الاحتباس الحراري

د.م. سفيان التل (*)

يعمل الغلاف الجوي للكرة الأرضية بشكل طبيعي ومتوازن لكي يحتفظ بالحرارة اللازمة، التي تكفل بقاء الحياة واستمرارها على سطح هذا الكوكب. وقد استمر هذا التوازن آلاف السنين، ولولا هذه الحماية التي يوفرها الغلاف الجوي إزاء موجات الصقيع الكوني لانقرضت الأحياء على هذا الكوكب. وهكذا يقوم الغلاف الجوي بدور البيت البلاستيكي أو الزجاجي الذي تنمو فيه النباتات، ومن هنا جاء مصطلح ظاهرة البيوت الزجاجية أو ظاهرة الدفيئة[1].

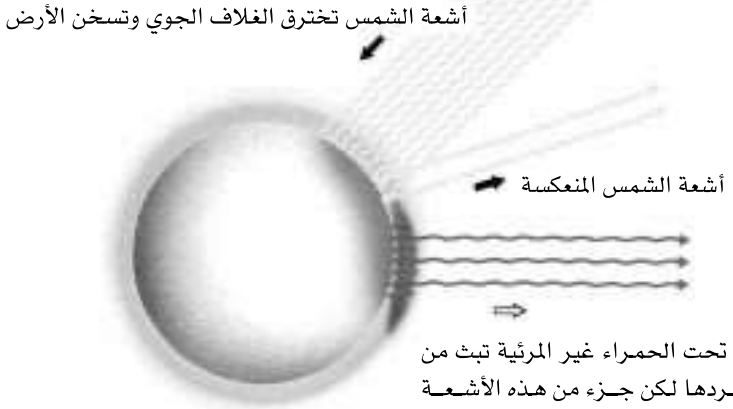
وعندما تسطع الشمس على سطح هذا الكوكب تبث طاقة كهرومغناطيسية وجسيمات مشحونة؛ فتستقبل الأرض وما عليها جزءا منها. لكن سطح الأرض الدافئ يعيد إشعاع الطاقة نحو الفضاء على شكل موجات حرارية طويلة الطول الموجي. وخلال هذه العملية تقوم بعض الغازات، التي سميت بالغازات النذرة أو غازات الدفيئة[2]، بامتصاص واحتجاز جزء من الموجات الحرارية في أثناء ارتدادها إلى الفضاء (انظر الشكل 1). ولا يؤدي الغازان الرئيسان في الغلاف الجوي (الأكسجين، الذي يشكل 21%، والنيتروجين، الذي يشكل 78%) أي دور في هذه العملية. ويبقى الدور الفعال في احتجاز الموجات الحرارية للغازات الأخرى، التي تشكل بمجموعها نسبة 1% فقط، ومنها الغازات النذرة، وهي غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وغاز الميثان وأكسيد النيتروز والمواد الكلورية الفلورية الكربونية والأوزون والغازات الأخرى، وهي بهذا تؤدي دورا يفوق نسبتها، إذ إنها تحتجز الموجات الحرارية التي تضمن استمرار الحياة على كوكب الأرض[3].

(*) مستشار دولي في شؤون البيئة - المقرر العام الأسبق لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، المملكة الأردنية الهاشمية.

تقول النظرية: «إنه كلما زاد تركيز غازات الاحتباس الحراري في الهواء فإن الإشعاع المستقبل عند مستوى الأرض لا ينخفض انخفاضا ملحوظا، في حين ينخفض انخفاضا كبيرا فقد الإشعاع الحراري من اليابسة وسطوح الماء إلى الفضاء، وتكون النتيجة وجود فائض من الطاقة المتاحة عند مستوى الأرض، ومن ثم ارتفاع درجة حرارة هواء السطح»[4].

ولولا تأثير الاحتباس الحراري الطبيعي بفعل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء لانخفضت درجة حرارة سطح الأرض بمقدار 33 درجة مئوية عن مستواها الحالي، أي لهبطت إلى ما دون مستوى تجمد الماء. وعلى الرغم من هذه الأهمية لغاز ثاني أكسيد الكربون في سيناريو استمرارية الحياة على سطح كوكب الأرض، فإن نسبته إلى مجموع غازات الغلاف الجوي لا تتجاوز 0.035% (أي أن كل مائة ألف جرام من مكونات الغلاف الجوي تحتوي على 35 جراما من ثاني أكسيد الكربون)[5].

وكان الاعتقاد السائد أن ثاني أكسيد الكربون هو غاز الاحتباس الحراري الوحيد، غير أن البحوث التي أجريت في السبعينيات والثمانينيات من القرن الماضي كشفت عن غازات أخرى لديها خصائص شبيهة بخصائص غاز ثاني أكسيد الكربون، في ما يتعلق باحتجازها الموجات الحرارية. ومن بين هذه الغازات أكسيد النيتروز والميثان والكلور فلوركربون وأوزون الثويوسفير[6].



الأشعة تحت الحمراء غير المرئية تبث من الأرض وتبردها لكن جزء من هذه الأشعة تقتنص بواسطة غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي وتعمل كمحافظ للحرارة.
المصدر: **Global Climate Change**

الشكل (١): أشعة الشمس وطاقتها تخترق الغلاق الجوي وتسخن سطح الأرض، ويبدأ سطح الأرض بإشعاع الطاقة حيث ينفذ جزءا منها إلى الفضاء ويحتبس جزءا آخر بواسطة غازات الاحتباس الحراري وتعمل على تسخين الأرض

الشكل (1) - المصدر المرجع الرقم (24)

الشكل (٢): رسم نموذجي عن مفعول الدفيئة الطبيعي - المصدر: تغير المناخ 2007

غازات الدفيئة

1 - ثاني أكسيد الكربون

يوجد غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بصورة طبيعية، وينتج أيضا عن النشاطات البشرية المختلفة من مثل حرق الوقود الأحفوري والكتلة الحيوية، فضلا عن التغيرات في استخدام الأراضي وغيرها من العمليات الصناعية. ويعد ثاني أكسيد الكربون هو غاز الدفيئة الرئيس البشري المنشأ، الذي يؤثر في التوازن الإشعاعي للأرض، وهو يستخدم كغاز مرجعي في احتساب معامل الاحترار لغازات الدفيئة الأخرى، وبذلك فإن له إمكان احترار عالمي قيمتها 1 (7).

وقد عرف العلماء تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون في المناخ منذ أكثر من قرن، ولكن الاهتمام بهذا الغاز من منظور أثره في الاحترار العالمي زاد أخيرا عندما بدأت الظواهر تشير إلى أن الأنشطة البشرية، التي تتزايد يوما بعد يوم، يمكن أن تزيد من نسبته في الغلاف الجوي، وبذلك تتسبب في ارتفاع درجة حرارة الأرض. ومع ارتفاع درجة حرارة الأرض تنتج اختلالات جذرية تمس دورات طبيعية أخرى لموارد الأرض، فينعكس ذلك اختلالا في مقومات استمرارية الحياة على ظهر البسيطة. ويكفي أن نشير في هذا المضمار

إلى انعدام الحياة على كوكبي المريخ والزهرة؛ نظرا إلى ارتفاع درجة حرارة سطحيهما بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري الناجمة عن ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للكوكبين (تبلغ نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي لكوكبي المريخ والزهرة 96% و 98%على التوالي).

ولا بد من الإشارة في هذا الصدد إلى أن غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي للأرض ينتج بكميات كبيرة من بعض العمليات الطبيعية، إذ تطلق الكائنات الحية منه ما يقارب مائة ألف مليون (100.000 مليون) طن سنويا عن طريق التنفس، وعندما تتحلل النباتات تطلق ما بين ألفين وخمسة آلاف مليون (2000 و5000 مليون) طن سنويا، إلا أن هذه الكميات من الغاز المنبعث تستهلكها النباتات الخضراء في عملية التمثيل الضوئي، التي تعتبر عاملا أساسيا في بقاء الحياة، ولولاها لما أمكن للسلسلة الغذائية أن تكتمل حلقاتها، كما أن المسطحات المائية تمتص نسبة من غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلقة. ونتيجة لعوامل الإنتاج الطبيعي لغاز ثاني أكسيد الكربون وعوامل الاستهلاك تبقى النسبة الطبيعية لهذا الغاز في حدودها الطبيعية (0.035%)، لتدعم مقومات الحياة على سطح كوكب الأرض، ومن بينها المعدلات المناسبة لدرجة حرارة سطح الأرض، ونسبة المسطحات المتجمدة، ومستوى ارتفاع المسطحات المائية.

لكن النشاطات البشرية المتزايدة بدأت تخل بهذا التوازن الطبيعي لنسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، فعملية حرق الوقود الأحفوري تطلق كميات إضافية هائلة من ثاني أكسيد الكربون، تقدر بحوالي 5 مليارات طن سنويا، وتبقى نسبة تتراوح بين 40 و60 في المائة من هذا الغاز في الجو، بينما تعمل الأحواض الطبيعية والبحار والمحيطات على امتصاص البقية الباقية، وقد ساهمت عملية تدمير الغابات وتدمير كثير من النباتات الأخرى في الإخلال بهذا التوازن أيضا. وتقدر بعض الدراسات أن إزالة الغابات في المناطق الاستوائية قد تؤدي إلى إطلاق ما بين 310 و1300 مليون طن كربون سنويا، كما أن تحويل تربة الغابات إلى استخدامات أخرى يطلق ما بين 110 و250 مليون طن إضافي. ويمكن القول إن تدمير الغابات والمراعي والآثار الناجمة عن الترسب الحمضي يمكن أن يطلقا كمية إضافية تقدر بـ 1600مليون طن سنويا. وتختلف التقديرات في هذا المجال وفق سيناريوهات مختلفة لاستعمال الوقود وأحوال الغابات، وقد تصل إلى 7500 مليون طن عام 2050.

وتشير توقعات البيئة العالمية 2 عام 2000 والكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2003[9] [11] إلى أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وصلت إلى مستوى جديد قارب أن يبلغ 23900 مليون طن بزيادة 400 مليون طن على مستويات عام 1995، وتساوي هذه النسبة 4 أضعاف الانبعاث الكلي عام 1950. أما التقديرات المتوقعة لعام 2030 فتشي بأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تتراوح بين 10 و30 مليار طن من الكربون في السنة.

وحتى يتمكن العلماء من المقارنة بين تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو خلال عصور مختلفة، لجأوا إلى الكتل الثلجية المتجمدة؛ فاقتنصوا الهواء المحصور في الفجوات في الأنهار الجليدية، لمعرفة نسبة ثاني أكسيد الكربون في العصر الجليدي المتأخر، أي قبل 18 ألف سنة، فكانت 200 جزء بالمليون بالحجم. أما مرصد مونالاوا في هاواي فقد بدأ قياسات ثاني أكسيد الكربون منذ عام 1958، وظهرت الزيادة بمقدار 315 جزءا بالمليون بالحجم، وأخذت بالارتفاع سنة بعد أخرى لتبلغ 5% سنويا[9] (انظر الشكل 3).

وتجدر الإشارة إلى أن تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الجو تتوقف على الكميات المنبعثة من الوقود الأحفوري، وعلى مصدر الطاقة من حيث نوعه وكميته، وعلى كمية الانبعاثات من مصادر حيوية، وتتوقف كميته أيضا على معدل إزالة الغابات والتغيرات التي تطرأ على الغطاء النباتي مستقبلا، كما تتوقف على معدل إزالته عن طريق المصافي الطبيعية المختلفة، وتشير تقديرات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إلى أنه إذا ظلت معدلات الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون التي يتسبب فيها الإنسان عند معدلها الحالي فسوف يزيد ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي حتى يتراوح بين 460 و560 جزءا في المليون وفق الحجم بحلول عام 2100 [10]. ويوضح الجدول (1) الزيادات التي طرأت على غاز ثاني أكسيد الكربون منذ العصر الجليدي المتأخر وحتى التوقعات في عام 2100.

أما إذا وصلت هذه النسبة إلى ما بين 800 و1000 جزء في المليون فسوف ينهار الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي شمال الأطلسي، الذي سنتحدث عنه لاحقا[12].

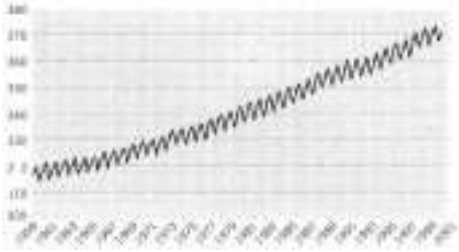
ويوضح الجدول (1) والشكل (4) تزايد ثاني أكسيد الكربون منذ بدء القياسات وحتى تقديرات نهاية القرن مجمعة من مصادر مختلفة.

الجدول (1): تزايد ثاني أكسيد الكربون في الجو

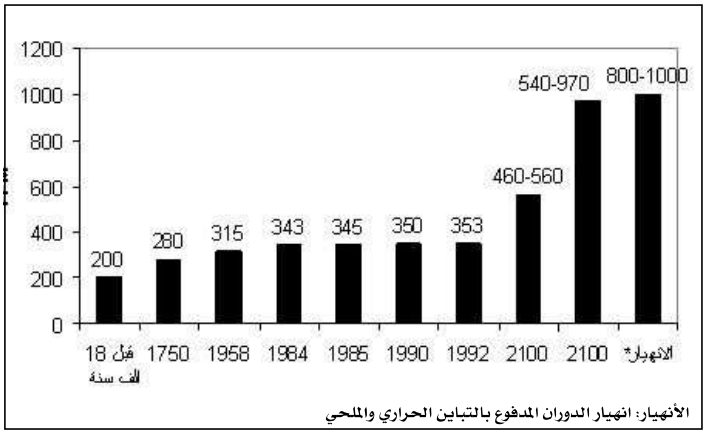
الفترة الزمنية	جزء من المليون بالحجم	المرجع
العصر الجليدي المتأخر قبل 18 ألف سنة	200	(3)
قبل الثورة الصناعية عام 1750	280	(3) (2)
1958	315	(3) (2)
1984	343	(2)
1985	345	(3)
1992	353	(13)
1998	365	(15)
1999	367	(14)
التوقعات عام 2100	560 - 460	(13)
توقع نماذج دورة الكربون 2100	970 - 540	(14)
انهيار الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي شمال الأطلسي	1000 - 800	(12)

المصدر: سفيان التل

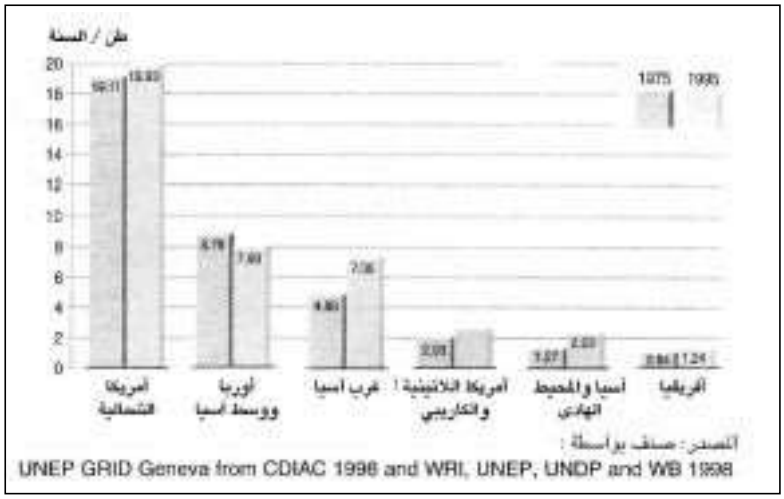
ويمكن القول إن غاز ثاني أكسيد الكربون قد زاد في الغلاف الجوي منذ عام 1750 بنسبة 31%، علما أن هذه النسبة لم يتم تجاوزها خلال الأعوام الأربعمائة والعشرين ألفا الماضية. ومعدل الزيادة لم يسبق لها مثيل خلال العشرين ألفا الماضية على الأقل. (انظر الشكل 3 والشكل 4).



