الفصل الحادي عشر

المناخ في الماضي

توطئة

يتطلب فهم وإدراك الإحداث المستقبلية فهماً جيداً معرفة تفاصيل الحاضر والماضي . إذ أنه من الثابت وجود علاقة واضحة بين التنبوءات المناخية ، وبين المكون الرئيسي للدراسات المناخية ، ألا وهو إعادة إستقراء المناخات الماضية . وسيناقش هذا الفصل عدداً من أشكال تفسير بعض المفاهيم المناخية في الماضي .

مقدمة

تزودنا الرسومات الثلاثة في الشكل (١١-١) بتفاصيل أساسية عن التغير المناخي على مدار ملايين من السنوات الماضية . إذ يوضح الشكل (١١) معظم المناطق حديثة العهد بالعصر الجليدي خلال الحقبات الجيولوجية . ويتضح أن متوسط الحرارة العالمية في أغلب العصور الجيولوجية كان أعلى مما هو عليه اليوم . وخلال العصر الجليدي البلايستوسيني وكذلك خلال الفترة التي أنحصر الجليد فيها ليقع ضمن حدود المواقع القطبية الحالية ، قد كانت المناخات أبرد مقارنة بالمناخات التي مرت بها الأرض عبر تاريخها الجيولوجي . وإذا ما حاولنا التنبوء بالاعتماد على النماذج أو الأشكال الماضية ، فربما يمكن أن نتوقع أن يعود الدفء للأرض ثانية . وحينئذٍ تصبح المشكلة الملحة هي كيف كان العالم قبل حدوث الفترة الدفيئة الأخيرة ، وكيف تؤثر ظروف تلك الفترة القصيرة على الإمداد بالطعام للنمو السكاني العالمي .

هذا وسيستمر الجدل حول التنبوءات المناخية الخاصة بتلك الفترات الطويلة . هل الدفء النسبي الذي حدث منذ ٥٠٠٠ سنه مضت يشير إلى انتهاء العصر الجليدي؟ هل تعتبر العصور بينجليدية Interglacial time هي فترات تمتد بين فترتين أشد برودة ؟ وتظهر هذه الاختلافات في الشكل (١١-١ب) ، حيث يتضح أن عصر البلايوستوسين لا يمثل فتره يتقدم ويتقهقر الجليد خلالها فقط ، ولكنه يتضمن عدداً من فترات تقدم الجليد واتساعه وأخرى دافئة يطلق عليها فترات بينجليدية . وتعتبر تلك الفترات بينجليدية عبارة عن تقلب " تذبذب " درجات الحرارة

عبر العصور ، لتمثل ظروف معتدلة أو تميل للدفء محصورة بين ظروف حرارية أبرد . ومنذ التراجع الأخير للقبعات الجليديةIce Cap" غطاءات الثلج الدائم" وذلك التذبذب في درجات الحرارة ، يمكن تحديد تكرارية تلك الاختلافات . وتتضح هذه الاختلافات في شكل (١١-١ج). ويظهر في هذا القرن " القرن العشرين " ، وخلال إل ٤٠ سنة الأولى الدليل على زيادة الدفء الحراري . وتوقف هذا الاتجاه في سنة ١٩٤٠ تقريباً، واتجهت درجة الحرارة نحو الانخفاض المتتابع كما يتضح في شكل (١١ -٢).

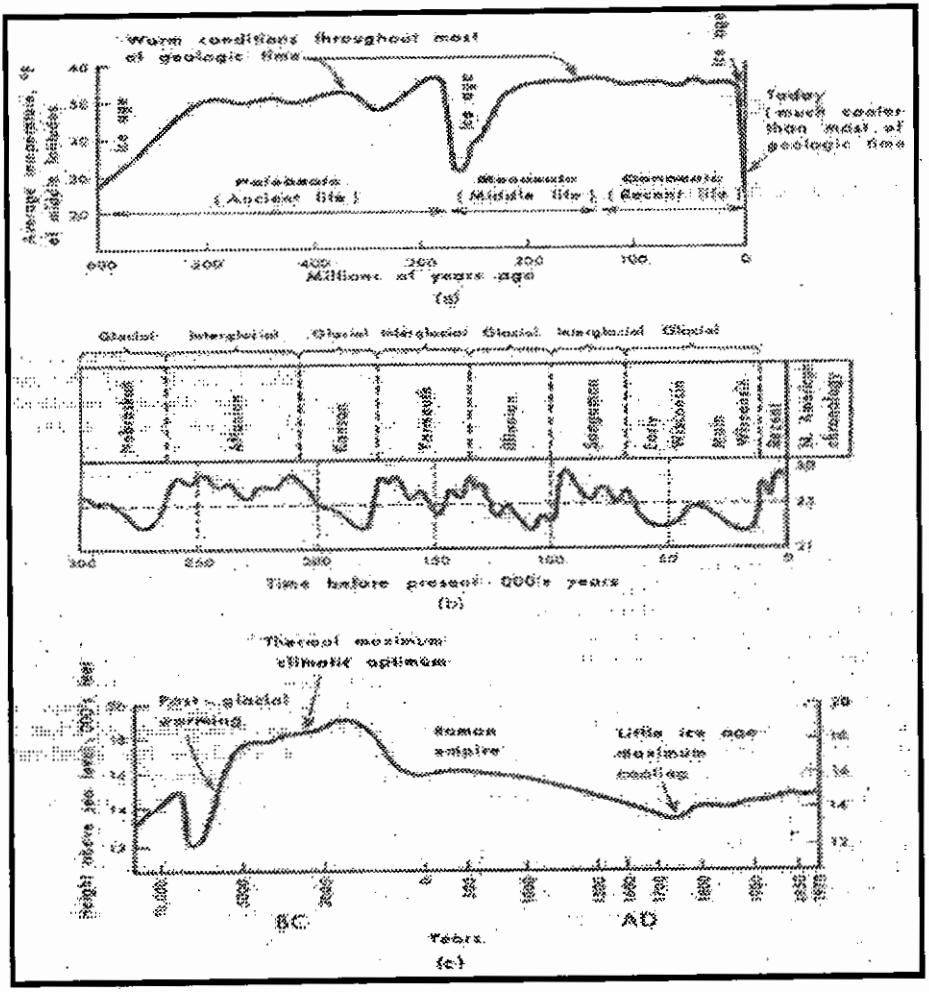
وتعطى هذه الصورة للمناخات الماضية ، مغزى وأهمية للتنبوء بالأحداث المستقبلية ، والسؤال الذي يتبادر للعقل مباشرةً ماهية تلك البيانات التي يمكن الحصول عليها ؟ وواقعياً ، إن بيانات الوقت الحاضر، لم تكن في معظمها مستمدة من قياسات أجهزة الرصد التي يرجع التوسع في استخدامها إلى حوالي إل ١٠٠ سنة الأخيرة . وفي الواقع ، قد أعيد التأسيس لبناء تصور عام عن طبيعة المناخ منذ العصر الكمبري من خلال الأبحاث الاستكشافية التي تحتاج للجهد والمثابرة . هذا، وهناك العديد من الأدلة التي تستند على علاقة المناخ بالعمليات البيئية الأخرى، وأن اكتشاف إحدى النظريات التي تخدم أي منهما " المناخ – البيئة " قد يفيد ويرتبط بالأخرى أيضاً. ولتوضيح جوانب البحث فيما يتعلق بإعادة التأسيس المناخي Climatic Reconstruction ، يعرض هذا الفصل العديد من الطرق والأساليب المستخدمة لتتبع التاريخ المناخي Climatic History للوصول لنتائج محددة من تلك المقدمات المعروفة . وجدير بالذكر أن ، هذا الفصل لا يقدم تغطية كاملة لتلك الأساليب ، ولكنه يقدم بعض الأبحاث الساحرة الشيقة .

