

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 .

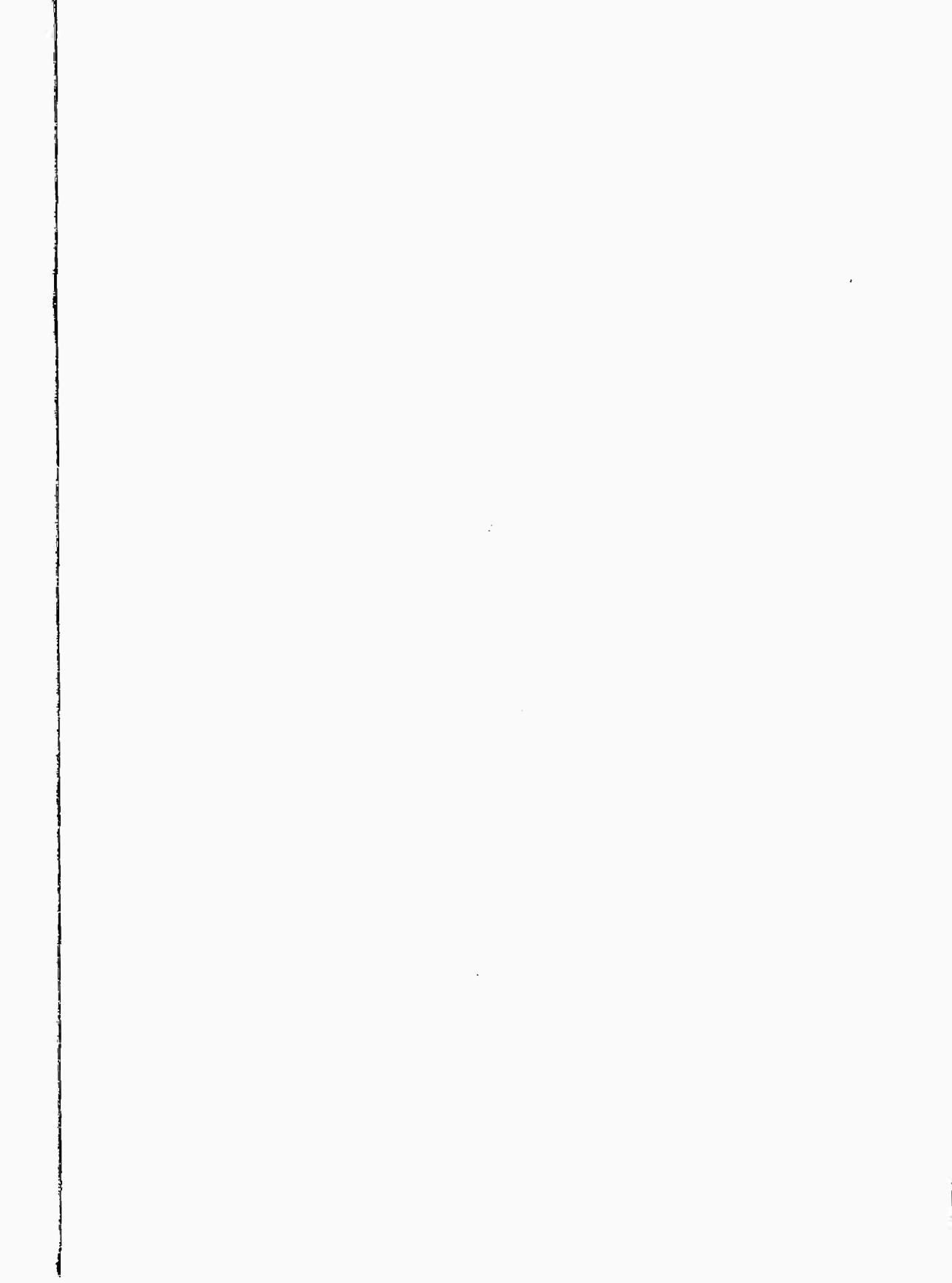
الثالث : التيارات البحرية .

الرابع : التضاريس .

الخامس : الغطاء النباتي .

السادس : البراكين .

السابع : الاحتباس الحراري .



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 محوره 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 .



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 -الآن- 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 تلتقاها 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 الثقالي 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 ٢٢و١ و ٢٤و٥ درجة ، خلال " زمن دوري " يساوي ٤٠٠٠٠ سنة تقريباً وتتغير لامركزية المدار بين القيمتين ٠٠٥٠٠ و ٠٦٠٠٠ 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 وتراجعها ، 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 " .

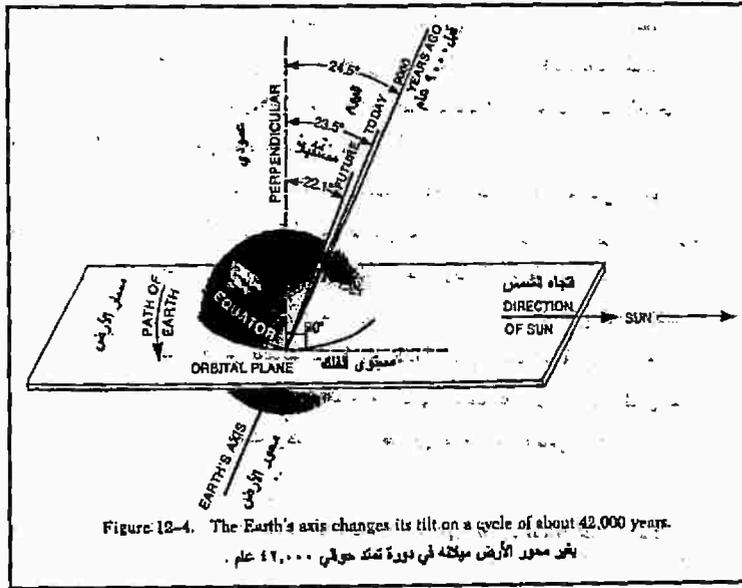
فخلال العشرينيات والثلاثينيات تمكن بعد جهد جهيد ، من وضع حسابات تجريبية لتغير الشمس الناتجة من التغير المداري ، وبين طرائق تأثيره في المناخ ؛ لقد أرجع " ميلانكوفيتش " سبب الانقلابات المناخية على سطح الأرض ، إلى التغيرات التي تطرأ على ثلاثة مقادير متعلقة بهندسة مدار الأرض حول الشمس .

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



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 فلا بد 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 دوراتها : مما يجعل محورها يرسم دائرة بالنسبة للخلفية الثابتة للنجوم البعيدة ، فهذا المحور الوهمي يرسم في السماء دائرة ، وهو ما يعرف « بالترنج » ، 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 تترنج في دوراتها حول الشمس كما تترنج " النحلة " التي يلعب بها الصبية ، وهذا

بدوره يؤثر على كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى الأرض خلال أيام السنة (٢) .