الشكل (3) تركيز ثاني أكسيد الكربون وفق قياسات مرصد مونا لاو في هاواي (جزء من المليون في الحجم)



الشكل رقم (4): تزايد أكسيد الكربون في الجو جزء من المليون



الشكل (5) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للفرد الواحد

ويمكن أن تؤثر التغيرات في استخدام الأراضي[13] (مثل إعادة التشجير وزراعة الغابات مثلا) في خفض نسبة تركيز هذا الغاز، فلو افترضنا أنه يمكن إعادة كل الكربون الذي أطلق حتى اليوم عن طريق تشجير الأرض، لأمكن خفض تركيز هذا الغاز بما يتراوح بين 40 و70 جزءا بالمليون، أي إعادته تقريبا إلى ما كان عليه قبل الثورة الصناعية عام 1750 [14].

2 - الميثان [15]

«ينتج الميثان بواسطة البكتيريا اللاهوائية الموجودة في الظروف التي ينعدم فيها الهواء في النظم الأيكولوجية الطبيعية للأراضي الرطبة وحقول الأرز، وفي أمعاء الحيوانات المجترة والخالية من الأكسجين، وفي أمعاء النمل الأبيض والحشرات المستهلكة للخشب ومقالب القمامة. ويتراوح التدفق السنوي من هذا الغاز إلى الجو بين 400 و600 مليون طن سنويا» ويزول ما نسبته 90% من الميثان المنبعث في الجو عن طريق الأكسدة، ويبقى ما نسبته 10% محمولا في الهواء. وتسهم نظم الأراضي الرطبة في إطلاق يتراوح بين 100 و150 مليون طن سنويا، إلا أن ذلك يتأثر بدرجة حرارة التربة والهواء والرطوبة ومقدار المواد العضوية وتكوينها والنباتات. وتعتبر الأراضي الرطبة ضمن الدائرة القطبية الشمالية مصدرا مهما لهذه الغازات؛ إذ تسهم بنصف التدفقات على الصعيد العالمي، أما حقول الأرز فتقدر انبعاثاتها بين 100 و110 ملايين طن سنويا، وتسهم زراعة الأرز في الصين بنصف هذه الكمية. ولهذا فقد ارتفعت انبعاثات غاز الميثان من 75 مليون طن عام 1950 إلى 115 مليون طن عام 1980، كما أن إنتاج الحيوانات المنزلية من الميثان يقدر بحوالي 74مليون طن سنويا، بينما يقدر إنتاج النمل الأبيض بين 15 و 150مليون طن سنويا[16].

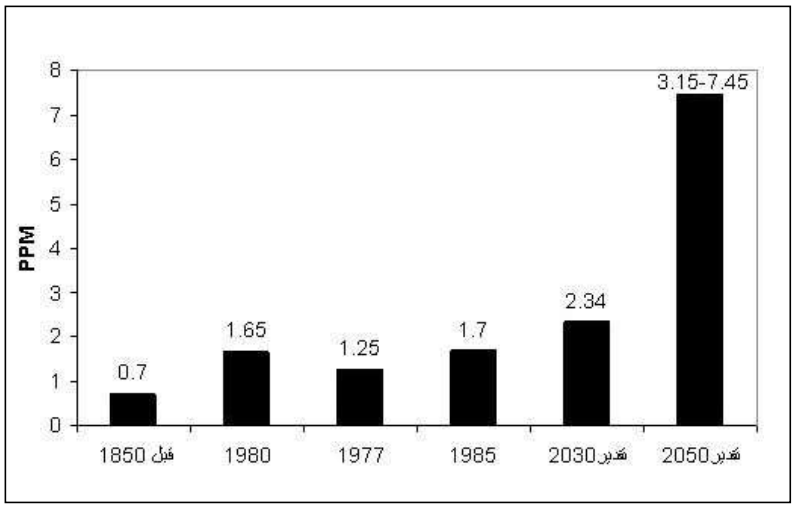
وازدادت تركيزات الميثان بمعدل 151% منذ عام 1750، وهي لا تزال في ازدياد، ولكنها لم تتجاوز تركيزات الميثان في الغلاف الجوي خلال السنوات الأربعمائة والعشرين ألفا الماضية[17].

الجدول (2): تركيز الميثان في الجو

السنة	جزء في المليون بالحجم
قبل عام 1850	0.07%
1980	1.65 في نصف الكرة الشمالي 1.55 في نصف الكرة الجنوبي
1977	1.25 على النطاق العالمي
1985	1.70 على النطاق العالمي
تقدير 2030	2.34 على النطاق العالمي
تقدير 2050	3.15 - 7.45 على النطاق العالمي

المصدر: سفيان التل

ويشير الجدول (2) والشكل (6) إلى تركيز الميثان في الجو وتقديراته حتى 2050 مجمعة من مصادر مختلفة.



الشكل (6): تركيز الميثان في الجو (جزء في المليون)

3 - أكسيد النيتروز[18]

ينتج أكسيد النيتروز طبيعيا عن العمليات الميكروبيولوجية التي تتم في التربة والمياه. وتسهم عمليات حرق الكتلة الحيوية والوقود الأحفوري في انبعاثات أكسيد النيتروز أيضا. وتقدر هذه الانبعاثات بـ 30 مليون طن سنويا، ينسب ربعها إلى النشاطات البشرية المختلفة، بينما تتحمل العمليات الطبيعية الثلاثة أرباع الأخرى.

وتشير قياسات أكسيد النيتروز في الهواء إلى أنه كان عام 1970، 289 جزءا لكل مليار من حيث الحجم، وزاد في عام 1985 إلى 304 أجزاء لكل مليار من حيث الحجم، وتزداد هذه الأرقام بما يتراوح بين 0.2 و0.3 في المائة سنويا.

وهناك خلاف في الرأي بشأن دور زيادة استخدام المخصبات النيتروجينية في الزراعة أو زيادة عملية إزالة الغابات والتغيرات في أنماط استخدام الأرض، ففي حين يرى البعض أنها لا تسهم إسهاما ذا بال، يرى آخرون (تقرير اللجنة العلمية المعنية بمشكلات البيئة 1986) أن استخدام المخصبات يزيد انبعاثات أكسيد النيتروز إلى الجو. وقدر التقرير هذه الانبعاثات ما بين 600 و2300 طن من النيتروجين سنويا، وقُدّرت الانبعاثات من زيادة الأراضي المزروعة بين 200 و600 طن نيتروجين سنويا، وهناك تقديرات تقول إن نسبة تركيز أكسيد النيتروز في الجو ستصل إلى 375 لكل مليار من حيث الحجم عام 2030، وقد يصل إلى 446 جزءا لكل مليار من حيث الحجم عام 2050 [19] (انظر الشكل 7).

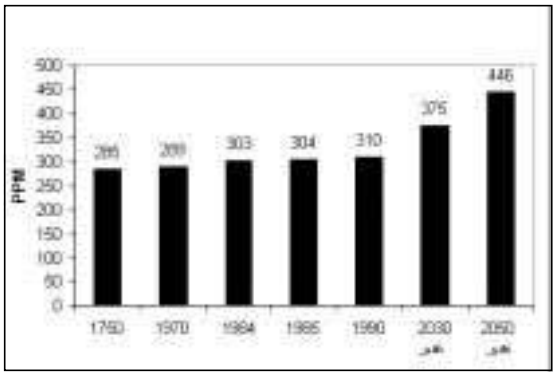
وقُدّرت زيادة تركيز أكسيد النيتروز في الغلاف الجوي منذ عام 1750 بـ 16%(20).

ويبين الجدول (3) قياسات وتقديرات أكسيد النيتروز في الجو من عام 1750 وحتى عام 2050.

الجدول (3): قياسات وتقدير أكسيد النيتروز في الجو

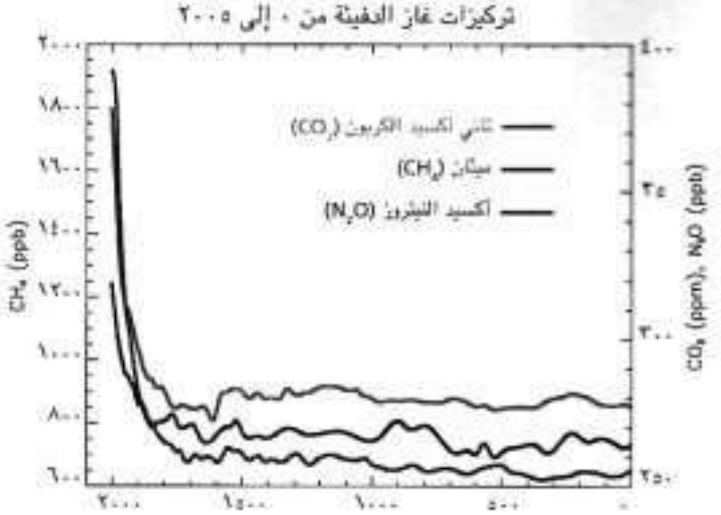
السنة	جزء لكل مليار من حيث الحجم
قبل عصر الصناعة 1750	285
1970	289
1984	303
1985	304
1990	310
تقدير 2030	375
تقدير 2050	446 - 392

المصدر: سفيان التل



الشكل (7): أكسيد النيتروز في الجو (جزء في المليون)

ونشير في هذا الصدد إلى أن الأرقام الواردة في الجدول رقم 3 والشكل رقم 7ينتهي القياس بها عند عام 1990، أما ما بعد ذلك فكان مجرد تقديرات، غير أن تقرير تغير المناخ لعام2001 (المرجع 15) أشار إلى أنه تم رصد انخفاض في تركيزات أكسيد النيتروز بما نسبته 50% في معدل الزيادة السنوية منذ عام 1991 - 1993.



تركيزات غازات الدفيئة المعمرة في الغلاف الجوي خلال الألفي عام الماضية ازدادت هذه الغازات منذ العام ١٧٥٠، وهي تنسب إلى النشاط الإنساني في الحقبة الصناعية، يعبر عن وحدة قياس التركيز بالجزء في المليون أو المليار، ويدل هذا القياس على عدد جزيئات غاز الدفيئة في المليون أو المليار جزيئة على التوالي في عينة من الغلاف الجوي (المعلومات تم تجميعها وتلخيصها من الأقسام ٢ و٦ من التقرير) المصدر: تقرير تغيير المناخ ٢٠٠٧

4 - الكلوروفلوركربون

كانت تدفقات المواد الكلورفلوركربونية، خاصة المادتين 11 و12 خلال نصف القرن الماضي تنبعث في الجو من مصادر صناعية. وقدرت الانبعاثات السنوية لكل من هاتين المادتين بحوالي 400000 طن، وكانت التركيزات (قبل إقرار بروتوكول مونتريال ودخوله حيز التنفيذ عام 1989) تزداد بسرعة كما تشير القياسات والتوقعات في الجدول (4)، إلا أن التقديرات في ضوء تنفيذ بروتوكول مونتريال تراجعت إلى ما يقارب 700 جزء لكل تريليون من حيث الحجم للمادة 11، كما تراجعت إلى ما يقارب 1400 جزء لكل تريليون من حيث الحجم للمادة 12 [21]، (انظر الشكلين 8 و9).

ويمكن القول إن بروتوكول مونتريال كان من أنجح الاتفاقيات البيئية حيث عمل على الأقصاء التدريجي للمواد المستنفدة لطبقة الأزون وتأمين المواد البديلة، وتم رصد الأموال اللازمة لدعم الدول النامية لمساعدتها على التخلص من المواد المستنفدة لطبقة الأوزون، ويسير برنامج التخفيض بحيث يتم تخفيض 35%بحلول عام 2015، و65% بحلول عام 2020، و99.5% بحلول عام 2030، مع السماح باستعمال 0.5% في بعض الخدمات حتى عام 2040.