شكل (١١-١) التغيرات المناخية العامة على مدار ٦٠٠ مليون سنة

أ: درجات الحرارة أكثر ارتفاعا مما كانت عليه في الوقت الحاضر على مدار العصور الجيولوجية

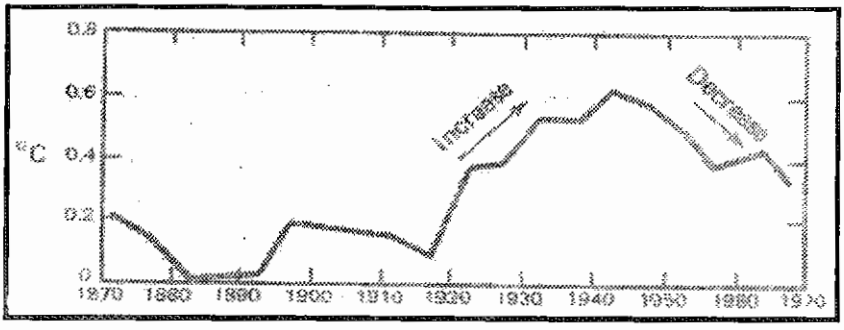
ب : حدوث الفترات الجليدية وبينجليدية خلال البلايوستوسين

ج : التغيرات في ارتفاع خط الجليد في المناطق الجبلية خلال ١٠,٠٠٠ سنة الأخيرة



شكل (١١-٢) التغيرات المناخية الحديثة في نصف الكرة الشمالي

تمثل قيم درجة الحرارة اختلاف درجة الحرارة عن متوسطها خلال الفترة ١٨٨٠/١٨٨٤ بالدرجات المئوية



الأدلة الجيومورفولوجية

تقدم لنا دراسة طبيعة عمليات التحول على سطح الكرة الأرضية فكرة أولية عن اختلاف المناخ عبر الزمن خاصة ما يتعلق ببقاء العصور الجليدية واستمرارها. وربما من أوائل الباحثين وأوسعهم شهرةً هو العالم السويسري لويس أجازيز louis Agassiz الذي صاغ هذه الأفكار وبدأ أبحاثه في مطلع القرن التاسع عشر.

وقد كانت بداية أبحاثه في سويسرا ، حيث لاحظ أجازيز Agassiz بما لا يدع مجالاً للشك أن الأودية تأخذ شكل حرف (u) أكثر من كونها تأخذ الشكل المعتاد التقليدي للأودية النهرية وهو شكل حرف (v) . وقد لاحظ من قبله آخرون غيره نفس الشيء ، وكان تعليقهم بأن شكل حرف (v) يرتبط في الواقع بالأنهار الصغيرة ، أي تلك الأنهار التي لم تصل بعد إلى الحد الذي يمكن معه أن نطلق عليها أنهاراً . وقد كان تفسيرهم ذلك يرتبط بالفيضان الخاص الذي يتميز بالنشاط الجارف الذي حدث في العهد القديم Old Testament . وقد استنبطوا أن الأودية الضخمة قد تعرضت للتعرية وتآكلت بفعل العديد من الجداول المائية الأكبر التي حدثت أثناء ذلك الفيضان.

وقد أستشهد أجازيزعلى ذلك بوجود مجموعة جيلاميد ضخمة نقلت من مناطق بعيدة ووجدت بين إرسابات أخرى أدق وأصغر حجماً . ويطلق على هذه

الجلاميد الصخور الضالة " المهاجرة " التي جرفها ذلك الفيضان بعيداً. وقد تساءل بعض الجيولوجيون عن مبررات تناثر هذه البقع الصخرية الصادمة ، وقد توصلوا إلى أن القوى التي شكلت تضاريس الوادي وجمعت كتل الجلاميد الضخمة يمكن أن تنتج فقط عن أنواع من العمليات يمكن تحديدها فقط من خلال البحث في الوقت الحاضر ، وعليه ، فقد استقروا على أن بعض العمليات في الوقت الحاضر قد تصبح بمثابة مفتاحاً لما حدث في الماضي . وبناءً على ذلك ، فقد اعتقدوا أن تلك الصخور الضخمة الضالة التي تشتت في العديد من مناطق العالم تراكمت بفعل الجليد ، وقد استندوا في أفكارهم تلك على ملاحظاتهم في ميدان العمل ، حيث استنتجوا أن هذه الركامات تم جرفها وترسيبها بفعل جبال الجليد التي تطفو فوق بحر متسع كون فيما بعد الغطاءات الإرسابية التي تغطي مساحة واسعة من أوروبا . وقد اقتنعوا استنادا على نفس المصدر فيما يتعلق بأسباب جرف كتل الجلاميد الضخمة ، بأن الإرسابات الدقيقة المختلطة بكتل الجلاميد الضالة قد جُرفت أيضاً بفعل ذوبان جبال الجليد .

وبادئ ذي بدء ، فقد أقتنع أجازيز بأن نظرية الجبال الجليدية أفضل تفسير للصخور الضالة ، ولكنه في أثناء عمله الميداني هذا ، قد تقابل مع باحثين آخرين لديهم أفكاراً وآراءً مختلفة . ومن أمثال هؤلاء جان دي كاربنتير Jean de Charpentier وإيجنس فنتيز Ignace Venetz حيث درسا لاندسكيب جبال الألب السويسرية واقتنعوا بأن الثلاجات الجليدية Glaciers التي شاهدها معاً قد كانت في يوم من الأيام أكثر اتساعاً ، وعليه، فهي تتحمل الدور الأكبر في تشكيل الأودية وأشكالها ، وإرساباتها من الركام الجليدي والصخور الضالة . وقد أعتمد كلاهما عند رسم هذا التصور على معرفة ودراية سكان الجبال Mountain People الذين يعيشون جزء من السنة على الأقل فوق مستوى خط الأشجار Mountain Tree Line في تلك الجبال ، حيث يشاهدون الثلاجات الجليدية والأراضي المتاخمة والمحيطة بها . وفي الواقع ، فقد تجاوب جان بير Jean Perrier ذلك البدوي الجبلي Peasant Mountaineer بدون شك مع كل من جانّ دي كاربنتير وإيجنس فنتيز وساعدهما في الوصول إلى استنتاجهما بأن تلك الثلاجات هي مفتاحهما لفهم الأرض الذي يعيش عليها . حيث لاحظ على سبيل المثال ، بأن العديد من الصخور المكشوفة فوق سطح الأرض عليها العديد من العلامات والخدوش ، وأنها تصطف في اتجاه الوادي . وقد أستنتج أن تلك العلامات قد نحتت بفعل تحرك الجليد فوق تلك الصخور " بفعل التعرية الجليدية ". ووفقاً

للمخزون المعرفي في وقتنا الحاضر ، فإن تلك الحزاحات أو الخدوش تنتج عن تحرك الجليد فوق الأساس الصخري Bedrock ، وأن وجودها دليلاً جيداً لتحديد الاتجاه الذي سلكه الجليد . ولا مجال للشك في كون ساكني جبال الألب قد لاحظوا أن الركامات الجليدية التي تمتد عند نهايات " هوامش " الثلاجات الجليدية تشبه مثيلتها التي تقع على مسافة ما من تلك الثلاجات الجليدية . ونستنتج بدون عناء التفكير أن تلك المفتتات الإرسابية التي تمتد على شكل صفوف ، قد تشكلت بفعل حركة الجليد ، وهي ما يطلق عليه الركامات الجليدية .

وقد ساعدت هذه الأدلة المتراكمة لدى العالم أجازيز أن يعلن عن نظريته المتكاملة عن اتساع التجمد قبل غيره من المشاهير أو أصحاب السلطات الرسمية . وفى يوليو ١٨٣٧ ، مُنح أجازيز موقعاً رسمياً في المجتمع السويسري في علوم الطبيعة Natural Sciences . وقد توقع الجمهور في إحدى محاضرات أجازيز للإعلان عن نظريته ، أن تكون حول حفريات الأسماك ، ذلك المجال الذي نال فيه أجازيز احتراما كبيراً وشهرة واسعة . وبدلاً من ذلك ، تحدث أجازيز عن الثلاجات واتساعها كثيراً مقارنة بمواقعها الحالية . وقد أستنتج أن غطاءات الجليد العظمى قد امتدت من القطب الشمالي حتى البحر المتوسط وأن الصخور الضالة Erraticsوالركامات الجليدية Moraines والحزازات Striations والخدوش التي يمكن رؤيتها في الأراضي السويسرية هي نتيجة لفعل الثلاجات . ومن هنا وُلدت فكرة العصر الجليدي Ice Age . ويبدو على نحو ما ، أنه حتى القرن التاسع عشر كانت فكرة تجمد معظم اليابس فكرة مقبولة .

