الفصل التاسع

التغيرات المناخية العالمية المرتقبة ونصيب منطقة الدراسة منها

مقدمة :

أولاً : نظرية دفء الصوبات الخضراء .

ثانياً : النماذج العددية للتنبؤ بتغير مناخ كوكب الأرض .

١ - التغير فى درجة حرارة طبقة التروبوسفير .

٢ - التغير فى كمية التساقط ورطوبة التربة

خلاصة الفصل .

توطئة :

يبحث هذا الفصل فى التعريف بنظرية بقاء الصوبات الخضراء والغازات الاشعاعية النشطة المسئولة عنها ، وإبراز الأهمية الخاصة لغاز ثانى أكسيد الكربون الذى ينوب عنها جميعاً . فضلاً عن فحص أحدث النماذج العددية للمناخ التى تستخدم فى التنبوء بمستقبل التغير فى مناخ كوكب الأرض .

ويدرس التوزيع الجغرافى للتغير المحتمل فى درجة الحرارة وكمية التساقط ورطوبة التربة على المستوى العالمى ، فضلاً عن توجيه مزيد من الاهتمام بالإبعاد الإقليمية لهذه التغيرات على مستوى شبه الجزيرة العربية والمحيط الهندى والمملكة العربية السعودية ومن ضمنها منطقة الدراسة.

مقدمة :

يعتبر تلوث الهواء أخطر مجالات التلوث البيئي ، ولـــذا يصبـــح أهـــم المشاكل العصرية التى تواجه العالم فى القرن الحالي ، كما يتوقع لها أن تتفـــاقم مستقبلاً فى ضوء ارتفاع معدلات التلوث لتعادل عشرة أمثالها فى الوقت الحالي .

وتلعب العناصر المناخية دوراً بالغ الفاعلية في تحديد نطـــاق انتشـــار الملوثات الغازية أفقياً ورأسياً ، فضلاً عن مساهمتها فى توليد ونشـــر الملوثـــات الصلبة .

وتسهم بعض الملوثات – فى ذات الوقت – فى تغير خصائص المنـــاخ على المستوى العالمى .

ويعرض هذا الفصل احتمالات تغير مناخ كوكب الأرض فى إطار العلاقة المتبادلة المتداخلة بين خصائص المناخ وملوثات الهواء . ويهدف الفصـــل إلـــى محاولة تحديد الأبعاد المحلية والإقليمية للتغـــيرات المناخيـــة فـــى ضـــوء الآراء والنماذج التى تعرض التغيرات المناخية المرتقبة على المستوى العالمى .

ويبحث هذا الفصل العناصر التالية :

أولاً : نظرية دفء الصوبات الخضراء .

ثانياً : النماذج العددية للتنبوء بتغير مناخ كوكب الأرض .

١ – التغير فى درجة حرارة التروبوسفير .

٢ – التغير فى كمية التساقط ورطوبة التربة .

أولاً : نظرية دفء الصوبات الخضراء

تعد نظرية دفء الصوبات الخضراء Greenhouse Warming Effect (ظاهرة الاكتناز الحرارى) من النظريات المعروفة جيداً لـــدى علمـــاء الطبيعـــة الجوية والمناخ، وتتوقع هذه النظرية حدوث ارتفاع فى درجة حـــرارة الغـــلاف الجوى لكوكب الأرض ، وتعتمد على حقيقة (ظهرت فعلاً بالتجربـــة) أن غـــازات الغلاف الجوى تمتص جزءً من أشعة الشمس ، كما يمتص بعض منها جزءً مـــن

الإشعاع الأرضي المرتد نحو الغلاف الجوى [1] ويؤدى هذا التفاعل الإشعاعى Radiative Interaction بين الغازات المتسببة فى هذه الظاهرة [2] وبين الإشعاع الأرضي (الحرارى) المرتد نحو الغلاف الجوى [3] إلى دفء هذه الغازات التى ما تلبث أن تشع ذاتها الحرارة فى جميع الاتجاهات فى الغلاف الجوى ومنه إلى سطح الأرض فترتفع درجة حرارته . وفى ذات الوقت يمتص سطح الأرض ٣٥% من جملة الإشعاع الشمسى نحو كوكب الأرض Insolation ، مما يؤدي إلى استمرار الإشعاع الحرارى المرتد نحو الغلاف الجوى لتمتصه ثانية هذه الغازات ، وتستمر الحلقة التى تكون محصلتها ظاهرة الاكتناز الحرارى .

ويعد بخار الماء أكثر الغازات فاعلية ، فنجده يمتص قطاعاً كبيراً من الأشعة الحرارية [4] ولسوء الحظ فإن كمية بخار الماء فى الغلاف الجوى خارج سيطرة الإنسان كلية حيث أن مصدرها التبخر من المسطحات المائية وإن كان

---

[1] قد أمكن التحقق من هذه الظاهرة منذ حوالى ١٥٠ سنة مضت (Roberts, 1994. p. 105) .