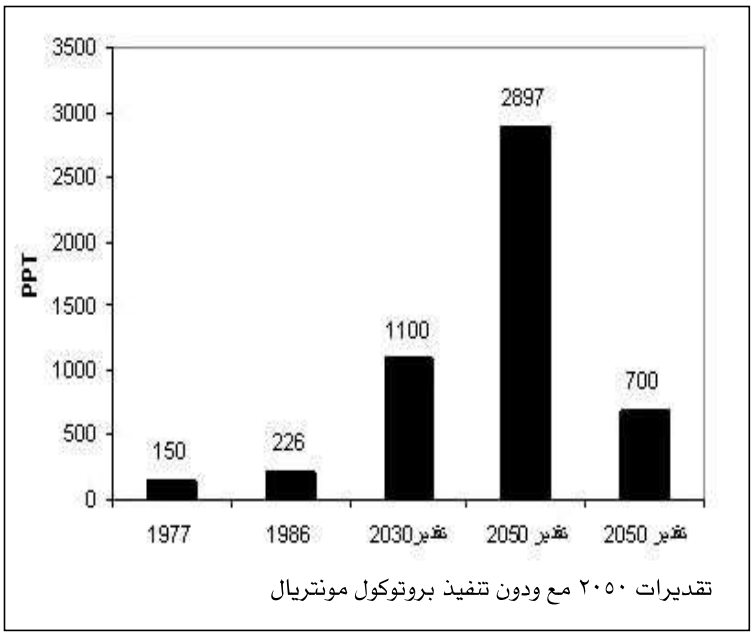
الجدول (4):

قياسات وتقديرات المواد الكلوروفلوركربونية

المادة رقم 11		
السنة		جزء لكل تريليون بالحجم
1977		150
1986		226
2030	تقدير	1100
2050	تقدير	2897 - 1379
2050	تقدير بعد تنفيذ بروتوكول مونتريال	700

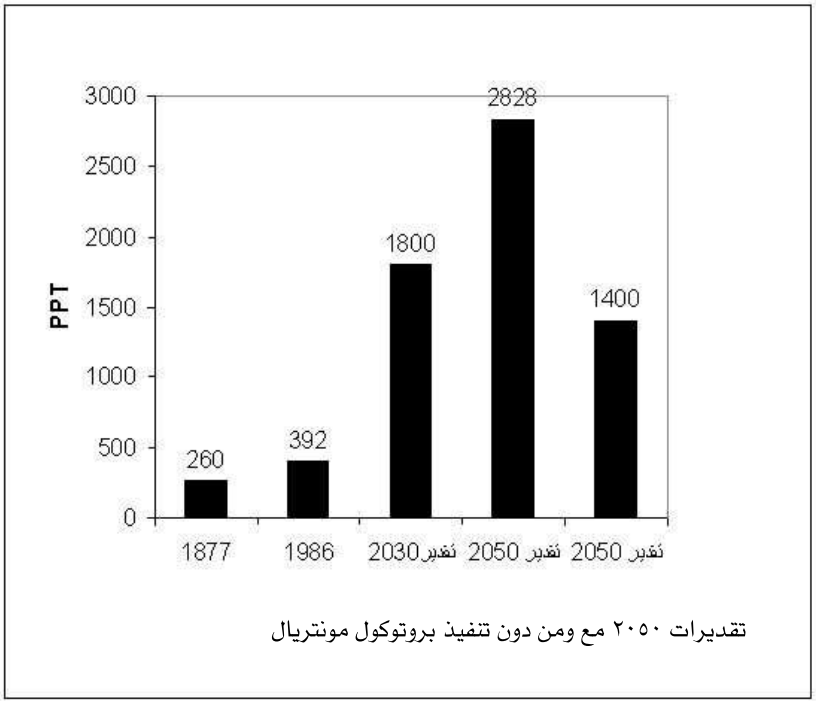
المادة رقم 12		
السنة		جزء لكل تريليون بالحجم
1977		260
1986		392
2030	تقدير	1800
2050	تقدير	2828 - 2359
2050	تقدير بعد تنفيذ بروتوكول مونتريال	1400

المرجع: سفيان التل



الشكل (٨): المواد الكلوروفلوروكربونية (مادة ١١)

المصدر: سفيان التل



الشكل (٩) : المواد الكلوروفلوروكربونية مادة ١٢

الجدول (5): أمثلة على غازات الدفيئة المتأثرة بالأنشطة البشرية [استنادا إلى الفصل 3 والجدول 4 - 2]

	CO2 ثاني أكسيد الكربون	CH4 الميثان	N20 أكسيد النتروز	CFC-11 كلوروفيل الكربون	HFC-23 الهيدروفورو كربون	CF4 البرفلورو ميثان
تركيز ما قبل العصر الصناعي	نحو 280 جزءا من المليون	700 جزء من البليون	نحو 270 جزءا في البليون	صفر	صفر	40 جزءا في التريليون
تركيز 1998	365 جزاء من المليون	1745 جزءا من البليون	314 جزءا في البليون	268 جزءا في الطن	14 جزءا في الطن	80 جزءا في الطن
معدل التغيير في التركيب (ب)	1.5 جزء في المليون/سنة (أ)	7.0 أجزاء من البليون/سنة (أ)	0.8 جزء في البليون/سنة	1.4- جزء في الطن/سنة	0.55 جزء في الطن/سنة	1 جزء في الطن/سنة
البقاء في الغلاف الجوي	5 إلى 200 سنة (ج)	12 سنة (د)	114 سنة (د)	45 سنة	260 سنة	أقل من 50000 سنة

(أ) تراوح المعدل بين 0.9 جزء في المليون و2.8 جزء في المليون سنويا، وبين صفر و13 جزءا في المليون سنويا بالنسبة إلى الميثان خلال الفترة من 1990 إلى 1990.

(ب) وفق المعدل للفترة من 1990 إلى 1999.

(ج) لا يمكن تحديد عمر واحد مفرد لثاني أكسيد الكربون لاختلاف معدلات الامتصاص من خلال مختلف عمليات الإزالة.

(د) حدد هذا العمر باعتباره «فترة تكيف» تراعي التأثير غير المباشر للغاز في وقت وجوده الخاص.

المصدر: تغير المناخ 2001 الأساس العلمي

الأوزون والغازات الأخرى

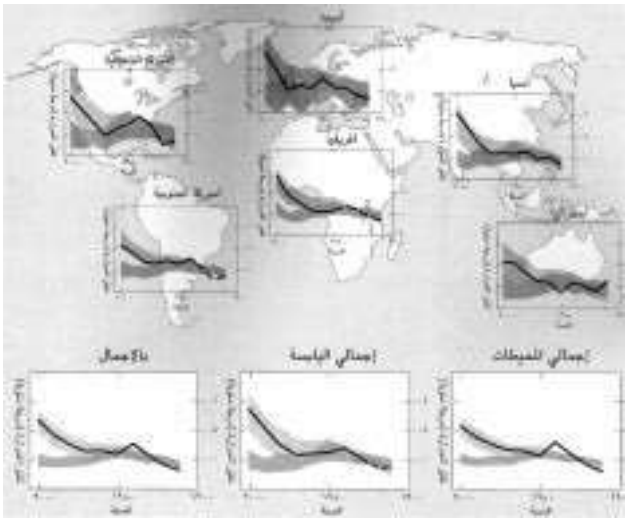
يتفاعل الأوزون مع الغازات النذرة (الفعالة) مما يعقد إسهامه في الاحتباس الحراري، وكثير من هذه الغازات لا يمتص الأشعة تحت الحمراء، ولذلك لا يعتبر من غازات الاحتباس الحراري بالمعنى الدقيق. غير أن هذه الغازات تتفاعل بطرق تسبب إنتاج غازات أخرى أو تدميرها، ولذا فإنها تستطيع أن تؤثر بصورة غير مباشرة في تغيير درجة حرارة سطح الأرض، أما الغازات الفعالة المنتشرة في الجو فمنها أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات غير الميثانية وأكاسيد النيتروجين، والنشادر، ومركبات الكبريت النذرة وكثير من هذه الغازات يتفاعل مع الأوزون بطرق مركبة[22].

تأثير الاحتباس الحراري في درجة حرارة الأرض

على الرغم من أن تأثير الاحتباس الحراري معروف منذ أكثر من قرن لكن الخشية من أن تؤدي زيادة نسب غازات الدفيئة إلى رفع درجة حرارة العالم، لم يستشعرها أحد إلا في الستينيات من القرن العشرين. ويتوقف أثر الغازات النذرة في مدى تأثير الاحتباس الحراري في الكميات التي تنطلق منها، وعلى مستوى تركيزها الصافي في الغلاف الجوي ومدة بقائها فيه، بالإضافة إلى تأثيرها الإشعاعي[23].

ونشير في هذا السياق إلى ما ورد في تقرير التقييم الثاني، فقد قدرت الزيادة المتوقعة في درجات الحرارة بين 1.00 و3.5 درجة مئوية، وفق ما جاء في السيناريوهات الستة التي وضعتها الهيئة الحكومية الدولية لتغير المناخ عام 1992، أما الزيادة المتوقعة في متوسط درجة حرارة الهواء السطحي فقدرت بما يتراوح بين 1.4 و5.8 درجة مئوية خلال الفترة الممتدة من عام 1990 إلى عام 2100. وقد تم استُخلفت هذه التوقعات من السيناريوهات الخمسة والثلاثين، التي وردت في التقرير، استنادا إلى العديد من نماذج المناخ[24] المعنية بتغير المناخ، وهناك سجل لدرجات الحرارة اطول مدى ويخضع لتفحص أوثق، وقد أُعيد تشكيل البيانات المناخية الخاصة بالأعوام الألف السابقة (الشكل 10والشكل 11)، وتشير أيضا إلى أن هذا الاحترار كان غير عادي ومن غير المرجح أن يكون طبيعيا كليا في أساسه. وفي ضوء القرائن الجديدة وبعد مراعاة جوانب عدم اليقين، من المرجح أن يكون معظم الاحترار المرصود خلال الأعوام المائة والخمسين الماضية ناجما عن زيادة تركيزات غاز الدفيئة[25].

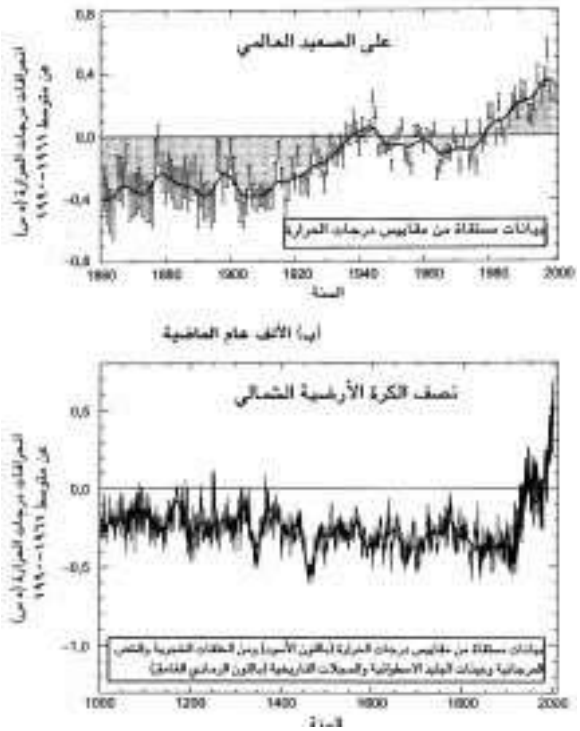
ويشير الشكل(12) إلى نسبة ما يتحمله كل غاز من غازات الدفيئة من الارتفاع الذي كان متوقعا في درجات الحرارة، البالغة 3 درجات مئوية.



الشكل رقم (10) التغييرات في درجات الحرارة وفق المعدل من 1905 - 1950 (درجة مئوية) في قارات الأرض

المصدر: تغير المناخ ٢٠٠٧

التغيرات في درجات الحرارة بحسب المعدل من العام ١٩٠١ إلى العام ١٩٥٠ (درجة مئوية) من قرن إلى قرن من العام ١٩٠٦ إلى العام ٢٠٠٥ في قارات الأرض، فضلا عن الكرة الأرضية كلها ومنطقة الأرض العالمية والمحيط العالمي (الصور الأدنى). يشير الخط الأسود إلى تغير في درجة الحرارة المرصودة، فيما تشير الأشرطة الملونة إلى المعدل الذي غطى ٩٠٪ من محاكاة النماذج الأخيرة. يشير اللون الأحمر إلى المحاكاة التي تضم العوامل البشرية والطبيعية فيما يشير اللون الأزرق إلى المحاكاة التي تضم العوامل الطبيعية فحسب، وتشير الخطوط السوداء إلى العقود والمناطق القارية التي لا تحظى بمراقبات كبيرة، من الممكن إيجاد الوصف المفضل لهذا الرسم والمنهجية المتبعة في تصميمه في المادة الإضافية في الملحق ٩ ت



التغيرات الطارئة على درجة حرارة سطح الأرض خلال:

(أ) المائة والأربعين عاما الماضية

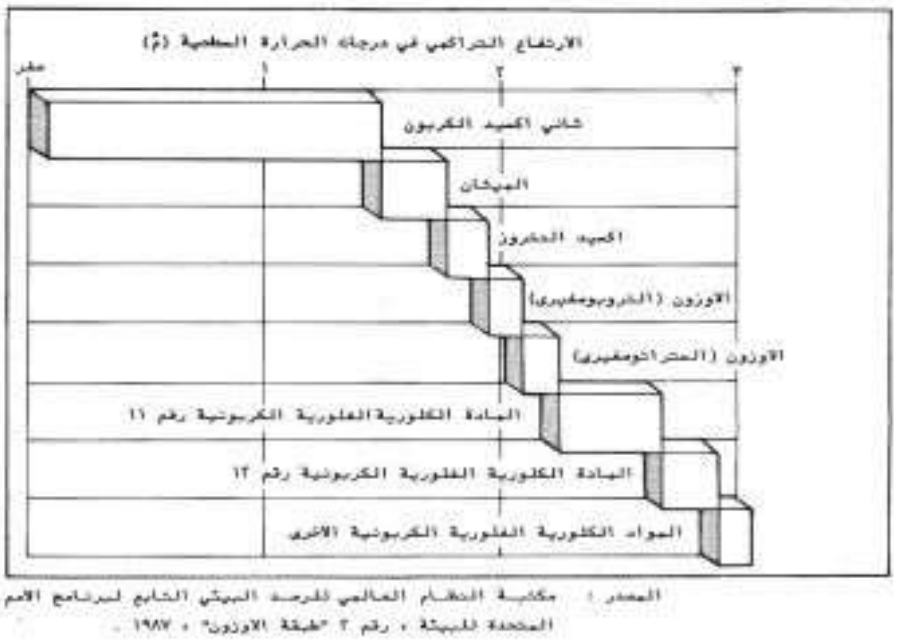
الشكل (١١)

المصدر: تغير المناخ ٢٠٠١ - التقرير التجميعي - ملخصات تقارير الأفرقة العاملة

الشكل (١) التغيرات الطارئة على درجة حرارة سطح الأرض خلال المائة والأربعين عاما الماضية والألفية الماضية

(أ): ترد درجات حرارة سطح الأرض على أساس سنوي (الأعمدة الحمراء) وعلى أساس كل عقد (الخط الأسود، وهو منحنى سنوي صافي يتلافى التقلبات التي تقل عن المستويات الزمنية العقدية)، وهناك عدم يقين فيما يتعلق بالبيانات السنوية (الأعمدة السوداء الرفيعة تمثل ٩٥٪ من نطاق الثقة) نتيجة للفجوات في البيانات والأخطاء وعدم اليقين العشوائية الناجمة عن الأجهزة، وعدم اليقين في التصويبات المتحيزة في بيانات درجة حرارة سطح البحر وكذلك المواءمات لمراعات التوسع العمراني على الأرض، وأفضل التقديرات خلال المائة والأربعين عاما الماضية والألف عام هي أن متوسط درجة حرارة سطح العالم قد زادت بنحو ٠,٦ + ٠,٢ ٥٠س.

(ب): وعلاوة على ذلك، فإن الاختلافات من سنة لأخرى (المنحنى الأزرق) ومتوسط خمسين عاما (المنحنى الأسود) في متوسط حرارة سطح الأرض في نصف الكرة الأرضية الشمالي خلال الألف عام الماضية أعيد بناؤها من بيانات «غير مباشرة) تم تكبيرها مقابل بيانات أجهزة قياس درجة الحرارة (أنظر قائمة البيانات غير المباشرة في الشكل)، ويمثل نطاق الثقة البالغ ٩٥٪ في البيانات السنوية (اللون الرمادي)ﷺ، ويزيد عدم اليقين هذا في الازمنة البعيدة، وهو أكبر من سجل الأجهزة نتيجة لاستخدام البيانات التقريبية المتفرقة نسبيا، ومع ذلك فإن معدل ومدة الاحترار في القرن العشرين هما الأكبر بكثير من أي قرن من القرون التسعة السابقة، كما أنه من المرجح (٧) أن التسعينيات كانت أشد العقود حرارة وعام ١٩٩٨ أشد السنوات حرارة في الألفية (استنادا الى ١ - الفصل الثاني، الشكل ٢ - ٧ج، و٢ - الفصل الثاني الشكل ٢ - ٢٠).