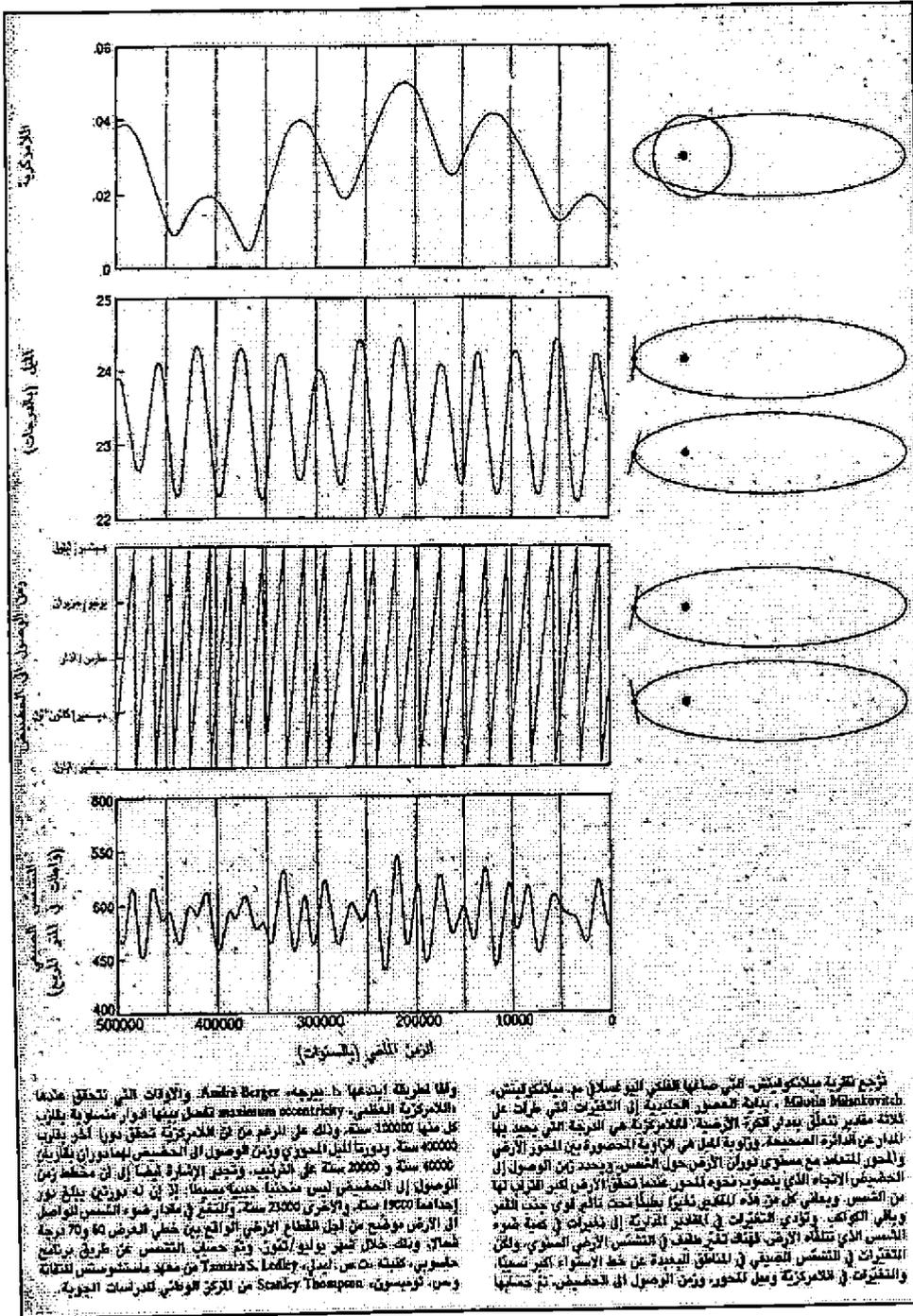
وقد ذكرت الدراسة الألمانية أن هذه المناطق الصحراوية الواسعة في أرض الجزيرة العربية ، كانت خضراء مغطاة بالنباتات والاعشاب قبل حوالي ٧٠٠٠ سنة ، وذلك بسبب الميلان الذي كان موجوداً في محور الكرة الأرضية ، والذي كان يحمي النصف الشمالي منها من أشعة الشمس المحرقة ، حيث كانت الحرارة معتدلة إلى حد كبير في هذه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

(١) مصادر هذا البحث من " مدار الأرض والعصور الجليدية " ك . كوفي ، مجلة العلوم الأمريكية 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 الشامية (٢١١) .

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



ولما لطيفة ابتدعها. ب. بدرجة Berger وAmal. والأوقات التي تتخلل عددا
اللامركزية العظمى. maximum eccentricity تكمل بينها فوارا متساوية يلازم
على منها 15000 سنة. وذلك على الرغم من أن اللامركزية تتخلل دورا أكبر يقارب
40000 سنة. ودورتا الليل المحوري ووزن الوصول إلى الخفض ليعاودان في أقل من
4000 سنة و 20000 سنة على التوالي. وتحت الإشارة أيضا إلى أن مخطط زمن
الوصول إلى الصفيحة ليس متجانسا جسيما أصعبا. إذ إن له دورتين يبلغ دور
إحداهما 19000 سنة. والأخرى 23000 سنة. والتشعب في مدار ضوء الشمس الواسع
إلى الأرض يوضح من أجل القطب الأرضي أو القطبين خطي العرض 60 و 70 درجة
شمالا. وذلك خلال تغير بوليد الكون. ويتم حساب التضمين عن طريق برنامج
حاسوبي. كتبت: د. س. ليدلي. Tassara S. Ledley من معهد مانشستر للتحليل
ومن. كوميسون. Scoble Thompson من المركز الوطني للدراسات الجوية.

توضح نظرية ميلانكوفيتش التي صاغها الفلكي الروسي إيلاريا من ميلانكوفيتش.
Milutin Milankovich. بداية العمل الكوكبية إلى التغيرات التي طرأت على
الثلاثة مقبر تتخلل يدور الفترة الأرضية للامركزية التي تتجلى بها
المدار من الدائرة العميقة. وتؤاوية لكل من الزاوية المحصورة بين المحور الأرضي
والمحور للتعاد مع مستوى دوران الأرض حول الشمس. ويحدد زمن الوصول إلى
الخفض في الاتجاه الذي يصوب نحوه كحور عندما تحلق الأرض لكن التراف لها
من الشمس. ويعاني كل من هذه الكيفيات تأثيرا طباعا تحت تأثير قوى جاذبية القمر
ويقال الكوكب. وتؤدي التغيرات في أبعاد المدار إلى تغيرات في كمية ضوء
الشمس الذي تتلقاه الأرض فهناك تغير طفيف في التشمس الأرضي السوي. ولكن
التغيرات في التشمس الصفي في المناطق البعيدة عن خط الاستواء أكبر نسبا.
والتغيرات في اللامركزية وتدل كحور وزمن الوصول إلى الخفض. في حسابها

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،٠ . 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 إهليلجياً ، ثم يعود إلى وضعه شبه الدائري ، في دورة مدتها ١٠٠ الف سنة . وإذا تتغير لا مركزية المدار بين القيمتين ٠،٠٥٠ و ٠،٦٤٠ 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 إهليلجياً 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 إلى 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 أهليلجياً نوعاً ما. ومع المدار البيضاوي لا تكون الأرض دائماً على بعد واحد من الشمس. انظر الشكل (١).

واليوم نجد الأرض في مدار أهليلجي 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 ستعكس.