وقد ظهرت نتائج التعرية والإرساب الجليدي بوضوح في مساحات واسعة من نصف الكرة الشمالي . ويوضح شكل (١١-٣) صورة واقعية لمساحة من جبال الألب قد تعرضت للتعرية الجليدية . وقد شكلت هذه التعرية الجليدية العديد من مظاهر السطح منها: المقطع العرضي للأودية على شكل حرف (u) - الأودية المعلقة Hanging valleys - الأقواس الجليدية Cirques - السيف الجبلي Arete، الأحواض المعلقةHanging Troughs، و تشير هذه ظاهرات في مجملها إلى ممارسة وفعل الجليد " نشاط الجليد Ice Activity". وتختلف مظاهر السطح التي شكلتها التعرية الجليدية اختلافاً واضحاً فيما بين يابس القارات وبين مثيلتها في جبال الألب . أما مظاهر السطح التي ترجع إلى عملية الإرساب الجليدي مثل توزيع مواقع الركامات النهائية Terminal Moraine و الصخور الضالة Erratic rocks ، فقد تمت دراستها تفصيلياً على اعتبار كونها ظاهرات

تضاريسية تشكلت بفعل الجليد وحركاته . وتعتبر ظاهرات النحت Erosion Features : الركامات الجليدية ، بالميلاد.ليد المعلقة ، وغيرها أدلة مماثلة لما تقدمه ظاهرات الإرساب بفعل التعرية الجليدية .

وبينما تعتبر نتائج دراسة الجليد وسيلة تفسيرية أولية على قدر كبير من الأهمية ، إلا أن الثلاجات الجليدية في حد ذاتها تعد مقياساً لتخمين ظروف التساقط ودرجة الحرارة السائدة في ذلك العصر . ويستخدم تقدم الثلاجات وتراجعها في تفسير التغيرات المناخية عبر تلك الحقبات التاريخية . وهناك أدلة تفيد بانكماش الثلاجات منذ حوالي ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد ، كما أن مستوى الجليد في جبال الألب كان أكثر ارتفاعاً عن مستواه الحالي ب ١٠٠٠ قدم على الأقل مقارنة بمستواه الحالي . كما حدث تقدم واضح للثلاجات تبعه تراجع منذ حوالي ٥٠٠ سنة قبل الميلاد . وفيما بين القرن السابع عشر والقرن التاسع عشر ، قد حدث انبعاث ونشاط جديدين أمكن ملاحظتهما في جبال اسكندينافيا . ويعتبر القرن العشرين هو قرن التقهقر الكبير في الثلاجات الجليدية ، على الرغم مما نلاحظه من كونه يمثل مرحلة بينية فيما بين تقدم واتساع الثلاجات وانكماشها وتراجعها .

وعلى أية حال ، تعتبر المظاهر المرتبطة بالجليد في حد ذاتها دليلاً جيومورفولوجياً يؤخذ في الاعتبار فيما يتعلق بالعصور الجليدية . هذا ، ومما يذكر أن المناطق التي لم تتعرض للتأثير المباشر للغطاءات الجليدية قد شهدت اختلافات مناخية واضحة مقارنة بمناخها الحالي . حيث أن هناك بعض المناطق التي تتميز حالياً بالجفاف التام ، قد شهدت مناخات أكثر رطوبة كنتيجة للتحولات والتعديلات في نماذج الدورة العامة للغلاف الجوي . وعلى سبيل المثال ، فإن العديد من الأحواض الداخلية كانت تشغلها بحيرات واسعة كنتيجة لزيادة كمية التساقط . حيث تم حصر عدداً من البحيرات يُطلق عليها بحيرات المطر الغزير Pluvial Lakes لكونها تكونت بالفعل نتيجة غزارة كمية التساقط في العصور الأولى.

ويوجد في القسم الغربي من الولايات المتحدة الأمريكية وتحديداً في منطقة الحوض العظيم أمثلة نموذجية لاتساع تلك البحيرات. حيث أحصى في هذه المنطقة نحو أكثر من ١٢٠ بحيرة من المحتمل تكونها أثناء عصر البلايوستوسين ، و تصنف كل من بحيرة بوننيفيل Bonnevile وبحيرة لاتونان Iatontan كبحيرات جليدية ضخمة . وقد بلغت بحيرة بوننيفيل في أقصى اتساعها ١٩،٩٤٠ ميل ويعادل ذلك حجم بحيرة ميتشجان . ويعتبر الامتداد العظيم لبحيرة بوننيفيل في العصر

الحديث من الأدلة التي تتمثل في المسطحات الملحية والشواطئ الانحسارية strandlines ، حيث تشير تلك المناطق الشاطئية إلى مستويات اتساع البحيرة . وقد كان من الطبيعي لمثل تلك البحيرات أن تعدل أنظمة تصريفها ، فضلاً عن كون شكل البحيرة وفيضانها الأخير قد تبعه اتجاه تصريف جديد ومختلف كلياً .

شكل (١١-٣) صورة واقعية لوادي جليدي في الأراضي السويسرية تظهر الظاهرات المرتبطة بالتعرية الجليدية في جبال الألب

ويبرهن ارتفاع مستوى المياه الذي نجده على طول خط الساحل على تغير مستويات البحر كجزء أساسي من تكوينات الفترات الدفيئة والباردة . ويستلزم تتبع

التغير في مستوى منسوب سطح البحر ما هو أبعد من الاعتماد فقط على الاستقصاءات الجيومورفولوجية لكشف ما حدث ، بل يستلزم أيضاً استخدام أساليب ووسائل تحليلية أخرى .

ويمكن أن يحدث تغيراً في مستوى منسوب سطح المحيطات حينما يتغير حجم المياه أو حجم أحوض المحيطات سواء بالزيادة أو النقصان. ويرتبط حدوث أي من تلك الحالتين بالعديد من العوامل ، ولكن أكثرها شيوعاً تراكم الإرسابات في قيعان هذه المحيطات أو اندفاع الصخور النارية " اللافا البركانية " إلى المحيطات ، ويستغرق ذلك فترات زمنية طويلة للغاية .. أما التغيرات السريعة فتنتج غالباً عن التراكم الهائل للرواسب وذوبان الثلوج. ويعتقد البعض بأنه – في وقتنا الحاضر – إذا حدث ذوبان في الغطاء الجليدي لقارة أنتاركتيكا سيتبعه بالضرورة زيادة هائلة في كمية المياه ، ومن ثم يرتفع مستوى منسوب سطح البحر ٦٠ متراً (٢٠٠ قدم) فوق مستواه الحالي . وعلى أية حال ، فإن ذوبان الثلوج التي تغطي مساحة واسعة من اليابس ، يكون مصحوباً بحدوث توازن للقشرة الأرضية حيث ترتفع اليابس ، بينما يقابلها هبوط في قيعان المحيطات كنتيجة لوزن المياه المضافة إليها . وحتى مع الإقرار بحدوث ذلك ، فإن ذوبان الجليد الأنتاركتيكي سيؤدي إلى ارتفاع مستوى منسوب سطح البحر ٤٠ متراً (١٣٥ قدم) ، ويعد هذا كافياً لحدوث فيضانات تغطي معظم أجزاء العالم .

ويعد ارتفاع وانخفاض مستوى منسوب سطح البحر خلال عصر البلايوستوسين مؤشراً ودليلاً على قدر كبير من الأهمية فيما يتعلق بالأحداث الجليدية وبينجليدية . حيث تشير مناطق الشواطئ المغمورة " الغاطسة " والشواطئ المرفوعة " البارزة " والآثار البحرية في مجملها إلى كمية المياه التي تجمدت لتصبح في صورة جليد ، وغيرها من الظاهرات بمثابة الدليل على تقدم الثلاجات وتقهقرها .

الأدلة الحفرية

تمدنا دراسة الحياة الماضية على سطح الأرض بالكثير من المعلومات عن الظروف التي كانت موجودة في يوم ما. وتستخدم كل من النباتات والحيوانات الحفرية على نطاق واسع في استعادة الظروف الايكولوجية الماضية ، إذ تفيدنا كثيراً في معرفة المناخات التي كانت تعيش فيها تلك الكائنات الحية .

دليل الحقبات

تستخدم حفريات الحيوانات اللافقرية Invertebrate Fossils على نطاق واسع في معرفة التتابع الجيولوجي للصخور لكونها تدل على المناخات الماضية . وبينما الوضع كذلك ، فإنه لابد من الحذر لأنه من الممكن أن ننتهي إلى استنتاجات متحيزة من أدلة منقوصة . ويمكن أن ينطبق هذا على الحيوانات اللافقرية لأن الكثير من أصنافها تعيش في المياه العذبة أو المياه المالحة ، ولا تتأثر بصورة مباشرة بمناخ الغلاف الجوى للبحار أو البحيرات أو الأنهار التي تعيش فيها حيث تصبح هذه المياه بمثابة عازل يفصلها عن الظروف المناخية المحيطة . ونلاحظ أن انتقال الحرارة في المسطحات المائية ، على سبيل المثال ، يمكن أن يوفر دفء نسبي لمياه المحيطات مقارنة ببابس القارات ، ويؤثر ذلك بالتأكيد في الحياة البرية في المنطقة .