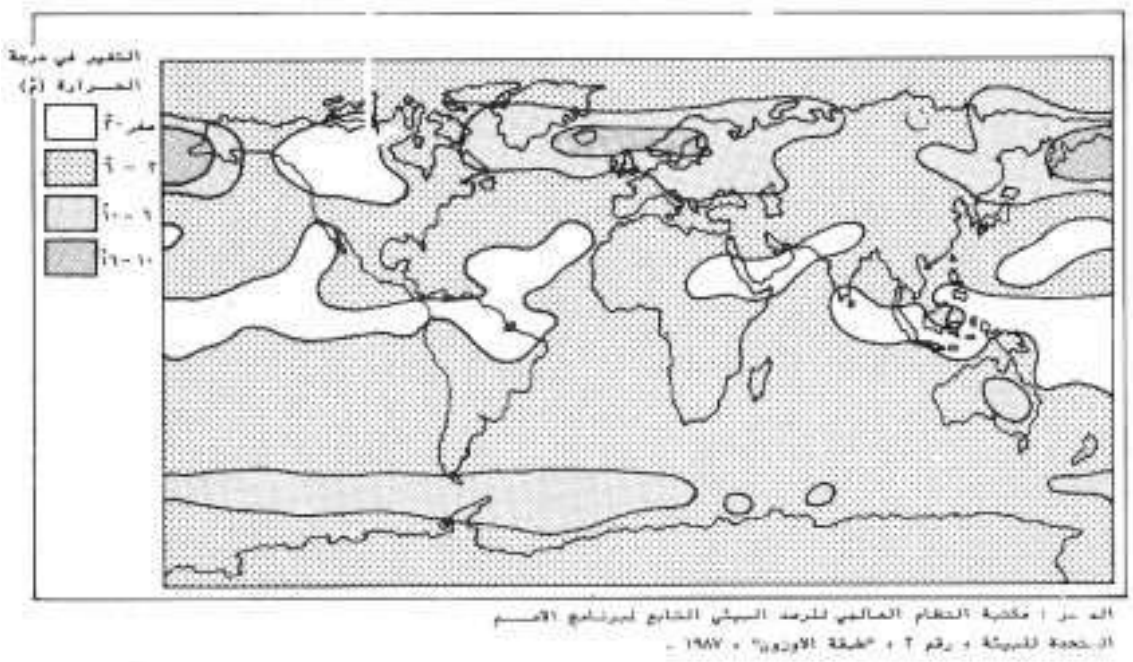


المصدر: مكتب النظام العالمي لقرصة البيئي التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، رقم ٣ "طبقة الأوزون"، ١٩٨٧.

الشكل (12): الارتفاعات المتوقعة في درجة الحرارة بفعل زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون وغيره من غازات الاحتباس الحراري بحلول عام 2030، ويبلغ الارتفاع المتوقع نحو ٣م، ولا يسبب ثاني أكسيد الكربون ذاته سوى ما يقرب من نصف هذا الارتفاع

تأثير الاحتباس الحراري في المناخ

تشير السيناريوهات التي وضعتها اللجنة الدولية المعنية بتغير المناخ إلى أن الزيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون وغيره من الغازات النذرة أو غازات الاحتباس الحراري ستؤدي إلى تغيرات مناخية وبيئية مختلفة بعدة طرق لا يمكن الجزم بها بشكل دقيق ومفصل. لكن من المؤكد أن حرق الوقود الأحفوري وبعض المواد الكيميائية يؤدي إلى تغيرات في مناخ العالم[26]. وقد عقد كل من برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP، والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، والمجلس الدولي للاتحادات العلمية مؤتمرا مشتركا وقَدَّرَ هذا المؤتمر أن تراكم ثاني أكسيد الكربون والغازات النذرة الأخرى في الجو سوف يؤدي إلى زيادة في المتوسط العالمي لدرجة حرارة السطح للجو، وقدرت هذه الزيادة بنحو 1.5 و4.5 درجة مئوية بحلول عام 2030. وسوف يصاحب هذا الارتفاع ارتفاع في مستوى سطح البحر ما بين 20 و140 سنتيمترا، وإلى تغيرات لا يمكن التنبؤ بها في أنماط سقوط المطر وإنتاج الغذاء. وبالإضافة إلى ذلك فإنه يعتقد أن عواقب هذه التغيرات المناخية على صحة الإنسان ستكون وخيمة، وإن لم يكن بالإمكان تحديد هذه المخاطر بشكل دقيق[27].

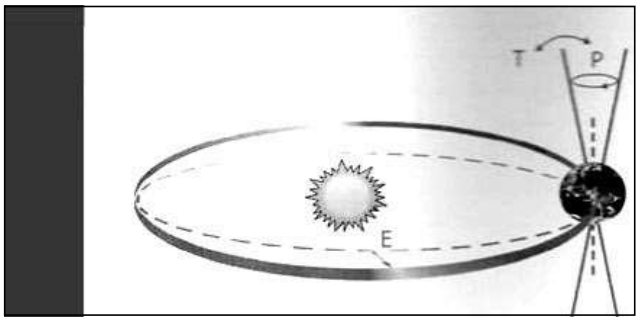


الشكل (12) : تغييرات في درجة الحرارة جرى التنبؤ بها استنادا الى نموذج جوي افترض فيه تركيز ثاني أكسيد الكربون. وقد ترتفع درجات الحرارة شتاء بما يتراوح بين ٦ و ١٠ في بعض اجزاء اوروبا الشمالية.

على الرغم من عدم وضوح الشكل (12)، الذي أعد قبل أكثر من عشرين عاما، لكن قيمته تكمن في أنه تنبأ بأن معدل درجات الحرارة في بعض المناطق الأوروبية سيرتفع إلى أكثر من عشر درجات مئوية، وهو ماحدث بالفعل (راجع بعض الأحداث الجوية المتطرفة في أوروبا في ما سيلي من صفحات البحث).

تغير المناخ

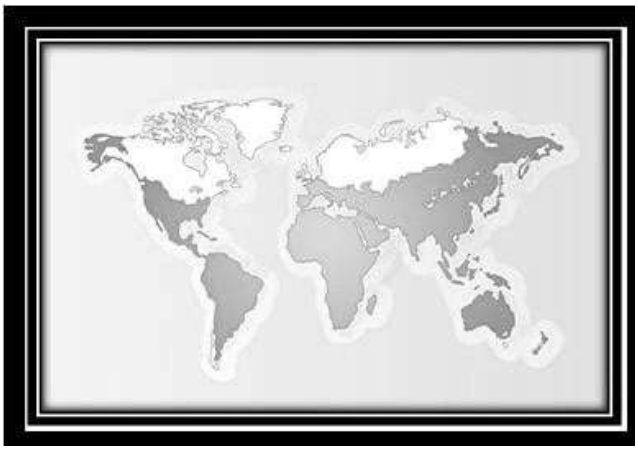
يشير مصطلح تغير المناخ إلى تغيرات مهمة من الناحية الإحصائية، إما في متوسط حالة المناخ، وإما في تقلبيته التي قد تستمر لفترة محدودة أوقد تمتد عقودا. وقد ينشأ تغير المناخ عن عمليات داخلية طبيعية أو تأثيرات خارجية أو عن تغيرات بشرية المنشأ، ترتبط بتغيير نسب مكونات الغلاف الجوي أو استخدام الأراضي. ويلاحظ أن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ عرَّفت في مادتها الأولى تغير المناخ بأنه: «تغير المناخ يعزى بصورة مباشرة أو غير مباشرة إلى نشاط بشري يفضي إلى تغيير في مكونات الغلاف الجوي العالمي، بالإضافة إلى التقلبية الطبيعية للمناخ، على مدى فترات زمنية متماثلة». وهكذا فإن هذه الاتفاقية تفرق بين «تغير المناخ»، الذي يعزى إلى نشاطات بشرية تفضي إلى تغيير في مكونات الغلاف الجوي والتقلبية المناخية «التي تعزى إلى أسباب طبيعية»[28].



السؤال ٦ - ١، الرسم ١، رسم حول التغيرات في حلقات الأرض (دورات ميلانكوفيتش) التي أدت إلى دور العصر الجليدي، T يدل على «الانحناء» في محور الأرض، E يدل على تغير الاختلاف المركزي للحلقة (بسبب التغيرات في المحور الصغير لشكلها البيضاوي)، P يدل على التغيرات في اتجاه إنحناء المحور في نقطة معينة من الحلقة.

المصدر رامسفورت وشالونبر ٢٠٠٧

ومن الأسئلة المطروحة في تقارير تغير المناخ 2007، الذي لم يحصل على الموافقة النهائية بعد، السؤال 6-1 وهو: ما الذي تسبب في العصور الجليدية والتغيرات المناخية قبل الثورة الصناعية؟ وتمت الإجابة عن هذا السؤال بأن التغيرات في ميزان الأرض الإشعاعي كانت السبب في ذلك. فقد نشأت العصور الجليدية وتلاشت في دورات طبيعية على مدى 3 ملايين سنة، وارتبطت هذه العصور بالتقلبات الدورية لحلقات ميلانكوفيتش. وتؤكد نماذج المناخ المركبة إمكان بدء العصر الجليدي بهذه الطريقة، وأنه خلال العصر الجليدي الأخير حصل أكثر من عشرين تبدلا مناخيا مفاجئا، ولكن هذا لا يعني أن التغير المناخي الحالي مرده طبيعي، وإنما هو عائد إلى مصادر بشرية المنشأ.



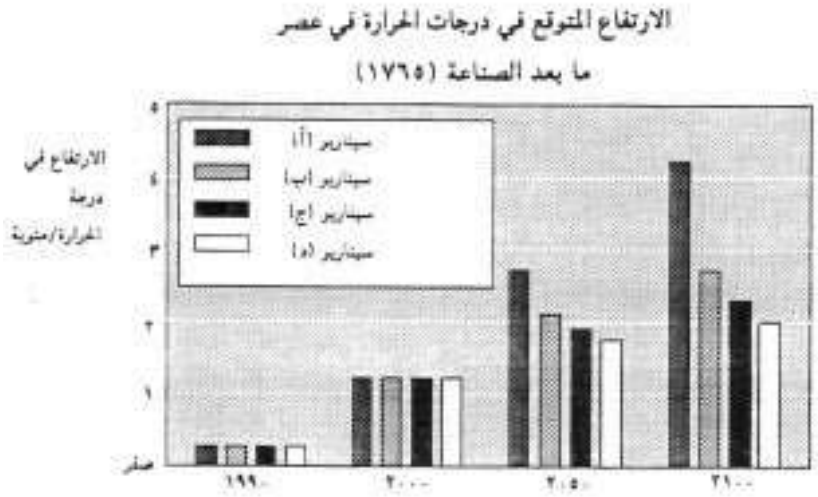
الشكل(15) : العصر الجليدي: الغطاء الجليدي يكسو روسيا وشمال أوروبا وبريطانيا وأيسلندا وكنداوشمال أمريكا. الفرق بيننا وبين العصر الجليدي خمس درجات

سيناريوهات تغير المناخ [29]

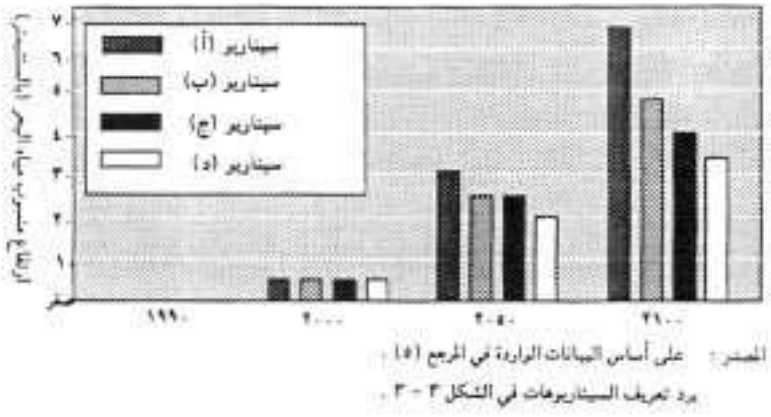
ليس من السهل الحديث عن الاحتباس الحراري من دون الحديث عن نتائج الاحتباس الحراري وتغير المناخ، وليس من السهل أيضا التنبؤ بالتغيرات المناخية وإجراء دراسة مباشرة للتأثير الناجم عن تراكم غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي. ولهذا الغرض وضعت خلال العقدين الماضيين عدة نماذج للمناخ على شكل صيغ رياضة تمثل الغلاف الجوي، بغية محاكاة التغيرات المناخية المحتملة في سياق سيناريوهات مختلفة. فتنبأ أول هذه التقديرات في أواخر الستينيات بأن تضاعف ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي سيؤدي إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة ما بين 1.5 و3 درجات مئوية. وقد أجريت بعد ذلك أكثر من 100عملية تقدير مستقلة لمتوسط زيادة درجة حرارة الأرض المحتملة، وجاءت معظم التقديرات في حدود تراوحت بين 1.5 و4.5، درجة مئوية، واتجه الرأي إلى أخذ 3درجات مئوية كمتوسط مقبول للزيادة في متوسط درجة حرارة سطح الأرض خلال القرن الواحد والعشرين.

وفي عام 1990 تنبأت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، بارتفاع متوسط درجة حرارة الأرض بنحو درجتين إلى خمس درجات خلال القرن الواحد والعشرين، واستندت الهيئة في هذا التنبؤ إلى افتراض أن معدلات انبعاث غازات الدفيئة ستظل عند مستوياتها في عام 1990م إذا لم يتخذ إجراء للحد من انبعاث غازات الاحتباس الحراري. ورغم ما تنبأت به الهيئة فإنها فضلت اعتماد زيادة بمقدار ثلاث درجات مئوية. ولعل من اللافت أن معدلات التغير هذه، لم يسبق لها مثيل طيلة عشرة آلاف سنة خلت [30].

