الحفريات المعروفة قليلاً! أغلب الآراء الحالية (لكن لا يوجد إجماع) ترى أن إنسان نياندرتال نشأ بصورة مستقلة من إنسان هابيليريج، أو من فصيل مستقل من الإنسان المنتصب أو إنسان روديسيا. وتبين الدلائل المستقلة من علم المتحجرات أنه في بلاد المشرق، ومنذ حوالي ١٠٠ ألف عام مضت، عاش كُلُّ من الإنسان العاقل وإنسان نياندرتال في المنطقة نفسها، وربما عاشا معاً في بعض الأحيان. إن كلِيهما مرتبطان بأدوات حجرية متقدمة وبطقوس للدفن. في أوروبا، ربما كانت القصة مختلفة؛ إذ أعقب وصول إنسان العاقل (منذ ما لا يزيد على ٥٠ ألف عام مضت) سريعاً انقراض إنسان نياندرتال (منذ ما يقرب من ٣٠ ألف عام). والاحتمال البديهي هو أن الإنسان العاقل تسبب في انقراض إنسان نياندرتال من خلال التنافس

على الغذاء، أو أماكن الإيواء، أو ربما عن طريق حرب مباشرة بينهما. غير أنه بالمثل ظل التساؤل يدور طويلاً عما إذا كان البشر المعاصرون تزاوجوا مع بشر نياندرتال ثم بكل بساطة طغوا عليهم وراثياً. وقد جرى استخلاص حمض دي إن إيه من عظام إنسان نياندرتال، وحتى الآن، لم تبين التحاليل وجود أدلة على التزاوج فيما بين الاثنين. غير أن العديد من المصادر العلمية الموثوقة بها تؤمن بأن ذلك التزاوج لا بد وأنه حدث بينهما، حتى إذا لم نعثر على ذرية من تلك العمليات التزاوجية.

## الخروج من أفريقيا

عندما كتب المؤرخ الروماني بليني الكبير (مقلاًداً أرسطو) عبارة باللاتينية تعني: «هناك دوماً شيء جديد يخرج من أفريقيا». لم يكن في مقدوره أن يتخيّل إلى أي مدى كانت تلك العبارة في محلها.

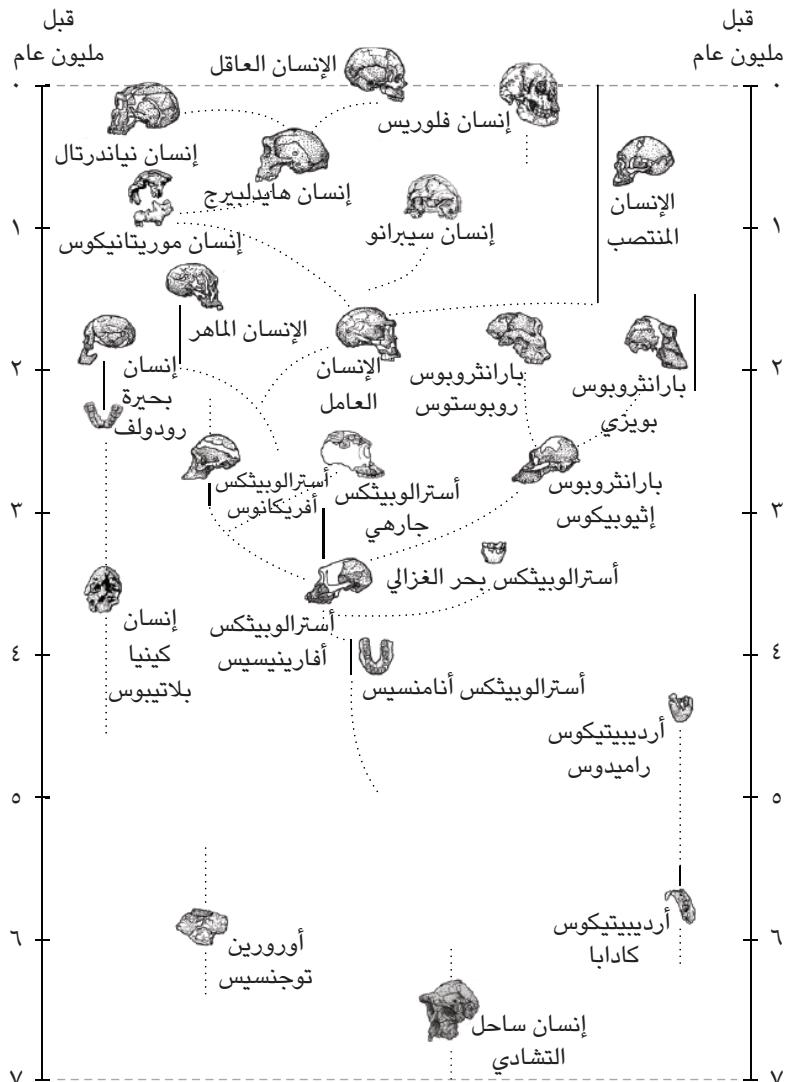
بسبب العباء الثقافية الهائل، ابتليت دراسة الحفريات البشرية بعبء أثقل من المواقف النظرية — التي يعتنقها الناس عادة بدون توافر بيانات عملية أو رغم وجود بيانات تشير إلى العكس — يفوق ما تعرضت له باقي ميادين علم المتحجرات. تزخر الدراسات الإنسانية بالبحث عن الأسلاف، وكل اكتشاف جديد نجد نزعة إلى توجيهه إلى موقف محدد — فيما يتعلق بالأسلاف — في اتجاه الخط الرئيسي المتوجه نحو الإنسان المعاصر بدلاً من سلوك الطريق المسدود المشابه لكنه الأرجح. فقد كان الاعتقاد لفترة طويلة — على سبيل المثال — أنه لا يمكن أن يكون هناك أكثر من نوع واحد من البشرات في أي وقت من الأوقات. كذلك تثبت علماء المتحجرات الأنثروبولوجيين بنظريات مختلفة عن ترتيب التغير في عمليات التكيف فيما يتعلق بالحركة والأسنان والمخ والثقافة، وعن أنماط تفرعات البشر في الزمان والمكان. وتطرح أحد نظرية مهيمنة على دراسة الأصول البشرية أن أفريقيا كانت مركزاً جمِيع التفرعات التطورية البشرية. وبالفعل، الشيء الوحيد الذي تشتَرك فيه كل أجناس الحفريات البشرية كان أفريقيا. فلا توجد حفريات بشريَّة بين الفترة من 5 ملايين عام إلى 2 مليون عام معروفة — حتى الآن — من خارج أفريقيا.

في ظل وجود حفريات بشريَّة، تصبح الفرصة متاحة أمامنا لدراسة التطور بمقاييس بالغ الدقة ولأن نضع فروضاً نظرية حول الهجرات السكانية. تفترض نظرية «الخروج من أفريقيا» الشهيرَة أن أفريقيا كانت مصدر جميع الأنواع التي استعمَرت فيما بعد

أوراسيا، بدءاً من الإنسان المنتصب، الذي انتشر خارجاً من أفريقيا نحو آسيا منذ ٢ مليون عام مضت ونحو أوروبا منذ ١,٣ مليون عام. وتتنص الأدلة من الحفريات على أن الإنسان العاقل ظهر منذ حوالي ٢٥٠ ألف عام مضت، غير أن خروجه من أفريقيا لم يحدث قبل حوالي ١٠٠ ألف عام، ولم يستعمِر الإنسان «العالم القديم» بأكمله إلا منذ ٣٥ ألف عام فقط. ولأغراض المقارنة، قدرت أحدث التواريُخ التي استنبطتها المقارنات الجينية بين السكان المعاصرِين الأفارقة وغير الأفارقة عمر آخر سلف مشترك بين جميع نسل الإنسان العاقل غير الأفريقي بحوالي ٥٢ ألف عام، ولكن مع احتمال وجود خطأ تجرببي بزائد أو ناقص ٢١ ألف عام (وهنا يوجد عدم توافق، حيث إن الإنسان العاقل عبر حاجز المحيط إلى أستراليا منذ ما يقرب من ٦٠ ألف عام مضت). هناك أيضاً برهان وراثي على أن أعداد السكان الأولى في المجتمعات غير الأفريقية الأولى كانت صغيرة للغاية، إذ كانت في مرحلة عنق الزجاجة فيما يتعلق بالأصل، ثم مرة أخرى منذ حوالي ٣٥ ألف عام، وهو ما يتواافق من جديد مع خطوة ازدياد حجم المخ وظهور ثقافات معقدة. كان من شأن تقلص أعداد الناس إلى أعداد قليلة جدًا أن يزيد مستوى التزاوج بين الأقرباء، وربما يفسر هذا ارتفاع نسبة الإصابة بالأمراض الوراثية لدى البشر الأحياء.