ولامركزية مدار الأرض ذات تأثيرين متميزين في الشمس ، 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 الشمس السنوي الكلي وهذه التأثير يعد طفيفاً ؛ لأن التغير في لامركزية المدار خلال مليون سنة الماضية لم يتغير الشمس الأرضي إلا بمقدار ٣ ، .٠ ٪ فقط ؛ واستناداً إلى معظم الحسابات فإن تغيراً في الشمس الأرضي بمقدار ٣ ، .٠ ٪ يغير متوسط درجة الحرارة إلا بمقدار بضعة أعشار درجة مئوية .

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

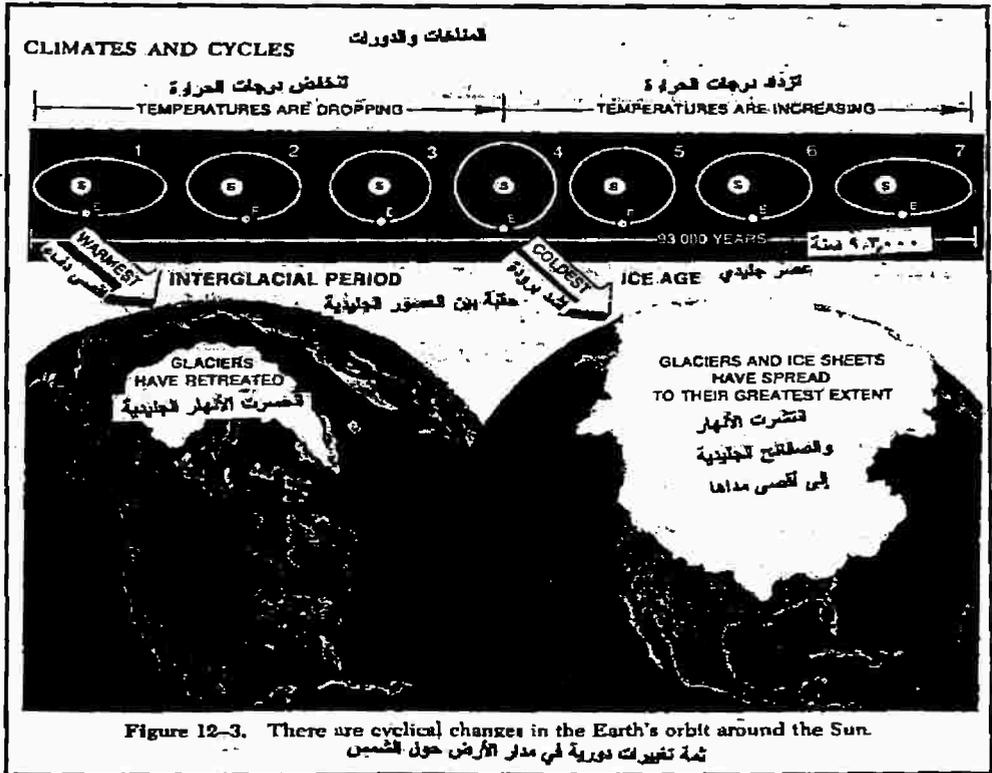
يرى ميلانكوفيتش : أن القوة التي تشكل العصور الجليدية ، لا علاقة لها بالشمس الأرضي الكلي ، وكأنها تتعلق بالشمس في المناطق الشمالية البعيدة عن خط الاستواء خلال فصل الصيف ، حيث يمكن أن يصل تغير الشمس إلى حوالي ٢٠ ٪ هو أكبر بكثير من التغير الكلي للشمس .

وإذا قبلنا هذا الرأي فسوف يصبح من المعقول الافتراض بأن التغيرات المدارية هي التي سببت العصور الجليدية والشمس الصيفي أكثر أهمية من الشمس الشتوي . لأن الثلج يتجمع في المناطق البعيدة عن خط الاستواء ، حتى خلال فصل شتاء معتدل ، فالمسألة 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 سيحوطه 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 .

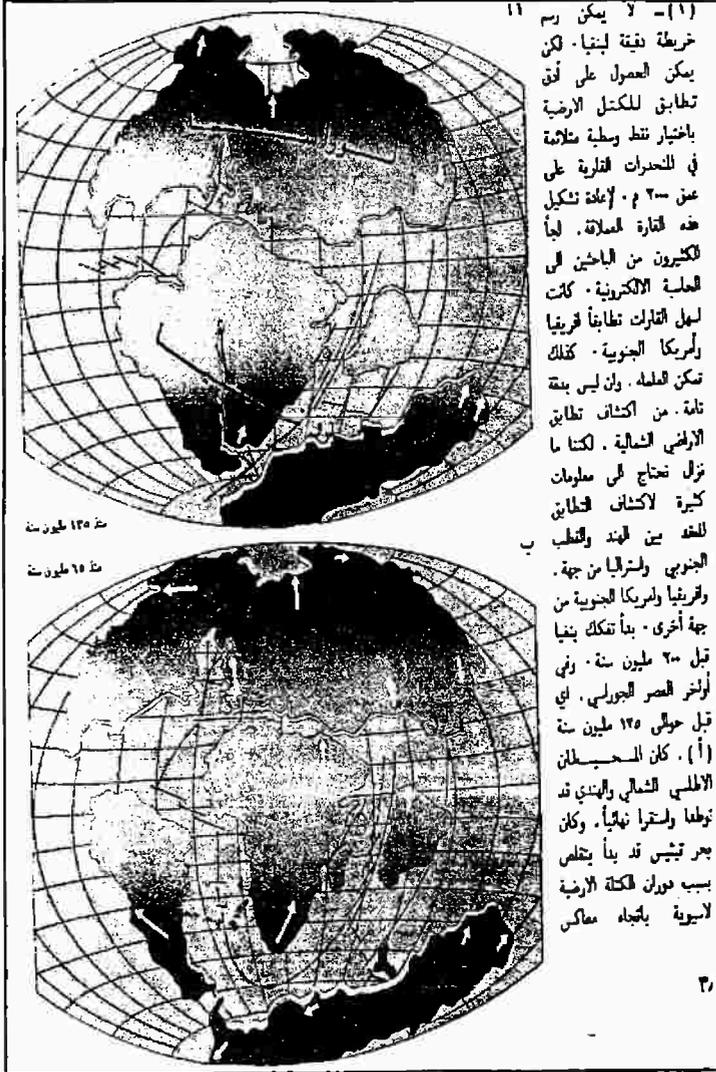
والتشمس في نصف الكرة الشمالي ، أكثر أهمية منه في نصفها الجنوبي ، لأن الجليديات لا تتشكل إلا على اليابسة ، وتوجد الآن كتل قارية واسعة في المناطق البعيدة عن خط الاستواء ، أما في نصف الكرة الجنوبي ، فإن القارة الوحيدة في المناطق الشمالية البعيدة عن خط الاستواء هي القارة القطبية الجنوبية المغطاة بالجليد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



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 ، هورتارات الحمل الحراري ، فمنذ حوالي ٣٠٠ مليون سنة ، تضامت جميع القارات ، كما تقول النظرية ، وشكلت قارة واحدة يسميها الجيولوجيون " أم القسارات " ودامت هذه القارة العملاقة قرابة ١٠٠ مليون سنة ، ثم بدأت تنفلق إلى



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 وأستراليا على وجود صلات بين هاتين القارتين، فمن الممكن مثلاً تبيان الترابط بين أحواض العصر البرمي في شمالي غربي أستراليا وأحواض الهند؛ كما أن معالم أستراليا 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 أكرا 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).

