الفصل الثاني

عوامل تغير مناخ الأرض

ويشمل مبحثين :

المبحث الأول : العوامل الرئيسية:

وفيه مطالب :

الأول : ميل محور الأرض .

الثاني : تغير مدار الأرض .

الثالث : انجراف صفائح القارات .

المبحث الثاني : العوامل التبعية :

الأول : الموقع الجغرافي بالنسبة لدوائر العرض .

الثاني : توزيع اليابس والماء .

الثالث : التيارات البحرية .

الرابع : التظاريس .

الخامس : الغطاء النباتي .

السادس : البراكين .

السابع : الاحتباس الحراري .

obeikan.com

obeikandl.com

الفصل الثاني

عوامل تغير مناخ الأرض

إن كوكب الأرض يمر - في تاريخه الطويل - بدورات مناخية متقلبة تتم على مراحل زمنية طويلة ومتدرجة - كما قد تكون فجائية ، ومتسارعة فعلى سبيل المثال أدرك علماء الأرض منذ قرن ونصف تقريباً ، أن أرضنا قد مرت بعدد من دورات زحف الجليد على اليابسة تعرف باسم " الدورات الجليدية " يتحرك خلالها الجليد من أحد قطبي الأرض أو منهما معاً ، في اتجاه خط الاستواء ، وينحسر في عدد من المرات في الدورة الواحدة .

ولقد حاول المتخصصون إيجاد تفسيرات لهذه التغيرات في مناخ الكرة الأرضية، وتعرض بقاعها المختلفة إلى دورات من الجفاف والرطوبة والحرارة والبرودة . وقد وضعت نظريات عديدة لتفسير كيفية دخول الأرض في هذه الدورات الجليدية تتلخص في نقص كمية الطاقة الشمسية الواصلة إلى ذلك الكوكب نتيجة للتغيرات الدورية في شكل مداره حول الشمس ، وميل محورة على هذا المدار ، واختلاف معدل ترنحه حول محوره ، يضاف إلى ذلك زحف القارات عبر المناطق المناخية المختلفة ، كنتيجة حتمية لتحرك ألواح الغلاف الصخري للأرض .

وقد قسمنا هذه العوامل إلى عوامل رئيسية ، وعوامل تبعية . وأفردت كل قسم في مبحث مستقل .

المبحث الأول : العوامل الرئيسية .

وفيه ثلاثة مطالب :

الأول : تغير مدار الأرض .

الثاني : ميل محور الأرض .

الثالث : انجراف صفائح القارات .

وإليك ملخصاً عن أهم هذه العوامل التي تؤثر في مناخ الأرض وتعاقب العصور الجليدية .

obeikandl.com

المطلب الأول
ميل محور دوران الأرض

قد شغلت ظاهرة دخول الأرض في عصور جليدية أذهان العلماء ، وأخذوا يبحثون عن الأسباب التي تسببها ، ووضعوا لذلك العديد من النظريات والافتراضات التي وصلت من ٦٠ إلى ٧٠ نظرية ، لتفسير ظاهرة نشوء العصور الجليدية ، ، ومن أشهرها ـ الآن ـ نظرية " ميلانكوفيتش " فإن مجموعة متنامية من القرائن ، أصبحت تعزز بقوة فكرة وحيدة مفادها : أن هذه العصور نجمت عن تغيرات طفيفة في ميل محور الأرض ، وفي هندسة مدارها حول الشمس ، ويطلق على هذه النظرية اسم " نظرية ميلانكوفيتش " نسبة للفلكي اليوغسلافي " ميلانكوفيتش " الذي وضعها خلال النصف الأول من القرن العشرين . ولم تتجمع القرائن الكافية لإقناع غالبية علماء الأرض ، بأن هناك ارتباط حقيقي بين العصور الجليدية وهندسة مدار الأرض ، إلا خلال العشرين سنة الماضية . وتؤكد هذه النظرية أن التغيرات المدارية ، تؤدي إلى تغير المناخ ، عن طريق تغير كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها الأرض في مختلف الأماكن والفصول . والمثال المألوف عن التشمس المتغير وتأثيره في المناخ ، يتجلى بدورة الفصول ، ويتطلب الأمر تحديد ثلاثة مقادير متعلقة بالمدار الأرضي من أجل مناقشة تأثير التشمس في المناخ .

وتؤدي جملة هذه التغيرات في الأبعاد المدارية للأرض ، إلى تغيرات مقابلة في مقدار ضوء الشمس الذي تستقبله عند خط عرض معين،وفي وقت معين من السنة .

وهذه الأبعاد المدارية للأرض تتغير مع الزمن ، نتيجة لتأثرها بالجذب التثاقلي الضعيف للقمر والكواكب الأخرى . وهذه التغيرات شبه الدورية ، خلال مئات الألوف من السنين الماضية ، يمكن حسابها بدقة كبيرة ، فقد وجد أن ميل محور

الأرض يتغير بين زاويتين ١و٢٢ و ٥و٢٤ درجة ، خلال " زمن دوري " يساوي ٤٠٠٠٠ سنة تقريباً وتتغير لامركزية المدار بين القيمتين ٠،٠٠٥ و ٠،٠٦ خلال دور يساوي ١٠٠٠٠٠ سنة تقريباً . ويستغرق محور الأرض حوالي ٢٦٠٠٠ سنة ، حتى يدور دورة كاملة .

والفكرة التي تفيد أن هذه التغيرات البطيئة في الطاقة الشمسية التي تتلقاها الأرض هي المسئولة عن تقدم الجليد المتجمد وتراجعه ، تم افتراضها في الوقت نفسه تقريباً ، الذي تم في اكتشاف العصور الجليدية نفسها ، في القرن التاسع عشر ، ويعود معظم الفضل المتعلق بوضع الفرضية المدارية " لميلانكوفيتش " .

فخلال العشرينيات والثلاثينيات تمكن بعد جهد جهيد ، من وضع حسابات تجريبية لتغير التشمس الناتجة من التغير المداري ، وبين طرائق تأثيره في المناخ ؛ لقد أرجع " ميلانكوفيتش " سبب الانقلابات المناخية على سطح الأرض ، إلى التغيرات التي تطرأ على ثلاثة مقادير متعلقة بهندسة مدار الأرض حول الشمس .

أولاً : الميلان : أو زاوية ميل محور الأرض بالنسبة لمستوى مدارها ، فالميلان يبلغ اليوم ٥،٢٣ درجة .

والسبب في تعرض الأرض للتغيرات الفصلية بالدرجة الأولى : أن محور دورانها حول نفسها يميل عن الخط المتعامد ، مع مستوى مدارها حول الشمس ، ويتلقى مقداراً أكبر من ضوءها ، مما لو كان محور الأرض متعامد مع مستوى المدار ؛ وبالمقابل يتلقى نصف الكرة الجنوبي مقداراً أقل من ضوء الشمس .

وبعد ستة أشهر ، وعندما تكون قد مسحت زاوية مقدارها ١٨٠ درجة ، على امتداد مدارها حول الشمس ، تنعكس الحال . . ذلك لأن زيادة ميل محور الأرض تؤدي إلى زيادة سعة الدورة بمعنى أن : فصول الشتاء تكون أكثر برودة ، وفصول الصيف تكون أكثر حرارة في نصفي الكرة الأرضية .

والظاهرة الأخرى التي تؤثر في تغير المناخ على مدى العصور :هي تغير ميل محور دوران الأرض زيادة أو نقصاناً ، فالأرض تدور حول محورها ، وهذا المحور يكون مائلاً على مستوى دورانها حول الشمس ، بمعنى أنه إذا رسم محور متعامد على مستوى دوران الأرض حول الشمس (وهو ما يعرف بدائرة الكسوف) ، فإن محور دورانها يميل على هذا المحور العمودي بزاوية تتغير من ٢٢,١ إلى ٢٤،٥ في دورة مدتها ٤٠ إلى ٤٢ ألف سنة . وهذه الزاوية الآن ٢٣،٤ وهي آخذة في التناقص . فلقد وصل الميل أقصاه وهو ٢٤,٥ درجة قبل حوالي تسعة آلاف عام ، والاتجاه الآن هو نحو أدنى ميل ، أي سينتقل الميل من ٢٣,٥ درجة إلى ٢٢,١ درجة . كما يبين في الشكل أدناه . انظر الشكل (٢) .

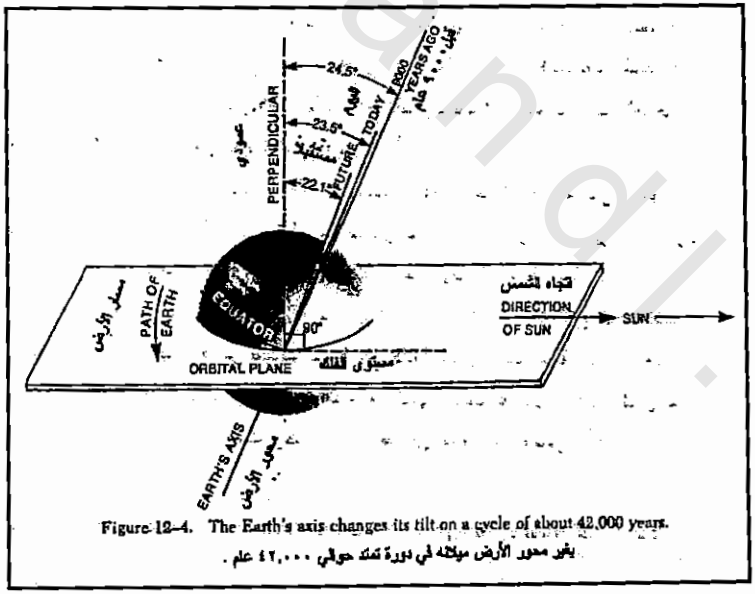


Figure 12–4. The Earth's axis changes its tilt on a cycle of about 42,000 years.
يغير محور الأرض ميلانه في دورة تمتد حوالي ٤٢,٠٠٠ عام .

إن ازدياد الانحراف يسبب فصول صيف أشد حرارة وفصول شتاء أشد برودة . ويرى (هيس) وزملاؤه أن فصول صيف أكثر برودة هي الباعث على بناء صفائح من الجليد إذ أن قليلاً من الثلج يتعرض للذوبان في فصول الصيف الأكثر برودة . وبكلمة أخرى فإن مزيداً من تراكمات الثلج والجليد الشتوية ستصمد خلال السنة عندما تكون درجات حرارة الصيف أكثر انخفاضاً . وهكذا فعندما يتحرك المحور إلى درجة ميل أقل فلابد للأرض أن تواجه فصول صيف أبرد. وحسب ما يرى (هيس) فإن درجة الميل

الواطئة يعقبها في السجل الجيولوجي أوقات مناخ أشد برودة [١] .

ثانياً : التغير البطيء في اتجاه تصوب محور الأرض في أثناء دورانها : مما يجعل محورها يرسم دائرة بالنسبة للخلفية الثابتة للنجوم البعيدة ، فهذا المحور الوهمي يرسم في السماء دائرة ، وهو ما يعرف « بالترنح »، وفي الوقت الراهن يتصوب المحور نحو " النجم القطبي " وتدعى هذه الظاهرة بظاهرة " الدوران المحوري " ويستغرق محور الأرض ٢٣ ألف سنة ، حتى يدور دورة كاملة.

هذه التغيرات التي تطرأ على هندسة مدار الأرض حول الشمس ، والتي يسببها تفلطح الأرض ، وعدم كمال استدارتها ، وجاذبية القمر والكواكب لها ، مما يجعلها تترنح في دورانها حول الشمس كما تترنح " النحلة " التي يلعب بها الصبية ، وهذا بدوره يؤثر على كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى الأرض خلال أيام السنة [٢] .