كان إنسان هايدلبيرج يعيش في أوروبا وأسيا منذ ٥٠٠ ألف عام مضت، وإنسان نياندرتال كان يعيش في أوروبا قبل الإنسان العاقل بما لا يقل عن ٥٠ ألف عام. وفي نظرية «الخروج من أفريقيا»، تسبَّب الإنسان العاقل في انقراض هؤلاء البشر الآخرين في سائر النطاق الذي كان يعيش فيه، دون أن يحدث تزاوج بين الجنسين. وفي هذا النموذج، لم تتميز الأعراق المعاصرة من البشر إلا خلال الستين ألف عام الأخيرة تقريباً. أما وجهة النظر البديلة فهي «نموذج الاستمرارية متعدد الأقاليم»، التي تفترض أن الإنسان المنتصب تحول بالكامل إلى الإنسان العاقل. وبعد أن تنوَّعت أعراق الإنسان المنتصب، تطورت الأعراق الحالية من الإنسان العاقل بالتوازي من ذلك التنوع الأول. هذا جدل ربما لا يمكن حلِّه من خلال الحفريات وحدها إلا إذا اتضح أن الإنسان المنتصب ينتمي إلى خط موازٍ متبثق من الإنسان العامل وليس إلى الخط الرئيسي الذي يقود إلى الإنسان العاقل على الإطلاق. إن بيانات «حواء الجزيئية» الراهنة توجهنا بقوة نحو سيناريو «الخروج من أفريقيا». ويفضل بعض الباحثين نموذجاً وسيطاً يعتمد على «الاندماج»، حيث يتزاوج فصيل مهاجر واحد من الإنسان العاقل محلياً مع بعض السكان الأصليين من الإنسان المنتصب.

الجزئيات والإنسان



شكل ٢-٨: هذا هو أبسط تقسيم من بين العديد من التقسيمات المحتملة لسلالات الأستروبيتكس، والبارانثروبوس، والإنسان. ويمكننا أن نتوقع بثقة أن هذه الشجرة «العارية» سوف تمتد وتنمو سرّعاً لتصبح ذات أوراق كثيفة.

ثمة ثلث قضايا مختلفة هنا: الأولى تتعلق بما إذا كان الإنسان العاقل قد انتشر في جميع أنحاء أوراسيا من فصيل واحد ثم تنوع بعدها؛ والقضية الثانية هي هل كان هذا الفصيل أفريقيًّا؛ وأخيرًا أن هذا الافتراض بأكمله يعتمد على دراسة دقة علم أنساب الإنسان العاقل. الحقيقة هي أنه ليس لدينا موقع بشري خارج أفريقيا في الفترة ما بين خمسة ملايين عام إلى مليوني عام مضت تقريبًا؛ ومن ثم من الطبيعي أننا نرى الأحداث باعتبارها نشأت من بعد الخروج من أفريقيا. على أية حال، نظرًا لإيقاع الاكتشافات الجديدة في هذا الميدان، فإن من يراهن على أنه لن يجري العثور قط على تلك الواقع شخص شديد الجسارة. وبإمكاننا أن نكون على يقين أن وجهة نظرنا الحالية تجاه أسلافنا البشر ليست نهائية ولا مكتملة.

قبل خمسين عامًا، كان ميدان التطور البشري ابنًا بالتبني لعلم المتحجرات، تربكه مسألة الافتقار إلى البيانات والتذبذب المفرط في النظريات. والآن، يتحول هذا الميدان إلى درس عملي في الاستخدام المشترك للحفيّات والجزيئات معًا في إعادة بناء تاريخ تطور السلالات. وربما كان التاريخ التطوري لنوعنا مختلفًا عن ذلك الخاص بالأنواع الأخرى بسبب عامل الذكاء. ولعل أصول الأنواع الأخرى كانت ستبدو على هذا النحو لو نظرنا إليها من خلال الإطار الزمني الصحيح، وهي قصة معقدة تتضمّن مجتمعات تمر عبر العديد من المآزق والعراقيل، لكنها تهاجر عبر مسافات شاسعة خلال فترات زمنية قصيرة؛ أي نوع ربما نجح في الاندماج واستيعاب أنواع ذات صلة قرابة معه، وربما أبادها تماماً، أثناء مواصلة التقدم على الصعيدين البنائي والسلوكي. كل هذا في سياق من الدورات البيئية بين الظروف المتطرفة والمتناقضة، مع تقدم الجليد تارة وانحساره تارة أخرى وما ارتبط به من غلق وفتح لمارات اليابسة والبحار من أجلبقاء الكائنات أو هجرتها.

## الفصل التاسع

# ثروات وعمليات احتيال

على غرار طوابع البريد والعملات ولوحات كبار الفنانين، نجد أفضل الحفريات نادرة الوجود وباهظة الثمن بصورة تحول دون اقتنائها. والحفريات المهمة — أي تلك التي على غرار الأعمال الفنية العظيمة تفتح آفاقاً جديدة — قليلة العدد على أية حال. أما الحفريات المحفوظة بشكل متقن ف تكون أكثر ندرة مقارنةً بتلك غير المكتملة أو المهشمة. وعلى النقيض من هذا، نجد المخزون الذي يبدو لانهائيًّا من الأسماك وغيرها من الحفريات التي تعود إلى تكوين جرين ريفر الذي ينتمي للعصر الإيوسيوني في وايمونج كانت متوافرة وبأسعار زهيدة. ولكن لم يعد هذا متاحًا الآن: جميع الحفريات الآن صارت من الأنشطة التجارية الكبرى. حتى إن الأسعار ارتفعت بصورة جنونية خلال العقود الأخيرين نتيجة للشهرة الطاغية التي اكتسبها علم المتحجرات والإدراك المتزايد لجازبية حفرية جرى تجهيزها وعرضها بصورة جيدة. فالأمونيت الرديئة من المغرب الآن تُعرض في كشك عرض بسوق أكسفورد مقابل ٧٥ جنيهًا استرلينيًّا وفي مدينة نيويورك مقابل ١٥٠ دولارًا. وسمكة طولها ١٨ بوصة تسمى ديبلوميسitos (من أقرباء الرنجة) من تكوين جرين ريفر في وايمونج بيعت مؤخرًا مقابل ٢٠٠٠ دولار (مع أنها شائعة الوجود).