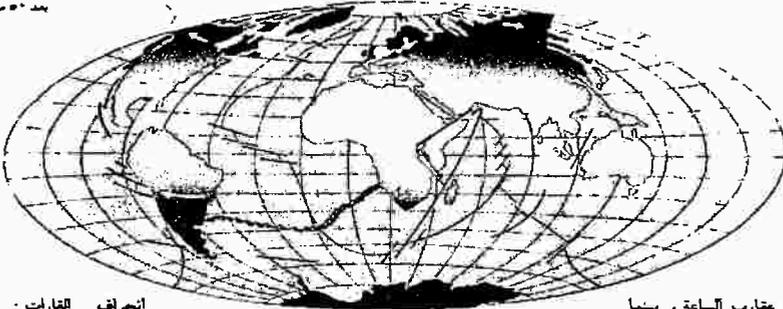
كان التحقق من الترابط بين الأراضي الشمالية المتباعدة اليوم كثيراً (أمريكا الشمالية أوروبا وآسيا) أشد صعوبة ، لكن الآن أدلة دامغة على أن هذه الأراضي كانت تشكل في الماضي جزءاً من قارة واحدة هي لوراسيا^(١) [انظر الشكل (١، ٢) .

هذا وقد دلت أحافير للحيوانات نفسها منتشرة في مختلف أرجاء الأرض ، مما يبين أن هذه الحيوانات تواجدت سلفاً 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 ٤٦ ، ٣٤ . انظر: " دور التحات في تشكل الجبال " بينز ، وبراندون ، مجلة العلوم ، المجلد (١٣) العددان (٩ ، ٨) . سبتمبر ١٩٩٧م ص ٥٨ ، ٦١ . وانظر الموسوعة العلمية الشاملة (٢١٥) .

(٢) بهجة المعرفة " الأرض " المجلد .

بعد ٥٠ مليون سنة



انجراف القارات . بلغت
السرعات ذروة نسوها
وانتشرت انتشاراً واسعاً . ولا
يسكن تفسير الطبيعة المتعددة
لتنوع أنواعها الا انا فرضنا ان
القارات المتباعدة الآن كانت
كتلة أرضية واحدة في ما
مضى .

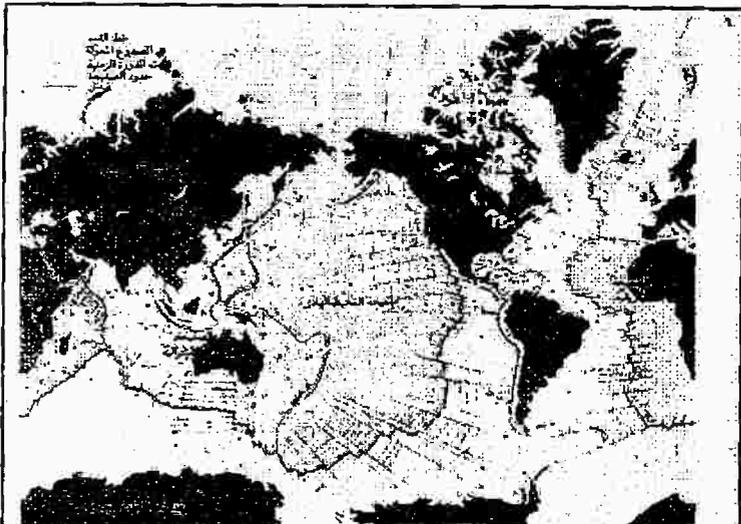


ما يكاد أن يؤدي الى زوال
البحر المتوسط . وانفصال الكتلة
القارية الحالية الواقعة شرقي
الصحح الافريقي . في ذلك
الوقت . تكون استراليا قد
تأملت انجرافها نحو ٣
الشمال . بينما تكون
القارة الجنوبية الكبرى
باقية في موقعها الجنوبي
الحالي .

(٣) - تشكل الرخويات
ذات الزبور الاخضرية (ولا سيما
لسانيات الاجنحة الطامرة هنا في
الرسم) . للوجود في صخور القارات الجنوبية
للمختلفة المنفصلة عن غندوانالاند . دعماً لنظرية

(٢) - ما تزال القارات حتى
الآن أخذت بالانجراف . وليس
ما يدعو الى احتمال توتقما .
تبين الخريطة كيف يبدو
مظهر العالم بعد ٥٠ مليون
سنة من الآن . انا ظل
الانجراف مستمراً كما هو
متوقع . أكثر ما بلغت النظر
من التغيرات التوقفة في
العالم الجديد . ظهور منطقة
جديدة من الأرض في البحر
الكريبي . وانسلاخ خليج
كاليفورنيا والمنطقة الواقعة
غربي خط التصدع عند سان
اندياس من أمريكا .
وانجراف افريقيا نحو الشمال

لدوران عقارب الساعة . بينما
كانت أمريكا الجنوبية تبتعد
عن افريقيا مغلفة وولها
المحيط الأطلسي الجنوبي .
وفي أواخر العصر الطيشوي .
أي قبل حوالي ٦٥ مليون سنة
(ب) . كان المحيط الأطلسي
الجنوبي قد اتسع . وكانت
مستفتر قد انفصلت عن
افريقيا . وكانت الهند ما تزال
تتابع زحفها نحو الشمال . أما
القطب الجنوبي . فظل يتابع
ابتعاده عن الكتلة المركزية .
لكنه ظل مرتبطاً بأستراليا .
بينما كان الصدع الأطلسي
الشمالي يتجه نحو الشمال
مشكلاً جزيرة فرينلند .



(٤) - طبقة الأرض
الجزئية مركبة من سبع
صهاليج رئيسية متمرككة
الأمريكية والأوراسية
والأفريقية والهندية والأسترالية
وتسمى للجزء كناديو
والقطب الجنوبي .
بينها قد جرى وسدوع
جولية وشلالق . هذه الصهاليج
تحتوي على بين الصهاليج
الكثيرة . كالصهاليج المرسية
ومساحة الهند الغربية للشهر
- شنتيان . فالنظير لوسى
بين الصهاليج الكبرى . يتكون
كيبان جديد من تشرد لو
بإتة كميات قديمة منها .
الخطوط الثقيلة الموضحة مع
خطوط اشم من خطوط من
عمر واحد (متساوية الزمن)
ومرسومة بناء على سموات
مسطحية - تحرب هذه
لنظير لوسى
خط القس
في الصهاليج
شمال
شمال
شمال