[2] هذه الغازات هي : بخار الماء (H20) وثانى أكسيد الكربون (CO2) والميثان (CH4) وأكسيد النيتروز (N20) والأوزون التروبرسفيرى (03) والكلورفلوركربون (CHCS) ، بالإضافة إلى بعض الغازات التى تسهم بدرجة اقل مثل أول أكسيد الكربون (CO) وثانى أكسيد الكبريت (S20) وتبلغ مساهمتها فى ظاهرة الإكتناز الحرارى : ٤٩% لثانى أكسيد الكربون و١٨% للميثان و ١٤% للكلورفلوركربون و ٦% لأكسيد النيتروز و ١٣% للغازات الأخرى ، ويطلق عليها الغازات الإشعاعية النشطة Radiatively Active Gases ويعبر عنها بتضاعف كمية ثانى أكسيد الكربون (Kellogg , 1978 , p . 40) .

[3] يصل إلى سطح الأرض ٢٠٠٠ مليون من إجمالى الإشعاع الشمسى يعكس منه الغلاف الجوى ٤٠% إلى الفضاء الخارجى ، ويعكس سطح الأرض (الألبيدو) ١٠% وتمتص غازات الغلاف الجوى ١٥% ثم تعيد بعض هذه الكمية مرة ثانية إلى سطح الأرض .

[4] تختلف غازات الاكتناز الحرارى فيما تمتص من الأشعة الحرارية على النحو التالى :
(Selleres , 1984 . p . 331)

الغاز	طول الموجات (ميكرومتر)	الغاز	طول الموجات (ميكرومتر)
بخار الماء	٦,٣ — اقل من ٣٠	ثانى أكسيد الكربون	١٥ — ٤,٣
الأوزون	١٥ — ٤,٧	الميثان	٧,٧
أكسيد النيتروز	٨ — ٤	أول أكسيد الكربون	٤,٧

النشاط البشرى مسئولاً عن زيادة كميتها نتيجة الدفء العالمى الناتج عن غازات الاكتناز الحرارى الأخرى . وهكذا تزيد كميتها لتصبح مسئولة عن ارتفاع درجة الحرارة ، وتستمر هذه الدورة فى حلقة متصلة ومعقدة ، وينتج عن هذا الازدواج الموجب للتغذية الإسترجاعية Positive Feed back Coupling تغيرات حرارية أكبر من تلك التى تنتج عن غاز ثانى أكسيد الكربون وغازات الاكتناز الحرارى الأخرى مجتمعة (Roberts, 1994. P. 104) . ومما يذكر أيضاً ، أن غاز الميثان يمتص الأشعة الحرارية أكثر من ثانى أكسيد الكربون بمقدار يتراوح بين ٢٠ - ٣٠ مثلاً ، وكذلك غاز الكلورفلوركربون يمتصها أكثر من ثانى أكسيد الكربون بمقدار ٢٠ ألف مثلاً [1] (Cunningham, 1992. P. 331) .

وبالرغم من هذا ، فإن درجة حرارة كوكب الأرض قد ارتبطت فعلاً بتركيز ثانى أكسيد الكربون عبر التاريخ . وقد ثبت ذلك بقياس محتوى ثانى أكسيد الكربون فى الفقاعات الدقيقة للهواء القديم فى ثلاجات المناطق القطبية منذ ١٦٠ ألف سنة ، إذ تبين أن تركيزاته ترتبط طردياً بدرجات الحرارة ، وقد كان مستوى كل منهما منخفضاً خلال أى حقبة تاريخية منذ ١٣٠ ألف سنة مضت قياساً بمستوياتهما الحالية . كما أثبت العالم هانز Hans أن تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الجو فى أثناء عصر الجليد الأخير بلغ نحو ثلثى مستواه فى الفترة بين الجليدية التى سبقته (مصيلحى ١٩٩٤ ص ٣٠) .

وقد دعا ذلك إلى تحديد كميته فى الغلاف الجوى بدقة ، وقد نجح العالم كالندر Callendar فى تحديدها خلال الفترة ١٨٩٠ - ١٩٣٨ ، إذ ذكر أنها تبلغ ١٥٠ مليون طن وأن ٧٥% من هذه الكمية بقيت ثابتة فى الغلاف الجوى

---

[1] تتمثل المصادر البشرية لإنتاج غاز الميثان في مخلفات المواشى والدواجن وحقول الأرز وخطوط أنابيب الزيت وتحلل المخلفات الصلبة فى أراضى الردم الصحى وحرق الفحم ، وتبلغ مساهمة كل منها بالتوالى ٣٠% و ٢٩% و ٢١% و ١٤% و ٦% من إجمالى كميته فى الغلاف الجوى ، أما المصادر البشرية لإنتاج ثانى أكسيد الكربون فتشمل احتراق الغابات والفحم والزيت والغاز الطبيعى وصناعة الأسمنت واحتراق الكربون ، وتبلغ مساهمتها بالتوالي ٣٣% و ٢٧% و ٢٧% و ١٠% و ٢% و ١% من كميتة فى الغلاف الجوى (Cunningham . 1992. P. 330) .