باعت ماري آننج أول إكتيوصور حصلت عليه من ليم ريجيس مقابل ٢٣ جنيهًا استرلينيًّا (أي حوالي ١٤٠٠ جنيه استرليني بقيمة النقود اليوم) عام ١٨١٢؛ وبعدها عشر سنوات باعت بليزوصور مقابل ١٥٧ جنيهًا استرلينيًّا (ما يعادل حوالي ٩٠٠٠ جنيه اليوم). ووصل سعر عينة أركيوبتركس الموجودة في المتحف البريطاني ٧٠٠ جنيه استرليني في عام ١٨٦١ (أي ٣٥ ألف جنيه استرليني اليوم). وقد دفع أو سي مارش ١٠٠٠ دولار أمريكي عام ١٨٧٣ (أي ما يعادل ١٥ ألف دولار أمريكي اليوم) مقابل

تيروداكتيل من أيشتات بألمانيا، وهو هيكل رامفورينكوس كامل يوضح أغشية الجناح. اليوم، وصلت هذه الأرقام إلى عشرة أو عشرين ضعفًا. قعينة جديدة من الأركيوبتركس من المؤكد أنها لن تباع بأقل من نصف مليون جنيه استرليني. والسعر الذي سجل رقمًا قياسيًّا في الحفيّيات هو ٨,٤ ملايين دولار دفعها اتحادٌ ماليٌّ ضم المتحف الميداني للتاريخ الطبيعي بشيكاغو لشراء هيكل عظمي شبه كامل لتيرانوصور ركس «سو» عام ١٩٩٧. وتتمتع الحفيّيات أيضًا بقيمة لا تقدر بمال في المجال الأكاديمي. فاكتشاف حفرية واحدة ذات أهمية حقيقة من الممكن أن يشكل فارقًا في المسار الأكاديمي لصاحب الاكتشاف، ومن ثم يصبح يساوي — على مدار ٢٠ عامًا — عدة مئات من آلاف الجنيهات في الراتب والمزايا.

وبعيدًا عن الزاوية المالية، كانت هناك دومًا علاقة متواترة بين جامعي الحفيّيات والأكاديميين. ومرة أخرى، ترجع جذور هذه العلاقة إلى عصر ماري آننج على الأقل، عندما تنافس الباحثون مع جامعي الحفيّيات الهواة على شراء أفضل ما لديها من عينات. وينتاب الأكاديميون — الذين لا يمتلكون الموارد المالية التي يمتلكها بعض الأفراد المستقلين المهمين — القلق دومًا من أن أفضل العينات التي يكتشفها الجامعون التجاريون لن ترى نور العلم مطلقاً، وإنما سوف تخباً بعيدًا في أدراج خاصة بمليونيرات غربيي الميلول. إلا أن الجامعين التجاريين (وبعض المليونيرات غربيي الميلول بالطبع) يعتبرون أنفسهم جزءًا مهمًا من مؤسسة علم المتحجرات. وتضم فئة الجامعين التجاريين بعضًا من أكثر العاملين الميدانيين خبرة، ولا يقل اهتمامهم عن اهتمام الباحثين الأكاديميين فيما يتعلق بالتأكد من أن تخضع الاكتشافات الجديدة للدراسة المتأدية؛ لكنهم في الوقت نفسه يريدون أن يكسبوا قوت يومهم.

وسواء أكانت الحفيّيات مجرد مصدر للشهرة أو للثروة، أو لأنها تمحن معتقداتنا الفلسفية العميقية عن تاريخ الكون ومكاننا فيه، لا عجب في أن علم المتحجرات لطالما كان مبنيًّا بالزييف والخداع منذ عهد بعيد. وبعض من تلك الأشياء الزائفة جذب درجة عالية بالفعل من اهتمام العامة. والدروس المستفاده من عمليات الخداع تلك تتطبق على جميع الميدانين العلمية.

## إنسان بيلتداون

أشهر عملية احتيال في مجال علم المتحجرات تتعلق بأكثر الغايات بريقاً في هذا المجال، ألا وهي الحفريات البشرية. إنها بالطبع عملية تزييف إنسان بيلتداون، وتعد القصة تحفة فنية في عالم الخداع. كان تشارلز داووسون محامياً يعيش في مدينة لويس بساسكس، وكان من الهواة الشغوفين بعلم الآثار والتحجرات. في عام ١٨٨٢، وعندما كان داووسون في الثامنة عشرة من عمره، قدم مجموعة مهمة من الحفريات للمتحف البريطاني (التاريخ الطبيعي)، وبعدها بثلاثين عاماً، وفي شهر فبراير من عام ١٩١٢، كتب إلى آرثر سميث وودوارد — القائم على قسم الجيولوجيا بالمتاحف — يقول إنه عثر على موقع به حفريات تعود للعصر البليستوسيني في ساسكس، من بينها «جزء من جمجمة بشريّة سميكّة»، وبعدها بشهر أرسل إلى وودوارد ضرس حيوان فرس نهر وقال إنه عثر عليه في الموقع نفسه، ثم في النهاية في الرابع والعشرين من مايو، أخذ بعضًا من شظايا جمجمة بشريّة إلى وودوارد. (تبين بعد ذلك أن داووسون قد عرض بعضًا من تلك المواد على بعض من أصدقائه من علماء الآثار الهواة في وقت سابق في عام ١٩٠٨) كان ذلك اكتشافاً مذهلاً بحق؛ إذ لم يكن قد عُثر من قبل على حفريّة بشريّة تعود للعصر البليستوسيني في بريطانيا، في حين أنه في ألمانيا كان إنسان نياندرتال معروفاً منذ عام ١٨٥٦، وكانوا قد اكتشفوا لتوهم اكتشافاً رائعاً في صورة فك هايدلبيرج؛ أي إنسان هايدلبيرج.

كان الموضع نفسه غير واعد على الإطلاق؛ إذ كان مجرد «حفرة ناتجة عن تنقيب» حيث كانوا يحصلون منه على الحصى لصيانة الطرق الزراعية في باركمام مانور، ولكن طيلة صيف ذلك العام، جمع داووسون وودوارد المزيد من المواد المذهلة، ومن بينها عظام فك سفلي مهشمة. وإنماً، جمعاً هيكلًا شبه كامل لحفريات بشريّة وثديّة إلى جانب بعض ما زعم أنه أدوات حجرية. وأعاد المسؤول الفني المصاحب لودوارد بناء الجمجمة، التي أظهرت كائناً ذا جبهة طويلة وفكين بارزتين (بروز فكي) ولكن من الواضح أنها كانت جمجمة إنسان. وفي توافق تام مع النظريّة المعاصرة، كانت حفريّة داووسون تجمع بين جمجمة متقدمة نسبياً وبين فك بدائي نسبياً.

حتى ذلك الحين، كانت معرفة هذا الاكتشاف تقتصر على داووسون، وودوارد، وبعض من موظفي المتحف، وشاب فرنسي طالب بالمعهد اليهودي. وكان عالم المتحجرات الشغوف بيير تيلار دي شارдан — والذي أصبح فيما بعد أحد مكتشفي إنسان بكين

وفيلسوف إنسانيات كاثوليكيًا بارزًا — قد صار صديقًا لداوسون في عام ١٩٠٩ وصاحب داوسون وودوارد في بعض عمليات التنقيب في عام ١٩١٢ ثم مرة أخرى في عام ١٩١٣.



شكل ١-٩: أظهرت إعادة البناء التي قام بها سميث وودوارد «جمجمة بيلتداؤن» مخاً معاصرًا نسبيًّا مع فك سفلي بدائي وأنياب سفلية بارزة.