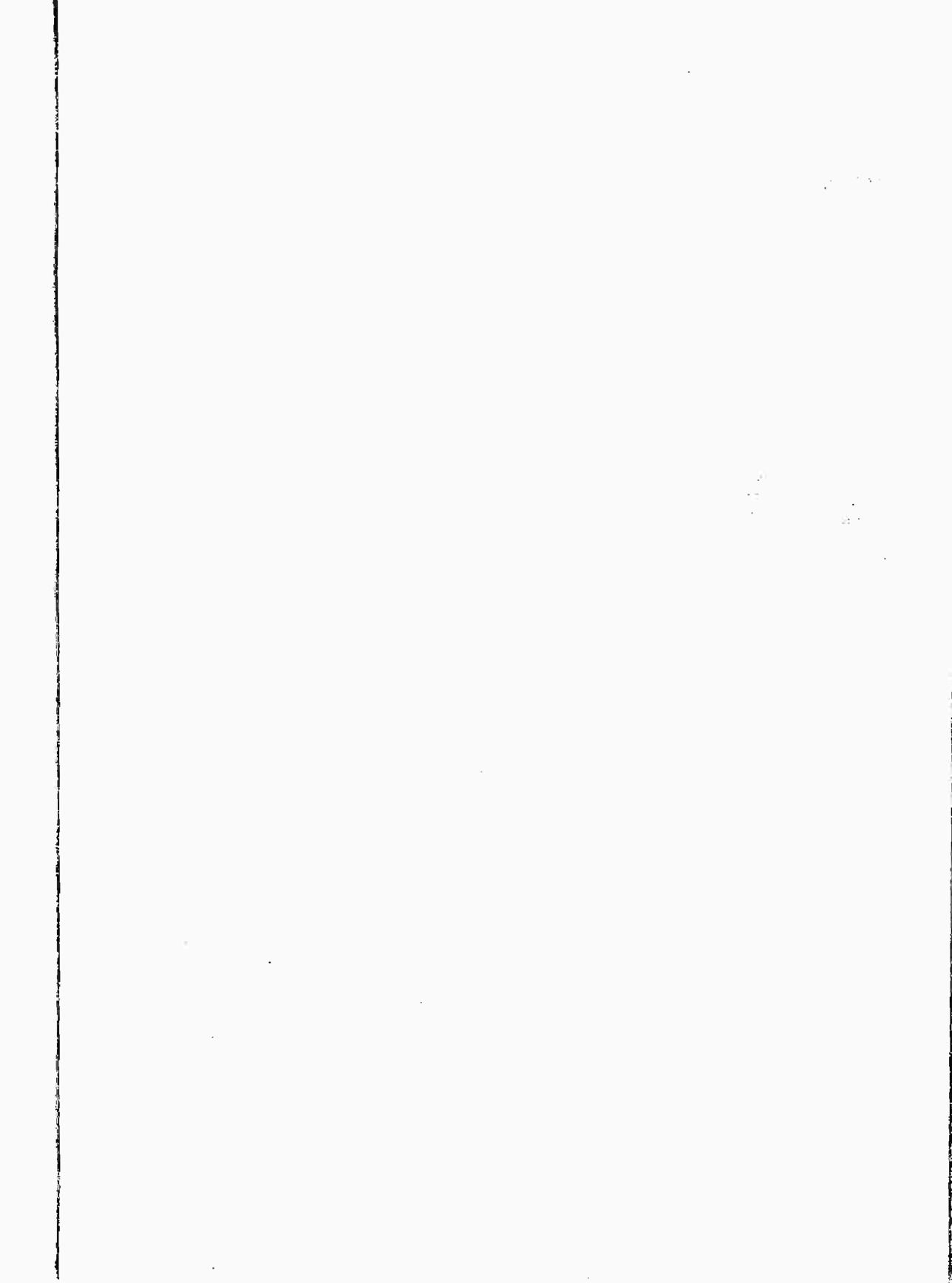
أهم ما دعم
فرضية انجراف
القارات نظرية
تمدد قاع البحار ،
ونظرية تكتونية
الصفائح ، فقد
جاءت هاتان
النظريتان
الجديدتان اللتان
قامت البراهين
على صحتها ،

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 ١٩٨٨ م ص ٣٤، ٤٦. وانظر "دور التحات في تشكل الجبال" هينز، وبراندون، مجلة العلوم، المجلد (١٣) العددان (٨، ٩) - سبتمبر ١٩٩٧ م ص ٥٨، ٦١. وانظر الموسوعة العلمية الشاملة (٢١٥).

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



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 التضاريس 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

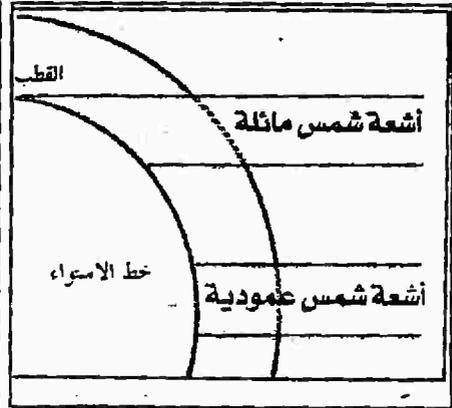
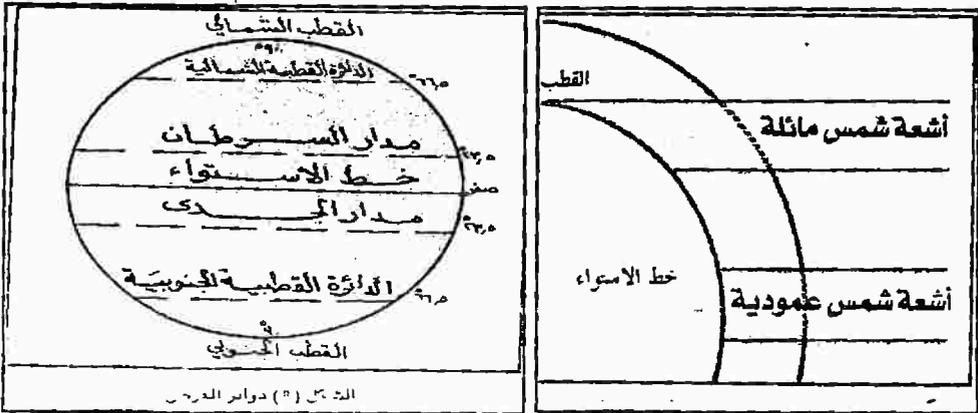
تقسم الأرض إلى دوائر وهمية تقطع الأرض أفقياً ، وقد قسمت إلى ١٨٠ درجة (أو دائرة عرض) ، واعتبر خط الاستواء أساساً لها ودرجته صفر ، ووزعت دوائر العرض إلى ٩٠ درجة شمال خط الاستواء و ٩٠ درجة جنوب خط الاستواء . وأهم دوائر العرض هي : الدائرة صفر : وتمثل خط الاستواء .

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 ١٩٩٩ م .

ذلك إلى أن ميل أشعة الشمس على الأرض يزداد كلما اتجهنا نحو القطبين ، مما يقلل من أثر أشعة الشمس في تسخين سطح الأرض والهواء الملاصق 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) .

اقترب 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 وقت 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) ص ٢٢ (مرجع سابق) .

المطلب الثاني

توزيع اليباس والماء

يعتبر من أهم العوامل المؤثرة في المناخ أو الطقس ، فمن الخواص الطبيعية للماء : أنه يمتص الحرارة ، ويفقدها ببطء ، بعكس اليباس الذي يسخن بسرعة ويبرد بسرعة ، وينتج عن اختلاف كلاً من اليباس 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

التيارات البحرية

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 ومر على سواحل دافئة زادت قابليتها على حمل بخار الماء ، فلا يسقط مطراً^(١) .