بينما يمكن الاستفادة من التركيب الفسيولوجي للحيوانات الحفرية الذي لا يختلف عن مثيله في الأخرى الحديثة في تقدير وتحديد المناخات القديمة ، إذ أمكن التوصل للكثير من المعلومات من التركيب الكيميائي للكائنات الحية اللافقرية . ومن الجدير بالملاحظة في هذا المجال ما قام به العالم أوري H.C.Urey من تحديد عمر النظائر.

إن للأكسجين ثلاثة نظائر ، O^{16} وO^{18} ، وO^{17} ، بالإضافة إلى أكسجين ١٦ (الأعلى) مقارنة ب ٩٩,٧% من جميع جزيئات الأكسجين . وقد قدم أوري ١٩٤٧ ورقة بحثية معنية بسرعة اختفاء نظائر الأكسجين المختلفة حينما تتبخر المياه . وقد وجهت هذه الدراسة أوري ومن بعده إيملياني Emiliani إلى استخدام تلك الملاحظات في تحديد درجة حرارة المياه التي عاشت فيها الكائنات العضوية الحفرية . وقد اعتمدت هذه الطريقة بشكل أساسي على الوفرة النسبية للنظير O^{18} في الكائن الحي، وكميته تحددها النسبة بين O^{18} : O^{16} في المياه التي يعيش فيها الحيوان . وتعد هذه وظيفة درجة حرارة المياه .

ويمكن معرفة معدلات النظائر وتحديد مستوياتها من خلال استخدام الأصداف الحديثة التي كانت تنمو تحت ظروف حرارية معروفة. وقد أمكن التغلب على المشاكل النهائية التي تواجهنا لوضع النظرية محل التطبيق العملي بواسطة تطوير الأجهزة الدقيقة . أولاً : تسمح هذه الأجهزة المتاحة فقط بوجود ٠,٢% اختلاف في النسبة بين O^{18} : O^{16} ، ويقدر ذلك بمدى يعادل ١٨ ْف (١٠ ْم) . وللانتقال بهذه الطريقة لحيز التطبيق العملي، فأننا نحتاج إلى ١,٨ ْف (١٠ ْم) لتوضيح الاختلافات في درجة الحرارة ، ويستدعي ذلك توفير الأجهزة اللازمة

للقياسات العلمية الدقيقة . وتتضمن هذه الطريقة تسخين الأصداف إلى درجة حرارة مرتفعة ثم تعالج بحمض الفوسفوريك . ويتم تحليل ثاني أكسيد الكربون باستخدام مقياس الطيف Spectrometer للغاز ، ومن ثم تحديد النسبة بين نظائر الأكسجين .

وتلعب دراسة النظائر دوراً بالغ الأهمية في البحث الذي أكمله CLIMAP (Climate: Long – range investigation , Mapping and Prediction) . وقد كانت تهدف الدراسة التي قام بها CLIMAP ١٩٧٦ بحث التغيرات في الغلاف الجوي / المحيطات على مدار المليون سنة الماضية للحصول على معلومات أولية عن مسببات الاختلافات المناخية وكيفية التنبوء بالتغيرات المناخية . وتنحصر المفاتيح التي ترتكز عليها CLIMAP للحصول على البيانات بشكل جوهري ومحوري على طبقات الطين التي تغطي قيعان المحيطات .

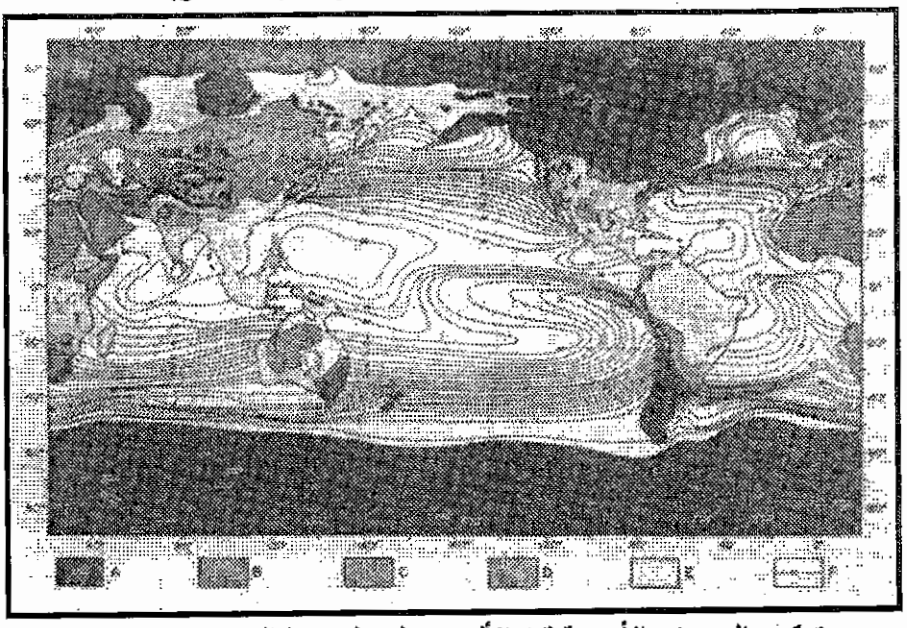
إذ تحتوي تلك الطبقات الطينية في قيعان المحيطات على بلايين من بقايا الهياكل العظمية الميكروسكوبية المختلطة بمادة البلانكتون . إذ أن الكائن الحي حينما يموت ، فإن بقاياه تسقط في أعماق المحيط لتختلط بتلك الطبقات الطينية . وبما أن الكائنات الحية الدقيقة تتكيف مع درجة الحرارة ، فإن كل سلالة منها تعيش تحت ظروف مناخية محددة في مسطحها المائي ، فإذا حدثت تغيرات في المناخ ، فإنها تنزح إلى البلانكتون حيث يصبح تكيفها أفضل من التكيف مع الظروف المناخية التي استجدت عليها . وهكذا ، تصبح الحفريات المختلطة بالطبقات الطينية بمثابة سجل للتغيرات في درجة حرارة المحيطات / الغلاف الجوي فوق تلك المحيطات . ولكي نتمكن من أخذ عينة من هذه الطبقات المنتظمة والمتتابعة، فإنه لابد من أخذها من قلب هذه الطبقات على عمق يبلغ ١٠٠ قدماً في قاع المحيط. هذا ، ويعتبر تحليل نويات هذه الطبقات مهمة شاقة حيث يتراوح عدد السلالات من ٢٠ – ٥٠ سلالة ، بل ويرتفع في بعضها إلى ٥٠٠ سلالة في البوصة الواحدة من هذه النويات التي تمثل قلب تلك الطبقات الطينية في أعماق المحيطات .

وقد أمكن تحديد الزمن الذي تم خلاله ترسيب الكائن الحي بواسطة تحليل كربون ١٤، ويرتبط ذلك واقعياً بكون الهيكل العظمي يحتوي على كل من الكربون الأولي والأثر الميكروسكوبي الدقيق لنظير كربون ١٤. إذ يبقى نصيب كربون ١٤ إلى الكربون الأولي (كربون١٢) ثابتاً طالما الكائن العضوي حياً . وحينما يموت الكائن، يبدأ كربون ١٤ في التحلل، ومن معرفة النسبة بين كربون ١٢ وكربون ١٤، يمكن تحديد عمر الصدفة.