وبعد تسرب أنباء الاكتشاف لصحيفة «مانشستر جارديان»، أعلن عنه بصورة ملائمة في اجتماع الجمعية الجيولوجية بلندن في شهر ديسمبر عام ١٩١٢. وقد أتيحت للزماء المناسبين نسخ مصبوغة من الجمجمة لدراستها، وعلى الفور نشب نزاع محتمد بين وودوارد وآرثر كيث من الكلية الملكية للجراحين. ظاهريًّا، كان النزاع عبارة عن خلاف أكاديمي على إعادة بناء الحفرية، ولكنه في الحقيقة، كان نزاعًا على «ملكية» الإنسان الأول في بريطانيا. وبين كith أن الشظايا من الجمجمة يمكن تركيبها معًا لتوافق شكل جمجمة الإنسان المعاصر. ومن ثم، فإن الأمر سيتوقف كثيرًا على الفك السفلي، والذي كان أشبه بفك قرد لكنه يفتقر إلى منطقة (المفصل) اللقمية الأساسية والارتفاع (الذقن) التي تجعل التشخيص مكملاً. وهكذا أصبحت الأنياب السفلية — فقط إذا أمكن العثور عليها — شديدة الأهمية. فلو كان وودوارد على صواب، فلا بد

حينئذٍ أن يكون هناك ناب كبير بارز مثلاً هو الحال عند القردة؛ أما لو كانت إعادة بناء كيث صحيحة، فلا بد أن تكون أصغر حجماً مثلاً هو الحال لدى الإنسان المعاصر. في الثلاثين من أغسطس عام ١٩١٣، عشر بيير تيلار دي شارдан على ناب في موقع بيلتداون، وكان موائماً بدقة لإعادة البناء التي نفذها وودوارد. واعترف كيث بهزيته. غير أن النزاع القائم على بيلتداون لم ينتهِ، حتى عندما أعلن داووسون عن اكتشاف جديد بالقرب من باركام ميلز، ولا عندما أعلن عن عثوره على مواد أخرى من موقع ثالث، عندما شيفيلد بارك. وأخيراً جاء واحد من أعجب الاكتشافات من بيلتداون عام ١٩١٤ عندما التقط وودوارد أداة كبيرة منحوتة على شكل نصل مصنوعة من العظم الكتفي للفيل. وهكذا، صار لدى «الرجل الإنجليزي الأول» — حسبما أطلق وودوارد على اكتشافه — آلة فريدة من نوعها مصنوعة من العظم لا تشبه أي شيء آخر في العالم.

في وقت مبكر من عام ١٩١٣، كان ويليام كينج جريجوري الذي يعمل بالمتاحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي حذر من أن الأمر برمته ربما كان «خدعة معتمدة ... جمجمة رجل زنجي أو أسترالي مع فك قرد مهشم». إلا أنه تحول بعد ذلك ليتبني وجهة نظر وودوارد بسبب قوة الأدلة. وفي عام ١٩١٦، توفي داووسون وتوقفت الاكتشافات.

انتقل وودوارد بعد تقاعده للعيش بالقرب من بيلتداون، واستمر في البحث، غير أنه لم يظهر أي أثر لعظام أو لأداة حجرية مرة أخرى. وبحلول أربعينيات القرن العشرين، ومع تغير النظريات، أصبح رجل بيلتداون واقعة شاذة قمينة؛ إذ كان يجب أن يكون اكتشافاً في الاتجاه المعاكس؛ أي فك أكثر حداثة، وجمجمة قديمة. وفي عام ١٩٥٣، كشفت التحليلات الكيميائية عن أنه كان مزيفاً. كان من الواضح أن المتهم في هذه الخدعة هو داووسون؛ لقد أوقع بودوارد بذكاء، ملقياً إليه شذرات صغيرة من المعلومات ليجذبه به، ثم سمح له بأن يكون جزءاً من اكتشافات كبرى. واستدرج القس الشاب تيلار دي شاردان كي يمنحها مزيداً من المصداقية. وفي كل مرة كان شخص ما يعرب عن شكوكه، كان دليلاً جديداً يظهر في الوقت الملائم.

إن قصة بيلتداون مفيدة؛ لأنها تبين لنا لماذا يرتكب الناس عمليات خداع ولماذا تنجح. لقد حظي داووسون بالقبول باعتباره عالماً مهماً، ومن المؤكد أنه كان في سبيله لأن يُنتخب زميلاً للجمعية الملكية غير أنه توفي قبل ذلك. وصار وودوارد بالفعل عالماً شهيراً وارتقت مكانة المتحف البريطاني (لتاريخ الطبيعي). بالإضافة إلى ذلك، على الصعيد السياسي، كانت إنجلترا في حاجة لحفرية بشرية مبكرة كي تعادل الاكتشاف

من هايدلبيرج. وقد قدمه داوسون؛ لقد أنشأ خليطاً من جزء من جمجمة بشريّة مع فك قرد، وتلاعب بجميع الأجزاء كي تبدو عتيقة. وتضمنت الخدعة جانبًا آخرًا من التلاعب. فعل مدار ثلاثة عاماً، كانت المؤسسة العلمية برمتها تقف وراء ما يعرف باسم إيوهومو داوسوني (إنسان داوسون). وجاء هذا الأمر من تحدي وودوارد أو داوسون أمراً بالغ الصعوبة. غير أنه يبدو أن أحدهم قد فعل. ذكر العديد من العاملين القدامى بالتحف خلال سنوات عملهم الأخيرة أن شخصاً من المتحف كان متورطاً في المؤامرة. وذكر جوزيف وينر من أكسفورد – الذي كشف عملية الخداع عام ١٩٥٣ – أن الناب الشهير لم يعالج كيميائياً بدقة من أجل تحديد عمره بالطريقة نفسها على غرار المواد الأخرى: وإنما تم طلاوه فقط بطلاء زيتى كالذى يستخدمه الرسامون. وكانت الأداة العظمية سخيفة لا قيمة لها. وهناك احتمال قائم بأن شخصاً أو أكثر من موظفى المتحف الأصفر سنًا أدركوا أن بيلتاون كان مزيقاً فقرروا أن يكشفوا الأمر للمسؤولين عن طريق زرع مواد مزيفة خاصة بهم. كان أول تلك الأشياء هو الناب. غير أن المؤسسة العلمية لم تستطع التفكير في أكثر من استخدامه للتمييز بين تفسيرين لشيء مزيف على أية حال، وقالت نظرياتهم: إنه «لا بد وأنه كان حقيقياً». ثم أعاد الملفقون الجدد الكرة مرة أخرى. وكان شكل الأداة العظمية من شأنه أن يوضح الأمر كله: لقد قدموا «للرجل الإنجليزي الأول» أول مضرب كريكيت خاص به! إلا أنه عندما توفي داوسون، صار الملفقون في وضع محرج باعتبارهم الأشخاص الوحديّين على قيد الحياة من شاركوا في عملية الخداع، وهكذا أصبح عليهم أن يحتسبوا عن الأنّظار. وقد تم التعرّف بصورة شبه مؤكدة على أحدهم وهو مارتون هينتون، والذي كان وقتها متطوعاً مبتدئاً في العمل بالتحف، وكان يأمل في الحصول على وظيفة دائمة. بل وربما يكون قد تلقى مساعدة من تيلار دي شارдан؛ إذ كان هو من «عثر على» الناب، وكان سينتابه الغضب لو أنه تعرض للخداع. ويعتقد البعض أن هينتون كان مسؤولاً عن عملية الخداع بأكملها، لكن اتضح أن لداوسون «سجلًا» سابقاً؛ فقد اخترق أشياء زائفه من قبل في علم الآثار، بأسلوب عمل مطابق يتمثل في إنتاج أدلة جديدة كلما شعر أن الأمور لا تجري في صالحه. وما زلت أرى أن داوسون هو المحرض على عملية الخداع.

إنماً، كانت قصة بيلتاون رواية مؤسفة؛ ليس فقط بسبب خبث داوسون، ولكن بسبب سذاجة وتعالي المؤسسة العلمية وقوستها في كبح معارضيها.

## الأحجار الكاذبة

لعل أول باحث يقع ضحية لمشكلة الحفريات المزيفة كان شخصاً من شأن نظرياته التي تتم عن خيال خصب عن أسباب تكون الحفريات أن تجعله - لو لا ذلك - واحداً من آباء علم المتحجرات. كان يوهان بارثوليو آدم بيرنجر (1667-1740) عميداً لكلية الطب وطبيب البلاط الملكي بفورتسبورج بألمانيا، وكان من الشغوفين بعلم الجيولوجيا. عند محاجر مجاورة في جبل أيبيلشتات في عشرينات القرن الثامن عشر، عشر على مجموعة من الأصداف الحفريّة والأمونيات المألوفة، فبدأ في تحري أسباب وجودها، ومال في البداية لتأييد النظرية القائلة بأنها كانت نتيجة الطوفان. ونظرًا لانشغاله، عَهِد بمهمة جمع المزيد منها لثلاثة من معاونيه.