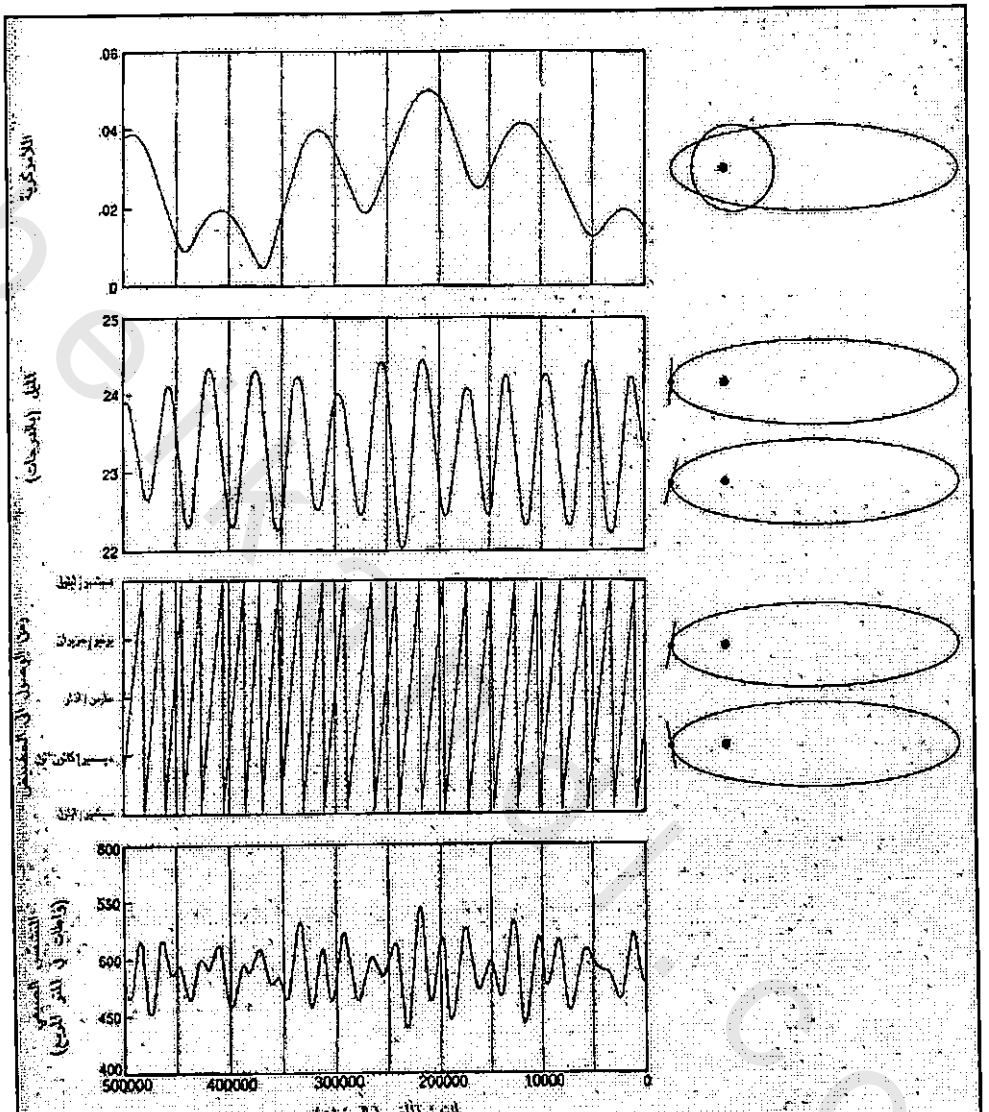
وقد ذكرت الدراسة الألمانية أن هذه المناطق الصحراوية الواسعة في أرض الجزيرة العربية ، كانت خضراء مغطاة بالنباتات والأعشاب قبل حوالي ٧٠٠٠ سنة ، وذلك بسبب الميلان الذي كان موجوداً في محور الكرة الأرضية ، والذي كان يحمي النصف الشمالي منها من أشعة الشمس المحرقة ، حيث كانت الحرارة معتدلة إلى حد كبير في هذه الأجزاء من العالم [٣] .

---

(١) مصادر هذا المبحث من " مدار الأرض والعصور الجليدية " ك . كوفي ، مجلة العلوم الامريكية المجلد (٤) العدد (٥) . بتصرف ، وانظر علوم الأرض للزنداني ، ٥٨-٦٠ من John Gavriel Nanarra , At-mosphere , Wealter and Climate, W.B Saunders Company ' London , 1979 , P.419.

(٢) المصدر السابق وانظر الموسوعة العلمية الشاملة (٢١١) .

(٣) مجلة الأسرة (٢٢) العدد (٨٢) مصدر سابق .



ترجع نظرية ميلانكوفيتش، التي صاغها الفلكي اليوغسلافي م. ميلانكوفيتش، Milutin Milankovitch ، بداية العصور الجليدية إلى التغيرات التي طرأت على ثلاثة مقادير تتعلق بمدار الكرة الأرضية: فاللامركزية هي الدرجة التي يحيد بها المدار عن الدائرة المضبوطة، وزاوية الميل هي الزاوية المحصورة بين المحور الأرضي والمحور المتعامد مع مستوى دوران الأرض حول الشمس، ويحدد زمن الوصول إلى الحضيض الاتجاه الذي يتصوب نحوه المحور عندما تحقق الأرض أكبر اقتراب لها من الشمس. ويبقى كل من هذه المقادير تغيراً بطيئاً فحت تأثير قوى جذب الكوكب الأقرب. وتؤدي التغيرات في المقادير المذكورة إلى تغيرات في كمية ضوء الشمس الذي تتلقاه الأرض. فهناك تغير ملحوظ في التشمس الأرضي السنوي. ولكن التغيرات في التشمس الصيفي في المناطق البعيدة عن خط الاستواء أكبر نسبياً. والتغيرات في اللامركزية وميل المحور وزمن الوصول إلى الحضيض، تم حسابها وفقاً لطريقة ابتدعها أ. برجيه، Andre Berger، والأوقات التي تتحقق عندما اللامركزية العظمى maximum eccentricity تفصل بينها أدوار متساوية يقارب كل منها 100000 سنة، وذلك على الرغم من أن اللامركزية تحقق دورا آخر يقارب 400000 سنة. ودورة الميل المحوري وزمن الوصول إلى الحضيض لهما دوران تقاربان 40000 سنة و 20000 سنة على الترتيب. وتجدر الإشارة أيضا إلى أن مخطط زمن الوصول إلى الحضيض ليس متجانساً جيداً بسبب: إذ إن له دورتي بيانٍ دور إحداهما 19000 سنة، والأخرى 23000 سنة. والتغير في مقدار ضوء الشمس الواصل الى الأرض موضح من أجل القطاع الأرضي الواقع بين خطي العرض 60 و70 درجة شمالاً. وذلك خلال شهر يوليو/تموز. وتم حساب التشمس عن طريق برنامج حاسوبي، كتبته ت. س. ليدلي، Tamara S. Ledley من معهد ماساتشوستس للتقانة وس. تومبسون، Stanley Thompson من المركز الوطني للدراسات الجوية.

المطلب الثاني

التغير في مدار الأرض حول الشمس

ثالثاً: اللامركزية المدارية :

وهناك عامل ثالث يعدل قليلاً من حدة الدورة الفصلية ، " اللامركزية المدارية " ، التي تقيس حيود المدار عن شكل الدائرة الصحيحة ، وقيمة اللامركزية للدائرة الصحيحة تساوي صفر ، وبالنسبة لإهليلج يبلغ طوله ضعف عرضه تبلغ قيمة اللامركزية ٠،٨٦٦ . وفي الوقت الراهن تبلغ لامركزية مدار الأرض القيمة ٠،٠١٧ . بسبب أن مدار الأرض حول الشمس على شكل إهليلج (قطع ناقص) وليس دائرياً، فالأرض تدور حول الشمس في مدار شبه دائري ، ولكنه لا يثبت هكذا ، بل يتغير فيمتد قليلاً ، ليصبح إهليجياً ، ثم يعود إلى وضعه شبه الدائري ، في دورة مدتها ١٠٠ الف سنة . وإذ تتغير لا مركزية المدار بين القيمتين ٠،٠٠٥ و ٠،٠٦ خلال دور يساوي ١٠٠،٠٠٠ سنة تقريباً .

وهذه الظاهرة تجعل نصف الكرة الشمالي أكثر دفئاً في فصول الشتاء ، وأكثر برودة في فصل الصيف ، مما كان سيحدث لو كان المدار الأرضي دائرياً .

فعندما يكون المدار دائرياً فإن الأرض تتلقى كمية مماثلة من حرارة الشمس في كل يوم من أيام السنة ، أما عندما يكون المدار إهليجياً فإن كوكبنا يكون في بعض أيام السنة أقرب إلى الشمس ، ويتلقى مزيداً من الحرارة منه في أيام السنة الأخرى ، ولهذا فإن المسافة بين الأرض والشمس تختلف باختلاف الوقت ، من السنة . ففي يناير تكون الأرض أقرب الى الشمس " نقطة الحضيض " وفي يوليو تكون أبعد عن الشمس " نقطة الذروة " وبناء على ذلك يكون التشمس الأرضي في يناير أكبر قليلاً منه في يوليو . ولكن مجموع كمية الحرارة التي يتلقاها الكوكب بأسره خلال سنة كاملة يبقى ثابتاً دوماً ، وهذا هو التغير الثالث في نظرية " ميلانكوفيتش " .

ويبين الشكل أدناه دورات التغير في مدار الأرض حول الشمس وارتباط حالة المناخ بها. ونلاحظ أن الأرض في المرحلة رقم (٤) في مدار دائري تقريباً حول الشمس. ويعني المدار الدائري أن الأرض على بعد متساوٍ من الشمس في أي موضع في مدارها الدائري . أما المرحلة رقم (٥) فتبين أن مدار الأرض أصبح غير دائري - أي أصبح أهليليجياً نوعاً ما . ومع المدار البيضوي لا تكون الأرض دائماً على بعد واحد من الشمس . انظر الشكل (١) .

واليوم نجد الأرض في مدار أهليليجي حول الشمس وتكون عند أقرب موضع من الشمس في يناير . وفي غضون عشرة آلاف سنة من الآن سيضع تغير مدار الأرض نحو المزيد من الانحراف عن الكروية سيضع الأرض في أقرب نقطة من الشمس في شهر يوليو والتغيرات في الأبعاد المدارية للأرض تؤدي بدرجة أولى إلى تغيرات مقابلة في حدة الدورة الفصلية . ذلك لأن زيادة ميل محور الأرض تؤدي إلى زيادة سعة الدورة بمعنى أن : فصول الشتاء تكون أكثر برودة ، وفصول الصيف تكون أكثر حرارة في نصفي الكرة الأرضية .

وتأثير الدوران المحوري في التشمس يعد أقل وضوحاً ، ولكننا إذا أضفنا إليه دوران مدار الأرض الأهليلجي حول الشمس ، أمكننا بذلك أن نحدد وقت وصول الأرض إلى الحضيض ، والاختلاف الزمني في وقت وصول الأرض إلى الحضيض ، يتم وفق دور يساوي ٢٠٠٠٠ سنة تقريباً ، وهو أقل بقليل من دور الدوران المحوري نفسه ؛ وبشكل عام يؤدي التغير في زمن الوصول إلى الحضيض إلى زيادة حدة الفصول في أحد نصفي الكرة الأرضية ، وإلى نقصانها في النصف الآخر ، وفي وقتنا الراهن ، تصل الأرض إلى حضيضها في اليوم الثالث من شهر يناير ، ولهذا يكون شتاء النصف الشمالي للكرة الأرضية ، أكثر دفئاً بقليل مما يجب أن يكون عليه . ويكون صيف النصف الجنوبي أكثر برودة ، وخلال الاثنتي عشرة ألف سنة القادمة ، وعندما سيتصوب محور الأرض نحو "نجم فيكا" فإن هذه الحال ستنعكس.

ولامركزية مدار الأرض ذات تأثيرين متميزين في التشمس ، فكلما زادت قيمة اللامركزية ، زاد الفرق بين المسافتين العظمى والصغرى للأرض عن الشمس ، وتزداد بالتالي القيمة العظمى لتأثير الدوران المحوري ، يضاف إلى ذلك أن تغير لامركزية المدار تؤدي إلى تغير في مقدار التشمس السنوي الكلي وهذه التأثير يعد طفيفاً ؛ لأن التغير في لامركزية المدار خلال مليون سنة الماضية لم يتغير التشمس الأرضي إلا بمقدار ٣، . ٪ فقط ؛ واستناداً إلى معظم الحسابات فإن تغيراً في التشمس الأرضي بمقدار٣، . ٪ يغير متوسط درجة الحرارة إلا بمقدار بضعة أعشار درجة مئوية .

وفي الخلاصة : يمكن القول أن اللامركزية لا تؤدي إلا إلى تغير طفيف في مقدار التشمس السنوي الكلي ، بينما يقتصر تأثر كلاً من : ميل المحور ، والدوران المحوري ، في تغيير توزيع التشمس بتغير خط العرض والفصل من السنة ، ولا يؤثران في مقدار التشمس الكلي ؛ فكيف إذا يمكن للتغيرات المدارية أن تكون مسئوله عن التغيرات الرئيسية في المناخ ، التي ترافق تقدم الصفائح الجليدية وتراجعها . .؟

يرى ميلانكوفيتش : أن القوة التي تشكل العصور الجليدية ، لا علاقة لها بالتشمس الأرضي الكلي ، وكأنها تتعلق بالتشمس في المناطق الشمالية البعيدة عن خط الاستواء خلال فصل الصيف ، حيث يمكن أن يصل تغير التشمس إلى حوالي ٢٠٪ هو أكبر بكثير من التغير الكلي للتشمس .

وإذا قبلنا هذا الرأي فسوف يصبح من المعقول الافتراض بأن التغيرات المدارية هي التي سببت العصور الجليدية والتشمس الصيفي أكثر أهمية من التشمس الشتوي . لأن الثلج يتجمع في المناطق البعيدة عن خط الاستواء ، حتى خلال فصل شتاء معتدل ، فالمسالة لا تتعلق بكمية الثلج الذي يتجمع في الشتاء ، بل بالكمية التي تبقى منه خلال فصل الصيف . فإذا وصل ضوء الشمس على نحو يقل عن المعتاد ، خلال فصل الصيف ، فإن الثلج سيميل إلى البقاء ، وإذا استمرت هذه الحالة لعدة سنين ، فإن وزن الثلج سيحوله إلى جليد ، وعندئذ تبدأ صفائح الجليد القارية

بالتشكل ؛ وتدخل الأرض عصراً جليدياً .