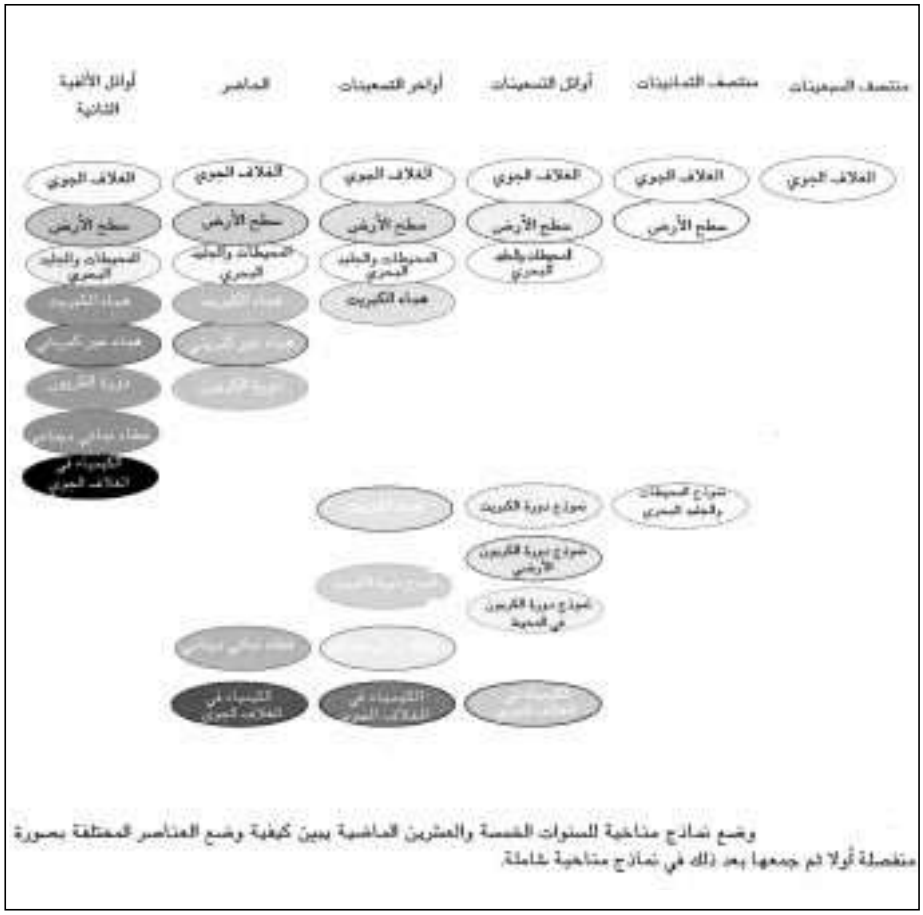
ويشير الشكل (16) إلى السيناريوهات الأربعة التي يتبنى كل منها عدة احتمالات تؤدي إلى ارتفاع في درجة الحرارة تختلف عما في السيناريو الآخر، في حين يشير الشكل (17) إلى انعكاس كل من هذه السيناريوهات على ارتفاع منسوب المياه، بينما يشير الشكل (18)، إلى تطور السيناريوهات خلال الفترة من منتصف السبعينيات إلى بداية الألفية الثانية.



الشكل (16) : سيناريوهات وضعها الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ.
سيناريو أ: استمرار العرض والطلب على الطاقة عند المستويات الحالية، الاتجاه إلى إزالة الغابات يستمر بمعدلاته الحالية، التزام جزئي فقط بنصوص بروتوكول مونتريال (الاستمرار عند المعدلات الحالية).
سيناريو ب: تؤدي تركيبة الطاقة إلى انخفاض الكربون الناجم عن حرق الوقود والغاز الطبيعي، طاقة ذات فاعلية أعلى للرجوع عن الاتجاه إلى إزالة الغابات، الامتثال التام لبروتوكول مونتريال.
سيناريو ج: التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة والنووية في النصف الثاني من القرن المقبل.
سيناريو د: التحول إلى الطاقة المتجددة والنووية في النصف الأول من القرن المقبل.



الشكل (17) : الارتفاع المتوقع في منسوب المياه



الشكل (18) : تطور نماذج المناخ في الماضي والحاضر والمستقبل

ناقوس الخطر الأول

كان مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة البشرية، المنعقد في استوكهلم يونيو عام 1972، ناقوس الخطر الأول الذي نبه العالم إلى المخاطر البشرية التي تلحق بالبيئة، وأن الإنسان هو الذي يصنع ويشكل بيئته التي تعطيه القوت وتمنحه الفرصة لتحقيق النمو الفكري والخلقي والاجتماعي والروحي.

ومما ورد في إعلان استوكهلم بشأن البيئة البشرية «لقد بلغنا مرحلة في التاريخ يتحتم علينا عندها أن نصوغ أعمالنا في جميع أنحاء العالم بمزيد من العناية المتحذرة، لما قد يترتب عليها من آثار بيئية. فمن خلال الجهل أو عدم الاكتراث يمكن أن نلحق ضررا بالغا لا رجعة فيه بالبيئة الأرضية التي تتوقف عليها حياتنا ورفاهنا. وعلى عكس ذلك يمكننا من خلال معرفة أكمل وعمل أكثر حكمة أن نحقق لأنفسنا ولأجيالنا المقبلة حياة أفضل في بيئة أكثر مسايرة للاحتياجات البشرية»[31].

رصد الأرض

اعتبر رصد الأرض المهمة الرئيسة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة من خلال توفير معلومات أوفى لصانعي القرارات ومديري البيئة، أملا في أن يفضي ذلك إلى اتخاذ إجراءات أكثر حكمة من قبل المجتمع العالمي. وعرف رصد الأرض بأنه: «عملية ديناميكية للتقييم البيئي المتكامل يمكن بواسطتها تعيين القضايا البيئية ذات الصلة وجمع البيانات اللازمة وتقييمها، لتوفير تقييمات بيئية موثوقة»[32].

بدأ تشغيل النظام العالمي للرصد البيئي على نطاق منظومة الأمم المتحدة بأسرها عام 1975، أي بعد ثلاث سنوات من مؤتمر استوكهلم مركزا على ثلاثة مجالات رئيسة هي: التلوث والمناخ والموارد الطبيعية المتجددة. وقد تم التوسع لاحقا ليشمل الرصد المتعلق بالصحة ونقل الملوثات بعيدة المدى ورصد المحيطات. وقد تمكن هذا النظام من الحصول على بيانات دقيقة توضح حالات واتجاهات البيئة والأسباب الكامنة وراء المشكلات البيئية[33].

ويشير الشكل (19) إلى خارطة العالم موزعة عليها مواقع محطات الرصد العالمية النشطة للمناخ العالمي. ومما يلاحظ أن الجزيرة العربية تخلو من محطات الرصد، ويبدو أن هناك محطتين في شمال البحر الأحمر واثنتين على شواطئ الأطلسي.

وقد تبلورت الأهداف الرئيسة للنظام العالمي للرصد البيئي على النحو التالي:

1 - الكشف عن التغيرات المهمة في البيئة.

2 - دراسة مستويات واتجاهات المؤشرات البيئية بغية اتخاذ قرار بشأن الإجراءات التصحيحية وتخطيطها.

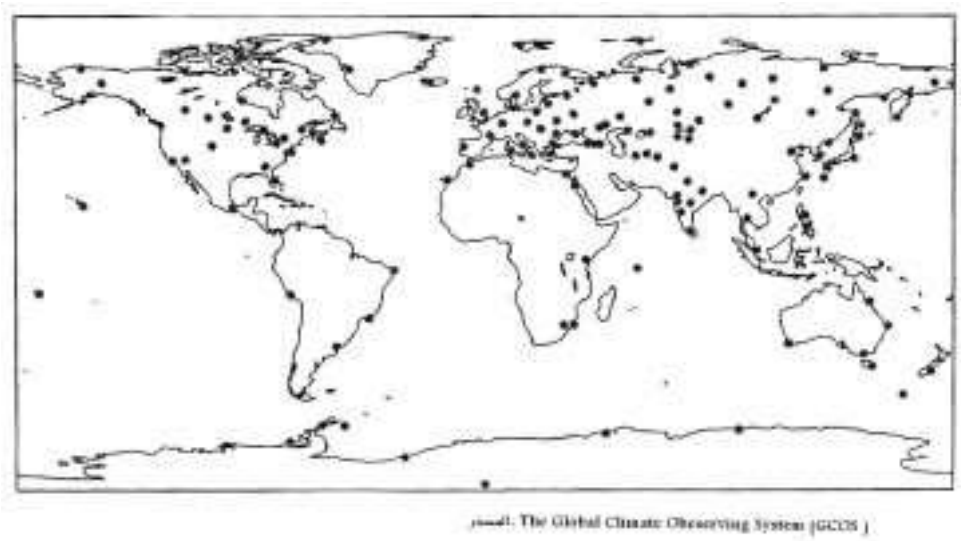
3 - التأكد من التقيد بمعايير ومقاييس الجودة البيئية.

4 – التأكد من كفاءة نظم التحكم والتدابير التصحيحية.

5 – مسح ودراسة تأثير التغيرات البيئية، خصوصا في صحة الإنسان، وفي الأغذية والموارد الطبيعية.

6 – دراسة تأثير أنشطة بشرية محددة في البيئة لتحديد ما إذا كانت الأنماط البديلة للنشاط أكثر ملاءمة.

7 – جمع بيانات متتالية زمنيا عن عدد من المتغيرات ليتسنى تعيين علاقات السببية في ما بينها[34].



الشكل (19) : توزيع محطات رصد المناخ العالمي النشطة

دراسات رصد المناخ

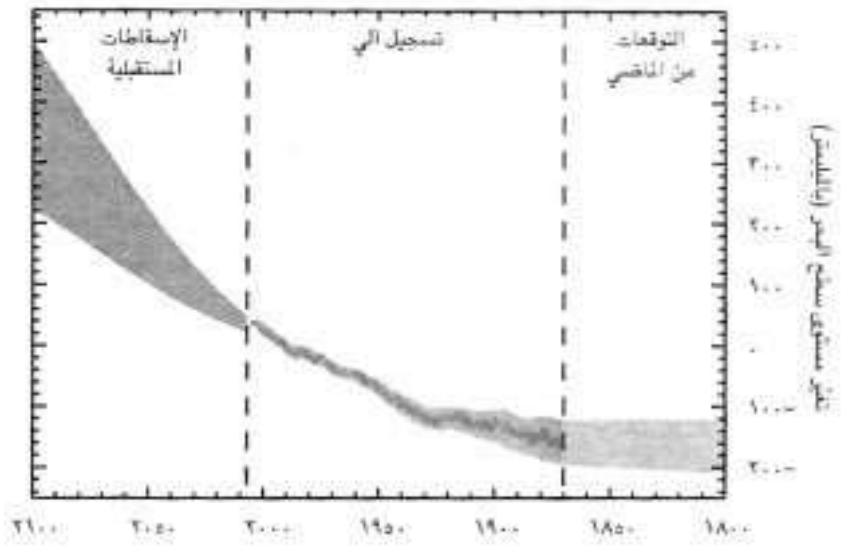
في 1981 – 1982 بدأت المرحلة الأولى لدراسات أثر المناخ في النظم الغذائية والزراعية، وتقييم أثر تزايد ثاني أكسيد الكربون في الجو، وتحسين المنهجية التي ينبغي تطبيقها في إجراء دراسات أثر المناخ. ونتيجة لذلك بدأ عام 1983مشروع لتقييم زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو، وأثر ذلك في المناخ والمحيط الحيوي. ووفرت نتائج هذا المشروع أساسا علميا سليما لتقييم حالة المناخ والتغير في نسب ثاني أكسيد الكربون المتوقعة في المستقبل[35].

كذلك بدأت مجموعة من الخبراء في عام 1982 إجراء دراسات للطرق المستمدة والبيانات المتجمعة، وبصيغة خاصة ثاني أكسيد الكربون وحصر المناطق المتجمدة في العالم، والتوازن الحراري بين الغلاف الجوي وسطح الأرض والخصائص الفيزيائية لسطح المحيطات والطبقة المتجمدة العليا من الغلاف الجوي.

بعد ذلك أخذ برنامج الأمم المتحدة للبيئة يقدم الدعم لعمليات رصد نظم المناخ العالمية وتحليل الظواهر المناخية الشاذة. وكان الهدف من ذلك هو تحسين فهم السلوك في نظام المناخ العالمي والتغيرات التي تطرأ عليه لأسباب طبيعية أو للأسباب البشرية المنشأ. وتم التركيز على البحث عن أدلة تشير إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمية نتيجة ازدياد غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي، وذلك لتوفير المعلومات اللازمة عن حالة نظام المناخ العالمي، ووضع تلك المعلومات بين يدي متخذي القرارات الوطنية والدولية في تخطيط الأنشطة الاقتصادية والبيئية[36].

تأثير الاحتباس الحراري في الجليد وسطح البحر

تشير المعطيات الجيولوجية إلى أن العصور الجليدية السابقة جمدت من مياه البحار ما كان كافيا لخفض مستوى سطح البحر مائة متر عن مستواه الحالي. ورغم أن الكتل الجليدية التي كانت تغطي نصف الكرة الشمالي تراجعت لكن ما تبقى منها يمكن أن يرفع سطح البحر أكثر من 75 مترا في ما لو تعرض للانصهار[37].



سلاسل الوقت المتعلقة بمستوى سطح البحر النسبي العالمي (الانحرافات في نسبة الأعوام بين 1980 و1999) الماضي والمتوقع في المستقبل. المعلومات حول فترة ما قبل 1870 غير متوافرة. يدل على الشكوك في التقدير الطويل المدى لتغير مستوى سطح البحر (القسم 3، 4، 6). يدل على إعادة بناء نسبة مستوى البحر العالمي من خلال مقياس المد والجزر (القسم 5, 5, 2, 1). ويدل إلى معدل التقلبات من منحنى بسيط. يدل على نسبة مستوى البحر النسبي العالمي من خلال قمر صناعي لقياس الارتفاعات. يمثل معدل التوقعات النموذجية من سيناريو SYES أ/ب للقرن الواحد والعشرين المتعلق بالأعوام من العام 1980 إلى 1999، وتم قياسها بعيدا من المشاهدات. ترتبط توقعات فترة ما بعد 2100 بإصدارات السيناريو (القسم 10، مناقشة حول توقعات ارتفاع مستوى سطح البحر وسيناريوهات أخرى في التقرير) يمكن أن يرتفع مستوى سطح البحر بضعة أمتار على مر العصور والألفيات (القسم 10-7-4).

المصدر تغير المناخ 2007

وتفيد التحليلات لسجلات درجة حرارة سطح الأرض، التي امتدت مائة سنة سابقة، تفيد بأن ارتفاعا في متوسط درجة حرارة الأرض ما بين عامي 1880 و1940 قدر بـ 0.5 درجة مئوية، وتبعه انخفاض في درجة الحرارة ما بين عامي 1940 و1965 قدر بنحو 0.2% درجة مئوية، وبعد ذلك بدأ العالم يزداد دفئا. وقدرت تلك التحليلات أن متوسط درجة الحرارة العالمي قد ازداد ما بين 0.3 و 0.7درجة مئوية خلال السنوات المائة الماضية [38] (انظر الشكلين 10 و11).