في عام 1725، أحضرت إليه بعض الحفريات غير العاديّة، بدت أنها حفريات جراد بحر، وديدان، وضفادع، ونباتات. وبدا لبيرنجر أنه: «في هذا المكان تحديداً - والذي يبدو وكأنه إنساء ممتليء - تجمعت كل تلك الأشياء التي قسمتها الطبيعة بين النقر والكهوف والأماكن المختبئة في مقاطعات أخرى». ومع ظهور المزيد والمزيد من الكنوز، شرع بيرنجر في تأليف كتاب عظيم عن تلك الحفريات، بل ونظم أيضاً حملات استكشافية إلى المحجر لزملائه كي يكتشفوا عينات خاصة بهم. غير أن اثنين من زملائه بالجامعة سرعن ما أذاعا بين الناس خبر أن حفريات بيرنجر زائفة. كذب بيرنجر ادعىاتهم، وفي الوقت نفسه، صارت الاكتشافات أكثر غرابة وإثارة: «صور واضحة للشمس والقمر والنجموم ومذنبات متوجهة لها ذيل من اللهب». وأخيراً، جلب المعاونون له «لوحات حجرية رائعة ... مميزة بالاسم الأقدس للإله «يهوه» مكتوب بحروف لاتينية وإغريقية وعبرية.»

وبدلًا من التفكير في الأمر بعقلانية، كان ما وجده بيرنجر قد خلب له. فبدأ يضع نظريات عن أنواع جديدة من العوامل السببية في السماء. وقرر أن حفرياته لم تكن مثل «الأحجار المتكونة» الأخرى التي جاءت من الطوفان العظيم أو «نتيجة القوة الإبداعية أو التشكيلية لكيان مبتكر أو القوة الأساسية للحياة أو نظرية التبذر الشامل»، ولا هي «نتاج مصادفة لجبلنا الرائع». بدلاً من ذلك، وضع نظرية تفصيلية قائمة على خصائص الضوء تقول بأنه: «دفق من الجسيمات الشمسية الدقيقة، والذي - لكونه ذا أساس ناري - يمر من خلال الغلاف الجوي ... ويتمتع بقدرة رائعة حقاً على تصوير ورسم وتشكيل صور الأجسام التي يقع عليها أثناء تدفقه». ومن ثم، تسأله لا يمكن أن



شكل ٢-٩: كان من بين الحفيّات الوهمية التي نحتها مناسو بيرنجر لخداعه نوع من جراد البحر (أو ربما كان حلزون البزاق) وكتابات هيروغليفية.

نفترض أن لها «قوة نشطة وإبداعية لأن تطبع الأشكال نفسها التي التقطت صورة لها بالفعل على مادة ملائمة»؟ بعبارة أخرى – وبجدية تامة دون أدنى إشارة إلى غير ذلك – يبدو أن بيرنجر كان يضع فرضية تقول بنسخة مبكرة من عملية التصوير الشعاعي الجاف؛ فالضوء يمكنه تشكيل صور للકائنات الحية أو للكلمات على أحجار شواهد القبور، ثم ينقلها إلى «الطمي والطين والرمال والأحجار الليلة».

ثم انفجرت الفقاعة، فطلب إجراء تحقيق، ليكشف أن بيرنجر كان ضحية بريئة (أو لنقل شديدة السذاجة) لأكثر عمليات الخداع مكرًا. كانت حفيّاته الأولى حقيقة، أما كل الحفيّات الأخرى فكانت زائفـة. والأدهى والأمـر أنها لم توضع في ذلك المكان بأيدي تلاميـذ على سبيل الدعاـبة، وإنما بأيدي زملائـه المـهنيـن الذين قرروا أن يجردوـه

من مصداقيته ويشوهوا سمعته. قام أحد «مساعديه» — وهو شاب يدعى كريستيان زانجر — بفتح ووضع المواد المزيفة للآخرين كي يأخذوها إلى بيرنجر. غير أن إجناتز رودريش — أستاذ الجغرافيا والجبر والتحليل بجامعة فورتسبورج — ولا أحد غيره، هو من دفع لزانجر مقابل فعلته. وقد ساعد جورج فون إكهارت — عضو المجلس الاستشاري الملكي وأمين مكتبة البلاط الملكي والجامعة — في تلميع تلك المواد الزائفة. وما هذه الخدعة إلا قصة صغيرة خبيثة عن المنافسات الأكاديمية.

## الأركيوبترور زائف، فماذا عن الأركيوبتركس؟

لا شيء يدخل على نفوسنا السرور أكثر من نظريات المؤامرة والشماتة في مأسى الآخرين؛ أي رؤية العظام وهم يتهاون. في عام ١٩٨٥، طعن الفلكي فريد هويل وزميله إن ويكرامايسينغ في صحة حفرية لا تدانيها حفرية أخرى وتعد بالفعل أيقونة علم المتحجرات: إنها حفرية الأركيوبتركس.

هناك ثمانى عينات معروفة من الأركيوبتركس؛ أولاهما كانت ريشة واحدة اكتشفت عام ١٨٦٠. وفي عام ١٨٦١، ظهرت إلى الأضواء عينة مذهلة في محاجر الحجر الجيري الذي يستخدم في الطباعة الحجرية في سولنهوفن في بافاريا وبيعت للمتحف البريطاني بلندن. وفي عام ١٨٧٧، عُثر على عينة لا تقل عنها أهمية في أیشتات وبيعت لمتحف هومبولت ببرلين. وهناك عينة عُثر عليها قبل ذلك اكتشفت في النهاية أنها تقع في أحد أدراج متحف بميونخ بعد أن صنفت خطأً على أنها تيروداكتيل. وكان أحدث اكتشاف في عام ١٩٦٠. يجمع الأركيوبتركس بين عدد من صفات الزواحف (منقار مسنن ليس قرني الشكل، وذيل عظمي طويل، وفقرات الجذع غير ملتحمة، ولا توجد عظام في اليد) مع سمات الطيور (ريش وفُرقة أو عظمة ترقوة). يمثل الأركيوبتركس «حلقة الوصل المفقودة» من أواخر العصر الجوراسي، وهو أقرب إلى أن يكون ديناصوراً صغيراً كويلوصورياً منه طائراً، ولكن مع وجود ريش حقيقي.

على أساس بعض الصور الفوتوغرافية غير الواضحة، زعم هويل ويكرامايسينغ أن طبعات الريش على عينة المتحف البريطاني زُيقت عن طريق أخذ طبقة من الحجر الجيري الأصلي مع مادة لاصقة ولصق ريش حديث عليها. وكان على متحف التاريخ الطبيعي (حسبما يسمى الآن) أن ينفق قسطاً كبيراً من وقت وجهد العاملين فيه لإثبات ما كان واضحاً للدارسين طوال تلك الفترة؛ أي إن حفرية الأركيوبتركس أصلية. كان

هويل عالماً متميّزاً بحق وليس من الواضح لماذا بدأ هذا التحقيق بالذات، لكن تهمة التزوير التي ألقاها حصلت على زخم هائل. غير أن هذا الأسلوب كان يتفق مع شخصيته المولعة بالجدل والتشكك؛ فقد اشتهر في علم الفلك بتحدي فكرة أن الكون نشأ إثر انفجار عظيم. ولما كانت حفريّة الأركيوبتركس تمثل الأيقونة الممثلة للحفيّات ونظريّة التطور، فقد انتهز معادو نظرية التطور الفرصة وانتشوا بذلك الاتهام بأنها مزورة، بل وكانوا سعداء بتجاهل الدليل على أنها حقيقة.