ومن ناحية أخرى: إذا ازدادت كمية ضوء الشمس الساقطة خلال فصل الصيف ، فإن كمية الثلج المنصهر خلال الصيف ، تكون أكبر من كمية الثلج الذي يعوضه خلال فصل الشتاء ، وبذلك تعود الأرض إلى مناخ يشبه ذلك الذي نعيشه في الوقت الراهن .

والتشمس في نصف الكرة الشمالي ، أكثر أهمية منه في نصفها الجنوبي ، لأن الجليديات لا تتشكل إلا على اليابسة ، وتوجد الآن كتل قارية واسعة في المناطق البعيدة عن خط الاستواء ، أما في نصف الكرة الجنوبي ، فإن القارة الوحيدة في المناطق الشمالية البعيدة عن خط الاستواء هي القارة القطبية الجنوبية المغطاة بالجليد حتى في وقتنا الراهن . والنقص في تشمس نصف الكرة الجنوبي سيكون وفقاً لذلك ، أقل تأثيراً في تغيير المناخ ، نحو عصر جليدي .

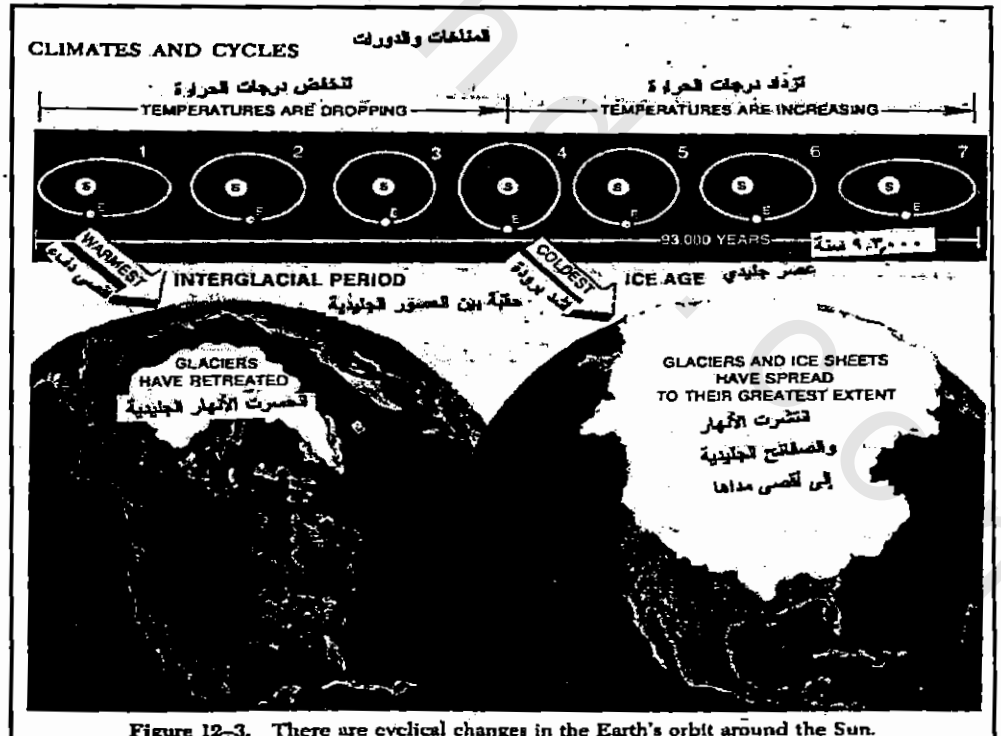
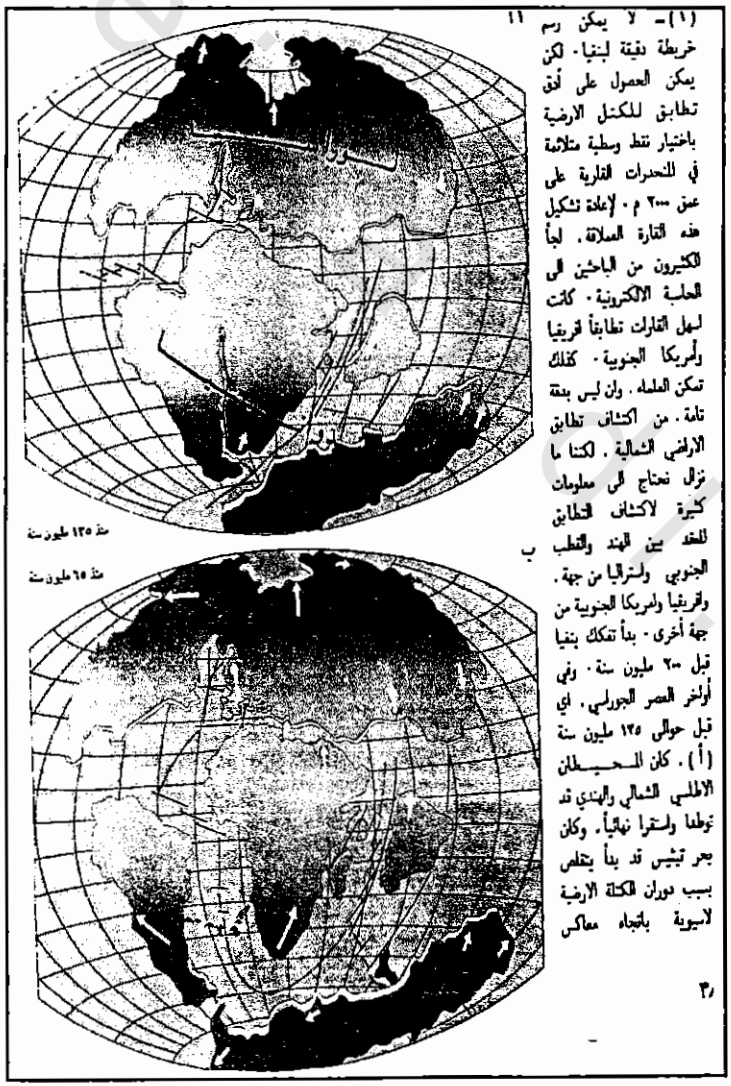


Figure 12–3. There are cyclical changes in the Earth's orbit around the Sun.
ثمة تغييرات دورية في مدار الأرض حول الشمس

المطلب الثالث

انجراف صفائح القارات

يعد انجراف القارات عاملاً رئيسياً في تغير مناخ الأرض ، من منطقة لأخرى ، وذلك بسبب تباعدها عن بعضها البعض ، وابتعادها أو اقترابها من خط الاستواء أو القطبين ، والسبب في انجراف القارات وتباعدها عن بعضها وقد كانت قارة واحدة ، هو تيارات الحمل الحراري ، فمنذ حوالي ٣٠٠ مليون سنة ، تضامت جميع القارات ، كما تقول النظرية ، وشكلت قارة واحدة يسميها الجيولوجيون " أم القارات " ودامت هذه القارة العملاقة قرابة ١٠٠ مليون سنة ، ثم بدأت تنفلق إلى



١١ (١)- لا يمكن رسم خريطة دقيقة لبنيا- لكن يمكن الحصول على أدق تطابق للكتل الارضية باختيار نقط وسطية متلائمة في المنحدرات القارية على عمق ٢٠٠٠ م . لإعادة تشكيل هذه القارة العملاقة . لجأ الكثيرون من الباحثين الى الحاسبة الالكترونية - كانت اسهل القارات تطابقاً افريقيا وأمريكا الجنوبية - كذلك تمكن العلماء . ولن ليس بدقة تامة . من اكتشاف تطابق الاراضي الشمالية . لكننا ما نزال نحتاج الى معلومات كثيرة لاكتشاف التطابق للهند بين الهند والقطب الجنوبي واستراليا من جهة . وافريقيا وامريكا الجنوبية من جهة أخرى - بدأ تفكك بنغيا قبل ٢٠٠ مليون سنة . وفي أواخر العصر الجوراسي . اي قبل حوالى ١٢٥ مليون سنة (أ) . كان المحيطان الاطلسي الشمالي والهندي قد توطدا واستقرا نهائياً . وكان بحر تيثيس قد بدأ يتقلص بسبب دوران الكتلة الارضية لاسيوية باتجاه معاكس

٣/

شطرين ، شمالي يدعى لوراسيا ، وجنوبي يدعى جندوانا ، ثم تفلقت هذه القارات وانفصلت عن بعضها البعض وتباعدت ، بفعل تيارات الحمل الحراري الناجم عن فوارق الحرارة في الغلاف الصخري للأرض .

ومن براهين هذه النظرية ، تطابق حواف القارات، فقد برهنت دراسات أجريت في الهند واستراليا على وجود صلات بين هاتين القارتين، فمن الممكن مثلاً تبيان الترابط بين أحواض العصر البرمي في شمالي غربي استراليا وأحواض الهند؛ كما أن معالم استراليا الشرقية تشبه معالم القطب الجنوبي؛كذلك نجد في العلاقات الوثيقة بين الأحوال الجيولوجية لكل من إفريقيا الغربية والبرازيل براهين جديدة على اتصالهما السابق ، فهناك حد واضح يفصل صخور أفريقيا الشرقية، يقع هذا الحد بين المنطقتين بالقرب من اكرا في غانا ، لكنه يستمر ممتداً في المحيط الأطلسي باتجاه الجنوب الغربي، وقد عثرت بعثة جيولوجية على امتداده إلى البرازيل في ساو لويس، أي تماماً حيث كان من المتوقع العثور عليه فيما لو كانت القارتين متصلتين في الماضي[١] .

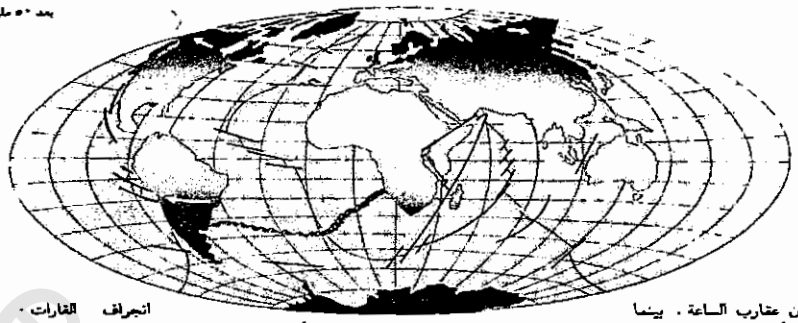
كان التحقق من الترابط بين الأراضي الشمالية المتباعدة اليوم كثيراً (أمريكا الشمالية أوروبا وآسيا) أشد صعوبة ، لكن الآن أدلة دامغة على أن هذه الأراضي كانت تشكل في الماضي جزءاً من قارة واحدة هي لوراسيا [١] [انظر الشكل (١ ، ٢) .

هذا وقد دلت أحافير للحيوانات نفسها منتشرة في مختلف أرجاء الأرض ، مما يبين أن هذه الحيوانات تواجدت سالفاً في قارة واحدة ضخمة ؛ فقد وجدت أحافير زواحف المياه العذبة السباحة " ميزوسورس برازيلينسز " في جنوب أفريقيا والبرازيل[٢]. ولعل

---

(١) انظر: " الصور الزلزالية لحدود الألواح المكونة للقشرة الأرضية " ج.س. موتر،مجلة العلوم الأمريكية المجلد (٥) ، العدد (٦) . ديسمبر ١٩٨٨م ص ٣٤، ٤٦) . انظر: " دور التحات في تشكل الجبال " بينز ، وبراندون ، مجلة العلوم ، المجلد (١٣) العددان (٨ ، ٩) . سبتمبر ١٩٩٧م ص ٥٨ ، ٦١ ، . وانظر الموسوعة العلمية الشاملة (٢١٥) .

(٢) بهجة المعرفة " الأرض" المجلد .



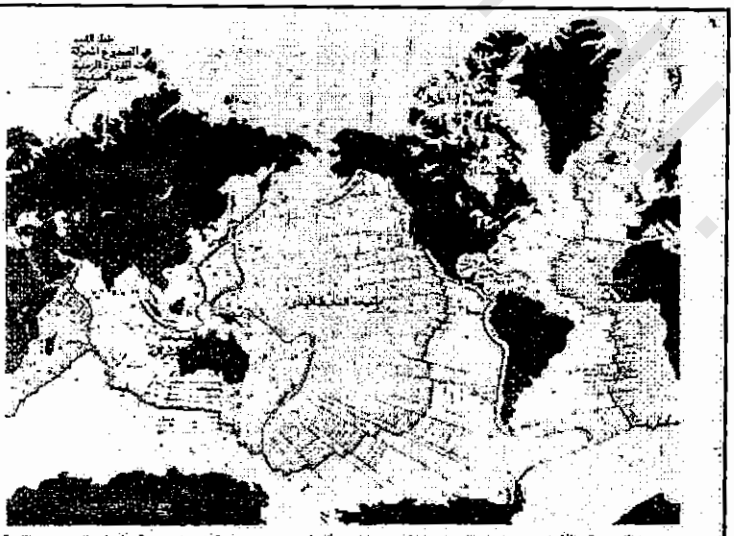
لدوران عقارب الساعة . بينما كانت أمريكا الجنوبية تبتعد عن افريقيا مخلفة وراءها المحيط الأطلسي الجنوبي . وفي أواخر العصر الطبشوري . أي قبل حوالى ٦٥ مليون سنة (ب) . كان المحيط الاطلسي الجنوبي قد اتسع . وكانت مدغشقر قد انفصلت عن افريقيا . وكانت الهند ما تزال تتابع زحفها نحو الشمال . أما القطب الجنوبي . فظل يتابع ابتعاده عن الكتلة المركزية . لكنه ظل مرتبطاً باستراليا . بينما كان الصدع الاطلسي الشمالي يتجه نحو الشمال مشكلاً جزيرة غرينلند .