(Roberts , 1994 . p 106) . ومما يذكر أنه منذ الثورة الصناعية Industrial Revolution وما تبعها من استغلال كثيف للوقود الحفرى وتطور صناعة الأسمنت والتوسع فى قطع الأشجار لاستخدامها فى الصناعات الخشبية المختلفة – وقد بلغ ما ينتج سنوياً من ثانى أكسيد الكربون ٨,٥ بليون طن مترى. ومن ثم قد ارتفع تركيزه فى الغلاف الجوى بنسبة ٤% سنوياً [١] ، وإذا ما استمرت هذه المصادر فى إطلاق ذات الكميات من ثانى أكسيد الكربون فإن كميته ستتضاعف فى الغلاف الجوى بحلول عام ٢٠٧٥م .(Cunningham, 1992. p. 331)

ثانياً : النماذج العددية للتنبوء بتغير مناخ كوكب الأرض

١-التغير فى درجة حرارة التربوسفير : -

قد ظهرت العديد من النماذج العددية للنماذج Numerical Climate Models التى تبحث فى أبعاد تأثير زيادة تركيز غازات الاكتناز الحرارى فى درجة حرارة كوكب الأرض ولعل من أهمها ما أستخدمه العالم هانس Hansen سنة ١٩٨٨م [٢] . وقد وضع ثلاثة تصورات لمستقبل هذه الغازات ليحدد على أساسها اتجاهات درجة حرارة كوكب الأرض وهذه التصورات هى : (Roberts. 1994. p. 109) التصور الأول يعبر عن الوضع الحالى وقدر فيه معدل التغير

---

[١] كما يزيد تركيز غاز الميثان وغاز الكلورفلور كربون فى الغلاف الجوى سنوياً بنسبة ١% و ٥% على التوالى (Cunningham 1992 . P. 331) .

[٢] استخدم هذا العالم نموذجين هما : GCM وهو نموذج الدورة العامة General Circulation Model ويعد من أكثر النماذج العددية تعقيداً إذ يهدف إلى تمثيل أغلب العمليات الفيزيائية التى تؤثر فى المناخ مثل الحركة الأفقية والرأسية للرياح وظاهرة عكس السطوح المختلفة للإشعاع الشمسى والأرضى (الألبيدو) . واستخدم أيضاً نموذج GISS وهو نموذج معهد جودارد لدراسات الفضاء Goddard Institute of Space Studies ويهدف إلى فحص التأثيرات المختلفة لآليات التغذية الإسترجاعية للمناخ Climatic Feedback Mechanisms مع الاهتمام بالأبعاد التأثيرية لبخار الماء فى الغلاف الجوى . (Roberts, 1994. PP 102 – 108) .

السنوى فى نسب هذه الغازات بأنها ستبقى فى إطار نسبتها الحالية حيث تبلغ ١,٥% لغاز ثانى أكسيد الكربون و ٣% لغاز كلورفلور كربون و ١,٥ % لغاز الميثان وتتراوح بين ٠,٤ – ٠,٩% لغاز أكسيد النيتروجين .

ويرى فى تصوره الثانى أن نسبة زيادتها السنوية ستنخفض إلى الصفر فى عام ٢٠١٠م بالنسبة لثانى أكسيد الكربون والكلورفلور كربون ، وسينخفض غاز الميثان بنسبة ٠,٥% فى عام ٢٠٠٠ م وسينخفض تركيز أكسيد النيتروز بنسبة ٠,٥% سنوياً ابتداء من عام ٢٠١٠م .

ويقدر هذا العالم فى تصوره الثالث انعدام إضافة أى كمية من هذه الغازات إلى الغلاف الجوى بداية من عام ٢٠٠٠ م .

وتجدر الإشارة إلى أن اختيار أى من هذه التصورات أو الاحتمالات يتوقف على خصائص التغيرات العالمية على كل من المحاور الاجتماعية والاقتصادية والديموجرافية والصناعية والتكنولوجية خلال الفترة بين منتصف القرن الحادي والعشرين ونهايته .

وقد توصل هذا العالم (Hansen) سنة ١٩٨٨ إلي نتائج تعد أكثر الاحتمالات المستقبلية قبولاً بالنسبة لدرجة حرارة كوكب الأرض بسبب اعتماده على الكمية الفعلية لهذه الغازات خلال الفترة ١٩٥٨ – ١٩٨٢ م . وقد حدد معدل الدفء العالمى فى ١,٣ درجة مئوية خلال الفترة ١٩٨٩ – ٢٠٢٥م [١] . وفقاً لهذا يتوقع ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض بمقدار ٠,٨ درجة مئوية

---

[١] قد يظهر هذا التغير الحرارى ضئيلاً ، ولكن إذا عرفنا أن الفارق بين درجة الحرارة الحالية وبين درجة الحرارة فى أثناء آخر عصر جليدى حينما غطت الثلاجات معظم أمريكا الشمالية ، وقد بلغ فقط خمس درجات مئوية ، فحينئذ تظهر خطورة هذا الدفء العالمى.

أكثر من الارتفاع الذى تم رصده فعلاً خلال الفترة ١٨٨٠ – ١٩٨٩ م والذى قد بلغ ٠,٥ درجة مئوية [١] [٢] و (Roberts , 1994 . p . 122) .