وللأسف، قدم الأركيورابتور المفترض أنه نصف طائر/نصف ديناصور – الذي عثر عليه في صخور العصر الطباشيري بالصين – مثلاً أفضل لقضيتهم. من بين الموضوعات المحتدمة في علم المتحجرات خلال السنوات الماضية قضية أصل الطيور: من أي فرع من الزواحف جاءت؟ يعتقد كثيرون أن أقرب أقرباء الطيور هي الديناصورات، وأنه في حقيقة الأمر لم تنقرض الديناصورات في نهاية العصر الطباشيري، وإنما لا تزال موجودة إلى يومنا هذا على هيئة طيور. وفي هذه الحالة، ربما كانت هناك حالات موجودة بالفعل من الديناصورات الحقيقية ذات الريش، لكنها لم تكن تمتلك بعد باقي سمات الطيور. وكان لا بد في النهاية لهذا الوحش الذي تاق الكثيرون لرؤيته أن يظهر، وحدث ذلك في عام ٢٠٠٠: ديناصور درومايوصورى ولكن بريش حقيقي، أطلق عليه اسم أركيورابتور (والقطع الأخير من الاسم «رباتور» يعني الطيور الجارحة، وهو وصف متخم بالمعانى في هذا المجال). كانت تلك شريحة حفريّة تعود لموضع كان مصدر العديد من الأمثلة المشوقة لطيور بدائية حقيقة. وبيع الأركيورابتور مقابل ٨٠ ألف دولار لأحد هواة جمع الحفيّات في الولايات المتحدة، وبدا أنه يمثل «حلقة وصل مفقودة» أفضل من الأركيوبتركس.

إلا أن أكثر العلماء الجادين كانوا متشككين في أمر هذا الاكتشاف، كما أنه لم يخضع مطلقاً لأى مراجعة نظراء علمية للنشر في أي مجلة مشهورة، وإنما أعلن عنه في مقال مطول في مجلة «ناشونال جيوغرافيك». وفي غضون عام، تبيّن أنه عبارة عن تجميع من شرائح عدة متباعدة جاءت من نفس الموقع، وجرى تركيبها بمهارة، وقد كان لتلك الحفريّة ريش بالفعل، لكن فقط لأن هذا الجزء جاء من طائر حفري معروف اسمه يانورنيس، وكانت ديناصوراً لأن الأجزاء الأخرى جاءت من عدة شرائح مختلفة، كل منها عبارة عن قطع من ديناصورات.

وقد كان الدافع وراء ذلك التزييف من جانب مرتکبته في الصين هو جني الربح لا أكثر. ولكن مرة أخرى كان قبوله – رغم محدوديته – متوقعاً على وجود أناس كانوا



شكل ٣-٩: حفرية لنصف طائر ونصف ديناصور بالفعل، لكن الأركيورابتور لم ينجح في خداع الجميع.

يتمنون أن يكون حقيقياً. لقد وقعوا في شرك الاعتقاد الجازم بأن هذا المخلوق لا بد وأنه كان موجوداً، وكذلك وقعوا في شرك الاندفاع ليكونوا الأول والأشهر في عالم اكتشاف أسلاف الطيور. ويرجع الفضل في هذا الأمر إلى العلماء الصينيين الذين كشفوا في أمانة حقيقة هذا التزييف.

لم يكن الأركيورابتور أول حفرية يجري «تزينتها» لزيادة قيمتها عند البيع. وأولئك الذين اشتروها ودرسوها لن يكونوا آخر المخدوعين، أو آخر من يخدعون أنفسهم. لقد عُثر منذ خديعة الأركيورابتور على حالات أكثر إقناعاً لдинاصورات لها على الأقل نوع من الريش البدائي الأرغب، ومن ثم لم يكن التأثير العلمي لهذه الخدعة ذا شأن يذكر. غير أن الضرر الذي لحق بسمعة علم المتحجرات التطوري من جراء ذلك الاحتيال والتشهير بالأركيوبتركس كان أمراً جلاً. فكما تكشف عملية بحث بسيطة على شبكة الإنترنت، قدمت تلك المواقف ذخيرة هائلة لأقل العناصر تشكيكاً في حركة التصميم الذكي المؤيدة لنظرية الخلق تمكنتهم من توجيه سهام النقد لمجالات أخرى من علمي التطور والتحجرات ورفضها.



## الفصل العاشر

# العودة إلى المستقبل

إذا عدنا بالنظر إلى الوراء إلى كيفية تغير فهمنا للحفريات وتاريخ الأرض بمرور الوقت، فإن باستطاعتنا تخمين كيف يمكن أن يتغير هذا الفهم مرة أخرى مستقبلاً. ومن الأقوال المأثورة الشائعة أن هناك علماء يعيشون الآن أكثر من كل أولئك الذين عاشوا في الماضي مجتمعين. والقول ذاته ينطبق أيضاً على الحفريات: فما جُمع من حفريات خلال الخمسين عاماً الماضية يفوق ما جُمع قبل تلك الفترة على مدار التاريخ. ولا بد في نهاية المطاف أن يصل معدل الاكتشافات إلى مستوى ثابت. في غضون ذلك، إذا حكينا على الأمور من منطلق نمط الاكتشافات التي تمت خلال السنوات الخمس والعشرين الماضية، فمن المؤكد أن هناك منطقة معينة من الدراسة من شأن الاكتشافات الجديدة فيها أن تغير مفهومنا، وهي أول ٢,٥ مليار عام من تاريخ الأرض والحلقات الحرجة في أواخر الدهر ما قبل الكمبري عندما ظهرت لأول مرة الأنواع الحديثة من الحيوانات والنباتات. ويمكننا أن نتوقع تحسين تقديرات تغير مسار التنوع خلال الدهر الفانروزي، وأن ننصح معرفتنا بأسباب كلٍّ من حالات الانقراض الجماعي والتنوع الجماعي للكائنات. غير أنه من المؤكد أن نسخة خاصة بعلم المتحجرات من قانون موري سوف تتظل تقف حجر عثرة في طريقنا. وفي جميع الاحتمالات، فإنه في المستقبل، مثلما هو الآن، ستساعد الحفريات الجديدة على الأرجح على مد جذور مجموعات معينة من الكائنات إلى عصور أقدم، أكثر من تقريبها من مجموعات أخرى. وفي مقابل كل فجوة نملؤها في تاريخ الحياة، ستظهر فجوة جديدة مختلفة. حتى ونحن نعثر على المزيد من الحفريات البشرية، فستظل الملاحظة التي أبدتها إدوارد إستان كامينجز سارية: «دائماً ما تكون الإجابة الأجمل هي التي تطرح السؤال الأجمل».