(٢) ـ ما تزال القارات حتى الآن آخذة بالانجراف . وليس ما يدعو الى احتمال توقفها . تبين الخريطة كيف سيبدو مظهر العالم بعد ٥٠ مليون سنة من الآن . اذا ظل الانجراف مستمراً كما هو متوقع . أكثر ما يلفت النظر من التغيرات المتوقعة في « العالم الجديد » ظهور منطقة جديدة من الأرض في البحر الكريبي . وانسلاخ خليج كليفورنيا والمنطقة الواقعة غربي خط انصدع عند سان اندرياس عن أمريكا . وانجراف افريقيا نحو الشمال مما يكاد أن يؤدي الى زوال البحر المتوسط . وانفصال الكتلة القارية الحالية الواقعة شرقي الصدع الافريقي . في ذلك الوقت . تكون استراليا قد تابعت انجرافها نحو ٣ الشمال . بينما تكون القارة الجنوبية الكبرى باقية في موقعها الجنوبي الحالي .

انجراف القارات . بلغت البرهنيات ذروة نموها وانتشرت انتشاراً واسعاً . ولا يمكن تفسير الطبيعة المعقدة لتوزع أنواعها الا اذا فرضنا ان القارات المتباعدة الآن كانت كتلة أرضية واحدة في ما مضى .

(٣) ـ تشكل البرهنيات ذات البزور الاحفورية (ولا سيما لسانيات الاجنحة الظاهرة هنا في الرسم) . الموجودة في صخور القارات الجنوبية المختلفة المنفصلة عن غندوانالند . دعما لنظرية

أهم ما دعم فرضية انجراف القارات نظرية تمدد قاع البحار ، ونظرية تكتونية الصفائح ، فقد جاءت هاتان النظريتان الجديدتان اللتان قامت البراهين على صحتهما ،



(٩) ـ طبقة الارض الخارجية مركبة من ست صفائح رئيسية متحركة (الافريقية والاوراسية والامريكية والاوسترالية والانتارتيكية والهندية) وصغيرة أخرى كالصفيحة العربية وصفيحة الهند الغربية الفلبين . تتصادم . تتباعد . تنزلق الصفائح بين الصفائح الكبرى بتكوين كميات جديدة من القشرة أو بإعادة كميات قديمة منها . الخطوط النقطية الدوائر مع خطوط القسم هي خطوط من عمر واحد (متساوية الزمن) ومرسومة بناء على شذوذات مغنطيسية . تقرب هذه الخطوط التي خطوط كثر وتقي في ١٠ ملايين سنة وقا خط من الخطوط الثانية بعدم يزيد عمره بعشرة ملايين سنة عن عمر الخط الذي يجا مباشرة . ثم تتسق مع عمر القشرة مباشرة في أكا

تقدمان التفسير المنشود للقوة المحركة [١]. إذ تقول النظرية : إن تيارات الحمل الحراري ، توجد في الطبقة الواهنة ، وقد توجد أيضاً في طبقة الغلاف السفلي ، وهي تشكل مناطق حمل حراري ترتفع تحت القمم وتندس تحت الخنادق . وقد اكتشف أن الطابع العلمي للقمم والخنادق والصدوع في الأربعينيات والخمسينيات، وقد تبين أن توزعها على الكرة الأرضية يتوافق مع مواقع الزلازل والبراكين "[٢] .

(١) انظر: "الصور الزلزالية لحدود الألواح المكونة للقشرة الأرضية" ج.س. موتر، مجلة العلوم الأمريكية المجلد (٥) ، العدد (٦) . ديسمبر ١٩٨٨م ص ٣٤، ٤٦) . وانظر " دور التحات في تشكل الجبال " بينز ، وبراندون ، مجلة العلوم ، المجلد (١٣) العددان (٨ ، ٩) . سبتمبر ١٩٩٧م ص ٥٨ ، ٦١ ، . وانظر الموسوعة العلمية الشاملة (٢١٥) .

(٢) بهجة المعرفة " الأرض" المجلد (٣/٣٦/٣٧) .

obeikandl.com

obeikandl.com

المبحث الثاني

العوامل التبعية (الطقس)

تحدثنا في المبحث الماضي عن أهم العوامل الرئيسية التي تؤيدها البراهين العلمية اليوم والنظريات المتعددة ، وفي هذا المبحث نتحدث عن العوامل التبعية ، أو العوامل الوقتية التي يتوقف عليها المناخ الراهن للأرض ، وهي تعتبر عناصر الطقس ومسبباته ، وسنتكلم عن الموقع الجغرافي بالنسبة لدوائر العرض ، القرب والبعد من خط الاستواء ، إذ يتوقف على هذا العامل مدى التعرض لأشعة الشمس ، ثم نتحدث عن توزيع اليابس والماء على سطح الأرض وأثره في الطقس ، ثم عن التيارات البحرية ، وما تحمله من رطوبة وأمطار ، ثم عن التظاريس وأهميتها في الطقس وكذلك الغطاء النباتي ، ثم تحدثنا عن عامل مهم له ارتباط بتحرك صفائح القارات ، ثم أخيراً عن أثر الإنسان في تغيير المناخ ، وهو الاحتباس الحراري ، وقد أفردت لكل عنصر من عناصر الطقس مطلباً خاصاً كالتالي :

المطلب الأول : الموقع الجغرافي بالنسبة لدوائر العرض .

المطلب الثاني : توزيع اليابس والماء .

المطلب الثالث : التيارات البحرية .

المطلب الرابع : التضاريس .

المطلب الخامس : الغطاء النباتي .

المطلب السادس : البراكين .

المطلب السابع : الاحتباس الحراري .

وإليك ملخصاً عن كل هذه العوامل .

المطلب الأول

الموقع الجغرافي بالنسبة لدوائر العرض

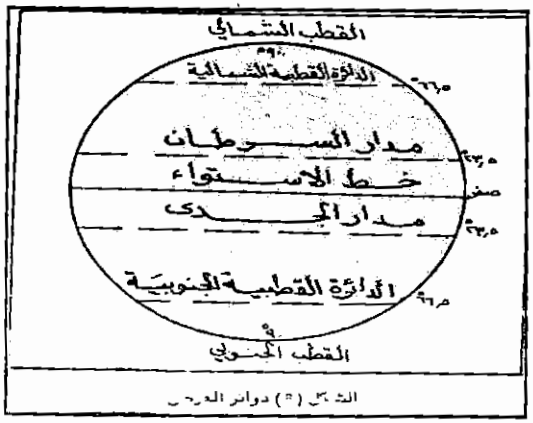
تقسم الأرض إلى دوائر وهمية تقطع الأرض أفقياً ، وقد قسمت إلى ١٨٠ درجة (أو دائرة عرض) ، واعتبر خط الاستواء أساساً لها ودرجته صفر ، ووزعت دوائر العرض إلى ٩٠ درجة شمال خط الاستواء و٩٠ درجة جنوب خط الاستواء . وأهم دوائر العرض هي : الدائرة صفر : وتمثل خط الاستواء .

الدائرة ٢٣،٥°: وتمثل مدار السرطان في الشمال ومدار الجدي في الجنوب .

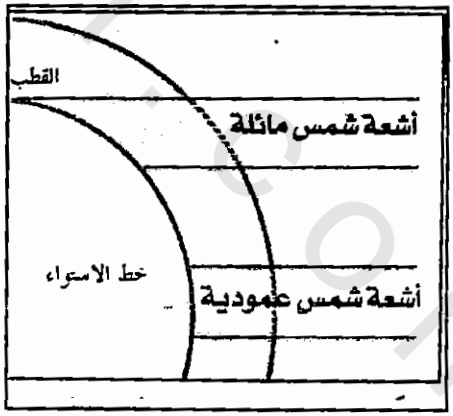
الدائرة ٦٦،٥°: وتمثل الدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية .

الدائرة ٩٩° تمثل القطبين الشمالي والجنوبي (١) . [انظر الشكل رقم ١] .

تصل أشعة الشمس إلى سطح الأرض بزوايا مختلفة [انظر الشكل ٢] ، فهي إما أن تكون عمودية على خط الاستواء والمناطق بين المدارين،أو تكون مائلة عند القطبين ، فكلما كان المكان بعيداً عن خط الاستواء ، كانت حرارته أقل بصفة عامة ، ويرجع



[الشكل (١) دوائر العرض]



[الشكل (٢) اختلاف زوايا أشعة الشمس

(١) انظر : مبادئ الجغرافيا الطبيعية (١٣ ، ١٤) . إعداد : دائرة المناهج والتقنيات التربوية ، مركز البحوث والتطوير التربوي . وزارة التربية والتعليم ، الجمهورية اليمنية الطبعة ١٩٩٩م .

ذلك إلى أن ميل أشعة الشمس على الأرض يزداد كلما اتجهنا نحو القطبين ، مما يقلل من أثر أشعة الشمس في تسخين سطح الأرض والهواء الملامس له ، فأشعة الشمس المائلة تخترق طبقة سميكة من الهواء ، وتغطي مساحة كبيرة من الأرض ، بينما الأشعة العمودية ، تشغل مساحة أقل مما تشغله الأشعة المائلة ، فيكون نصيب المناطق الواقعة عند خط الاستواء وما بين المدارين شمالاً وجنوباً من الحرارة كثيراً ، وتكون الحرارة أقل كلما اتجهنا نحو القطبين ، وهذا يعني أن الأقاليم الواقعة على خط الاستواء تكون شديدة الحرارة ، وتكون الأقاليم الواقعة عند القطبين شديدة البرودة .

وعموماً فإن الحرارة تتدرج في التناقص كلما اتجهنا نحو القطبين ، وإذا كانت الشمس هي المصدر الرئيسي للحرارة ، فإن دائرة العرض تحدد طول النهار ، أي فترة الإشعاع الشمسي ، كما تحدد طول فصل الصيف ، أي فصل الحرارة [١] .

اقتراب جزيرة العرب من مدار الاستواء :

وقد أدى اقتراب جزيرة العرب من مدار الاستواء مع حلول العصر البرمي المتأخر ، إلى خلق ظروف مناخية معتدلة وأقرب ما تكون إلى القارية أو شبه الاستوائية ، أسهم في ذوبان الجليد الذي شكل أنهاراً واسعة وبحيرات ومستنقعات ضحلة أسهمت بدورها في انتعاش الحياة النباتية الحيوانية في الجزيرة العربية ، وانتشرت الغابات والأشجار والأنهار الجارية غمرتها الفيضانات من وقتٍ لآخر ، وانتشرت البحيرات والمستنقعات [٢] .

---

(١) الجغرافيا الطبيعية (١٣ ، ١٤) . إعداد : دائرة المناهج والتقنيات التربوية ، مركز البحوث والتطوير التربوي . وزارة التربية والتعليم ، الجمهورية اليمنية .

(٢) مجلة الأسرة العدد (٨٢) صـ ٢٢) مرجع سابق .

المطلب الثاني

توزيع اليابس والماء

يعتبر من أهم العوامل المؤثرة في المناخ أو الطقس ، فمن الخواص الطبيعية للماء : أنه يمتص الحرارة، ويفقدها ببطء، بعكس اليابس الذي يسخن بسرعة ويبرد بسرعة، وينتج عن اختلاف كلاً من اليابس والماء بالحرارة اختلافات مناخية هائلة بين نصفي الكرة بصفة عامة ، وبين أجزاء كل نصف من الكرة الأرضية بصفة خاصة .

وعموماً نجد الأقاليم المجاورة للمسطحات المائية تتمتع بمناخ أكثر اعتدالاً من الأقاليم الداخلية ، والتي على نفس دوائر العرض .

فالأقاليم الداخلية يسودها المناخ القاري الذي تشتد فيه الحرارة صيفاً ، وتنخفض انخفاضاً في فصل الشتاء .

كما يلعب نسيم البحر دوراً هاماً في تلطيف درجة الحرارة في المناطق الساحلية ، والذي قد يمتد أثره إلى نحو ثلاثين كم في البر [١] .

(١) انظر : الجغرافيا الطبيعية (١٣٣) ، المرجع السابق .