هذا، ومازلت نظائر الأكسجين تستخدم في التحليلات بهدف تحديد عمر الكائن الحي. وكما لاحظنا من قبل ، أن الأكسجين الأثقل O^{18} يختلط مع الأكسجين العادي O^{16} . وإذ يمثل أكسجين ١٦ نسبة مرتفعة من الجليد لدرجة أنه إذا كانت هناك كمية كبيرة من أكسجين ١٦ في طبقات جليدية ضخمة ، فإن كمية أكسجين ١٨ ترتفع في المحيطات . وينعكس ذلك بالتبعية في البقايا الحفرية . وهكذا عندما تصبح نسبة أكسجين ١٦ إلى أكسجين ١٨ أقل ، فإن ذلك يوضح الزمن الذي حدث فيه تقدم للجليد ، أي حدوث عصر جليدي . وباستخدام هذه المعلومات ، يقوم الباحثون في CLIMAP بإنتاج خريطة لمناخات الأرض كما حدث عند إصدار خريطة مناخات الأرض لشهر أغسطس من ١٨,٠٠٠ سنة مضت كما هو في شكل (١١-٤) . وكنتيجة للدقة المتناهية للقياسات التي اعتمدت عليها هذه الخريطة ، فإنها كانت موضع إشادة وتقدير كبيرين في مجال البحوث المرجعية الأصيلة في مجلة العلوم Science .

هذا وتمدنا الحيوانات الفقرية Vertebrate Animals بمعلومات جوهرية على قدر كبير من الأهمية عن مناخات الماضي . ويمكن أن نستقي أكثرها من توزيع حفرياتها ومن خصائصها الفسيولوجية التي ترتبط بالبيئة . وقد أمكن التوصل إلى التغيرات الهائلة في حياه الفقريات عبر تاريخها الجيولوجي عن طريق استخدام أساليب تحليلية مختلفة تماماً.

شكل (١١-٤) درجة حرارة المياه السطحية، اتساع الجليد، وارتفاع منسوب سطح البحر في أغسطس منذ ١٨,٠٠٠ سنة ماضية
توضح حدود القارات انخفاض منسوب سطح البحر لأقل من ٨٥ متراً، وخطوط الحرارة المتساوية بفاصل درجة واحدة مئوية



تعكس الحروف الأبجدية قيم الألبيدو على النحو التالي :

(A): ألبيدو الثلج والجليد ٤٠% (خطوط التساوي تمثل ارتفاع طبقات الجليد فوق مستوى سطح البحر بالمتر)

(B) : يتراوح الألبيدو بين ٣٠% - ٣٩% ويعكس الثلج الذي يغطي الغابات والصحاري الرملية

(C) : يتراوح الألبيدو بين ٢٥% - ٢٩% ويعكس تربة اللويس ، الأستبس ، والمناطق شبه الصحراوية

(D) : يتراوح الألبيدو بين ٢٠% - ٢٤% ويعكس السافانا وأراضي الحشائش الجافة

(E) : الألبيدو أقل من ٢٠% ويعكس الغابات وأراضي النبات الطبيعي الكثيف

(F) : الألبيدو أقل من ١٠% ويعكس المحيط المتجمد والبحيرات المتجمدة

المصدر: From Science, ١٩٧٦, v.١٩١, p. ١١٣٢

ويمكن تتبع خصائص بعض العصور الجيولوجية على النحو التالي :

❖ العصر الديفونى في الزمن البليوزوى الأسفل ويشار إليه في بعض الأحيان بعصر الأسماك لكونها تمثل أحد أشكال الحياة الشائعة في ذلك الوقت . وكانت العديد من الأسماك تتميز بكونها تتنفس الهواء - Air breathing لتشبه السمك الرئوي Lungfish " الذي يتنفس بواسطة مثانة هوائية كما تتنفس بالخياشيم أيضاً " . وحينما عرفت الظروف التي يعيش فيها السمك الرئوي ، أمكن الاستنتاج – من خلال التناظر الوظيفي – أن السمك الرئوي القديم يعيش تحت ظروف مناخية مماثلة فيما يعرف بالمناطق ذات مناخ فصلي دافئ ، رطب / جاف . وتكاثرت البرمائيات ، حيث انتشرت حفرياتها فوق مساحات جغرافية واسعة ، مما يشير إلى اتساع المناخ الدافئ . ويحتمل أن تكون هذه الظروف الدافئة استمرت حتى العصر الكربوني . وبما أن البرمائيات والزواحف من ذوات الدماء الباردة – Cold blooded"إذا لم تتكيف بشكل خاص مع هذا المناخ الدافئ"، فإنها تصبح في حاجة ضرورية لدرجة حرارة هواء دافئة لتحصل على درجة الحرارة اللازمة لجسمها. وثانية ، فإن توزيع الكائنات الحية الكوزموبوليتانية Cosmopolitan تدل على شيوع الدفء في أغلب هذه الفترة التاريخية .

❖ العصر البرمي ، يتميز بالتكاثر السريع للزواحف والديناصورات التي سادت في هذا العصر ، ويعد هذا العصر فترة شيقة ومثيرة فيما يتعلق باستخدام الفقريات في التأسيس للمناخات الماضية . إن طريقة الزواحف في التكاثر – تبيض – تسمح للزواحف أن تعيش بعيداً عن مصادر المياه لتصبح أكثر اعتماداً على مياه اليابس من البرمائيات . و لا يستدعي هذا– على أية حال – أن نتذكر هنا ، بأن أكثر الحيوانات لا تحيى بدون ماء . ويشير الانتشار الواسع للزواحف في العصر البرمي إلى توافر مصادر المياه على سطح اليابس بما في ذلك المناطق القطبية .

❖ العصر الكريتاس ، أثار انقراض الديناصورات جدلاً واسعاً وتعددت وجهات النظر حول هذا الانقراض ، وقد كان من بين هذه الآراء التي بحثت ذلك الانقراض بمنظور عام هي تلك التي أرجعته إلى الجفاف وزيادة القحط العالمي . ومما يذكر، أن هذه الحقيقة قد استخدمت في مدينة ملاهي

ديزني لاند حينما عُرضت صورة للديناصورات وكأنها تسير في مجموعات نحو حتفها عطشا . وهناك العديد من الأسباب التي تدفعنا نحو الاستفهام الاستنكاري الذي يتمحور حول بقاء الحيوانات الأخرى من الزواحف والبرمائيات وغيرها. كما نضيف ملاحظة أخرى ألا وهي ، أن هناك العديد من النباتات التي تتميز بشدة حساسيتها للتغيرات في النظام المناخي ، وبالرغم من ذلك فإنها لم تختفي من سطح الأرض .

هذا، وهناك العديد من النظريات التي تفسر انقراض الديناصورات. وإحداها على سبيل المثال ، تستند على تغير الحرارة في كونها هي العامل المناخي الأكثر تأثيراً مقارنة بتأثير تغير الرطوبة . إذ ترتكز هذه النظرية على أن التغير الحراري يؤثر في إنتاج السائل المنوي للديناصورات ، وانعكس ذلك على عملية التكاثر للديناصورات ، وبالتالي انقرضت . وهناك تفسير آخر يتعلق بتأثير تكون جبال الألب . إذ تؤدي الحركات الأرضية الكبرى- وما ينتج عنها من تكون السلاسل الجبلية العظمى – إلى حدوث تغير في بيئة الزواحف بدرجة لا تسمح لها بالتكيف مع الظروف المستحدثة . وقد أستخدم العالم إيملياني في محاولته لتفسير وتحليل ظاهرة انقراض الديناصورات نظائر درجات الحرارة Isotopic Temperature . وقد لاحظ حدوث انخفاض في درجة الحرارة خلال فترة حرجة . ولسوء الحظ، هناك عجزاً شديداً في الحفريات اللازمة لتحليل هذه الظاهرة، كما لا توجد أي صور يمكن الاستفادة منها في هذا المضمار.

وبينما يستخدم التركيب الفسيولوجي للحيوانات الفقرية على نطاق واسع لتحليل وفهم الظروف الإيكولوجية التي تعيش فيها هذه الحيوانات ،فإن هناك دليل آخر يمكن استخدامه وهو على درجة كبيرة من الأهمية ألا وهو الطريقة التي تدفن وتتحفر بها تلك الحفريات . فعلى سبيل المثال ، قد يوجد بعضها في وضع قائم وكأنها واقفة . ولتفسير طريقة موتها على هذا الوضع، يمكن أن نخمن بأنها قد غاصت في بيئة مستنقعيه، وبربط هذا الدليل بالرواسب المحيطة وما تحويه من حفريات، فإنه يصبح ممكناً بناء تصوراً كاملاً للبيئة التي تحيى فيها. وفي واقع الأمر، توجد العديد من البقايا الحفرية متقاربة مما يعني موتها في أثناء جائحة كارثية أدت إلى موتها الجماعي . ويمكن القول بوضوح ، أن هذه الظروف الكارثية يمكن أن تأخذ أشكالاً عدة ، مثل التجمد أو الجفاف ، ولكن بإرجاعها إلى المؤشرات المناخية الماضية ، فإنه يمكن استقراء طبيعتها .