وقد وضع أيضاً ثلاثة تصورات لاتجاهات التغير فى متوسط درجة حرارة الطبقة السطحية للغلاف الجوى (على أساس التصورات التى حددها بالنسبة لمستقبل غازات الاكتناز الحرارى وأخذ فى الاعتبار الزيادة المقاسة فعلاً فى كمية هذه الغازات) متخذاً سنة ١٩٥٨ أساساً للمقارنة . ويتوقع فى هذه التصورات أن الدفء العالمى قد يبلغ ٠,٦ أو ١,٣ أو ١,٨ درجة مئوية حتى عام ٢٠٢٥م . ويرى أن أكثرها قبولاً هو ارتفاع درجة حرارة الطبقة السطحية للهواء بمقدار ١,٣ درجة مئوية مقارنة بالمتوسط العالمى للحرارة ١٩٥٨ م [٣].

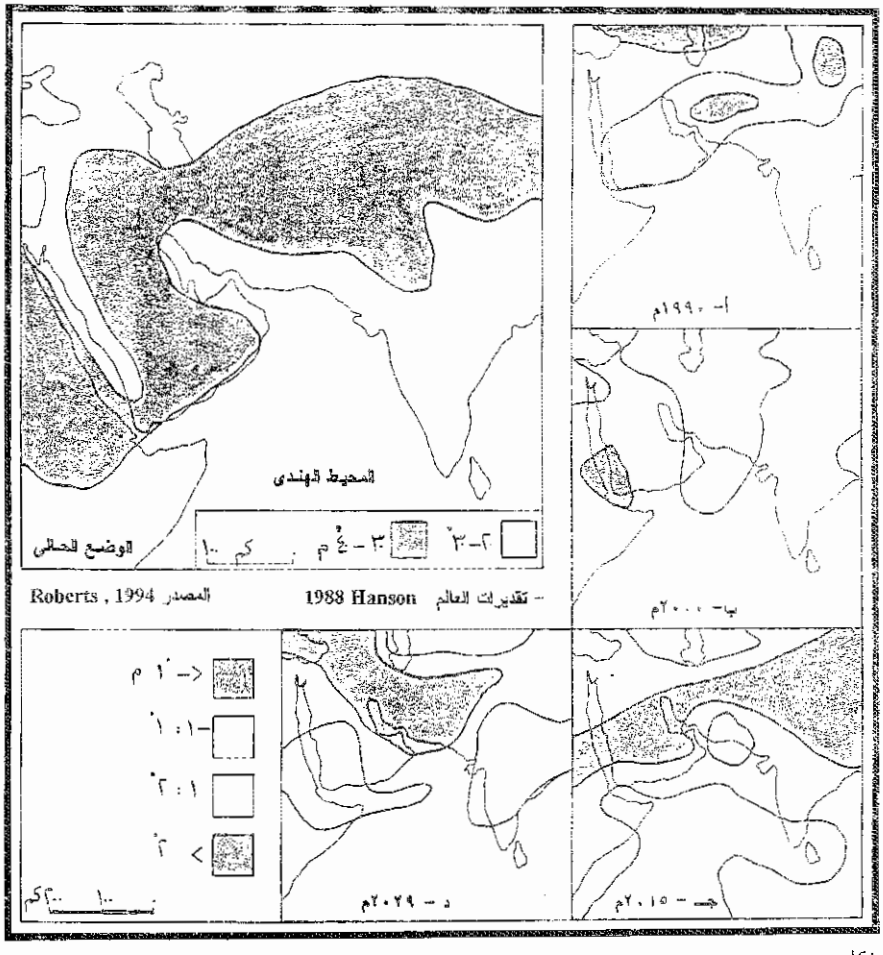
وقد اختلف نصيب شبه الجزيرة العربية من هذا الدفء العالمى المتوقع من سنة إلى أخرى خلال شهر يوليه ، فقد يتراوح بين درجة ودرجتين مئويتين فى يوليو سنة ١٩٩٠م على منطقة الخليج العربى ووسط وجنوب شبه الجزيرة العربية ، وينخفض إلى أقل من درجة واحدة على شمالها ، وقد ارتفع فى ايران وأفغانستان وسواحل بحر قزوين إلى أكثر من درجتين مئويتين ، ويقل فوق المحيط الهندى ليتراوح بين جزء من الدرجة ودرجة واحدة مئوية (شكل ٦٨– أ)

---

[١] وقد أثبت أيضاً صحة هذه النتائج سنة ١٩٨٩ عدد من العلماء الذين يؤكدوا أن الدفء العالمى قد بدأ فعلاً منذ صيف ١٩٨٨م . وأن الارتفاع المحتمل فى درجة حرارة الغلاف الجوى يتراوح بين ١,٥ – ٤,٥ درجة مئوية حتى عام ٢٠٧٥م (Cunningham. 1992. P . 331) .