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

المطلب الرابع

التضاريس

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

فبالنسبة لتأثير التضاريس على الحرارة ، فقد لوحظ أن درجة الحرارة تتناقص كلما ارتفعنا عن سطح البحر ، بمعدل درجة مئوية واحدة لكل ١٥٠ متراً . 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 ١٥٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر .

كما أن لاتجاه التضاريس أثر كبير في سقوط الأمطار ، فالسفوح المواجهة للبحر الأحمر ، أو البحر العربي تتعرض للرياح 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 ٢٤ مليمبار لكل ٩٠٠-١٠٠٠ قدم 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 ، فانتهدت 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) .



المطلب الخامس

الغطاء النباتي

من الملاحظ أن درجة الحرارة ترتفع كثيراً في الجهات الصحراوية ، عنها في الجهات المغطاة بالنبات - أثناء النهار - 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 تغيير المناخ في أرض العرب ، وكيف تحولت من الحالة الجليدية إلى المروج والانهار :

ففي دراسة للدكتور عبد العزيز بن عبد الله اللعبون مستشار جيولوجيا نפט ذكر: أن الجزيرة العربية تحركت ضمن قارات العالم القديم ذهاباً وإياباً ما بين المناطق المتجمدة جنوباً إلى المناطق الاستوائية وفوقها شمالاً ، وتجمدت أصقاعها 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 الجذب 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 " (ص ٢٠) ريبينو مجلة العلوم ، المجلد (٨) العدد (٥٤) .

(٢) انظر : مجلة الأسرة العدد (٨٢) ص ١٨ مرجع سابق .

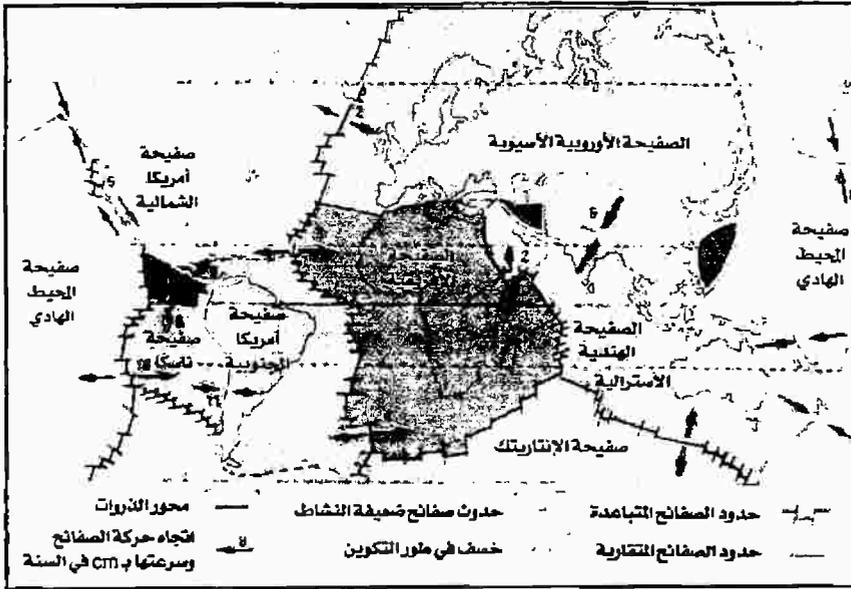
المطلب السادس

البراكين

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 ، توحى 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 ، وتُنقِصُ من هذه الكمية عند ارتفاع درجة حرارة الأرض ، ويحتوي جو الأرض في الوقت الراهن قرابة [٠٠٠٣،٤٠ 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 قسم أوساط المحيطات وامتداداتها البرية ، وعلى طول أطراف التصادم في الصفائح القشرية " حلقة النار " الشهيرة ، التي تحيط بالاقيانوس 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 - ١ . ب . تون - ج . ب . بولاك ،



خريطة توزيع الصفائح

أكبر عدد من البراكين ، وربما كان أكثرها هامة ، يقع تحت قاع البحار ، حيث يشكل التلال الغورية . ويُظن 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 " ص ٤٨ . وانظر الموسوعة العالمية الشاملة مجلد " الأرض والكون " (٦٨) .
انتاج [Edito Creps] ، إعداد : أكثر من أربعين أخصائي ، ومفكر وباحث ومترجم ن ومحرر . باشراف :
بولاند بيروتي .



سعت تتعلم
سن الملا
والكسبات
التوليد تتسك
عن شلوح جبر
بيوزيلنا، في
لب ١٩٢٨.

التشعب المشايخية

هبتان الضيف لجانة من اللابة الاثنيونيك
المصطفة على الشطح، بغير سحابة شايحة
تسمى أحيانا الميزر الشايخ تأنف من
الفتوات وشطابا الصخر والزماوي، في ارجوة
الكرامة البيضاء، تنساب فوق التلال والأودية
بسرعة قد تصل إلى ١٠٠ كم/ساعة سقعة كل
شهر وعابطة كل شهر من طرفها



يتلوهن طلع العبد فتلا
شايحة متاهجة تظفي سعة
التيقة يترنم

سيدة علق الميركاسي



المطلب السابع

الاحتباس الحراري

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 .

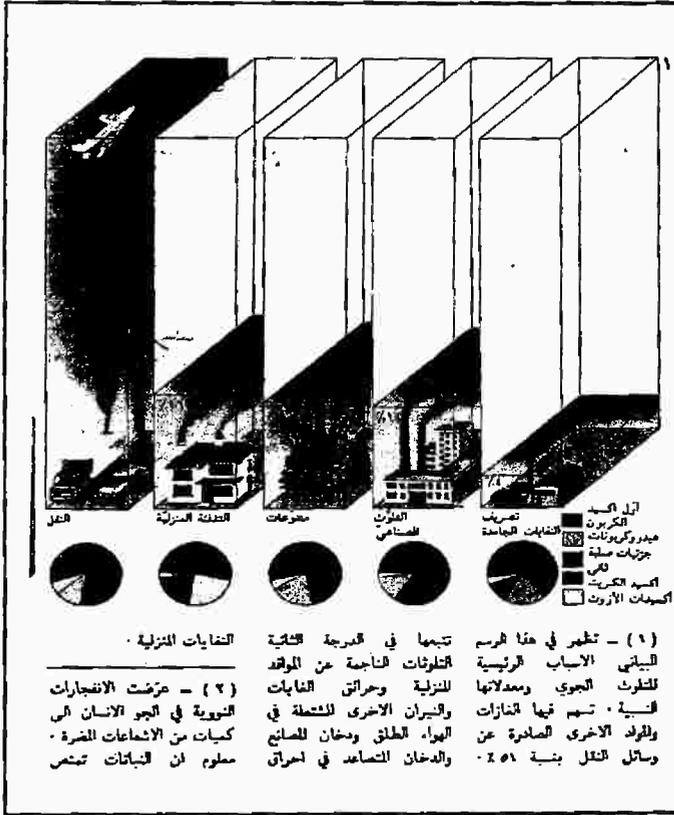


فإن ذلك سيؤدي حتما إلى تفاقم تلك الظاهرة، والسير حثيثا نحو تغير مناخي سمته الأساسية ارتفاع درجة حرارة الأرض وما يترتب عليها من عواقب أخرى على الطبيعة . والذي تسببه الغازات الناجمة عن وسائل النقل بنسبة ٥٠٪ ، تتبعها في الدرجة

الثانية المواقف 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 المواقف المنزلية والأفران الصناعية ومراجل القاطرات يصيب 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



(١) قد كانت التقديرات في السابق كما يقول رادوك ، عام ١٩٩٠ م : ، 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 أظهرت تحليلات عينات من لب الجليد أجراها الفرنسيون والسويديون أن 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 ، وتقتصرح 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 ص ٧١ ، ٧٢ (مجلة العلوم (٧) ، العدد (٥) .