يعتبر التوزيع النباتي مؤشراً على درجة كبيرة من الأهمية فيما يتعلق بتوزيع أقاليم المناخ في الوقت الحاضر ، وكذلك الحال بالنسبة للمناخات القديمة Palaeoclimates . إذ تستخدم الأنواع النباتية وتغيراتها عبر التاريخ على نطاق واسع في تفسير المناخات الماضية .

إذ يقدم التركيب الفسيولوجي للنباتات ، مثله مثل الحيوانات ، العديد من المعلومات عن خصائص الظروف المناخية الحالية والماضية على حدٍ سواء . وقد ساعد التطور الذي طرأ على عملية إستقطار أوراق النبات على الاستدلال على ظروف الرطوبة لبيئة النبات ، إذ تشير بقايا حفريات النبات ذات الأوراق الرقيقة إلى نموها في بيئة مناخية جافة أو شبه جافة .

ونستدل من مؤشرات المناخ في العصر الكربوني على كونه يمثل حقبة نباتية خصبة لما يتميز به من ارتفاع ضخم في سُمك طبقات الفحم الرسوبية. وإذ تغلب الأعشاب والطحالب على الحفريات النباتية الكربونية ما يشير إلى بيئتها الشاطئية أو المستنقعية . ويدعم هذا الدليل ويؤكده الحفريات النباتية وطبقات الجذور التي تشبه النباتات المستنقعية ، فضلاً عن الخصائص التركيبية للنباتات التي تشير إلى أنها كانت تطفو فوق سطح مائي . وتشير حلقات سيقان الأشجار إلى نموها في بيئة تكاد تختفي فيها التغيرات الفصلية ، بينما تقدم أنواع الأشجار الدائمة والنباتات العشبية دليلاً مؤكداً على البيئة المستنقعية . وإجمالاً، يعكس الغطاء النباتي ظروف الدفء والمناخ الرطب الذي يساعد على النمو الكثيف للنبات الطبيعي.

هذا وقد أمكن الاستفادة بأدلة شبيه تساعد في بناء تصور للمناخات القديمة من خلال تحليل صخور الباليوسين والميوسين . إذ يمكن الاستدلال عن المناخات الماضية باستخدام حبوب اللقاح في الإرسابات الحديثة ، فضلاً عن استخدام التوزيع النباتي في العصور الجيولوجية الحديثة ، وكذلك الاستفادة من مدلول حلقات الأشجار .

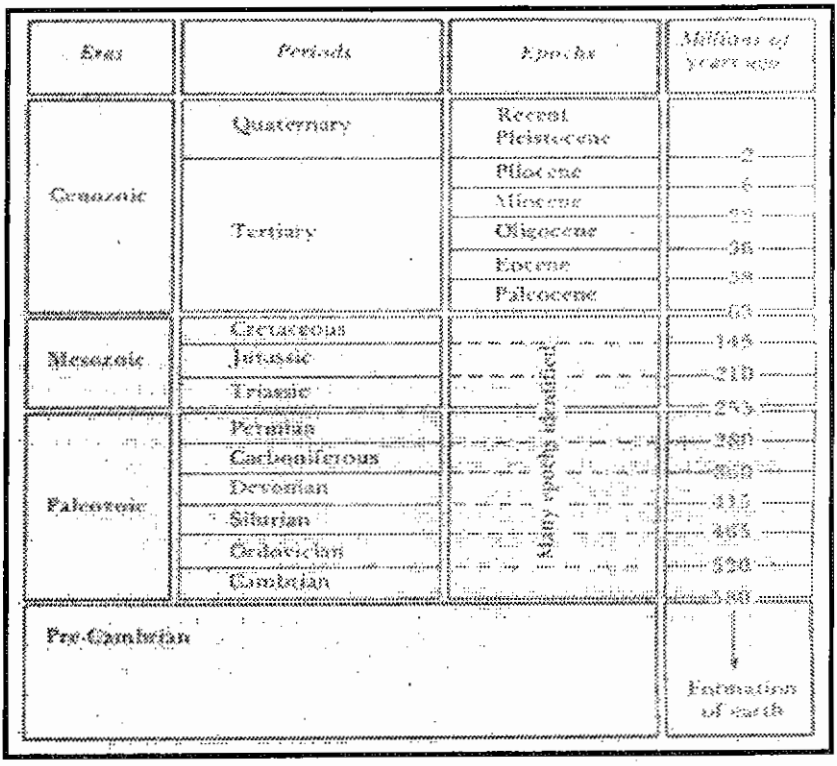
ويدرس علم البلينولوجيا Palynology " فرع من علم النبات " حبوب اللقاح والبذور. ويتوقف نجاح هذا المجال على حقيقة كون العديد من النباتات تنتج إعداداً كبيرة من حبوب اللقاح(إذ ينتج نبات الحُماض Sorrel حوالي ٣٩٣ مليون حبة لقاح ، كما ينتج فرع واحد من نبات الجاودار Rye ٢١ مليون حبة لقاح) ، وتنتشر حبوب اللقاح تلك في مساحات واسعة حيث تنمو هذه النباتات . ومن الجدير بالذكر، أن غلاف حبوب اللقاح يعد أكثر الأجزاء العضوية المعروفة صلابة على

الإطلاق. وحينما يتم تسخينها لدرجات حرارة مرتفعة أو يتم معالجتها بالأحماض ، فإنها لا تتغير ظاهريا . ويعد ذلك في غاية الأهمية ، إذ تسمح الخصائص المورفولوجية لحبوب اللقاح في تصنيف مجموعات نباتية عديدة .

وفيما يتعلق بأهمية اللقاح في تفسير توزيع النبات الطبيعي في الماضي وبالتالي المناخ، يصبح من الضروري أن نتوصل إلى طبقات من اللقاح. وكما يتضح في شكل (١١-٥) ، فإن ذلك غالبا ما يحدث في البحيرات القديمة أو المستنقعات حيث يتم إرساب اللقاح فصليا ثم تغطيه الرواسب .

وتحدد حبوب اللقاح تكرارية التوزيع للأنواع النباتية . وهكذا ، وربما تكون النسبة المرتفعة من لقاح الصنوبر spruce Pollen في الطبقات السفلية وسيلة لمعرفة وجود لقاح البلوط Pollen Oak في الطبقات الأعلى . وربما يشير ذلك إلى حدوث تغير في نوع النبات الطبيعي عبر التاريخ وقد يرتبط هذا الاختلاف بالانتقال من الظروف الباردة إلى ظروف مناخية أكثر دفئا . ويقدم التصنيف البسيط نسبيا لنوع اللقاح (على سبيل المثال ، عند مقارنة الذي يشتق من الأشجار مع الآخر الذي يشتق من النباتات) دليلاً قوياً على تغير الظروف المناخية . ونستدل من الاختلاف بين حبوب اللقاح التي تشتق من مناخ التندرا البارد الذي لا يسمح بنمو الأشجار وبين حبوب اللقاح الأخرى التي تؤخذ من بيئات تسمح بنمو الأشجار، نستدل منها على تحسن الظروف المناخية.ويفيد التحليل الإحصائي المتعمق في الوصول لفهم أدق للتفاصيل . ومما يذكر ، أن هناك أبحاثاً ودراسات قد طبقت على اسكندينافيا ، حيث تم وضع أول تصنيف لعلم الطبقات النباتية Palynological Stratigraphy .

شكل (١١-٥) رسم كروكي يوضح مبادئ تحليل حبوب اللقاح



وبالرغم من التقدم الهام الذي أحدثه استخدام هذا الأسلوب ، إلا أنه يشوبه العديد من مواطن الضعف . إذ أن الغطاء النباتي يصل إلى ذروته بعد مروره بفترة نمو تستغرق فترة زمنية ما ، ومن الطبيعي أن خصائص تركيب النبات التي نستنتجها من خلال تحليل اللقاح يظهر مرحلة استكمال البناء النباتي الذي لا يشير في مجمله إلى المناخ السائد . وفي بعض المناطق ، تختلط الأنواع النباتية ومن ثم يصبح من الصعب تحديد النوع السائد الذي نستدل منه على الظروف المناخية . وفي العصر الحجري الحديث ، فقد أثر الإنسان بشكل كثيف في الغطاء الغابي ، ومن ثم فقد أدى ذلك إلى إحداث تغيرات في نوع وشكل الغطاء النباتي ، مما قد يقودنا في النهاية إلى نتائج مضللة .