[٢] ويؤكد ذلك صحة ظاهرة الاكتناز الحرارى التى تسهم فيها الولايات المتحدة الأمريكية ودول أوربا والاتحاد السوفيتي والصين والهند والبرازيل بنسبة ٢١% و ١٤% و ٧% و ٤% و ٤% لكل منها على التوالى ، وتسهم باقى دول العالم بنسبة الـ ٣٦% الباقية (Sellers , 1948. P. 57)

[٣] وقد وضع التوزيع الجغرافي لهذا التغير العالمى فى الحرارة أثناء شهر يوليو خلال عدد من السنوات هى ١٩٨٦ و ١٩٨٧ و ١٩٩٠ و ٢٠٠٠ و ٢٠١٥ و ٢٠٢٩ م ، وحدد المعدل العالمى لارتفاع الحرارة لكل سنة منها فى ٠,٢ و ٠,٣ و ٠,٥ و ٠,٦ و ١.٠ و ١,٥ درجة مئوية على التوالى .



شكل ٦٨ التوزيع الجغرافى للتغير المحتمل فى درجة الطبقة السطحية للهواء

فى شهر يوليو ١٩٨٨ مقارنة بشهر يوليو سنة ١٩٥٨م

ويتراوح ارتفاع درجة الحرارة بين درجة ودرجتين مئويتين سنة ٢٠٠٠ م فى نطاق واسع يشمل الخليج العربى وجنوب شرق شبه الجزيرة العربية وبحر العرب ويمتد نحو الشمال حتى الدائرة القطبية الشمالية ، ويتراوح بين جزء من الدرجة ودرجة مئوية واحدة فى باقى أجزاء شبه الجزيرة العربية وشرق البحر المتوسط (شكل ٦٨ ب) .

وترتفع درجة الحرارة فى جهات واسعة من العالم خلال سنة ٢٠١٥م لأكثر من درجتين مئويتين كما هو الحال فى معظم أجزاء شبه الجزيرة العربية وشرق أفريقيا ونطاق عرضى متسع فى وسط آسيا (شكل ٦٨ - جـ) وترتفع درجة الحرارة لأكثر من درجتين فى شرق شبة الجزيرة العربية وإيران وشرق البحر والمتوسط وشرق أوروبا حتى بولندة خلال سنة ٢٠٢٩م ٠بينما ترتفع فى وسط شبه الجزيرة العربية والمحيط الهندى بمقدار يتراوح بين درجة واحدة ودرجتين ، ويقتصر ارتفاعها على درجة واحدة فى جنوب غرب شبه الجزيرة العربية وسواحل البحر الأحمر (شكل ٦٨ - د) .

هذا وإن كان تضاعف كمية ثانى أكسيد الكربون (بوصفه نائباً عن مختلف غازات الاحتباس الحرارى) في الغلاف الجوى قد لا يؤدى حتماً إلى تغير النظام العالمى للحرارة في مختلف طبقات الجو ، إلا أنه بالضرورة سيؤدى إلى تدفئة طبقاته السفلى [1] في حين تصبح طبقاته العليا أبرد ، ويعنى ذلك وجود

---

[1] يرى البعض أن ارتفاع تركيز ثانى أكسيد الكربون قد يكون أدى فعلاً إلى ارتفاع درجة حرارة طبقة التروبوسفير ، ولكن زيادة محتوى الهواء من الغبار (الذى يعكس جزءاً كبيراً من الاشعاع الشمسى) قد أدى فى ذات الوقت إلى برودة هذه الطبقة ، بمعنى أن الدفء الناتج عن ثانى أكسيد الكربون قد عادلته جزئياً البرودة الناتجة عن الغبار (Mccornick , 1967 . p . 1358) ويربط أصحاب ذلك الرأى بين ارتفاع درجة التعكير الأتموسفيرى Atmospheric Turbidity وبين ارتفاع درجة الغيوم والسحب ، ومن ثم الألبيدو الجوى ، فتنخفض درجة حرارة النظام الجوى/ الأرضى Earth – Atmospheric System ويستدل هؤلاء على صحة ذلك من العلاقة الطردية (الغير كمية) بين الأتربة الأتموسفيرية وتكون الجليد .(مصيلحى ، سنة ١٩٩٤ . ص ٣٢) .

اختلافات حرارية بين طبقات السفلية (طبقة التروبوسفير) وتلك العلوية (طبقة الاستراتوسفير خاصة تحت تأثير استنزاف الأوزون الأستراتوسفيرى المسئول عن ارتفاع حرارتها) ، ويتبع ذلك حدوث اضطرابات جوية شديدة وزيادة فى فترات حالات عدم الاستقرار (Bryson , 1977 . p. 144) . كما يؤثر ذلك فى الدورة الهوائية العامة وتكوين السحب والتساقط [1] والغطاءات الجليدية ، إذ أن التوزيع العام للحرارة على كوكب الأرض هو مفتاح طقس ومناخ هذا الكوكب (Kellogg, 1978. P . 39) [2] .

ويربط بعض العلماء بين التغيرات الحرارية المرتقبة سواء إن كانت بالارتفاع أو بالانخفاض [3] يتغير فى الطاقة الشمسية Spolar Energy الذى يحدث بصفة دورية كل احدى عشرة سنة ، أو بدورات الشمس المغناطيسية Solar Magnetic Cycle التى تحدث كل أثنين وعشرين عاماً . كما يربطها البعض بتغيرات مدار الأرض حول الشمس فيما يطلق عليه دورات

---

[1] يؤدى الدفء العالمى إلى زيادة معدلات التبخر من المسطحات المائية وبالتالى زيادة غطاء السحب خاصة فى الأجزاء الساحلية من المناطق المدارية فسهم فى احتفاظها إلى حد كبير بدرجات حرارتها الحالية فى المستقبل ، بينما تحدث التغيرات الحرارية الواسعة فى العروض العليا وكذلك المناطق الداخلية من القارات (Roberts, 1994. P . 330) .