حتى الآن، تبين أن نظرياتنا الأكثر عمومية عن الحفيريات قائمة وصادمة، إلا أن التفاصيل قد تغيرت. وحتى برغم ذلك، من الصعب أن تكون على يقين لأي مدى تعدد تفسيراتنا لسجل الحفيريات معرضة للاتهام بأنها محملة بالنظريات بصورة مفرطة. هل يمكننا أن تخيل إطاراً نظرياً مختلفاً يجعلنا نراجع أفكارنا؟ على سبيل المثال، إذا قلب التاريخ رأساً على عقب، وكان جميع المفكرين الأوائل واكتشافاتهم في الصين أو أستراليا، أو كانت جميعها على أيدي بوزيين مثلًا، كيف كانت رؤيتنا للحفريات والتاريخ ستختلف عن الرؤية الحالية المترنكة حول أوروبا؟

وربما تتضمن الأسئلة التي نطرحها في المستقبل: هل ستكون المعدلات الحالية المرتفعة لأنقراض الحيوانات الضخمة أحداثاً بارزة في سجل المستقبل، أم أنها فقط ستسجل وكأنها ضوضاء بسيطة وسط ضجة أكبر، مثل فترة أكثر دفئاً بين العصور الجليدية في مسار تاريخ الحفيريات؟ بعد عشرة ملايين عام من الآن — وربما قبل هذا — سوف تكون هناك إجابة على هذا السؤال؛ وهذا أحد أكثر الجوانب تشويقاً في سجل العصرين البليستوسيني والهولوسيني. حتى الآن، يبدو أن فترة المليوني عام الأخيرة — وهي فترة ضغوط بيئية عظمى وتحولات هائلة في مواطن الأنواع (ومن بينها البشر) — كانت فترة اندثارات لا بؤرة لتكوين أنواع جديدة. (لعله سيكون من بواشر السخرية حقاً أن يكون العصر الذي اكتشف فيه نظرية عملية للتطور هو نفسه عصر المعدلات شديدة التباطؤ لنشوء أنواع جديدة؛ مما سيجعل التأكيد العملي للنظرية أكثر صعوبة). ولكن هل كل هذا قراءة صحيحة للسجل؟ وإذا كان كذلك، فكم من الوقت سيستمر النمط قبل أن تبدأ عمليات النشوء في الإزدهار من جديد؟ وماذا سيكون الباعث عليها؟ وماذا سيوضح أنه «الحدث الهائل التالي» على المسرح التطوري: نوع آخر من البشر، أم صرصور أفضل، أم فيروس آخر؟

إن سؤال «ماذا بعد؟» مرتبط ارتباطاً وثيقاً بسؤال أعمق بكثير عن مسار التاريخ التطوري الماضي: هل كان ثمة شيء متصل في نمط التغيير التطوري أنتج الحيوانات النباتية والحيوانية المعاصرة، والتي تشملنا نحن البشر بالطبع؟ إذا كان الأمر كذلك، فلو استطعنا بشكل أو بآخر أن نعيي عقارب الساعة إلى الوراء — ول يكن مثلًا إلى العصر البرمي — ثم تركناها تسير للأمام من جديد، لانتهينا إلى حيث نحن الآن. إن الرأي القائل بأن النتيجة ستظل كما هي هو الرأي المفضل لدى أولئك الذين يعتبرون التاريخ موجهاً نحو النهاية، وأن الغرض من التغيير التطوري طوال الوقت كان إنتاج بشر

(والمفترض بالطبع أيضاً إنتاج الحيات ذات الأجراس، والحلزونات، وفيروس الإيدز). أما الرأي الآخر فيقول إن احتمالات أن يسلك التطور المسار نفسه بالضبط ضئيلة إلى أبعد الحدود. فالتطور كان – بالمصادفة – سينتاج مجموعة مختلفة تماماً من الكائنات؛ فالطيوور والثدييات التي نعرفها – ناهيك عن الرئيسيات والبشر – ربما لم تكن ستظهر مطلقاً.

إذا نحنينا الاعتبارات الدينية جانبًا من حيث إن كان هناك سبب غير مادي للكون أم لا، فإن الإجابة العلمية على هذه الأحجية أن كلا الرؤيتين للتاريخ صحيحة جزئياً. فالصدفة هي القوة المحركة للتطور. ولكن ما يحدث عن طريق الصدفة في كل لحظة من الزمن يعتمد إلى حد كبير على الحقيقة الثابتة لما كان موجوداً وقتها وما كان موجوداً قبلها، لا سيما في السلسل المتعاقبة المتغيرة من العمليات الجينية وعمليات النمو التي تنتج فرداً بالغاً من بعضاً من بيضة واحدة. وهكذا لم يتطور البشر من العناكب، وملايين السنين القادمة من التطور لن تنتج بشراً بأجنحة الفراشات، ولا حشرات ذات غدد ثديية.

لو لم تكن الصدفة عنصراً في المعادلة، لأمكننا التنبؤ بشكل من سيقطنون العالم بعد عشرة ملايين عام من الآن. وبالطبع، لو كان كل الغرض من تاريخ الأرض والتطور هو إنتاج الإنسان الحديث، فإنه خلال عشرة ملايين عام لا بد بالضرورة أن سجل الحفريات الجديد لن يُظهر أي تغيير على الإطلاق؛ إذ إن عجلة التطور ستتوقف لأن أهدافها قد تحققت. وكما رأينا بالفعل أن البشر قد تغيروا كثيراً خلال ملايين السنوات الأخيرة، فإن احتمال وقوع المزيد من التغير يبدو قائماً بنسبة مائة في المائة.

لم يكن تكوين الحفريات ونشوء الطبقات الصخرية شيئاً حدث في الماضي وانتهى. فالاليوم، وفي كل مكان حولنا، تتراكم حفريات جديدة محتملة في الطبقات الرسوبية؛ فتحت سطح الأرض مباشرةً هناك أدلة على عمليات مماثلة بدأت ربما من ألف عام أو مائة ألف عام أو مليون عام مضت، وتتواصل العملية. بل وهنا نتساءل، هل تنتج الاتجاهات المناخية السائدة حالياً والاستخدامات البيئية مستوى مرتفعاً بصورة غير معتادة من التآكل والترسيب كي يحتوي على تلك الحفريات؟

أيُّ من كائنات الملكتين الحيوانية والنباتية المعاصرة يرجح أن يحفظ على هيئة حفرية؟ وكما تقول الدعاية القديمة، فإن الطبقات التي تتراكم في أيامنا هذه سوف يطلق عليها في النهاية «التكوين القمامي»، مع تراكمات من القمامات والنفايات التي يلقى بها مجتمعنا الاستهلاكي اللامبالي. وسوف تكون الحفريات المميزة لهذا العصر عبارة

عن تركيزات من كريات كبيرة ومجهرية الحجم من مادة ستايروفوم وغيرها من أنواع البلاستيك، وقد بدأت تظهر بالفعل في الرسوبيات البحرية في جميع أنحاء المعمورة. وإذا كانا نتعجب من أين جاء كل هذا الإيريديوم الذي يميز الرسوبيات المتراكمة من العصر الطباشيري — وهو عند حدود العصر الثلاثي (وحالات الانقراض) — فسوف يكون خلفنا على الأرض حائرين كذلك بالمستويات غير العادية من الحديد، والألومنيوم، والزجاج والمستويات المرتفعة بصورة غير عادية من المواد المشعة في العصر الهولوسيني. كذلك سيكتشف علماء الآثار في المستقبل — وكذلك المخلوقات التي سرث الأرض بعد أن ننفرض جميعاً — أن أكثر حفريات العصر القمامي انتشاراً عبارة عن حيوانات مستأنسة كالدجاج، والخراف، والأبقار، يتبعها مباشرة الخيول والقطط والكلاب. وفي تناقض درامي مع تربيبات العصر قبل الهولوسيني، سوف تكون البقايا البشرية وفيرة، وكل هذه دلائل على انفجار سكاني هائل بعد عصر جليدي. أما بالنسبة لحالات الانقراض، فإنهم سوف يبحثون عن تفسيرات معقدة لحقيقة أن العديد من أبرز حالات الانقراض كانت في الحيوانات الضخمة، غير أن الارتباط بين ازدياد أعداد السكان من البشر وبين التحولات الكبرى الأخرى في تنوع الكائنات سيكون مذهلاً.

ونظراً لشغفنا الدائم بدفع الأشياء في حفر داخل الأرض (ليس فقط ببعضنا بعضاً، ولكن — على سبيل المثال — النفايات المنزلية التي ندفنه في الرمال وحفر الحصى التي تعود للعصر البليستوسيني، ومحاجر الحجر الجيري التي ترجع للعصر الكربوني، والمناجم من مختلف العصور)، سوف تظهر بقايا ثقافتانا في بعض التكوينات الجيولوجية الغربية. وسيكتشف علماء طبقات الأرض المستقبليون أيضاً أننا نقلنا كميات كبيرة من الصخور من مكان إلى آخر، ومعها ما بها من حفريات بالطبع.