وقد درس العالم دوجلاس A.E.Doglas وطلابه الحلقات الشجرية لأول مرة في جامعة أريزونا. وقد استخدمت نتائج أبحاثه في تحديد العلاقة بين النمو الفصلي للأشجار وبين دورات البقع الشمسية، وقد استطاع التوصل إلى نتائج مفيدة.

وفيما يتعلق بالبحث في عمر الأشجار القديمة ، فقد وجد بينوسPinus أن عمرها يبلغ ٤٠٠٠ سنة . ومما يذكر أن ، تحليل مثل هذه الأشجار القديمة يساعد في استيعاب وفهم خصائص المناخات في جنوب غرب أمريكا خلال مراحل الاستقرار البشري المختلفة .

ويعتمد تحليل الحلقات الشجرية على حقيقة كون حلقات النمو في الأشجار تسجل الأحداث الأساسية التي وقعت عبر تاريخ حياه الشجرة. وقد ظهرت حلقات النمو في الزيليم Xylem للأشجار . إذ أنه في بداية فصل النمو ، تنتج خلايا الزيليم (الجزء الخشبي من النباتات) بأحجام كبيرة وبألوان فاتحة ، بينما في نهاية فصل النمو ، تصبح هذه الخلايا أصغر ويصبح لونها أكثر قتامه . ويعكس التغير الفجائي من الحلقات ذات الألوان الفاتحة إلى الأخرى ذات الألوان القاتمة مراحل النمو السنوي . وتفيد دراسة هذه الحلقات ، وحجمها واختلافاتها ، في تقديم الأدلة على اختلاف الظروف البيئية التي نمت فيها هذه الأشجار وهو مجال بحث ما يعرف بعلم الشجر Dendrology . وتعد هذه الطريقة بالطبع، الأكثر قيمة وفائدة في تحديد الظروف السائدة في الجزء الحديث نسبياً من التاريخ الجيولوجي وهو ما يستخدم على نطاق واسع في الأبحاث الأثرية Archaelogical Research " الأبحاث التي ترتبط بعلم الآثار ".

أدلة من فترات تاريخية

قد أستخدم العديد من الباحثين الإحصاءات والتسجيلات التاريخية في تحديد التغيرات المناخية التي حدثت في فترة حياه الإنسان على الأرض ، وقد توصلوا إلى نتائج تسمح بإعادة تصور المناخات على مدار ٦٠٠٠ سنة مضت . وقد تنوعت الأدلة واختلفت اختلافاً واسعاً، ويستعرض الجزء التالي بعض المؤشرات لتلك الأساليب المستخدمة.

١ – سجلات الفيضانات :

من الطبيعي أن هناك العديد من الأدلة التي تؤكد حدوث بعض الفيضانات في أجزاء مختلفة من العالم ، وقد أشار البعض إلى كونها ترتبط بتغيرات كبيرة في مستوى منسوب سطح البحر عبر التاريخ . ويمكن أن نستقي العديد من الأدلة بالرجوع إلى المناخ في مصر، حيث كان هناك حرص شديد على تسجيل فترات فيضان نهر النيل عبر آلاف السنين. وبالاعتماد على ارتفاع الفيضان ، فإنه من

الممكن معرفة الظروف المناخية المصاحبة للفيضان . وفي العصور الأحدث ، تتوافر العديد من الأدلة في غرب أوروبا وتحديداً في هولندا ، حيث يحظى دراسة منسوب سطح البحر وتتبع الفيضانات باهتمام وحرص شديدين .

٢ – سجلات الجفاف:

قد استخدمت تأثيرات فترات الجفاف العظمى في تحديد المناخات الماضية وتصورها. وعلى سبيل المثال ، يشير تزايد هجرة السكان لمنازلهم مخلفين من ورائهم إعداداً كبيرةً من البيوت المهجورة في جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية إلى الجفاف . ونستدل من البيوت المهجورة في ريف Chaco Canyon وكذلك في Mesa Verde على ارتفاع الكثافة السكانية ووجود حياه اجتماعية نشطة. وقد تبدلت العديد من المناطق الاستيطانية إلى مناطق صحراوية في القرن الثالث عشر الميلادي. ويعتقد البعض أن هناك أسباب أخرى غير الجفاف تؤدي إلى هجرة السكان من مستوطناتهم ، ولكن تحليل الحلقات الشجرية يؤكد أن تزايد مستويات الجفاف والقحط هي السبب الجوهري لتلك الهجرة . وتشير التحليلات والدراسات إلى أن هذه المنطقة لم تستقبل أي كمية من المطر خلال الفترة من سنة ١٢٧٦ م إلى سنة ١٢٩٩ م . وقد يرى البعض أن مثل هذا الجفاف قد يكون سبباً في هجرة بشرية كثيفة من تلك المناطق الجافة إلى أخرى أقل جفافاً.

٣ – الهجرة الجماعية على نطاق واسع :

قد تكررت الهجرة الجماعية للسكان من المناطق شحيحة المطر إلى أخرى أكثر رطوبة على مدار التاريخ. ويعد تفسير ذلك من الإشكاليات المعضلة . فقد أرجع كلٍ من هنتنجتون Huntington وتونبيي Toynbee هذه الهجرة إلى المناخ ، خاصة مع تزايد الجفاف في المناطق الطاردة للسكان . وقد توصل هنتنجتون إلى وجود مرحلة لهجرة البدو امتدت عبر ٦٠٠ سنة وقد فسرها وربطها بظروف الجفاف . وفي السياق ذاته ، قد أعتقد تونبيي بأن هجرة المسلمين مع سيدنا محمد (ص) كانت في جزءٍ منها لأسباب ترتبط بالمناخ ، ويذكر أيضاً ما حدث بالنسبة للمغول في هجرتهم مع جينكيزخان . أما الحتميين " أصحاب المدرسة الحتمية " ، فقد كانت لهم تفسيراتهم الخاصة التي تعرضت لانتقادات من العديد من الباحثين ، وقد صاغ هنتنجتون حديثاً تفسيره لتلك الهجرات البشرية في نظريته " الموجة النابضة Pluse " .

٤ – الكتابات والآثار المعاصرة:

تتضمن الأحداث الزمنية في القرون الوسطى العديد من الأدلة التي تشير إلى الظروف المناخية السائدة .ولسوء الحظ – على الرغم من كونه أمراً متوقعاً – إنها عبارة عن أحداث الطقس المتوقعة وأحوال الطقس اليومية . وتتضمن بعض الظاهرات العادية مثل تجمد تيبر Tiber في القرن التاسع عشر أو تساقط الثلوج على نهر النيل . وبينما لا تتوفر سجلات منتظمة عن تلك الأحداث، إلا إنه من الممكن تكوين نظرة شاملة عن الظروف المعتادة من خلال تقدير عدد المرات المسجلة. ويعد تجمد نهر التايمز أحد تلك الأمثلة . وقد تم تسجيل حدوث تجمد واحد أو أثنين خلال الفترة من سنة ٨٠٠م إلى سنة ١٥٠٠م. وقد شهد القرن السادس عشر أربع أحداث تجمد ، وسجلت ثمان أحداث تجمد في القرن السابع عشر ، بينما عرفت ستة أحداث تجمد خلال القرن الثامن عشر .

وتقدم مثل تلك الأحداث المتلاحقة زمنيا بعض الإشارات عن أحوال المناخ من خلال تأثيره في عوامل أخرى. فقد لاحظ سيلفربرج ١٩٧٠ Silverberg أن هناك من كتب عن منطقة جلوسيتر cester Glou- في إنجلترا سنة ١١٢٥م ، وهي منطقة يقطنها عدد كبير من المزارعين مقارنة بأي منطقة أخرى في إنجلترا ، وأن إنتاجها من المحاصيل وفير وبنوعية ممتازة مقارنة بمثيلاتها في فرنسا . ومنذ القرن الخامس عشر ، توقفت صناعة الخمور في إنجلترا وإنه من المفترض أن السبب الأساسي مرجعه إلى الظروف المناخية خلال تلك العصور .