[2] يرى بعض علماء الأقيانوغرافيا (علم دراسة البحار والمحيطات) أن الدفء العالمى سيؤدى إلى ارتفاع مستوى البحر بمقدار متراً واحداً وربما أكثر خلال القرن القادم نتيجة التمدد الحرارى وحده ، ويرى البعض أن ذوبان ثلوج قارة أنتاركتيكا ربما يتبعه ارتفاع منسوبة بمقدار ٣٠ متراً فى حالة ذوبان جليدها بأكمله . وحينئذ ستغرق أغلب المدن الساحلية ، وسيؤثر ذلك فى مساكن وأعمال ومصالح نصف سكان العالم (Cunningham , 1992. pp 331) .

[3] قد أظهر التوزيع الجغرافى لمتوسط تغير حرارة طبقة التروبوسفير وفق توقعات العالم هانسن Hansen سنة ١٩٨٨ أن هناك بعض مناطق ستنخفض درجة حرارتها مستقبلاً مقارنة بوضعها الحالى كنتيجة للتغيرات الطبيعية فى المناخ (Roberts, 1994. P . 111) .

ميلانكوفيتش[1] Milankovitch Cycles نسبة إلى العالم الذى أكتشفها سنة ١٩٢٠ م . ويرجعها البعض أيضاً إلي اختلاف ذاوية دوران القمر حول الأرض كل ثمانى عشرة سنة وستة شهور تقريباً (Cunningham, 1992. P. 339) . كما يربطها البعض الآخر بالدورة الطبيعية لدرجة حرارة الهواء وتغيرها من الارتفاع إلى الانخفاض كل ١٨٠ سنة ، وقد اعتمد هؤلاء على أن درجة حرارة الغلاف الجوى قد أخذت فى الارتفاع منذ عام ١٨٨٠ م ، ثم انخفضت بداية من عام ١٩٤٠ م ، لترتفع ثانية حتى الوقت الحاضر . (المعتاز ، سبتمبر سنة ١٩٨٧ . ص ٨٣) .

٢ - التغير فى كمية التساقط ورطوبة التربة :

هذا ولا يتوقف تأثير ظاهرة الاكتناز الحرارى المصاحب لارتفاع تركيز الغازات الإشعاعية النشطة على التغير فى درجة حرارة طبقة التروبوسفير ، بل يمتد إلى التأثير فى كمية التساقد وفصيلتها وتوزيعها الجغرافى . ويعد التغير فى كمية التساقط أحد أخطر الآثار الناتجة عن هذه الظاهرة لما لها من تأثير متعدد الجوانب فى التوزيع الجغرافى للمحاصيل كميا ونوعياً ، وينعكس ذلك بالضرورة على مدى إمكانية توفير الغذاء لمجابهة الزيادة المطردة فى سكان العالم .

---

[1] وهذه الدورات تمثل التغيرات التى تحدث فى محور الأرض وقد حددها فى : ميل محور الأرض : ويبلغ فى الوقت الحالى ٢٣,٥ درجة عن الاتجاه الرأسى ، وتتردد درجة ميل المحور بين ٢١,٥ و ٢٤,٥ درجة ثم العكس كل ٤١ ألف سنة ، ويتبع ذلك تباين فى درجة حرارة نصفى الكرة وكلما زادت ذاوية هذا الميل تشتد حرارة الصيف وبرودة الشتاء . شكل مدار الأرض : يتمدد مدار الأرض ليصير أهليجا أقل تركز ثم يعود إلى شكله الدائرى تقريباً على مدى ١٠٠ ألف سنة . ويتبع ذلك أيضاً تباين فى درجة حرارة نصفى الكرة الأرضية نتيجة التغير فى كمية الإشعاع الشمسى الساقط على دوائر العرض المختلفة (مصيلحى ، سنة ١٩٩٤ ، ص ١٩) .

وقد استخدمت ثلاث هيئات حكومية [1] أحد النماذج العددية للمناخ وهو نموذج AGCM الذى يعبر عن الدورة العامة للغلاف الجوى Atmospheric General Circulation Model بهدف إظهار المتغيرات العالمية المرتقبة فى كمية التساقط [2] . وقد أظهرت النماذج الثلاث UKMO , GFDL , CCC أن أضخم التغيرات فى كمية التساقط تحدث بصفة عامة فى العروض المدارية وشبة المدارية بين دائرتى عرض ٣٠ شمالاً وجنوباً .

ويتوقع نموذج CCC انخفاض فى كمية التساقط خلال شهور فصل الشتاء فى شبة الجزيرة العربية (باستثناء الربع الخالى) وسواحل البحر الأحمر وشرق البحر المتوسط وحتى حدود بحر قزوين [3] (شكل ٦٩ أ) .