غير أن بعضاً من أكثر الألغاز صعوبة التي سيواجهها خلفنا على الأرض سوف يتعلق بتوزيع الحيوانات والنباتات. فمن التربيبات التي يعود تاريخها إلى حوالي ٢٠٠ عام، سوف يكتشفون أن أعداداً هائلة من الكائنات — من الحشائش إلى الخيول — قد توسيعت في موطنها فجأة. كيف سيفسرون الظهور الذي يبدو أشبه بمعجزة للأرانب الأوروبية والعصفور الدوري الشائع في أستراليا، أو نبات الذرة في أوروبا؟ وبين حين والآخر، سوف يكتشف علماء المتحجرات المستقبليون أمراً تحار له العقول، مثل هيكل عظمي لحيوان من حيوانات حديقة الحيوان، مثلًا فيل هندي في المكسيك، أو تابير في فرنسا، أو نمور في أستراليا، أو كوالا في روسيا. كيف أمكن حدوث ذلك؟ قد يتساءلون

أيضاً كيف يمكن أن توجد بقايا حيوان بالغ الندرة مثل الباندا العملاقة في جميع أنحاء العالم، قبل مدة وجيزة من انقراضها؟

سوف تمثل الخيول على الأخص لغزاً مثيراً للاهتمام في المستقبل؛ لأن سجل الحفريات للخيول الحديثة سوف يكون حافلاً. يوضح السجل الحالي أن الحصان قد انقرض في أمريكا الشمالية منذ حوالي ١٠ ألف عام، ولم يكن موجوداً قط في أمريكا الجنوبية. ثم أعيد إدخاله إلى أمريكا الشمالية على أيدي الإسبان، ومنذ حوالي مائتي عام كان يزدهر في البرية في القارتين. فهل سيتمكن تمييز إعادة إدخال الخيول إلى أمريكا الشمالية في سجل الحفريات، أم سيتم التغاضي عن فجوة العشرة آلاف عام بين آخر الخيول الأمريكية الأصلية وبين إعادة إدخال تلك الحيوانات إليها باعتبارها خطأً فنياً في سجل يسير في سلasse؟

أما على الجانب الإيجابي، فبعد ٥٠ مليون عام من الآن، ستكون الترسيبات الهائلة من المواد العضوية التي تترسب الآن (فيما يخلق مشكلة هائلة) في شكل قمامنة ومخلفات الصرف الصحي التي تُلقى في وديان الأنهر وحول سواحلنا، قد تكون احتياطيات جديدة من الفحم والغاز الطبيعي والنفط. الورق وحده سوف يكون مسؤولاً عن تكوين ترسيبات هيدروكربونية هائلة. أما ما ليس معلوماً فهو سملك تلك الطبقات: كم ستطول الحقبة القمامية. تعتمد الإجابة على هذا السؤال بقدر كبير على التاريخ الجليدي للأرض. فالكثير من سجل العصر الثلاثي لسطح الأرض مفقود من أوروبا وأمريكا الشمالية، بعد أن جرفته التكوينات الجليدية في العصر البليستوسيني. ولو عادت الأنهر الجليدية بقوة وبأعداد هائلة من جديد بعد ١٠٠ ألف عام من الآن، فإن المبني وغيرها من أدلة الحضارة في أوروبا وأمريكا الشمالية سوف تعود مرة أخرى إلى الأرض لتحول إلى طمي غني بالكتربون والبلاستيك والمعادن ثم تترسب من جديد في مكان آخر، على الأرجح في البحار. ويوماً ما، من سيعيد اكتشاف رسوم كهوف العصر الحجري قد يتتسائل: ماذا حل بأولئك القوم؟



## قراءات إضافية

Anna K. Behrensmeyer and Andrew P. Hill, *Fossils in the Making* (University of Chicago Press, 1980).

David J. Bottjer, Walter Etter, James W. Haagdorn, and Carol M. Tang, *Exceptional Fossil Preservation* (Columbia University Press, 2001).

Peter J. Bowler, *Evolution: The History of an Idea*, 3rd edn. (University of California Press, 2003).

D. E. G. Briggs and P. R. Crowther, *Palaeobiology II* (Blackwell Publishing, 2003).

Eric Buffeteau, *A Short History of Vertebrate Palaeontology* (Croom Helm, 1987).

Deborah Cadbury, *The Dinosaur Hunters* (Fourth Estate, 2000).

Edwin H. Colbert, *Men and Dinosaurs* (Dutton, 1966).

A. Cutler, *The Seashell on the Mountain Top* (Dutton, 2003).

Richard Fortey, *Life: An Unauthorised Biography* (HarperCollins, 1997).  
\_\_\_\_\_, *Trilobite* (HarperCollins, 2000).

John C. Greene, *The Death of Adam* (Iowa State University Press, 1959).

Mark Jaffe, *The Gilded Dinosaur* (Crown, 2000).

Melvin E. Jahn and Daniel J. Woolf, *The Lying Stones of Dr. Beringer* (University of California Press, 1963).

## الحفيّات

- T. S. Kemp, *Fossils and Evolution* (Oxford University Press, 1999).
- Arthur O. Lovejoy, *The Great Chain of Being* (Harvard University Press, 1939).
- W. J. T. Mitchell, *The Last Dinosaur Book* (University of Chicago Press, 1998).
- Donald Prothero, *Bringing Fossils to Life* (WCB McGraw-Hill, 1998).
- David M. Raup and Steven M. Stanley, *Principles of Paleontology* (Freeman, 1971).
- Martin Redfern, *The Earth* (Oxford University Press, 2003).
- Martin J. S. Rudwick, *The Meaning of Fossils*, 2nd edn. (Science History Publications, 1976).
- \_\_\_\_\_, *Scenes from Deep Time* (University of Chicago Press, 1992).
- George Gaylord Simpson, *Tempo and Mode in Evolution* (Columbia University Press, 1944).
- Ian Tattersall, *The Fossil Trail* (Oxford University Press, 1995).
- Keith S. Thomson, *Living Fossil* (W. W. Norton, 1991).

## **مصادر الصور**

- (2-1) Oxford University Museum of Natural History.
- (2-2) Oxford University Museum of Natural History.
- (3-1) Oxford University Museum of Natural History.
- (3-2) By permission of Roderick Gordon and Diana Harman.
- (4-1) © Sinclair Stammers/Science Photo Library.
- (4-2) (a) Dr. Derek Siveter; (b) from *Palaeontology* 31, 779–798 (1988) with permission.
- (4-3) © Reg Morrison/Auscape.
- (5-1) Courtesy of the Peabody Museum of Natural History, Yale University, New Haven, Connecticut, USA and the author.
- (5-2) Oxford University Museum of Natural History.
- (5-3) Oxford University Museum of Natural History.
- (6-1) Peabody Museum volume 30, © Peabody Museum of Natural History, Yale University, New Haven, Connecticut, USA.
- (6-2) Linda Price Thomson, redrawn from *Palaeontology* 78, 234 (2004).
- (6-3) Robert McCracken Peck.
- (6-4) Oxford University Museum of Natural History.

## الحفيّات

- (6-5) 'The Age of Reptiles', a mural by Rudolph F. Zallinger. © 1966, 1975, 1985, 1989, Peabody Museum of Natural History, Yale University, New Haven, Connecticut, USA.
- (7-1) Linda Price Thomson, after John Phillips, *Life on Earth* (1860).
- (8-1) © Karen/Corbis Sygma.
- (8-2) Ian Tattersall, *The Fossil Trail*.
- (9-1) Linda Price Thomson, after Joseph Weiner, *The Piltdown Forgery* (1955).
- (9-2) Oxford University Museum of Natural History.
- (9-3) © O. Louis Mazzatorta/National Geographic Image Collection.