المطلب الثالث

التيـــارات البحريـــة

تؤثر التيارات البحرية في مناخ الأقاليم الساحلية ، فتعمل التيارات الدافئة على تدفئة السواحل التي تمر بها ، وتسبب سقوط الأمطار عليها . بينما تسبب التيارات الباردة في انخفاض حرارة السواحل التي تمر بها وتصيبها بالجفاف ، ويرجع الاختلاف في أثر هذه التيارات على السواحل إلا أن التيارات البحرية تكون مصحوبة بطبقة هوائية متجانسة معها في درجة الحرارة ، وهذا الهواء إذا كان دافئاً ومر على السواحل الباردة تزداد كثافة بخار الماء الذي به ، وتسقط على شكل أمطار ، أما إذا كان هذا الهواء بارداً ومرَ على سواحل دافئة زادت قابليتها على حمل بخار الماء ، فلا يسقط مطراً [١] .

(١) انظر : المرجع السابق ، وانظر الموسوعة العلمية الشاملة (٢٣٥) .

obeikandl.com

المطلب الرابع

التضاريس

يؤثر عامل التضاريس في أكثر من عنصر من عناصر المناخ حيث يؤثر في درجة الحرارة ، وفي الأمطار ، و في الضغط الجوي .

فبالنسبة لتأثير التضاريس على الحرارة ، فقد لوحظ أن درجة الحرارة تتناقص كلما ارتفعنا عن سطح البحر ، بمعدل درجة مئوية واحدة لكل ١٥٠متراً . وقد تبين أن سبب ذلك أن الطبقات السفلى من الهواء يكثر فيه بخار الماء والغبار ، وهما من العوامل الهامة في اكتساب الهواء للحرارة ، ويكتسب الهواء حرارته عادة من ملامسته لسطح الأرض ، سواء كان من اليابس أو من الماء . وهذا له تأثير على الغطاء النباتي [١] .

كما أن للتضاريس أثر في الأمطار وكميتها ، في المناطق المرتفعة ، خاصة المواجهة للمسطحات المائية ، تكون أغزر من المناطق المنخفضة ، ويظهر ذلك واضحاً إذا علمت أن كمية الأمطار عند ساحل البحر الأحمر لا تتعدى بضعة مليمترات ، وتزداد كلما ازداد الارتفاع لتصل إلى ما بين ٣٠٠-٦٠٠ مليمتر عند ارتفاع ١٥٠٠متر فوق مستوى سطح البحر .

كما أن لاتجاه التضاريس أثر كبير في سقوط الأمطار ، فالسفوح المواجهة للبحر الأحمر ،أو البحر العربي تتعرض للريح الرطبة التي تتمتع بكمية كبيرة من الأمطار ، على عكس الحال بالنسبة للسفوح الخلفية ، التي تقع في ظل المطر ، التي تسمى بسفوح الظل .

---

(١) انظر : الجغرافيا الطبيعية (١٣٣) .

كذلك لوحظ أن السفوح الجبلية المتوجهة نحو خط الاستواء تكتسب كمية من الحرارة ، أكبر من السفوح الخلفية المتجهة نحو القطبين ، ويفسر ذلك زاوية ميل أشعة الشمس التي تسقط بها على السفوح الأولى ، والتي تواجه أشعة الشمس فترة طويلة .

كما أن للتضاريس أثر في الضغط الجوي ، فقد لوحظ أن ضغط الهواء يقل كلما ارتفعنا عن مستوى سطح البحر بمعدل واحد مليمتر لكل ثلاثة عشر متراً ، أو بمعدل ٢٤مليبار لكل ٩٠٠-١٠٠٠قدم تقريباً [أي أن كل ارتفاع سيؤدي حتماً إلى تخلخل الهواء وعند ذلك تقل قدرته على الاحتفاظ بالحرارة] .

ويدلنا أثر عامل التضاريس على تغير المناخ :

أن التضاريس نفسها قد شهدت تغيرات على سطح القشرة الأرضية ، فانتهت جبال وتكونت جبال بفعل عوامل التعرية ، وكذلك أثر البراكين في تكوينها ، والدوامات التي تحت سطح القشرة الأرضية ، والتي تعتبر العامل الرئيسي في انقسام القشرة الأرضية إلى ست قارات [١] .

(١) انظر : الجغرافيا الطبيعية (١٣٤) .

المطلب الخامس

الغطـــاء النباتـــي

من الملاحظ أن درجة الحرارة ترتفع كثيراً في الجهات الصحراوية ، عنها في الجهات المغطاة بالنبات ـ أثناء النهار ـ مهما تجانست الظروف الطبيعية في الجهتين ، سواء من حيث الارتفاع عن سطح البحر ، أو نوع التربة ، أو الموقع بالنسبة لدائرة العرض ، فالغطاء النباتي يعطي رطوبة أكثر ، ويعكس الحرارة بدرجة أقل ، ويساعد على تكثف بخار الماء ، وسقوط المطر [١] .

(تذكر الدراسات عدداً من العوامل التي ساهمت على تغير المناخ في أرض العرب ، وكيف تحولت من الحالة الجليدية إلى المروج والأنهار :

ففي دراسة للدكتور عبد العزيز بن عبد الله اللعبون مستشار جيولوجيا نفط ذكر: أن الجزيرة العربية تحركت ضمن قارات العالم القديم ذهاباً وإياباً ما بين المناطق المتجمدة جنوباً إلى المناطق الاستوائية وفوقها شمالاً ، وتجمدت أصقاعهما وغطتها طبقات الجليد لفترات طويلة من الزمن ثم ابتعدت نحو مدار الاستواء فأصبحت دافئة وبمرور السنين تعاقبت عليها الحركات الأرضية بين رفع وخفض وتوالت عليها البحار بين غمر وحسر ، واعتدل جوها فأصبحت الغابات الكثيفة تغطيها كما تعرضت لفترات من الجدب والجفاف وتلتها فترات من الرخاء وتكررت هذه الظروف باستمرار الحركة التي حدثت في أزمان متعاقبة ، وهناك عدد من الآثار التي تدل كيف ساهمت العوامل الجيولوجية وتركت آثاراً واضحة تدل عليها وتميزها عن غيرها ، ودلائل جيولوجية تشير إلى تعرض المناطق العالية في جنوب غرب الجزيرة العربية إلى فترة جليدية قصيرة في عصر " البليستوسين ") [٢] .

---

(١) انظر : الجغرافيا الطبيعية (٦٤ ، ١٣٤) . وانظر " إزالة الغابات في المناطق الاستوائية " (صـ ٢٠) ريبيتو مجلة العلوم ، المجلد (٨) العدد (٥٤) .

(٢) انظر : مجلة الأسرة العدد (٨٢) صـ١٨) مرجع سابق .

المطلب السادس

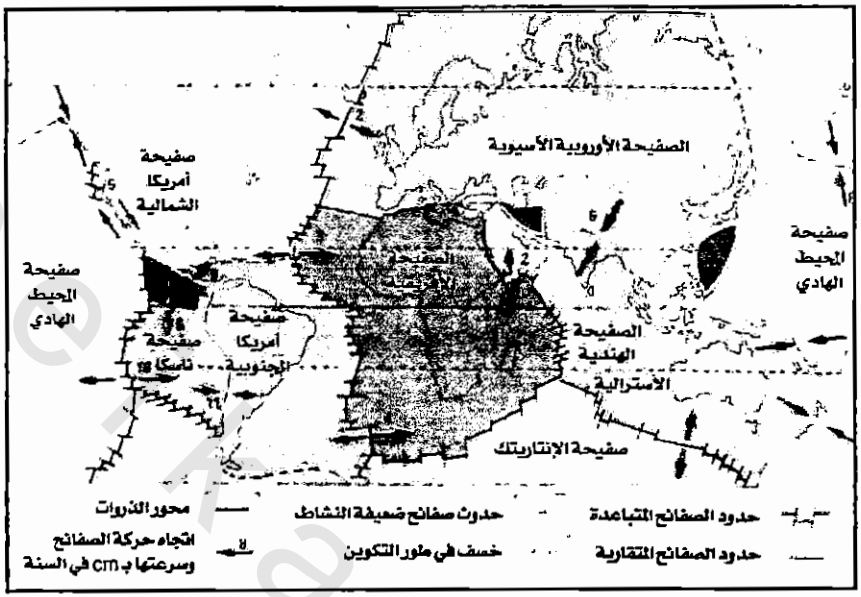
البراكيـــن

تعتبر البراكين من العوامل الهامة في تغيير مناخ الأرض ، بما تنتجه من غازات حارة ، لاسيما غاز ثاني أكسيد الكربون الذي له الأثر الرئيسي في ارتفاع درجة حرارة الأرض ، فقد تبين من الحساب الذي أجرته الهيئة الوطنية لإدارة أبحاث الطيران والفضاء الأمريكية " ناسا " وباحثون آخرون ، توحي بسبب تمتع الأرض بمناخ معتدل دوماً ، بخلاف الكواكب الأرضية الأخرى [المريخ وعطارد والزهرة] يعود في المقام الأول إلى آليتها في تدوير [إعادة تشغيل دورة] ثاني أكسيد الكربون ، فتزيد من كمية هذا الغاز في الجو حين يبرد سطح الكوكب ، وتُنْقِصُ من هذه الكمية عند ارتفاع درجة حرارة الأرض ، ويحتوي جو الأرض في الوقت الراهن قرابة [٠،٠٠٣ بار] من هذا الغاز [١] .

وتنطلق البراكين عن أطراف صفائح القارات التي تحدثنا عنها في " انجراف القارات " لاسيما عندما تبتعد صفيحة عن الأخرى ، فيخرج البركان من نقاط الضعف بفعل الاندفاع القوي الذي تسببه تيارات الحمل الحراري من باطن الأرض ، المنطقة اللزجة أو المنصهرة عند حواف الكتل القارية. ولهذا تتوزع خارطة البراكين على طول صدوع التوتر الكبرى الموجودة على سطح الأرض ، وهي قمم أوساط المحيطات وامتداداتها البرية ، وعلى طول أطراف التصادم في الصفائح القشرية " حلقة النار " الشهيرة ، التي تحيط بالاوقيانوس الهادي ، تشكل تخوم الصفيحة القشرية التي يتكون منها قاع هذا المحيط. [انظر الشكل في الصفحة القادمة] .

---

(١) انظر : " كيفية تطور المناخ على الكواكب الأرضية " ج . ف . كاستينك ـ أ . ب . تون ـ ج . ب . بولاك ، مجلة العلوم الأمريكية المجلد (٦) ، ص ٦٣ .



خريطة توزيع الصفائح

أكبر عدد من البراكين ، وربما كان أكثرها هامدة ، يقع تحت قاع البحار ، حيث يشكل التلال الغورية. ويُظَنُّ أن المحيط الهادي يحتوي على أكثر من ١٠٠٠٠ بركان ، يربو ارتفاع كل منها على ١٠٠٠ متر [١] . [انظر الشكل في الصفحة القادمة] .

---

(١) انظر : بهجة المعارف " الأرض " صـ٤٨). وانظر الموسوعة العالمية الشاملة مجلد " الأرض والكون " (٦٨) . انتاج [Edito Creps] ، إعداد : أكثر من أربعين أخصائي ، ومفكر وباحث ومترجم ن ومحرر . باشراف : بولاند بيروتي .

السُّحب المُتأجِّجة

تتكوَّن السُّحب المتأجِّجة عندما تندفع الأتربة المتطايرة على السطح، بفعل سحابة رعدية تُسمَّى أحيانًا العِفريت المتأجِّج. تتألف من الغازات وشظايا الصخر والرماد، في درجة حرارة تبلغ نحو ٢٠٠ درجة مئوية، تتساقط فوق التلال والأودية بسرعة قد تصل إلى ١٠٠ كم/ساعة سافعة كل شيء وخانقة كل حيّ في طريقها.

شكلت كتلة جليدية من الطين والحصباء المتوضعة تتساقط عن سفوح جبل بيتوربلتاد في عام ١٩٦٨.

يتدفق سطح الجبل كتلة متأجِّجة تغطي سفح البقعة بسرعة.

يتجه الثلج التركاني

المطلب السابع

الاحتبـــاس الحـــراري

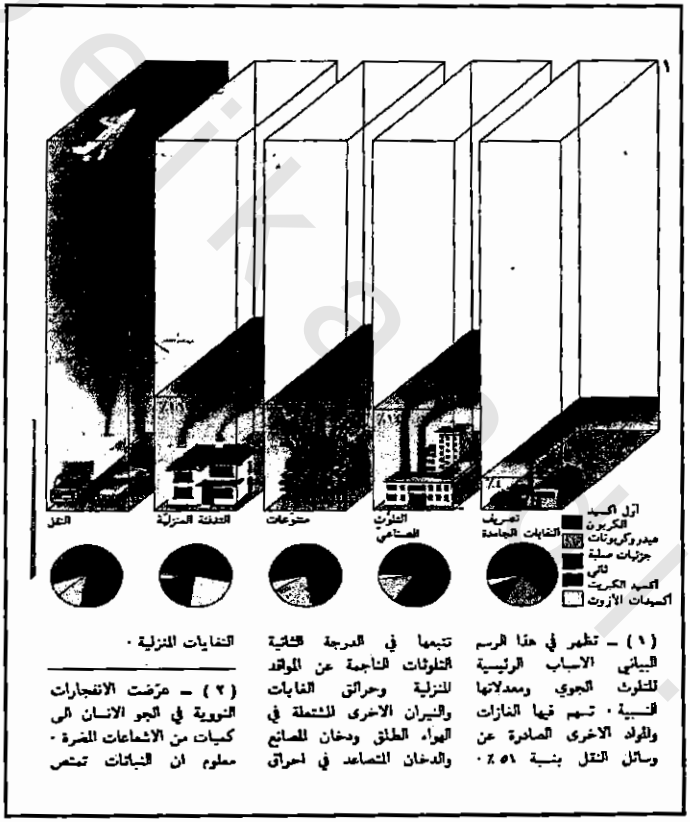
تحدثنا فيما مضى عن العوامل الطبيعية المؤثرة في المناخ ، وهنا نتحدث عن مدى تأثير أنشطة الإنسان ، في تلوث البيئة وتغير المناخ ، وما ينتج عن ذلك من عواقب وخيمة وأضرار جسيمة على العالم بأسره ، فيما يسمى اليوم بظاهرة الاحتباس الحراري ، حيث تشكل ظاهرة الاحتباس الحراري مصدر قلق حقيقي على النطاق العالمي. ويرى الكثير من الجهات الرسمية والعلمية أنه إذا لم تتخذ إجراءات حاسمة للحد من انبعاث الغازات الضارة بالبيئة .