٥ – الأدلة الزراعية :

وكجزء من الأدلة الموثقة التي سيقت من قبل ، فإن هناك أدلة فيزيائية ترتبط بممارسة النشاط الزراعي في مناطق محددة بأساليب معينة – كانت تناسب ظروف المناخ في ذلك الوقت – ولكنها اختفت حديثاً لتغير الظروف المناخية . ويعد أفضل الأمثلة على ذلك أنظمة الري التي لم تعد تستخدم، وقد تكون الاختلافات الثقافية هي السبب الرئيسي في اختفائها مقارنة بالأخرى الطبيعية.

ويمكن الاستفادة من الأدلة الزراعية ، بالإضافة لبعض المؤشرات الأخرى ، في إعادة تصور المناخات في جزيرة جرينلند التي كان يقطنها جماعات الفيكينج Vikings . حيث تحركت تلك الجماعات تحت قيادة إيرك Eric the Red من جزيرة أيسلندة " حيث كانوا يعيشون في القرن التاسع عشر " إلى جرينلند . وكانت

تنمو العديد من النباتات الزراعة الوفيرة (أشجار الصفصاف – أشجار البتولا – شجيرات التوت – المراعي العشبية) التي تكفي لحياه السكان في أرض الجليد Icy Land" جرينلند " التي يقطنها جماعتين يمارسون الزراعة . وقد كانت علاقاتهم مع سكان أيسلندة على ما يرام. وقد كانت جرينلند منعزلة عن محيطها الخارجي حيث يتراكد الجليد ليمنع إرساء السفن . وقد هجرها سكانها وأصبحت في طي النسيان منذ سنة ١٥١٦م ، وقد سجل أحد الرحالة في عام ١٥٤٠ م ، أنه قد وجد فيها بيوتاً ومستوطنات ولكنها خالية من السكان . قد رحل سكانها وهجروها سواء إن كانت هجرتهم بسبب الأحوال المناخية أو بسبب تعرضهم للغزو من قبل آخرون . وإن كان الأرجح بسبب الظروف المناخية حيث توصل علماء الآثار الدينماركيين سنة ١٩٢١ إلى بعض الأدلة التي تشير إلى أن المناخ قد لعب دوراً أساسياً في هجرة سكانها . إذ وجدوا العديد من الحفر في طبقة الجمد السرمدي (هي الطبقة المتجلدة باستمرار على عمق متفاوت تحت سطح الأرض في المناطق القطبية المتجمدة) وذلك قبل معرفة القبور . وقد وجدوا جذور الأشجار المتشابكة حول التوابيت ، ونستدل منها على أن تلك الحفر التي وضعت فيها تلك التوابيت كانت في الأصل غير متجمدة ولكن طبقة الجمد السرمدي أخذت تزحف إليها لتغطيها بل ويزداد سمكها باستمرار . وقد أتضح لهؤلاء العلماء أن السكان كانوا يعانون من نقص الغذاء وفقاً لنتائج تحليل الهياكل العظمية التي وجدت ،إذ كانت لأقزام يعانون من سوء التغذية ، فضلاً عن الأدلة التي تؤكد إصابة الأطفال بالكساح . وتشير تلك الأدلة في مجملها إلى أن مناخ تلك الجزيرة تميز البرودة التي أخذت تشتد من سنة إلى أخرى مما دفع السكان إلى هجرتها .

٦ – فترة الأجهزة والقياسات :

يتطلب توفير القياسات الدقيقة للتغيرات المناخية تطوير أجهزة ترصد جميع العناصر المناخية بدقة . وبالرغم من توفر معلومات عن أحوال الطقس السائدة وتوثيقها على يد الإغريق والمصريين (من أمثال هيبوقراط Hippocrates في كتابه " الهواء والمياه والأماكن سنة ٤٠٠ ق. م. ، وأريستول Aristole في الميترولوجيكا سنة ٣٥٠ ق. م. ،وكذلك يوميات بتلومي Ptolemy عن الطقس المحلي في القرن الميلادي الأول) ، فإن القياسات الدقيقة قد بدأت فعلياً باختراع أجهزة رصد عناصر الطقس . وبالرغم من بدء استخدام تلك الأجهزة ، إلا أنه لم يكن من السهل تدقيق تلك التسجيلات لأحوال الطقس . إذ يؤدي تغير مواقع أجهزة

الرصد ، وأخطاء الراصد الجوي ، وعدم تتابع عمليات الرصد وانتظامها ، وكذلك التغيرات في أجهزة الرصد في حد ذاتها إلى عدم تجانس البيانات وتتابعها زمنيا .

وقد حاول عدد من الباحثين إعادة هيكلة البيانات المتراكمة في سياق مفيد . وعلى سبيل المثال ، فقد قام مانلي Manley بدراسة درجة الحرارة على مدار ثلاثة قرون في وسط إنجلترا . ويمكن الحصول على بيانات الطقس من مصادر متنوعة وإن كانت القيم المعيارية يمكن اختزالها في موقع واحد. وحديثا جداً ، قام كلٍ من جفرمان Groveman ولاندسبرج Landsberg ١٩٧٩ بدراسة تفصيلية عن درجة الحرارة في نصف الكرة الشمالي خلال الفترة ١٥٧٩ – ١٨٨٠ م . وفي سياق أبحاثهما، قد استنتجا متوسط درجة الحرارة لعدد من المحطات. وقد حظيت هذه الدراسة باهتمام الباحثين فيما يتعلق بتغير المناخ في فترة استخدام الأجهزة والقياسات لعناصر الطقس . وقد حرص المؤلف على وضع ملحق للبيانات التي توصل إليها جفرمان ولاندسبرج لكونها تعطي نظرة عامة لخصائص المناخ في إنجلترا خلال هذه الحقبة التاريخية . كما عُرض في ملحق (٣) الملخص المناخي لبعض المحطات وفق دراسة مانلي .

الملخص والملاحظات :

يعد تدقيق المناخات الماضية عملاً أشبه ما يكون بالعمل المخابراتي إذ يسعى إلى بناء تصور لخصائص المناخ ومحاولة استعادة تلك المناخات التي كانت موجودة بالفعل في حقبة تاريخية ما ، وإن كانت غير مسجلة ولم يشدها الإنسان . ويتطلب تحليل الأدلة المتاحة ومحاولة تفسيرها العديد من المدخلات ذات الصلة . بدءاً من الجيومورفولوجيا (مثل أشكال التعرية الجليدية لأجزاء من العالم) إلى الأدلة النباتية (مثل تحديد فصائل حبوب اللقاح) إلى علم البليونتولوجيا " علم الإحاثة ويبحث في أشكال الحياة في العصور الجيولوجية السالفة كما تظهر في المتحجرات أو المستحدثات الحيوانية والنباتية " (مثل الأدلة الحفرية) . ومما يذكر أن ، أجهزة الرصد الدقيقة قد أتيحت حديثاً ، وقد كانت عظيمة الفائدة لكونها ساعدت على تقصي أحوال الطقس والمناخ المعاصر مما ساعد في تحليل وفهم مناخات الماضي .

وقد رسمت صورة مناخ الأرض في الماضي بناءً على الأدلة المتراكمة التي تشير إلى كون المناخات القديمة كانت أبرد مما كانت عليه في أغلب العصور الجيولوجية . ويعتبر المناخ المعاصر جزءاً من عملية التبريد، وهي واحدة من العمليات التي حدثت على فترات عبر تاريخ الأرض. وفي أثناء اتجاه المناخ نحو البرودة ، اختلفت درجات الحرارة فيما بين الجليد وبينجليد ، وفي أثناء الفترات البينجليدية ، اختلفت فيما بين الاعتدال الذي يميل للدفء وبين الفترات الأبرد . وقد يمثل المناخ الحالي فترة بينجليدية حيث بدأت درجة الحرارة في اتجاه نحو التناقص بعد فترة اعتدال في درجة الحرارة امتدت لأكثر من نصف قرن .

وعلى الرغم من أن الأبحاث المعاصرة فيما يتعلق بالتغير المناخي تعتمد على مجموعات بحثية كبيرة وغالباً ما تكون على مستوى العالم ، إلا أن هناك أبحاثاً فردية قيمة على المستوى المحلي . هذا وتضيف كل دراسة مناخية مهما كانت لمساحة صغيرة الكثير في محاولة استعادة خصائص المناخ واستكمال بناء تصور أكثر دقة للمناخ في الماضي . ويمكن تحقيق هذا الهدف المنشود من خلال إثراء الأبحاث المناخية ببيانات مناخية دقيقة ومتتابعة ، فضلاً عن الأبحاث الأكاديمية المنشورة حديثاً .