ويضيق نطاق انخفاض كمية التساقط بصفة عامة فى نموذج GFDL مقارنة بنموذج CCC إذ يقتصر فى هذا النموذج على الحدود الغربية لشبة الجزيرة العربية وسواحل البحر الأحمر ومصر العليا وشمال السودان وكذلك بلاد الشام وشبة القارة الهندية (شكل ٦٩ – ب)

ويتوقع نموذج UKMO أن تنخفض كمية التساقط فى شبة الجزيرة العربية ووسط آسيا والبحر المتوسط وجنوب أوروبا وكذلك بحر العرب والبحر الأحمر (شكل ٦٩ – ج) .أما بالنسبة لمعدل التغير فى كمية التساقط خلال شهور فصل الصيف[4] فيتوقع نموذج CCC أن يتراوح بين (١ – ٢ ملليمتر/يومياً)

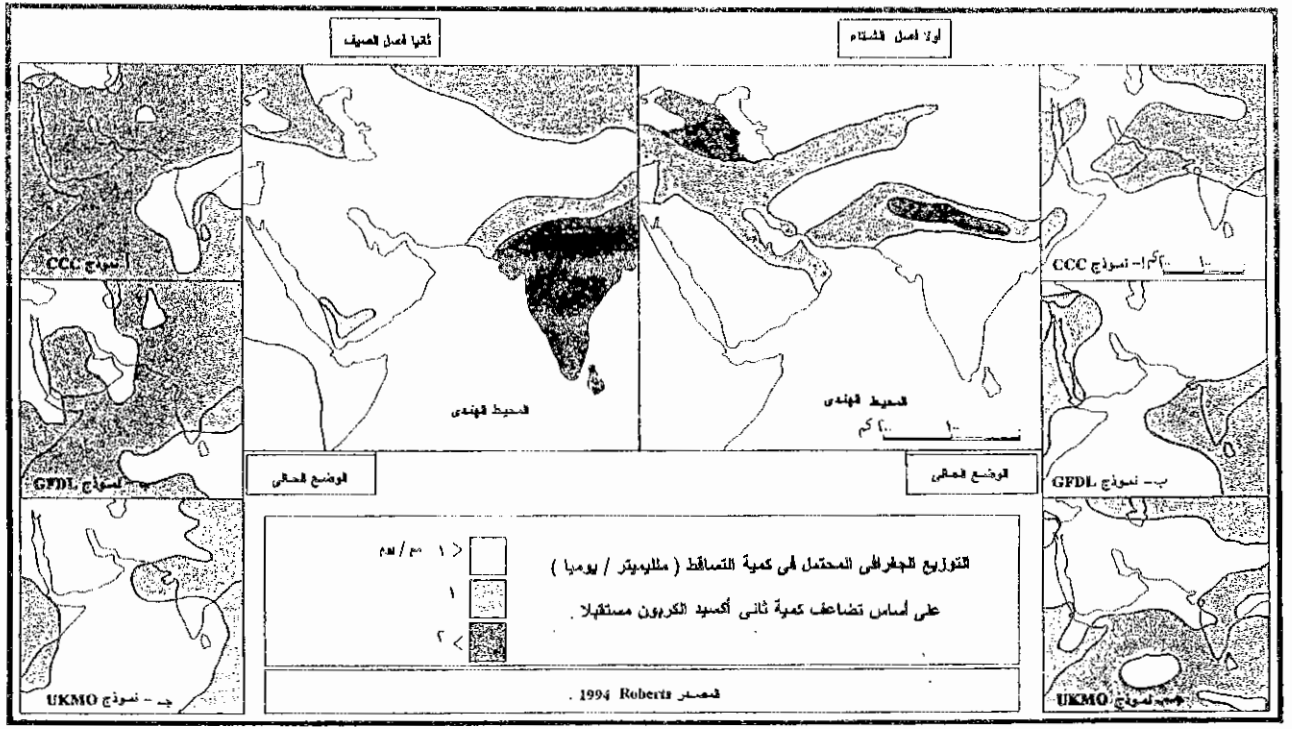
---

[1] أعدت الهيئات الحكومية نماذج للمناخ وسميت بذات أسمائها وهي : (Roberts , 1994 . pp 115) المركز الكندى لدراسة المناخ Canadian Climate Center (CCC) معمل فلويد للمتغيرات الجيوفيزيائية Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) المركز البريطانى للأرصاد الجوية UK Meteorological Office (UKMO) .

[2] تحسب هذه النماذج معدل التغير فى كمية التساقط بالملليمترات يومياً ، وتبنى على أساس الفرق بين كمية ثانى أكسيد الكربون حالياً وتضاعف كمياته مستقبلاً .

[3] يتوقع هذا النموذج معدل زيادة عالى منخفض فى تغير كمية التساقط مقارنة بالنموذجين الآخرين .

[4] يقصد بها شهور فصل الصيف فى نصف الكرة الشمالى (يونية – يولية – أغسطس) ويقابلها شهور فصل الشتاء الشمالى أيضاً (ديسمبر – يناير – فبراير) .