فإن ذلك سيؤدي حتما إلى تفاقم تلك الظاهرة، والسير حثيثا نحو تغير مناخي سمته الأساسية ارتفاع درجة حرارة الأرض وما يترتب عليها من عواقب أخرى على الطبيعة . والذي تسببه الغازات الناجمة عن وسائل النقل بنسبة ٥٠٪ ، تتبعها في الدرجة الثانية المواقد المنزلية حرائق الغابات والنيران الأخرى المشتعلة ، والأدخنة المتصاعدة من إحراق أنابيب النفط ، والمصانع الكبرى، وكان السبب الرئيسي لتلوث الهواء وارتفاع درجة حرارة الأرض هو الإفراط في إحراق الوقود الأحفوري في القرن التاسع عشر ومطلع القرن العشرين،فقد كان الفحم المحروق في المواقد المنزلية والافران الصناعية ومراجل القاطرات يصبغ بالسواد مدن أوروبا وأمريكا الشمالية [١].

---

(١) انظر : بهجة المعرفة " الأرض " (٢٥٦ ، ٢٥٧) . وانظر الموسوعة العلمية الشاملة (٣٧٤ ، ٣٧٥) .

ويبدو أن الاتجاه نحو هذه التغيرات يجري بمعدل أسرع مما كانت تتنبأ به المعطيات المناخية المعروفة، إذ تشير تقديرات علمية حديثة إلى أن درجات الحرارة في أجزاء مختلفة من الكرة الأرضية سترتفع بمقدار ضعف ما كانت تتوقعه الدراسات المناخية (١) . وتنبه تلك التقديرات إلى أن مستوى انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون المتزايد قد يقود إلى الاندثار الكمي للغابات والارتفاع الكبير لمستوى مياه البحار. ومن شأن ذلك أن يزيد من وطأة التغيرات البيئية وبالتالي انخفاض مستوى الإنتاج الزراعي في العالم وما يترتب على ذلك من مشاكل اقتصادية وتنموية وغذائية . ويتفق الكثيرون من



(١) ـ تظهر في هذا الرسم البياني الاسباب الرئيسية للتلوث الجوي ومعدلاتها النسبية . تسهم فيها الغازات والمواد الاخرى الصادرة عن وسائل النقل بنسبة ٥١٪ . النفايات المنزلية .

تتبعها في الدرجة الثانية التلوثات الناجمة عن المواقد المنزلية وحرائق الغابات والنيران الاخرى المشتعلة في الهواء الطلق ودخان المصانع والدخان المتصاعد في احراق

(٢) ـ عرّضت الانفجارات النووية في الجو الانسان الى كميات من الاشعاعات المضرة . معلوم ان النباتات تمتص

(١) قد كانت التقديرات في السابق كما يقول : رادوك ، عام ١٩٩٠م : ، باحث مشارك متميز وزميل في المعهد التعاوني للأبحاث في علوم البيئة ، التابع للجامعة كولورادو في بولدر وللإدارة الوطنية للمحيطات والأجواء بالولايات المتحدة الأمريكية . " وثمة نتيجة مميزة أخرى تتعلق بالخلاف السائد حالياً ، حول التأثير البيئي ، لزيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الجو ، نتيجة لإحراق الوقود الأحفوري ، فقد اظهرت تحليلات عينات من لب الجليد اجراها الفرنسيون والسويسريون ان تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الحقبة التي سبقت الثورة الصناعية كانت بمقادير تبلغ ٢٦٠ جزءاً من المليون . وهذه النتيجة تقلل من مقدار القيمة المقبولة حالياً ، وتقترح أن نمو التراكمات الأخيرة لثاني أكسيد الكربون في الجو ربما يكون قد حدث بمعدلات أسرع مما كان يعتقد في السابق ". " جليد القارة القطبية الجنوبية" ي . رادوك ص٧١ ، ٧٢) مجلّة العلوم (٧)، العدد(٥) .

المختصين والمهتمين على أن إحراق الغاز الطبيعي والنفط والفحم مما يسمى بالوقود الإحفوري، فضلا عن الأشكال الأخرى من التلوث التي مصدرها البشر، لها الحصة الأكبر في تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري خلال العقود القليلة الماضية .

وإذا ظلت الأمور سائرة على ما هي عليه فإن من المتوقع أن يصل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون إلى حوالي أربعين مليار طن سنويا في نهاية القرن الحالي وتتضح أهمية هذا الرقم إذا ما قارناه بمقدار الانبعاث في الوقت الحاضر البالغ سبعة مليارات طن سنويا، أي أن الانبعاث سيزيد بمقدار ثلاثة وثلاثين مليار طن سنويا .

وحتى لو تمسك البعض بالتقدير الأقل تشاؤما الصادر أوائل التسعينات والذي يشير إلى أن مقدار الانبعاث في نهاية القرن لا يتجاوز ٢٩ مليار طن ، فإن من شأن هذه الكمية أن تؤدي إلى اندثار واسع للغابات ، نتيجته إطلاق كميات كبيرة من الغاز المخزون في أشجارها ، مما يزيد ظاهرة الاحتباس سوءا . وكنتيجة للتغيرات الكبرى في المناخ ، يشهد العالم انهيار جبال ثلوج القطب مما يؤدي إلى ارتفاع مستوى مياه البحر وبالتالي غرق مناطق ساحلية شاسعة ذات كثافة سكانية عالية. كما يؤدي إلى ضعف خصوبة التربة وتدني الإنتاج الزراعي ومعاناة البشرية من ظروف جوية وظواهر طبيعية قاسية، فضلا عن الانهيارات الثلجية وانزلاق الصخور .

ومن نتائج التغيرات المناخية تلك حدوث موجات حرارية، لمناطق البحر المتوسط نصيب مهم فيها، مما يؤثر تأثيرا مباشرا على الصناعة السياحية في تلك المناطق وغيرها .

ويشكل التغير المناخي المتسارع الذي ينحو إلى ارتفاع درجة الحرارة تهديداً للصحة العامة ويعمل على تكاثر أنواع ضارة من الحشرات وانقراض أنواع برية من الحيوان والنبات .

ويرى المدافعون عن البيئة أن ما تشهده بعض البلدان من فيضانات في الوقت

الحاضر ما هو إلا النذير المبكر لتأثير التغيرات المناخية السلبي أما العواقب الخطيرة لانبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون فلا تزال كامنة وقد تفعل فعلها في غضون بضعة عقود .

وفي سياق المساعي التي جرت والمعالجات التي اقترحت خلال المؤتمرات الدولية المنعقدة لهذا الغرض يلزم الاتفاق الذي وقع عام سبعة وتسعين في مدينة كيوتو اليابانية والمعروف باسمها موقعيه على خفض جماعي لانبعاث الغازات الضارة بالبيئة بمعدل يزيد على٥٪ لكي تكون التغيرات التي تطرأ على المناخ ضمن حدود يمكن تحملها والتأقلم معها .

لكن العديد من العلماء يرون أن كيوتو بداية متواضعة وأنه يفترض أن يبلغ الخفض خلال خمسين سنة نسبة ٦٠٪ لكي تبقى التغيرات المناخية ضمن الحدود المقبولة .

ومع ذلك فإن الرئيس الأمريكي جورج بوش قرر التراجع عن الاتفاقية. وترى الولايات المتحدة أنها تلحق ضررا بصناعاتها، الأمر الذي يعني تخليا عن المساهمة في الجهود الرامية لمواجهة أحد أكبر العوامل التي تهدد الحياة على الكرة الأرضية .

قمة الأرض : أما في قمة الأرض التي انعقدت في ريو دي جانيرو عام ١٩٧٢م فقد تم الإقرار بأن للنشاط البشري المتزايد تأثيراً سلبياً على المناخ. وقد أطلقت الأمم المتحدة آنذاك إشارة البدء بالتوقيع على اتفاق إطار حول تغيرات الطقس تتضمن موافقة المجتمع الدولي على الحد من التلوث لصد التأثيرات الضارة بالبيئة .

وبعد تسع سنوات من انعقاد قمة الأرض لم تتمكن الدول المشاركة فيها من الاتفاق على الوسائل العملية للحد من انبعاث الغازات المسؤولة عن ارتفاع حرارة الأرض. فقد دبّ الخلاف بين الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي حول وسائل التصدي لهذه الظاهرة، على رغم اقتناع الجانبين بأن التوصل إلى تسوية أمر ينطوي

على أهمية حاسمة .

ويبدو أن السيطرة على انبعاث الغازات التي تسبب ارتفاع الحرارة بحاجة إلى قرارات سياسية صعبة في وقت يشكل فيه النفط والغاز مصدرا رئيسيا للطاقة في العالم والبلدان الغنية خصوصا، وعاملا أساسيا في تحقيق التنمية الاقتصادية في البلدان المنتجة له .

ويلقي أنصار البيئة باللوم على دول صناعية وعلى الخصوص الولايات المتحدة التي تحاول التملص من الالتزام بتنفيذ حصتها من الحد الأدنى المقترح في اتفاقية كيوتو . ويبدو ذلك واضحا إذا ما أمعنّا النظر في الأرقام التي تقدمها جماعات الدفاع عن البيئة والتي تؤكد أن نسبة مساهمة الولايات المتحدة في انبعاث الغاز تربو على٢٤٪ في حين أن عدد سكانها لا يزيد على ٤٪ من مجموع سكان العالم . وفي ضوء الخلاف على سبل التصدي لظاهرة الاحتباس الحراري اقتصر طموح الدول المائة والثمانين ، التي عقدت اجتماعاً في مدينة بون الألمانية في يوليو/ تموز ٢٠٠١، على التوصل إلى نتائج مرضية على الأقل لا إلى اتفاق حاسم [١] .

ثقب الأوزون :

ومن الأضرار الناجمة عن الاحتباس الحراري : ما أعلنه علماء الجو العاملون في دائرة المسح البريطانية للقارة القطبية الجنوبية عام ١٩٨٥م عن اكتشاف غير متوقع كلياً ، إذ وجدوا أن مقادير الأوزون الربيعي في الجو الذي يعلو خليج " هالي " في القارة القطبية الجنوبية قد انخفضت بنسبة تتجاوز ٤٠٪ بين عامي١٩٧٧م و١٩٨٤م وسرعان ما أيدت التقرير مجموعات أخرى وبينت أن منطقة نضوب الأوزون كانت في الواقع أوسع من القارة ، وأنها امتدت في ارتفاعها مسافة تروا ح بين ١٢ و ٢٤ كيلو متراً تقريباً ، طاغية على قم كبير من الجزء السفلي من طبقة الستراتوسفير ،

(١) هذا التقرير عن الاحتباس الحراري مصطفى كاظم من موقع بي بي سي ارابك دوت كوم . (على شبكة المعلومات الاكترونية الانترنت .

وخلاصة القول إنه كان في الجو القطبي " ثقب أوزون " لقد أزعج هذا الاكتشاف العلماء وجماهير الناس على حد سواء ، ذلك أنه أوحى بأن الطبقة الستراتوسفيرية للأوزون المحيطة بالأرض قد تكون في خطر أكبر مما تنبأت به النتائج الجوية ، إن التآكل الجارف لهذه الطبقة سيكون سبباً لاهتمام بالغ ، إذ أنه على الرغم من كمون الأوزون ـ وهو جزيءٌ مكون من ثلاث ذرات من الأكسجين ، يؤلف أقل من جزء واحد في المليون من الغازات في الجو ، فإنه يمتص معظم الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس ، مما يؤدي إلى منعها من الوصول إلى الأرض ، ومثل هذا الإشعاع ذو طاقة عالية لدرجة تكفي لتحطيم جزيئات بيولوجية مهمة ، بما فيها " الدنا " ويمكنه زيادة الإصابة بسرطان الجلد ، و" السُّدُّ العيني " (وهي عتمة تصيب عدسة العين البلورية أو محفظتها) ونقص المناعة ، كما يمكنه أيضاً إلحاق الأذى بالمحاصيل والنظام البيئي المائي " [١] .