رصد الأنهار الجليدية

في عام 1988 صدرت أول قائمة جرد للأنهار والطبقات الجليدية، وتبين هذه القائمة المواقع والأوضاع الحالية لما يزيد على 750 نهرا جليديا في 21 بلدا. وقد بدأ الجرد عام 1976، بالتعاون بين برنامج الأمم المتحدة للبيئة واليونسكو (منظمة الأمم المتحدة للتربية والثقافة والعلوم) واللجنة الدولية للجليد والثلج والمعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا. وسوف يستمر رصد الأنهار الجليدية في العالم وجمع البيانات ودراسة السلوك السنوي وتوازن الكتلة لمجموعة مختارة من الأنهار الجليدية المرجعية في أقاليم جليدية مختلفة من العالم[39].

وفي عام 2003 نشرت خمسة بلدان في أمريكا اللاتينية، هي الأرجنتين وبوليفيا وشيلي وإكوادور وبيرو، تقارير عرضت من خلالها أدلة تراكمية على تراجع الأنهار الجليدية وحقول الجليد في مناطق الإنديز، ففي الإكوادور مثلا تراجع مستوى أحد الأنهار في تسعينيات القرن العشرين بسرعة تزيد ثماني مرات عن سرعة تراجعه في العقود السابقة، وفقد نهر جليدي في بوليفيا نصف مساحته وثلثي حجمه منذ منتصف التسعينيات. وفي الأجزاء الجنوبية من الأرجنتين والشيلي تراجعت مساحة مقدارها 17000 كيلو متر مربع بها 63 نهرا جليديا خلال الفترة ما بين 1995 و2000، بسرعة تبلغ ضعفي سرعة تراجعها في السنوات الخمس والعشرين السابقة، وفقدت ما بين 4 و6 في المائة من مساحة سطحها.

وبينت الدراسة، التي أجريت على هذا التغير، أن ارتفاع درجات الحرارة في القرن العشرين كان السبب الرئيس في تراجع حقول الجليد القارية، وأن انصهار الجليد هذا ساهم في ارتفاع سطح البحر مساهمة كبيرة[40].

أما في ما يتعلق بالتغيرات الجليدية في آسيا فإن جبال الهمالايا تحتوي على ثالث أكبر كتلة جليدية في العالم بعد قارة أنتاركتيكا وجزيرة جرين لاند، وقد حددت بعثة للأنهار والبحيرات الجليدية شَكلهاَ المركزُ الدولي للتطوير المتكامل للجبال وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة 20 بحيرة جليدية في نيبال، و24 بحيرة جليدية في بوتان، باعتبارهما منطقتين خطيرتين في حالة حدوث فيضان فجائي في البحيرات الجليدية.

كذلك صنفت تسع بحيرات جليدية في باكستان و24 في جبال الهمالايا الصينية، باعتبارها مناطق يمكن أن تكون خطيرة، ولا بد من رصدها بانتظام لتجديد تدابير الإنذار المبكر[41].

وقد أظهرت بيانات التوابع الصناعية أنه من المرجح، وبدرجة كبيرة، أن تكون رقعة الغطاء الثلجي تناقصت بنسبة تبلغ حوالي 10% منذ أواخر الستينيات. كما بينت الرصدات الأرضية أنه من المرجح، كذلك، أن تكون المدة السنوية للغطاء الجليدي، فوق البحيرات والأنهار في المناطق ذات خطوط العرض الوسطى والقطبية في نصف الكرة الأرضية الشمالي، قد انخفضت بما يقارب الأسبوعين خلال القرن العشرين. كما انحسرت الكتل الجليدية على نطاق واسع في المناطق غير القطبية خلال القرن العشرين، وتناقصت رقعة الجليد البحري الربيعي والصيفي في نصف الكرة الأرضية الشمالي بنحو 10 - 15% منذ الخمسينيات، ومن المرجح أنه سجل نقصٌ يقارب 40% من سمك الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية[42].

المناطق القطبية

أجرى فريق علمي مكون من 300 عالم دراسة شاملة استمرت 4 أعوام لتقييم آثار التغيرات المناخية في القطب الشمالي، وكان من نتائج هذه الدراسة:

- يتعرض القطب الشمالي للاحترار بصورة أسرع مما كان معروفا من قبل بضعفي المعدل العالمي.
- في آلاسكا وغرب كندا ارتفعت درجات الحرارة في الشتاء من 3 - 4 درجات مئوية خلال الأعوام الخمسين الماضية، ومن المتوقع أن ترتفع درجة الحرارة من 4 - 7 درجات أخرى بحلول عام 2100.
- يتوقع أن ينصهر ما لا يقل عن نصف المنطقة الحالية من الجليد الصيفي في القطب الشمالي بنهاية هذا القرن، إلى جانب انحسار قسم كبير من الغطاء الجليدي في جرينلاند، وسيسهم انصهار الغطاء الجليدي في جرينلاند في ارتفاع مستوى سطح البحار في العالم.
- يعتقد أن الدببة القطبية وبعض أنواع عجول البحر ستتعرض للانقراض إذا خلا المحيط المتجمد الشمالي من الجليد صيفا.
- ستواجه الشعوب الأصلية في القطب الشمالي إمكان التعرض لآثار اقتصادية وثقافية خطيرة من جراء تغير المناخ.
- يمكن أن يقلل الانصهار من حجم الجليد الموجود في البحار حاليا، ويفتح طرقا مختصرة للملاحة بين المحيط الأطلسي والمحيط الهادي، فتزيد حركة النقل البحري ويسهل الوصول إلى الموارد في المناطق المختلفة.
- تقتضي عملية تراجع مساحات الجمد الأبدي ضرورة القيام بعمليات إعادة بناء كبيرة للمباني وأنابيب خطوط البترول والمرافق الصناعية والطرق والمطارات[43].

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

أُنشِئت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ عام 1988 بالتعاون بين برنامج الأمم المتحدة للبيئة والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، وأسند إليها دور تقييم أفضل ما هو متاح في جميع أرجاء العالم عن تغير المناخ وتوفير معلومات علمية وفنية واجتماعية واقتصادية بصورة شاملة وموضوعية، وعلى أسس علمية شفافة.

وتضم الهيئة ثلاثة فرق عمل معنية بالقوائم الوطنية لحصر غازات الدفيئة، وتقييم الجوانب العلمية للنظام المناخي وتغير المناخ، وسرعة تأثر النظم الاجتماعية والاقتصادية والطبيعية بها. علاوة على ذلك، أنيط بالهيئة مهمة تقييم خيارات الحد من انبعاثات غازات الدفيئة والتحقق من حدة تغير المناخ. وقد بدأت الهيئة بإصدار أول تقاريرها عام 1990، وأصدرت تقريرها الثاني عام 1996، والثالث عام 2001، أما التقريرالرابع (تغير المناخ 2007) فقد بدأت بعض أجزائه تظهرفي الثلث الأخير من عام 2007، وقت إعداد هذا البحث، ولم تحصل على الموافقة النهائية بعد. وقد قدمت هذه الهيئة خلال ست سنوات خلت 2500 دراسة أنجزها حوالي 450 خبيرا بالإضافة إلى 800 اختصاصي من 130 بلدا.

وخلال فترة إعداد التقرير الرابع هذا العام (2007) اشتكى علماء الولايات المتحدة الأمريكية العاملون في هذا المجال من الضغوط السياسية الواقعة عليهم لدعم وجه نظر الرئيس الأمريكي بوش والمحافظين الجدد، وقد اعترف 46% من هؤلاء العلماء بأنهم عانوا من ضغوطات لحذف العبارات المتعلقة بالاحترار العالمي وتغير المناخ في تقاريرهم، كما أنهم عانوا التعتيم على هذه التقارير وعدم نشرها على الرأي العام الأمريكي.

وامتدت المشكلة لتصل إلى أوساط الكونجرس الأمريكي، الذي اتهم الرئيس بوش بممارسة ضغوط على علماء المناخ في أمريكا، وأخذ السيناتور الديموقراطي هنري واكسمان على عاتقه فضح إدارة بوش لرفضها الاعتراف بالمشكلة فقال: «لقد كان هناك جهد منسق لتضليل الرأي العام إزاء خطر الاحترار العالمي وتغير المناخ». هذا وقد تم تكريم الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ وآل غور بمنحهما جائزة نوبل للسلام مناصفة عام 2007 (44).

تأثيرات تغير المناخ

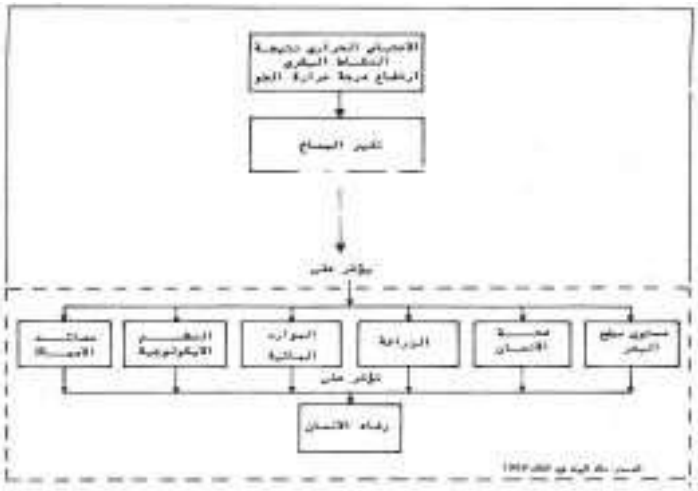
مع صدور التقريرالأول للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ عام 1990وما تبعه من تقارير برنامج الأمم المتحدة للبيئة، التي كانت تعد للمجلس التنفيذي للبرنامج، والتي اعتمدت على عدد كبير من الدراسات العلمية، بدأت تتوافر أدلة كافية عن التغيرات المناخية وأثرها في الزراعة والماشية، والآثار السلبية التي يمكن أن تحدثها على الصعيد الإقليمي نتيجة تغير الجو، وظهور آفات مرتبطة بتغير المناخ تقتضي استحداث تكنولوجيات

وممارسات جديدة للإدارة الزراعية. كما تضافرت الأدلة حول احتمال حدوث انخفاض شديد في الإنتاج الزراعي في بعض الأقاليم، مثل البرازيل ومنطقة الساحل الأفريقي وجنوب شرق آسيا والمنطقة الآسيوية من الاتحاد السوفياتي والصين. ومن المحتمل أن يزيد الإنتاج الزراعي في أقاليم أخرى بسبب امتداد المواسم الزراعية، كذلك قد يتغاير تأثير ارتفاع درجات حرارة الجو في الغابات فيختلف من منطقة إلى أخرى. أما النظم الأيكولوجية الأرضية فيمكن أن تتأثر تأثيرا شديدا بسبب الزيادة في تركيزات غازات الاحتباس الحراري، والتغيرات المناخية المرتبطة بها على نطاق العالم. ومن اللافت للنظر أن التغيرات المتوقعة في درجات الحرارة ومعدل تهطال الأمطار تشير إلى إمكان انتقال المناطق المناخية إلى عدة مئات من الكيلو مترات نحو القطبين الشمالي والجنوبي، في مدى زمني يتراوح بين 50 و100 عام قادمة. وستجد نباتات تلك المناطق نفسها في نظم مناخية مختلفة قد تكون أكثر أو أقل ملاءمة لها، وبالتالي تزيد إنتاجية بعض الأنواع بينما تقل إنتاجية أنواع أخرى. أما في ما يتعلق بموارد المياه فإن التغيرات المناخية يمكن أن تؤدي إلى مشكلات كبيرة في هذا القطاع، ولا سيما في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، وكذلك المناطق الرطبة التي أدت فيها زيادة الطلب أو التلوث إلى شح المياه. وقد بقيت المعلومات عن التفاصيل الإقليمية لآثار التغيرات المائية الجوية قليلة نسبيا.

وسيؤدي ارتفاع درجات الحرارة في العالم إلى التعجيل بارتفاع سطح البحر، كما سيؤدي إلى تغيرات ملموسة في دورة المحيطات، والنظم الأيكولوجية البحرية. وفي إطار سيناريوهات الانبعاثات وفق المعدلات المعتادة، تنبأ الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ بأن معدل ارتفاع سطح البحر سيكون متوسطا في حدود 6 سم في العقد خلال القرن الواحد والعشرين وأنه سيبلغ نحو 20 سم بحلول عام 2030 و65 سم بنهاية القرن الواحد والعشرين. ومن المنتظر أن تتفاوت هذه المستويات بقدر كبير بين الأقاليم وبعضها البعض. ومن المنتظر أيضا أن يشكل ارتفاع سطح البحر، بهذا القدر، خطرا يهدد الجزر المنخفضة والمناطق الساحلية، ويحول بعض البلدان الجزرية إلى مناطق غير مأهولة بالسكان، بالإضافة إلى تشريد عشرات الملايين من البشر. كذلك ستهدد الفيضانات المناطق الحضرية المنخفضة والأراضي المنتجة المعتمدة على الفيضانات، كما أنها ستلوث موارد المياه العذبة وتغير من خطوط السواحل. وقد تؤدي الفيضانات الناجمة عن ارتفاع سطح البحر والعواصف العاتية إلى حدوث اضطرابات اجتماعية وتكبد خسائر اقتصادية جسيمة في الأراضي الساحلية المنخفضة مثل بنجلاديش والصين.

ويشير الجدول (6) إلى دراسة عن تأثير تغير المناخ في دلتا مصر، والمساحات التي يمكن أن تغمرها المياه وفق ارتفاع مستوى سطح البحر وعدد السكان المتأثرين بذلك.

ويمكن استخدام بعض نتائج تغيرات المناخ العالمي كمؤشرات ذات دلالة، فارتفاع درجة حرارة مياه البحار يهدد الأنظمة الأيكولوجية الحساسة، مثل الشعب المرجانية، تهديدا خطيرا، وقد تناقصت أعداد بعض أنواع الطيور المهاجرة بسبب التقلبات والظروف المناخية غير المواتية (Sillett Holmes and Sherry 2000). هذا بالإضافة إلى أن تغير المناخ سيؤثر في صحة ورفاهية الإنسان بطرق متعددة، فتغير المناخ يؤثر سلبا في وفرة المياه العذبة وإنتاج الغذاء وفي التوزيع الجغرافي ومواسم انتقال الأمراض المعدية التي تنقلها الحشرات والوسائط البيئية الأخرى، مثل البلهارسيا والملاريا. وفي ظل هذه الظروف يحتمل أن تعجز بعض الأنظمة البيئية عن توفير السلع والخدمات الرئيسة التي تتطلبها التنمية الاقتصادية والاجتماعية بشكل مستدام. وينطبق ذلك على الماء النظيف والغذاء الكافي والهواء والطاقة والمسكن الآمن وانخفاض مستوى الأمراض[46] (انظر الشكل 21).



الشكل (20): العلاقة بين تغير المناخ والبيئة والمجتمع

وفي مقال نشره معد هذا البحث في مجلة رسالة البيئة عام 1992، وفي كتيب الشباب والبيئة عام 1995 [17] [18]، أي قبل 15 عاما، لخص بعض الحقائق العلمية التي تنبأ بها العلماء حتى ذلك التاريخ بشأن تغير المناخ. وتشهد الأحداث المعاصرة أن معظم تلك التوقعات قد تحقق.