أولا فصل الشتاء
ثانيا فصل الصيف
المحيط الهندى
الوضع الحالى
أ- نموذج CCC
ب- نموذج GFDL
جـ- نموذج UKMO
التوزيع الجغرافى المحتمل فى كمية التساقط (ملليمتر / يوميا)
على أساس تضاعف كمية ثانى أكسيد الكربون مستقبلا .
المصدر Roberts 1994 .

شكل ٦٩

وإيران وأفغانستان وشرق البحر المتوسط وسواحل البحر الأحمر ومصر والسودان (شكل ٦٩ - أ) .

ويتوقع نموذج GFDL انخفاض فى كمية التساقط فى نطاقات واسعة من العالم من بينها شرق شبة الجزيرة العربية وإيران وسواحل البحر المتوسط والصحراء الكبرى الإفريقية وكذلك جنوب ووسط أوروبا ، ولعل أهم ما يميز هذا النموذج توقعاته بزيادة كمية التساقط فوق شبه القارة الهندية (بتأثير الرياح الموسمية صيفاً) بمعدل ملليمترين يومياً ، فى حين أنه لم يتجاوز فى أى منطقة أخرى من العالم ملليمترا واحداً/يومياً فى أى من النماذج الثلاث (شكل ٦٩ ب).

ويتسع النطاق المعرض للجفاف فى النموذج UKMO ليشمل معظم المناطق الداخلية من القارات والمحيطات والبحار المدارية (شكل ٦٩ - ج) .

ويذكر هنا ، أن التوزيع الإقليمي للتغيرات المتوقعة فى كثافة الدورة الهيدرولوجية العالمية يعتمد على تأثير التغذية الإسترجاعية المركبة للعديد من المدخلات البيئية Environmental Inputs التى لم تبحث تفصيلياً حتى الوقت الحاضر ، ولذا لم تتفق نماذج المناخ فى تحديد توزيعها الاقليمى [1] وكذا إمكانية التنبوء بحدودها القصوى . (Roberts , 1994 , p . 124) .

ويرتبط بالتغيرات العالمية المرتقبة فى كمية التساقط تغير فى رطوبة التربة Soil Moisture عند استخدام نماذج المناخ ، ويتوقع كل من نموذج UKMO , GFDL أن يزيد جفاف التربة فى معظم أجزاء العالم باستثناء الهند وبنجلاش وبورما خلال فصل الصيف الشمالى للصين ، بينما يتوقع النموذج CCC أن تزيد رطوبة التربة فى شبة القارة الهندية والسواحل الشرقية للصين وشمال استراليا ، ويتسع نطاق زيادة رطوبة التربة خلال شهور فصل الشتاء فى أمريكا الشمالية ، وكينيا وتنزانيا بقارة أفريقيا ، وذلك وفق تقديرات نموذج

---

[1] تتوقع مثلاً بعض نماذج المناخ بأن نطاق الذرة فى أمريكا الشمالية سيصبح أكثر جفافاً قياساً بوضعها الحالى ، بينما تتوقع أخرى أن ذات النطاق سيصبح أكثر رطوبة مستقبلاً .(Cunningham. 1992. p. 331)

CCC ويتوقع نموذج GFDL أن تزيد رطوبة التربة فى نطاق واسع من أمريكا الشمالية وشمال أوروبا ، بينما يتسع هذا النطاق فى قارة آسيا والسواحل الغربية لأمريكا الشمالية ووسط استراليا فى النموذج UKMO . هذا ولم يتغير الوضع فى شبه الجزيرة العربية شتاء ، إذ تتوقع النماذج إستمرار جفاف التربة كما الحال صيفاً .

خلاصة الفصل :

يمكن القول بأنه على الرغم من الاختلاف بين النماذج العددية للمناخ فى درجة الدفء العالمى المرتقب على المستوي الإقليمي ، إلا أنه سيصيب منطقة الدراسة خلال شهور فصل الصيف ، كما قد اختلفت النماذج العددية حول تقدير التغير فى كثافة الدورة الهيدرولوجية ، إلا أنها تتفق فى انخفاض كمية التساقط شتاء على المستوى المحلى ، ومن ثم ينعكس ذلك فى زيادة جفاف التربة خلال شهور الشتاء كما هو الحال خلال شهور الصيف أيضاً .

هذا ومهما اختلفت نتائج نماذج المناخ وتعددت آراء علماء المناخ والطبيعة الجوية حول تحديد مساهمة غازات الاكتناز الحرارى فى إحداث الدفء العالمى المرتقب ، فإن أوجه النشاط البشرى يتبعها بدرجة أو بأخرى خلل فى النظام الحيوى نتيجة المدخلات الناجمة عن سوء استغلاله لمعطيات البيئة الطبيعية التى ينتج عنها مخرجات (وحدات الإخراج) تؤثر سلبياً فى صحته وقدرته على الاستمتاع بمعطيات الحياة ، فضلاً عن تهديدها لموارده الحيانية والعمر الإفتراضى لمنشأته الحضارية ، وعلى أية حال ، فإنه يجب الإسراع فى محاولة خفض تركيزات غازات الاكتناز الحرارى التى تلوث الغلاف الجوى سواء ثبت دورها فى إحداث تغيرات مناخية علمية من عدمه .