ويخشى العلماء أن يؤدي تآكل طبقة الأوزون ، التي تحيط بالكرة الأرضية إلى موجات من العواصف المطيرة تليها فترات جفاف طويلة ، فقد تعرضت قارة أوروبا في العام ١٩٩٥م لأسوأ كارثة طبيعية تصيبها منذ ٦٠ عاماً ، إذ غمرت الفيضانات مناطق شاسعة منها نتيجة هطول أمطار غزيرة وذوبان الثلج وهبوب الرياح العاتية وتداعي الحواجز المائية [٢] .

وفي عام ٢٠٠٤ وأوائل ٢٠٠٥م شهدت دول في قارة آسيا أكبر فيضانات شهدها ، كما شهدت أمريكا وغيرها من الدول لأعاصير شديدة مدمرة .

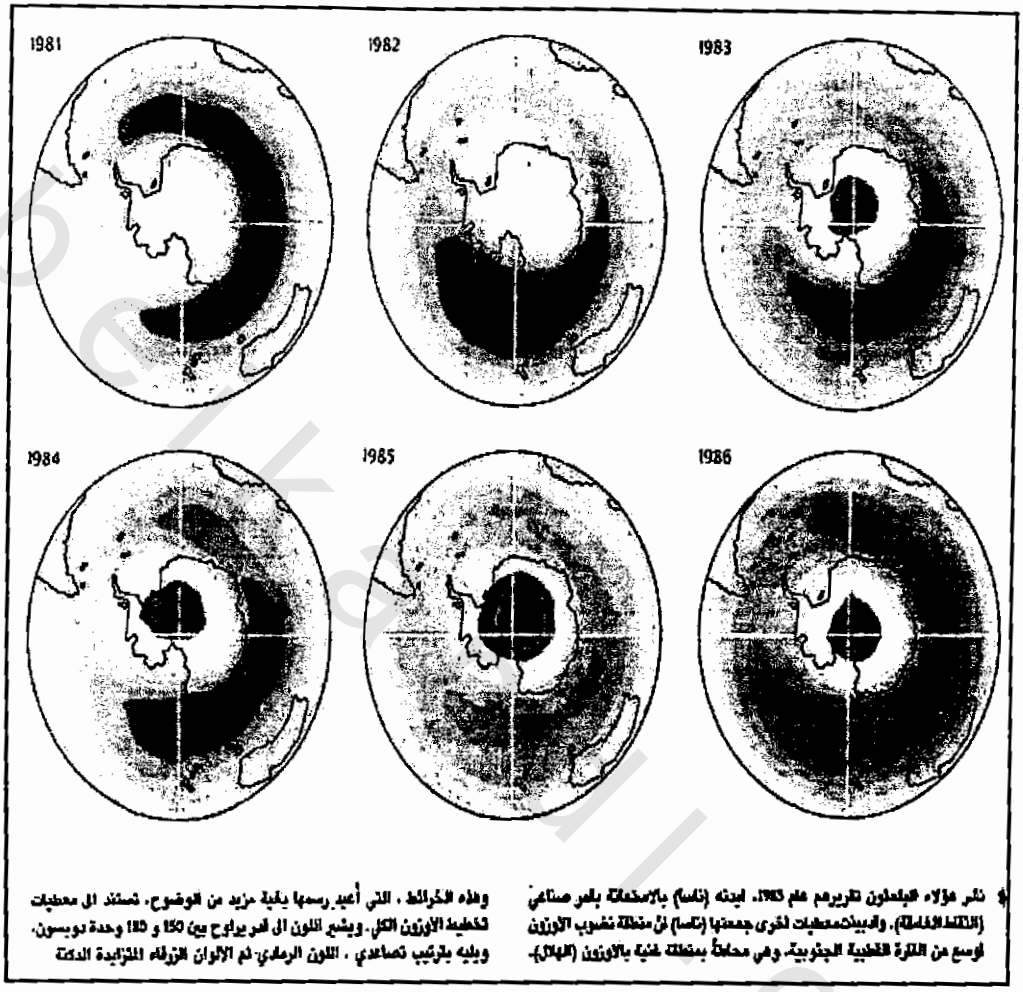
---

(١) " الثقب الأوزوني فوق القارة القطبية الجنوبية " ر. س . ستولارسكي باحث في الهيئة الوطنية لإدارة أبحاث الملاحة الجوية والفضاء الأمريكية " ناسا " (٦) من مجلة العلوم الأمريكية المجلد (٤) العدد (٣) .

(٢) جغرافية الإنسان والبيئة (٩١) . سامي على شمسان وآخرون .وزارة التربية والتعليم الجمهورية اليمنية الطبعة الأولى ٢٠٠٣م .

متوسط مستويات الأوزون خلال شهر أكتوبر/تشرين أول (بوحدات دوبسون)

هذه خريطة لمستويات الأوزون في جوّ نصف الكرة الجنوبي في اليوم الخامس من أكتوبر/تشرين أول عام 1987، وهي تسلط الضوء على «الثقب» الأوزوني الربيعي (بالألوان الأسود والأحمر الوردي والأرجواني) فوق القارة القطبية الجنوبية. تقارب مقادير الأوزون في الثقب نصف ما كانت عليه في السبعينيات، إذ بلغ معدّلها وقتذاك 300 وحدة دوبسون. وتساوي كل من هذه الوحدات جزءًا من مئة من المليمتر، وهي تبين ثخانة الطبقة الجوية الناتجة إذا ما تم جمع الأوزون في شريحة من الجو عند درجة الحرارة والضغط المعياريين. والخريطة مبنية على المعطيات المأخوذة من «مطياف تخطيط الأوزون الكلي» Total Ozone Mapping Spectrometer المحمول على متن القمر الصناعي «نيمبوس 7» Nimbus 7 التابع للهيئة الوطنية لإدارة أبحاث الملاحة الجوية والفضاء (ناسا).



ذكر هؤلاء العلماء تقريرهم عام ١٩٨٦، أنهم (ناسا) بالاستعانة بالقمر صناعي (النمط الأساسي). والبيانات معطيات أخرى جمعتها (ناسا) أن منطقة نضوب الأوزون أوسع من القارة القطبية الجنوبية. وهي محاطة بمنطقة غنية بالأوزون (الهلال).

وهذه الخرائط ، التي أعيد رسمها بغية مزيد من الوضوح، تستند الى معطيات تخطيط الأوزون الكلي. ويشير اللون الى قيم يراوح بين ١٥٥ و ٤٨٥ وحدة دوبسون. ويليه بترتيب تصاعدي ، اللون الرمادي، ثم الألوان الزرقاء المتزايدة الدكنة

صرحت الـ (سي إن إن) لندن، بريطانيا (رويترز) عن عالم بريطاني ، تحت عنوان : " ثقب الأوزون يزداد سوءا " قولها :

" قال عالم بريطاني : إن الثقب الذي أحدثه الإنسان في طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي وصل معدلاً قياسيًا بالنسبة لهذا الوقت من السنة وقد يزداد اتساعا خلال الأيام القليلة القادمة.

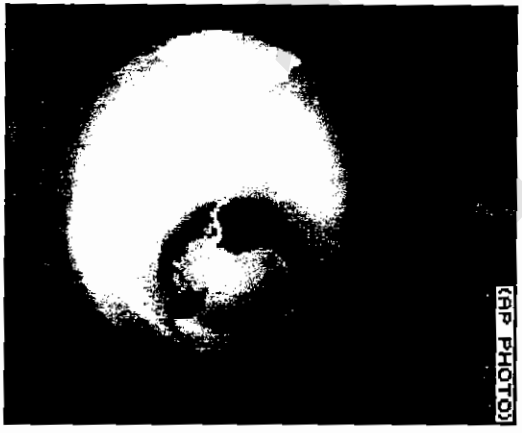
وقال جوناثان شانكلين من هيئة المسح البريطانية للقطب الجنوبي لرويترز يوم

الجمعة إن الثقب الذي بلغ أقل بقليل من ٢٨ مليون كيلومتر مربع يقل قليلا عن المعدل القياسي ٢٨٫٥ مليون كيلومتر مربع لكنه ارتفع على نحو غير مسبوق في الأسبوع الثاني من سبتمبر/أيلول وبالتالي يمكن نظريا أن يتسع أكثر.

ثقب الأوزون

وقال شانكلين لرويترز عبر الهاتف من مقر الهيئة في كمبريدج "إنه أكبر اتساع له خلال أغسطس/آب ونحن في انتظار ما سيحدث خلال الأيام القليلة المقبلة."

وتحمي طبقة الأوزون في الغلاف الجوي سطح الكرة الأرضية من الأضرار الناتجة عن الأشعة فوق البنفسجية التي يمكن أن تسبب سرطان الجلد.



وفي عام ٢٠٠٢م تقلص الثقب على نحو مفاجئ مما أثار الآمال في أنه تجاوز الأزمة وبدأ يضيق. ولكن شانكلين قال إن العلماء يعتقدون الآن أن هذا أمر غير عادي بسبب الظروف المناخية.

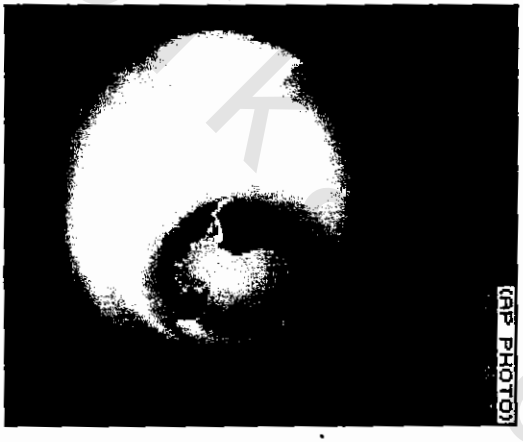
وأضاف شانكلين أنه ليس هناك صلة مباشرة بين الثقب والارتفاع الحاد في الإصابة بسرطان الجلد في العالم الذي يقول إنه يرتبط أكثر بالتغيرات في أسلوب الحياة. ومع ذلك يقول شانكلين إن التراجع العام في سمك طبقة الأوزون في أماكن أخرى بسبب التآكل الكيماوي يرتبط بالتأكيد بالارتفاع في درجة الحرارة.

وأردف شانكلين الذي كان من بين أول العلماء الذين اكتشفوا ثقب الأوزون عام ١٩٨٥ إنه وزملاءه ما زالوا في حيرة من تفسير كيف اتسع الثقب على هذا النحو في أغسطس/آب.

وأكد أنه من الضروري أن تلتزم الدول باتفاقية مونتريال التي تكبح انبعاث المواد الكيماوية التي تسبب تآكل الأوزون (١) .

" وقد تمكنت الأقمار الصناعية في ثمانينيات القرن الماضي من اكتشاف فجوة كبيرة في طبقة الأوزون تتشكل فوق القارة المتجمدة الجنوبية .

ويقول الخبراء إن زوال الفجوة يستغرق عقوداً، لكنها آخذة في التقلص حالياً، إذا بلغت مساحتها مؤخراً ١١ مليون ميل مربع، بعد أن كانت مساحتها تصل إلى ١٧ مليون ميل مربع في العام ٢٠٠٢م.



ومع ذلك يحذر خبراء المناخ الهولنديون من أن استمرار التغيرات المناخية قد يجعل من الصعب الخروج باستنتاجات جديدة ودقيقة.

على أن خبير الأرصاد الجوية الشيلي كلوديو كاسيشيا يقول إن استمرار التوجه الحالي لمدة أربع أو خمس أو ست سنوات قادمة يشكل مؤشراً على تعافي طبقة الأوزون.

ومع ذلك يقول الخبراء إن الضرر لن يختف بتراجع حدة الفجوة، بل إن آثارها قد تستمر لسنوات، بل وعقود طويلة قادمة (٢) .

وفي تصريح آخر CNN جنيف، سويسرا ، وتحت عنوان : " اتساع ثقب الأوزون فوق القطب الجنوبي "

قالت : " على خلاف السنوات الماضية، لم ينحسر ثقب طبقة الأوزون الموجود

---

(١) موقع http://arabic.cnn.com/2003/scitech/9/914/OEGIN-SCIENCE-OZONE -GMT

(٠٤٠٠) ١٥٣٧ ~ RK1.reut/story.ozon. jpg في الانترنت .

(٢) موقع : http://arabic.cnn.com " ~ RK1.reut/stor.ozon.jpg في الانترنت .

فوق القطب الجنوبي، بل على العكس من ذلك، شهد اتساعا في حجمه، وفق ما أعلنت المنظمة الدولية للأرصاد الجوية.

ونسبت أسوشيتد برس لميكاييل بروفيت، الذي يعتبر أحد المتخصصين في ملف الأوزون في المنظمة، قوله "إن الثقب أصبح أكبر حجما وأكثر عمقا ومداومة."

وأوضح بروفيت قائلا من مكتبه الواقع في مبنى المنظمة التي تتخذ من جنيف مقرا لها، إن "الثقب لم يكن بمثل هذا الكبر من قبل."