المختصين والمهتمين على أن إحراق الغاز الطبيعي والنفط والفحم مما يسمى بالوقود الأحفوري، 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 ، نتيجة 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 على ٥٪ 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 ضرراً بصناعاتها، الأمر الذي يعني تخلياً 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، وعملا 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 أمعنا النظر في الأرقام التي تقدمها جماعات الدفاع عن البيئة والتي تؤكد أن نسبة مساهمة الولايات المتحدة في انبعاث الغاز تربع على ٢٤٪ 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 ١٩٨٥ م 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 عامي ١٩٧٧ م و ١٩٨٤ م وسرعان ما أيدت التقرير مجموعات أخرى وبيئت أن منطقة نضوب الأوزون كانت في الواقع أوسع من القارة ، وأنها امتدت في ارتفاعها مسافة ترواح 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 أرباك دوت كوم . (على شبكة المعلومات الالكترونية الانترنت .

وخلاصة القول إنه كان في الجو القطبي " ثقب أوزون " لقد أزعج هذا الاكتشاف العلماء وجماهير الناس على حد سواء ، ذلك أنه أوحى بان 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 - وهو جزيء 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 " السُدُّ 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 لاسوأ كارثة طبيعية تصيبها منذ ٦٠ عاماً ، إذ غمرت الفيضانات مناطق شامعة منها نتيجة هطول أمطار غزيرة وذوبان الثلج وهبوب الرياح العاتية وتداعي الجواز المائية (٢) .

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

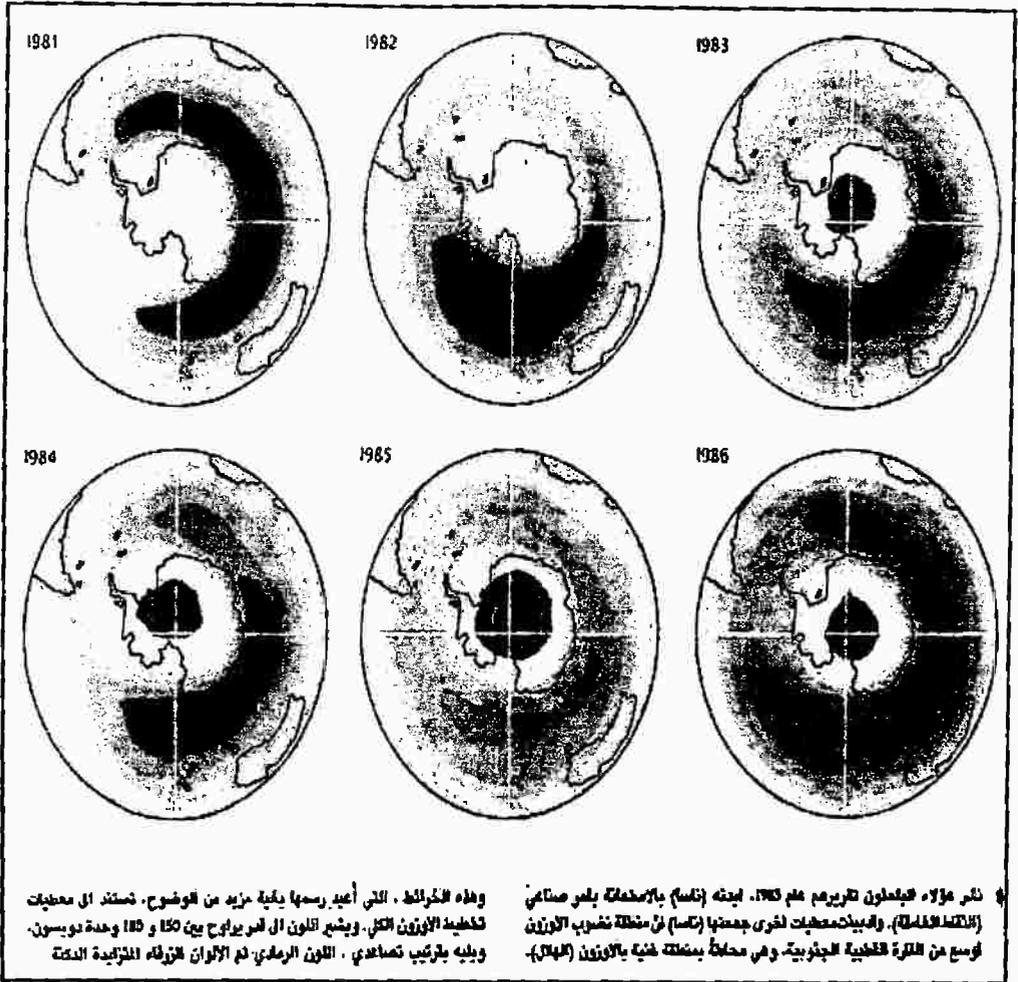


125 150 175 200 225 250 275 300 325 350 375 400 425 450 475 500 525

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

المليستر، وهي تمين 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 الغلي، Total Ozone Mapping Spectrometer المحمول على متن القمر الصناعي، نيمبوس 7، للنسج الهيئة الوطنية لإدارة أبحاث الملاحة الجوية والفضاء (ناسا).

هذه خريطة لمستويات الأوزون في جو نصف الكرة الجنوبي في اليوم الخامس من أكتوبر/تشرين أول عام 1987، وهي تملط للضوء على اللقب، الأوزوني الربيعي (بلاكاوت) الأسود والأحمر اللوردي والأرجواني) فوق القارة القطبية الجنوبية. تقارب مقياس الأوزون في اللقب نصف ما كانت عليه في السبعينيات، إذ بلغ معدلها وقتذاك 300 وحدة دوبسون. وتساوي كل من هذه الوحدات جزءاً من مئة من



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

" قال عالم بريطاني : إن الثقب الذي أحدثه الإنسان في طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي وصل معدلاً قياسياً بالنسبة لهذا الوقت من السنة وقد يزداد اتساعاً 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 ٢٠٠٢ م 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.

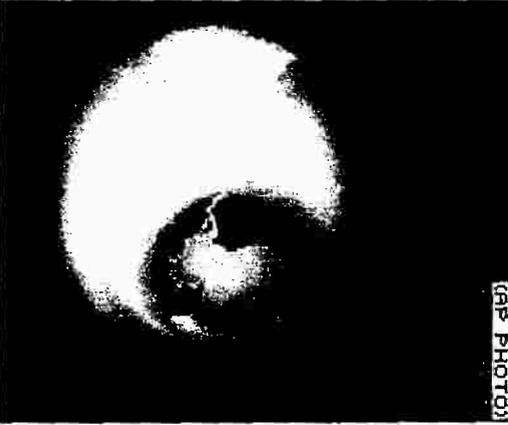
وأضاف شانكلين أنه ليس هناك صلة مباشرة بين الثقب والارتفاع الحاد في الإصابة بسرطان الجلد في العالم الذي يقول إنه يرتبط أكثر بالتغيرات في أسلوب الحياة. ومع ذلك يقول شانكلين إن التراجع العام في سمك طبقة الأوزون في أماكن أخرى بسبب التآكل الكيماوي يرتبط بالتأكيد بالارتفاع في درجة الحرارة.