وكان الإيجاز على النحو التالي:

– ستزداد درجات الحرارة في مناطق القطبين الشمالي والجنوبي بمعدلات أكبر من معدلات ازدياد درجة حرارة الأرض.

- ستواجه أوروبا الشمالية زيادة في درجات الحرارة تتراوح بين 8 و 10درجات مئوية.
- ستحدث عواصف شديدة وتغيرات جوهرية في معدل سقوط الأمطار وفي نمط هذا السقوط.
- سيحدث جفاف في بعض المناطق وزيادة كبيرة في معدلات التهطال في مناطق أخرى تؤدي إلى فيضانات الأنهار وتآكل التربة.
- ستدفع العواصف والأعاصير العاتية والمدمرة مياه الأنهار والبحار نحو اليابسة لتغرق الأراضي وتدمر المباني.
- ستتأثر الجزر المنخفضة والمناطق الساحلية وتتحول بعضها إلى مناطق غير مأهولة وسوف يتشرد عشرات الملايين من سكانها.
- سوف تتهدد المدن والمناطق الحضرية المنخفضة، وسوف تتأثر الأراضي الزراعية المنتجة المعتمدة على الفيضانات.
- سوف تتلوث أو تتملح موارد المياه العذبة.
- ستتغير خطوط السواحل.
- ستضرب الفيضانات والعواصف الشديدة بعض المناطق، وسيؤدي ذلك إلى اضطرابات اجتماعية وخسائر اقتصادية هائلة.
- ستعاني موارد المياه من مشكلات كبيرة ولا سيما المناطق القاحلة وشبه القاحلة.
- ستشهد كثير من المناطق زيادة في متوسط التهطال وزيادة في رطوبة التربة والمياه الجوفية والسطحية وسوف تتغير أنماط استعمال المياه في الزراعة.
- سوف يظهر انخفاض في الإنتاج الزراعي في بعض الأقاليم مثل البرازيل والساحل الأفريقي وجنوب شرق آسيا والمناطق الآسيوية من الاتحاد السوفياتي (السابق) والصين.
- ستظهر زيادة في إنتاج بعض الأقاليم نتيجة امتداد المواسم الزراعية.
- ستظهر آفات زراعية لها علاقة بتغير المناخ تحتاج إلى تكنولوجيا جديدة ومتطورة وتظهر الحاجة إلى تغير في الإدارة الزراعية.
- سوف تتشكل مناطق مناخية جديدة وتمتد إلى عدة مئات من الكيلومترات باتجاه القطبين الشمالي والجنوبي، ولا بد من أن تتأثر حياة كثير من النباتات والحيوانات التي ستجد نفسها في هذه النظم المناخية الجديدة، وسيكون تأثرها وفق قدرتها على التكيف وقد تكون مهددة بالانقراض.

واختتم المقال الذي نشر قبل 15 عاما بدعوة العرب إلى دراسة هذه التغيرات ومعرفة حصتنا منها، وحتى لا تصبح قراراتنا وإجراءاتنا ردود فعل للأحداث، فإن علينا أن نحشد طاقاتنا ونبني مؤسساتنا ونتابع كل جديد، وعندها نستطيع أن نواجه الأحداث قبل أن تواجهنا الأحداث [47][48].

لاجئو البيئة

وفي مقال آخر نشره الباحث بناء على طلب مجلة الدفاع المدني الصادرة في عمان في نوفمبر 1991، أي قبل 16 عاما بعنوان «سكان العالم ولاجئو البيئة» أشار إلى أنه في نطاق الاستعدادات لمؤتمر البيئة والتنمية الذي عقد عام 1992، كلف صندوق السكان التابع للأمم المتحدة عددا من المستشارين الدوليين المختصين لإعداد دراسة حول السكان والبيئة، وقد كلف الباحث مع مجموعة من الخبراء لتقييم تلك الدراسة، وأشار المقال الذي اعتمد على تلك الدراسة إلى أن من المشكلات الكبرى المتوقع حدوثها على سطح الكوكب، وستؤثر تأثيرا مباشرا في السكان موضوع تسخين المناخ، وما ينجم عنه من ارتفاع في منسوب البحار والمحيطات، وتأثير ذلك في السكان، فعلى سبيل المثال يمكننا القول إن بلدانا مثل بنجلاديش أو فلوريدا أو إنجلترا يبلغ عدد سكانها 115 مليون إنسان، ويتوقع أن يزداد هذا العدد ليصبح 200 مليون عام 2020، و350 مليونا عام 2050، ولكن إذا ما أخذنا بعين الاعتبار ارتفاع منسوب البحار والمحيطات وتأثير ذلك في السكان، فإن من بين هؤلاء السكان ما يقارب 120 مليون إنسان ستدمر منازلهم، وسوف تكون دولهم الفقيرة عاجزة عن تقديم المساعدة لهم.

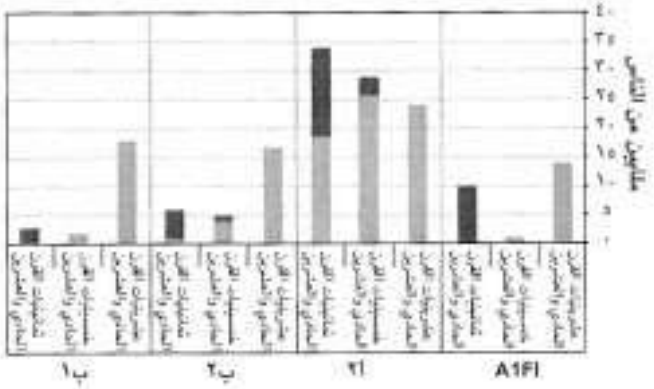
وفي مصر فإن خمس الأراضي المنكوبة، التي تبلغ كثافتها السكانية ضعفي كثافة سكان بنجلاديش، ستغمرها الفيضانات، وسيؤدي ذلك إلى هجرة ما يقارب 20 مليون إنسان. وسوف يمتد هذا التهديد الناتج عن ارتفاع منسوب البحار والمحيطات ليشمل كثيرا من مدن العالم التي تقع على ارتفاعات منخفضة في المناطق الساحلية، ومن هذه المدن جاكرتا ومدراس وبومباي وكراتشي ولاجوس وريودي جانيرو. ولو افترضنا أن نصف سكان هذه المدن مضطرون للهجرة عن مواقعهم لتحدثنا عن 40 مليون مهاجر بيئي.

وبالإضافة إلى ذلك فإن مدن العالم الأكثر تحضرا لن تسلم أيضا من هذه الكارثة، فمدن مثل روتردام والبندقية ونيويورك وميامي ونيوأورليانز ستكون معرضة لأخطار ارتفاع منسوب البحار، ولكن هذه الدول تستطيع تأخير أو تفادي الكارثة بإقامة السدود والحواجز محتذين بذلك حذو هولندا، أو أنهم سيقومون بنقل مدنهم إلى الداخل بعيدا عن الشواطئ، وهذه الاحتياطات التي يمكن للدول المتطورة عملها لن تكون متوافرة للدول الفقيرة، لكنها تعطينا صورة عن الهجرات الجماعية التي سيتعرض لها سكان هذا الكوكب.

إن ارتفاع متر واحد لمنسوب البحار والمحيطات يعني أن 5 ملايين كيلو متر مربع في المناطق الساحلية ستكون معرضة للأخطار، وهذه المساحة تشكل ما نسبته 3% من مساحة اليابسة، وهذه تشمل ثلث الأراضي الزراعية، كما أنها مأهولة بحوالي بليون إنسان من أصل حوالي 5.4 بليون إنسان هم سكان المعمورة. بالإضافة إلى ما سبق، هناك مناطق لم نشر إليها يمكن أن تفرز 50 مليون لاجئ، وفي الصين وحدها حوالي 30 مليون إنسان يعيشون في مناطق ساحلية

لا يزيد ارتفاعها عن سطح البحر على نصف متر. هذا علاوة عن 40 أو 50 مليونا سيموتون جوعا بسبب العجز في إنتاج الحبوب والغذاء[49].

لا أعتقد أنني بحاجة إلى أن أذكر أو أن أطلب عقد مقارنة بين ما سبق ذكره عن التوقعات ونُشِر قبل ستة عشر عاما، وبين ما يحدث اليوم من فيضانات وفقدان للأراضي الزراعية. فخلال أسبوع من الفيضانات التي اجتاحت هذا العام (2007) كلا من باكستان وبنجلاديش والصين وبعض الدول المجاورة كانت الأخبار تشير إلى ما بين 20 و30 مليون لاجئ بيئي غمرت الفيضانات أراضيهم، بالإضافة إلى الكوارث التي اجتاحت مناطق أخرى من العالم في أوروبا وأمريكا ومنها مدينة نيوأورليانز، التي غرقت بكاملها على الرغم من أن التوقعات كانت تعتبرها من المدن الغنية التي تستطيع تجنب الكارثة أسوة بهولندا، وهذا ما يجعلها نموذجا لسوء تقدير الساسة، من أصحاب القرار، للكوارث البيئية والاستعداد لها قبل وقت كاف، وتجاهل تحذيرات العلماء والمختصين في هذا المجال.



الرسم ١٨ من الملحق الفني، النتائج الصادرة عن دراسة حديثة حول ملايين الأشخاص في السنة المقدر تعرّضهم عالميًا لخطر الفيضانات الساحلية في ثمانينيات القرن. يدلّ اللون الأزرق على عدد المعرّضين للخطر من دون إرتفاع مستوى سطح البحر، بينما يدلّ اللون البنفسجي على عدد المعرّضين للخطر مع إرتفاع مستوى سطح البحر

المصدر تغير المناخ 2007

بعض الأحداث الجوية المتطرفة في أوروبا

لا يتسع هذا البحث للحديث عن كل الأحداث الجوية المتطرفة أو معظمها، ولكننا سنعطي أمثلة على ذلك، علما أن شاشات الفضائيات كفتنا مؤنة التعرف على هذه الأحداث، وأثْرَتْ معلوماتنا عنها.

- في عام 2002 تعرضت أوروبا الوسطى إلى أمطار غزيرة وفيضانات شديدة، ورغم أن ذلك لا يمكن أن يعزى إلى تغير المناخ وضغوطه فقط، فإنه يبين لنا ما الذي يمكن أن يحدث إذا استمر تغير المناخ، خصوصا في أوروبا، التي شهدت معدلا غير مسبوق من الاحترار في

العقود الأخيرة، إذ ارتفعت درجة الحرارة بوجه عام إلى نحو درجتين مئويتين فوق مساحات كبيرة من القطب الشمالي منذ خمسينيات القرن العشرين، ومن المتوقع أن يزداد متوسط درجات الحرارة وأن تتكرر حالات الجفاف بدرجة أكبر في عدة مناطق من أوروبا (50).

- شهدت أوروبا الغربية في العام 2003 ارتفاعا استثنائيا في درجات الحرارة، نتج عنه تأثيرات مختلفة مردها السخونة والجفاف، أثرت في صحة الإنسان والبيئة، وأدت إلى انقطاع التيارات الكهربائية وانقطاع إمدادات المياه ونشوب الحرائق وارتفاع مستويات تلوث الهواء وحدوث وفيات ارتبطت بالسخونة، كما سجلت أرقاما مفرطة في عدد الوفيات. ومما لا شك فيه أن ارتفاع درجة حرارة الجو وجفافه قد زادا من شدة الحرائق، وكانا سببا في كثير من الضغوط الاجتماعية والبيئية.

في أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي 2003

- تجاوزت الأعاصير الشديدة والفيضانات وحالات الجفاف التي حدثت في أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي الأرقام القياسية التي سجلت سابقا. فقد ضربت الأعاصير المنطقة بدرجة غير عادية، وجتاحت فيضانات وحالات جفاف حادة كلا من الأرجنتين والبرازيل وكولومبيا والدومنيكان والإكوادور وهاييتي وفنزويلا ومانهاتن، وقد أصابت الخسائر في بعض مناطق الأرجنتين 2800 مسكن وقدرت الخسائر بألف مليون دولار/ أمريكي.

أما في كولومبيا فقد اجتاحت الفيضانات 7200 شخص وفي الدومنيكان 6500 شخص بالإضافة إلى خسائر ضخمة في الثروة الحيوانية .

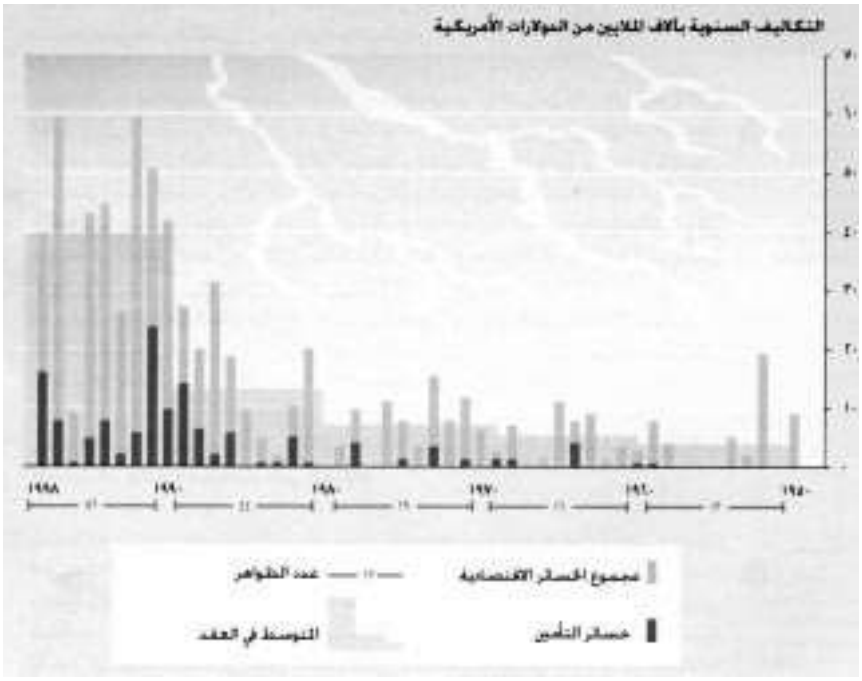
أما الجفاف الذي أصاب الأرجنتين فقد كان ناتجا عن تراجع هطول الأمطار إلى أدنى مستوى منذ عام 1929، وتسبب شح الأمطار في خسائر زراعية وخاصة في إنتاج القمح، ما أدى إلى تلف مليوني طن وخسائر في الثروة الحيوانية قدرت بما يزيد على 300 مليون دولار أمريكي.