وقالت المنظمة إن الثقب كان يمتد، عند منتصف سبتمبر/أيلول على مساحة ٢٨ مليون كيلومتر مربع، وأنه اتسع ليشمل كذلك ١٨ مليونا في أواخر نفس الشهر. وقال بروفيت إنه من السابق لأوانه استخلاص النتائج.

وتقوم طبقة الأوزون بحماية كوكب الأرض من أشعة الشمس البنفسجية التي يمكن أن تسبب أمراضا سرطانية في حال التعرض طويلا إليها.

وفي تصريح لـ (البي بي سي) تحت عنوان : " ثقب في الأوزون فوق أوروبا" جاء فيه : " يقول باحثون في مجال المناخ : إن "ثقبا" صغيرا بدأ في الظهور في طبقة الأوزون فوق شمال المحيط الأطلسي وإنه يتجه إلى أوروبا.

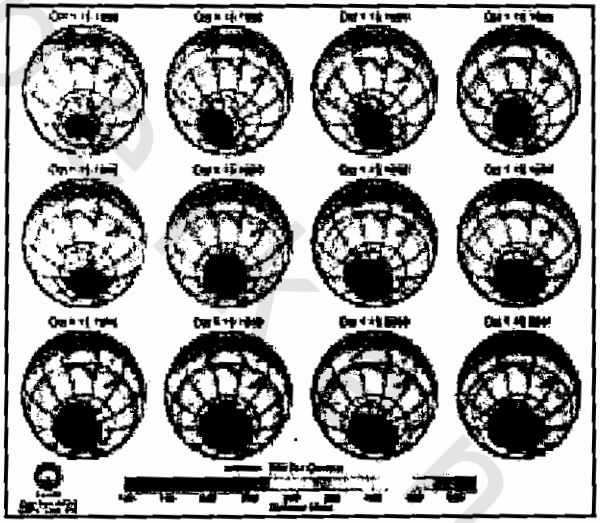
ويتوقعون أنه سيتحرك فوق جرينلاند إلى جنوب الدول الاسكندنافية في الأيام القليلة القادمة.

وقال علماء في مركز أبحاث المناخ في هولندا إن معدلات غاز الأوزون في الجو ستنخفض إلى ما يتراوح ٦٠و٧٠٪ من المتوسط الموسمي في الوقت الذي سيتسع فيها الثقب ، لكنهم يقولون إن ثقب الأوزون الصغير لا يمثل خطرا كبيرا على الصحة.

ويقول أنكي بيترس من مركز الأبحاث "في مثل هذا الوقت من العام على خط العرض هذا، لا ترتفع الشمس بمسافة كافية في الأفق مما يحد من نقلها كمية كبيرة

من الأشعة تحت البنفسجية الخطيرة. (١) ".

" وأكدت دراسة أسترالية أن ثقب طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي اتسع في عام ٢٠٠٢م بمعدل قياسي قد يماثل ما وصل إليه في العام ٢٠٠٠م.



سلسلة صور بالأقمار الصناعية وزعتها وكالة ناسا ، تُظهر تناقص طبقة الأوزون في القطب الشمالي من الكرة الأرضية (أرشيف - رويترز)

واستدلت الدراسة التي أعدتها قواعد أسترالية في القطب الجنوبي على ذلك بانخفاض درجات الحرارة في الطبقة العليا من الغلاف الجوي (الستراتوسفير) حيث يوجد ثقب طبقة الأوزون . وقال أحد العلماء في إدارة القطب الجنوبي الأسترالية أندرو كليكوسيويك : إن العلماء في قاعدة ديفيز القطبية شاهدوا أول علامات انخفاض درجة حرارة الطبقة العليا للغلاف الجوي على بعد ١٥ إلى ٢٥ كيلومترا فوق سطح الأرض قبل ستة أسابيع من التاريخ المعتاد .

سلسلة صور بالأقمار الاصطناعية وزعتها وكالة ناسا تظهر تناقص طبقة الأوزون في القطب الشمالي من الكرة الأرضية (أرشيف –رويترز) .

وأشار العلماء الأستراليون إلى أدلة إضافية للتدليل على الاتساع السريع لثقب الأوزون هذا العام. ومن ذلك الظهور المبكر لسحب (الستراتوسفير) التي تحدث عرضا

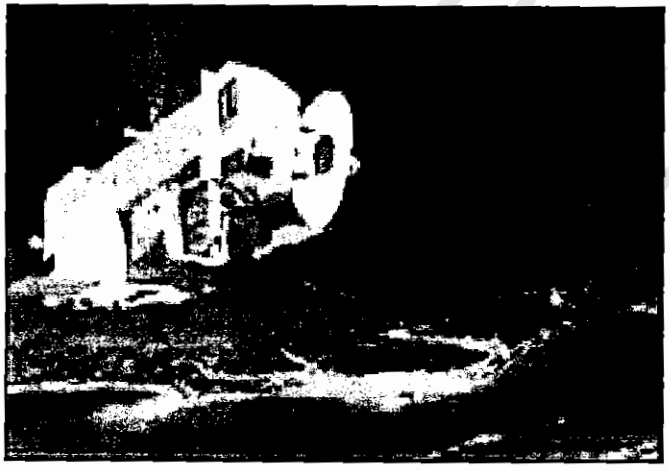
(١) موقع : http://news.bbc.co.uk/furnitre/nothing.gif " ت ١١/١/٢٠٠١م ، آخر تحديث في الساعة ٤٢ :٤ . بتوقيت جرينتش » من شبكة الانترنت .

ضوئيا خلالا عن طريق انكسار أشعة الشمس وقت الغروب. وتؤدي التفاعلات الكيميائية في هذه السحب إلى تحول غازات الكلوروفلوروكربونات الخاملة إلى غازات نشطة تدمر الأوزون ؛ ولا تتكون هذه السحب في هذه الطبقة نظرا لشدة جفافها ولكن في بعض فصول الشتاء تنخفض درجة الحرارة بدرجة تكفي لتكونها .

وقال كليكوسيويك في العام ٢٠٠٠ نرى سحب الستراتوسفير حتى بداية يوليو/ تموز. ولكن في العام الحالي رأيناها في منتصف مايو/ أيار، وهي أول مرة تشاهد فيها هذه السحب في هذا الوقت المبكر من العام.

وأرست معاهدة كيوتو عام ١٩٩٧ نظاما دوليا للحد من الغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري، ولكن الولايات المتحدة أكبر مسبب للاحتباس الحراري في العالم لم توقع على المعاهدة حتى الآن " (١) .

قمر صناعي جديد لدراسة الغلاف الجوي لكوكب الأرض :



أورا يدرس الغلاف الأرض والماء والهواء

" قررت وكالة الفضاء الأمريكية، ناسا، تأجيل إطلاق القمر الصناعي، أورا، الذي سيقوم بدراسة حالة الغلاف الجوي لكوكب الأرض، ليومين بعد أن كان مقررا إطلاقه اليوم. وقالت الوكالة أن قرار التأجيل اتخذ لأسباب تقنية.

وسوف يقوم القمر الصناعي، أورا، بدراسة طبقات الاستراتوسفير والتروبوسفير، ثم

(١) موقع : http://www.aljazeera.net/mritems/ 2002/9/18. 114614 1 17 jpg " من شبكة الانترنت .

دراسات هامة يقوم بها أورا لكوكب الأرض

يقوم بدراسة الهواء الذي نتنفسه على سطح الكوكب .

ومن خلال هذه الدراسة سيعرف العلماء إذا ما كانت اتفاقيات الحفاظ على البيئة، مثل اتفاقية مونتريال،قد أفلحت في إصلاح ما أتلفه التلوث في طبقة الأوزون .كما سيساعد القمر الجديد، الذي يبلغ وزنه ثلاثة أطنان، العلماء على التعرف على مقدار وكيفية تأثر تركيب الغلاف الجوي بتغير مناخ كوكب الأرض . ويطلق القمر الصناعي الجديد، أورا، من قاعدة فاندنبرج الجوية العسكرية في كاليفورنيا،بعد يومين بعد أن تأخر إطلاقه الذي كان مقررا اليوم الأحد لأسباب فنية.

وتقول وكالة الفضاء والطيران الأمريكية، ناسا: إن قمر أورا هو أحد أكثر الأقمار الصناعية تطورا في مجال استطلاع البيئة على كوكب الأرض .

وقمر أورا هو الثالث في سلسلة أقمار تطلقها وكالة ناسا بغرض دراسة البيئة على كوكب الأرض ؛ فقد أطلقت الوكالة قمري تيرا وأكوا إلى الفضاء بغرض دراسة اليابسة والمحيطات، بينما سيركز قمر أورا على دراسة الغلاف الجوي والغازات المحيطة بالكوكب والملوثات وتفاعلات المواد الكيميائية .

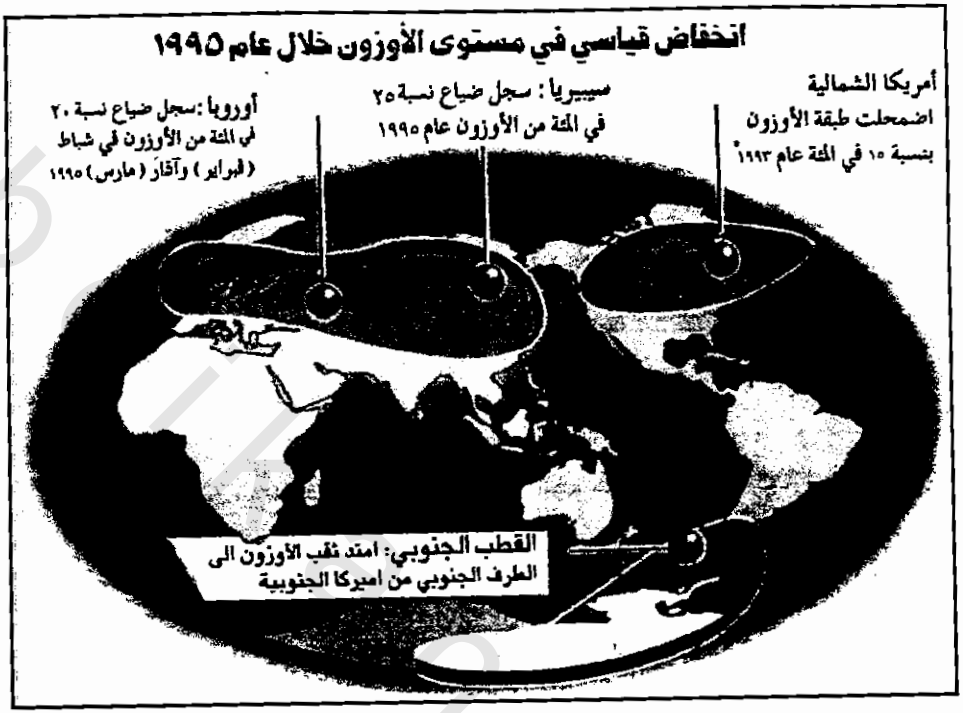
وقال ريك بيكرينج، مدير مشروع أورا في مركز جودارد للفضاء، لبي بي سي: "سيساعد قمر أورا كثيرا في معرفة مدى تعافي طبقة الأوزون، وكذلك في إقامة العلاقة بين غازات الغلاف الجوي والجزيئات الصلبة العالقة وبين التغير المناخي لكوكب الأرض، كما نأمل أن يؤدي قمر أورا دورا في التنبؤ بشكل أفضل بحالة الهواء".

وكان العلماء قد كشفوا في العام السابق عن أول دليل قوي على أن طبقة الأوزون قد بدأت في التعافي، على الرغم من أن ثقب الأوزون يزداد اتساعا في الوقت الحالي، بعد عقود طويلة تضررت فيها طبقة الأوزون بفعل مواد مثل كلورين الفلوروكربون . لكن إصلاح ثقب الأوزون بشكل كامل سوف يستغرق خمسين عاما بالتقديرات الحالية، ولكن ارتفاع درجة حرارة الأرض من الممكن أن تؤثر في طول هذه المدة . وتأتي الأيروسولات، التي تحتوي الكبريت والكربون، من مصادر طبيعية كالبراكين، ومن مصادر بشرية، كالأبخرة المنبعثة عن حرق الوقود الحفري . وتعد الأيروسولات من العوامل المهمة في تغير المناخ الجوي لكوكب الأرض وإن كان دورها غير مفهوم بشكل كامل، فعن طريق امتصاصها أو تشتيتها للإشعاعات، تقوم بتبريد طبقة التروبوسفير أو بتسخينها، كما يمكنها تغيير حركة السحب والتأثير في الأمطار.

وإذا ما تمكن قمر أورا من مساعدة العلماء على الفهم الدقيق لدور هذه الجزيئات، وفهم كيفية عملها ومعناها لمستقبل مناخ كوكب الأرض، فربما يعد ذلك عائدا مجزيا للقمر الذي تكلف مليار دولار، ويذكر أن بريطانيا قد ساهمت في بناء هذا القمر الجديد " [١] .

---

(١) موقع : ~ http://newsimg.bbc.co.uk/media/images " تحديث الاحدث ١١ يوليوا ٢٠٠٤ ، ٧٠/١٠ GMT من شبكة الانترنت .



شكل (١٣٦) انخفاض قياسي في مستوى الأوزون

obeikandl.com