وأردف شانكلين الذي كان من بين أول العلماء الذين اكتشفوا ثقب الأوزون عام ١٩٨٥ إنه وزملاءه ما يزالوا 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) ١٠٣٧ ~ 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 لميكائيل 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 يمثل 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 لاوانه 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.

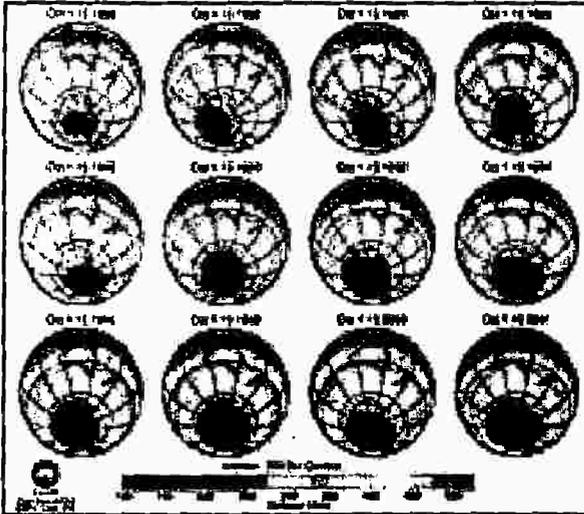
ويتوقعون أنه سيتحرك فوق جرينلاند إلى جنوب الدول الاسكندنافية في الايام القليلة القادمة.

وقال علماء في مركز أبحاث المناخ في هولندا إن معدلات غاز الأوزون في الجو ستنخفض إلى ما يتراوح ٦٠ و٧٠٪ 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 كليكوسويوك : 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

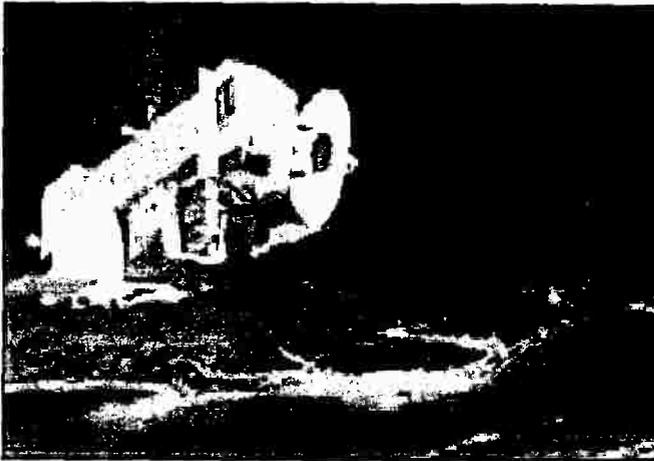
(١) موقع : <http://news.bbc.co.uk/furniture/nothing.gif> " ت ٢٠٠١/١/١١ ، آخر تحديث في الساعة ٤٢ : ٤٠ . بتوقيت جرينتش ٤ من شبكة الانترنت .

ضوئيا خلافا 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 كليكوسيوبيك 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 :



" 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 . أورا يدرس الغلاف الأرض والماء والهواء

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

(١) موقع : <http://www.aljazeera.net/mritems/2002/9/18.114614117.jpg> من شبكة الانترنت .



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 تآثر تركيب الغلاف الجوي بتغير مناخ كوكب الأرض . ويطلق القمر الصناعي الجديد، أوربا، من قاعدة فاندنبرج الجوية العسكرية في كاليفورنيا، بعد يومين بعد أن تأخر إطلاقه الذي كان مقررا اليوم الأحد لأسباب فنية .

دراسات هامة يقوم بها أوربا لكوكب الأرض

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

وقمر أوربا 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 أوربا على دراسة الغلاف الجوي والغازات المحيطة بالكوكب والملوثات وتفاعلات المواد الكيميائية .

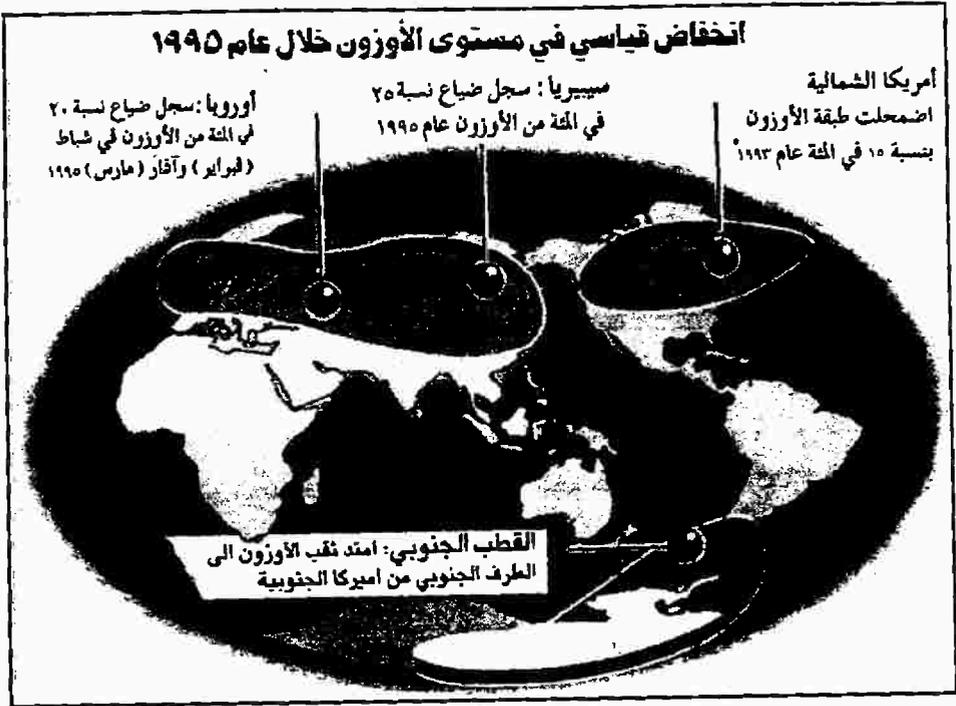
وقال ريك بيكرينج، مدير مشروع أورا في مركز جودارد للفضاء، لبي بي سي: "سيساعد قمر أورا كثيرا في معرفة مدى تعافي طبقة الأوزون، وكذلك في إقامة العلاقة بين غازات الغلاف الجوي والجزيئات الصلبة العالقة وبين التغير المناخي لكوكب الأرض، كما نأمل أن يؤدي قمر أورا دورا في التنبؤ بشكل أفضل بحالة الهواء".

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، فرمما 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 الاحد ١١ يوليو ٢٠٠٤،

٧٠/١٠ GMT من شبكة الانترنت.



شكل (١٣٦) انخفاض قياسي في مستوى الأوزون