وقد سجلت الأعاصير التي تنشأ من الأطلسي خلال الفترة 1995/ 2003أكبر مما سجل في أي وقت مضى خلال فترة مماثلة. فقد بلغ عدد العواصف المدارية 14 عاصفة، تحولت سبعة منها إلى أعاصير، ثلاثة منها كانت شديدة. وقد كانت خسائر المكسيك من إعصارين من هذه الأعاصير ألف مليون دولار أمريكي، بالإضافة إلى تشريد 50 ألف إنسان. واجتاح برمودا إعصار لم تعرف شدته منذ 75 عاما. وغني عن القول إن لمثل هذه الأعاصير آثارا اقتصادية واجتماعية وبيئية قوية(51).

وفي عام 2004 ضربت سلسلة من العواصف المدارية والأعاصير منطقة الكاريبي وخليج المكسيك وجنوب شرق الولايات المتحدة، وسجل أول إعصار في جنوب الأطلسي. وقد بلغ عدد الأعاصير 9 وستة عواصف مدارية، وقدر حجم الأضرار بـ 30 مليون دولار أمريكي، أما

الخسائر البشرية فقد كانت فادحة، أما إعصار كاترينا، وهو أول إعصار تم رصده بالأقمار الصناعية في 40 عاما، فقد ألحق أضرارابأكثر من 7400 منزل، وتضرر منه 31 ألف شخص وقدرت الخسائر بـ 340 مليون دولار أمريكي[52].

- أما الأحداث التي وقعت بين عامي 2004 و2007 فهي كثيرة وتابعناها على الفضائيات ولكننا نحتاج إلى توثيقها من المصادر المعتمدة.



الشكل (22) : التكاليف العالمية للظواهر الجوية المتطرفة
(معدلة لمراعاة التضخم)

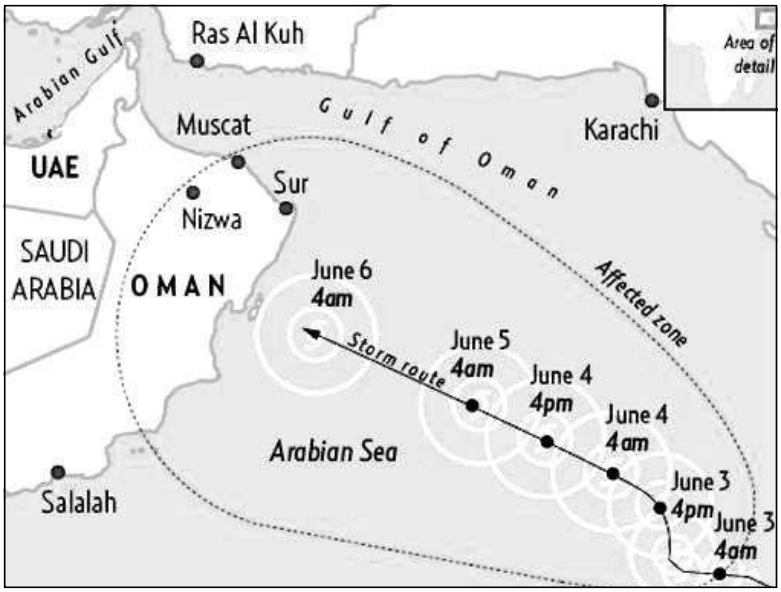
إعصار جونو في عُمان وبَرَد وثلوج في الجزيرة العربية

لسنا بحاجة إلى أن نذكر بإعصار جونو الذي ضرب عُمان وما زال ماثلا في أذهان الناس (انظر الشكلين 23 و24)، ويشير الشكل رقم 23 إلى مسار الإعصار قبل وصوله إلى عُمان بعدة أيام، ومهما كانت فترة الإنذار المبكر وتحذيرات الأقمار الاصطناعية فإنها لن تكفي لترحيل قرى ومساكن ومنشآت وحقول زراعية عن مسار الفيضانات. إن الاستعدادات لمواجهة مثل هذه الأحداث تحتاج إلى سنين عن الدراسات والسيناريوهات والتنبؤات والتخطيط والتنفيذ، ولهذا لم يكن بمقدور العُمانيين إلا انتظار الكارثة وإحصاء نتائجها والتفكير في التعويضات. وبالتأكيد لا يمكن قبول هذه الطريقة لمواجهة كل مفاجآت المستقبل. ونأمل أن يكون في ذلك درس للعرب لسرعة أخذ الموضوع على محمل الجد. وينطبق ما سبق ذكره على البَرَد الذي سقط في الجزيرة العربية (عام 2007)، وكان حجم الحبة الواحدة بحجم كرة التنس (انظر الشكلين 28 و29).

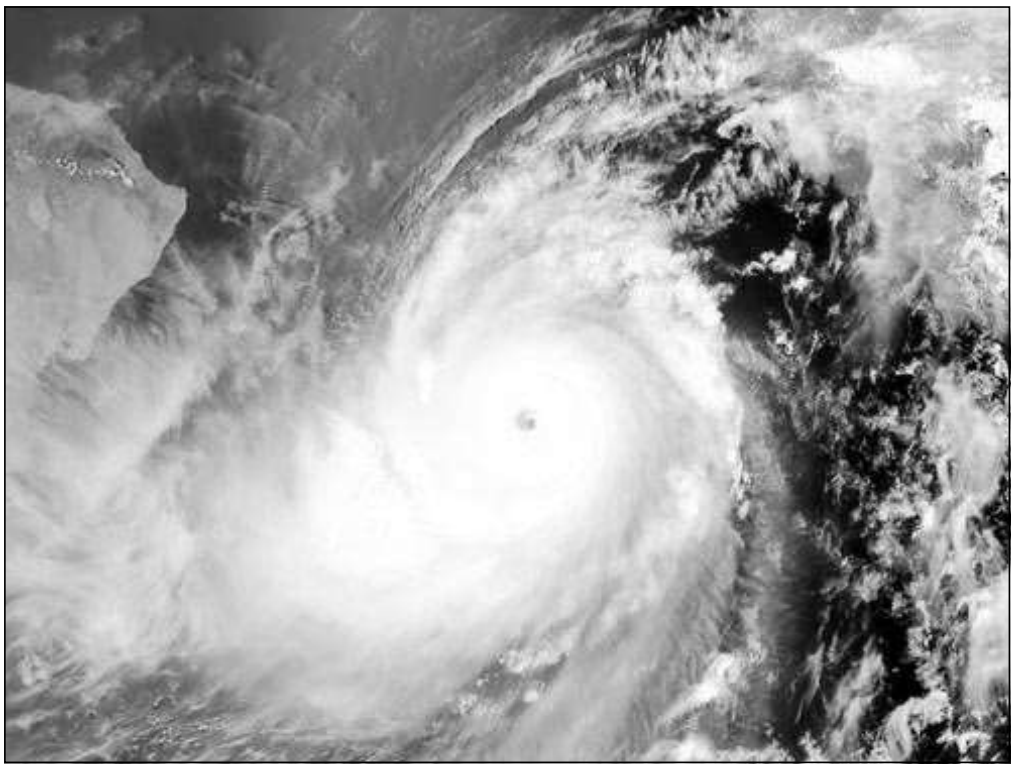
وتحدثت الصحافة عن الثلوج التي غطت المرتفعات الجبلية في الإمارات العربية لأول مرة في أواخر عام 2004 مع انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون الصفر[53]. والثلوج التي قضت على كثير من الإنتاج الزراعي وأثرت في مزارع النخيل في الجزيرة العربية والأردن.

وفي هذا المضمار يقتضي النهج العلمي أن أشير إلى ملاحظة وجود ارتباط في التسجيلات القديمة بين تغيرات المناخ في شمال الأطلسي والأقاليم البعيدة، ويطلق على هذه الروابط البعيدة بين طرفي المناخ في أحد المواقع، والأقاليم البعيدة اسم «الروابط عن بعد». فمثلا ترتبط قوة الرياح الموسمية في بحر العرب بالتغيرات في مناخ شمال الأطلسي (Schutz and other 1998)، وعلى نفس المنوال ترتبط التحولات في المناخ وفيضانات المناطق الاستوائية في أمريكا الجنوبية ارتباطا وثيقا بالأحداث المناخية التي تسجل في المناطق الجليدية بجرينلاند (Hughen and others 2004)[54].

وهنا لابد من الملاحظة أن إعصار عُمان وبَرَد الجزيرة العربية يجب ألا يمرا من دون متابعة وبحث وتمحيص مع ضرورة تقديم كل البيانات اللازمة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لإدخالها في النماذج المستعملة لديها، لعل ذلك يساهم في إعداد التوقعات عن مستقبل المناخ في منطقتنا.



الشكل (23): مسار إعصار جونو الذي ضرب عُمان



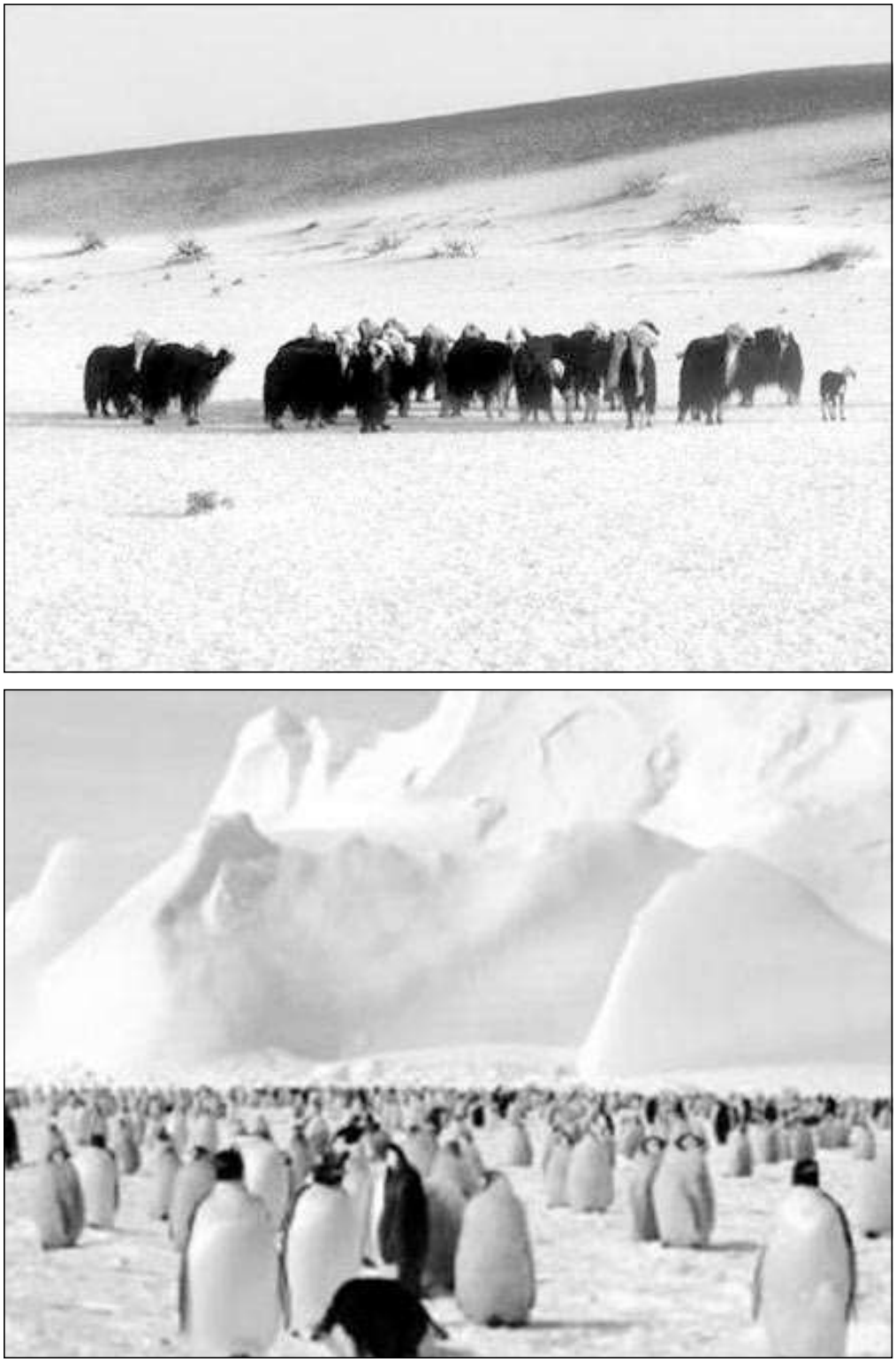
الشكل (24): صورة من الفضاء لإعصار جونو وتظهرفي يسار الصورة السواحل العمانية

الشكل (25): مابعد إعصار جونو

الشكل (26): ما بعد إعصار جونو

الشكل (27): ما بعد إعصار جونو

الشكل (28): **بَرَد الجزيرة العربية عام** (2007)



الشكل رقم (29): هل يتكيف الماعز ليعيش في بيئة البجوين...؟

الشكل (30): نفوق الماعز في البيئة الجديدة (عام ٢٠٠٧)

الشكل (31): **ثلوج تغطي مزارع النخيل في الأردن عام** 2007

الاحتباس الحراري وتغير المناخ المفاجئ (السيناريو الكارثي)

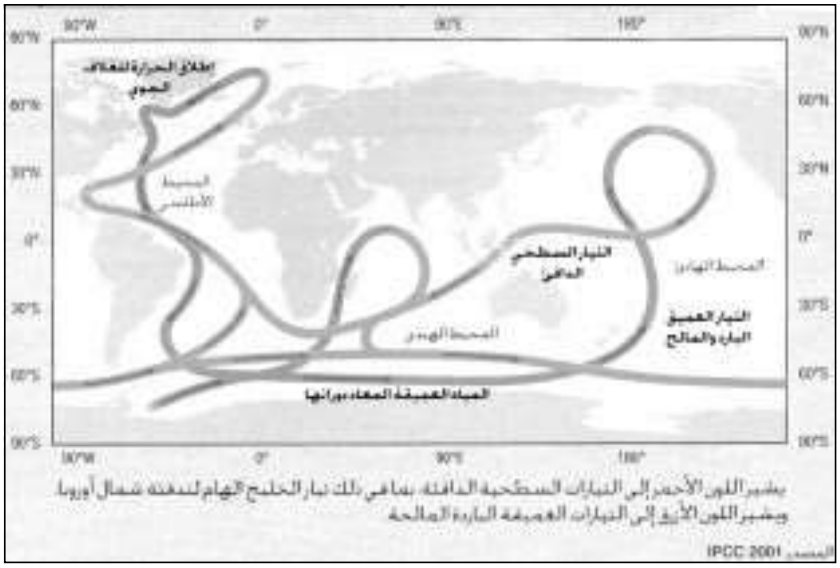
رسم فيلم الخيال العلمي الأمريكي The day after tomorrow سيناريو النظرية الكارثية من خلال عرض قياسات وبيانات عن انخفاض مفاجئ في درجة حرارة المياه في شمال المحيط الأطلسي يؤدي إلى موجة جليدية تغطي الجزء الشمالي من الولايات المتحدة وتقضي على الحياة هناك. وقدم العلماء في الفيلم إنذارا مستعجلا للرئيس الأمريكي لتهجير السكان إلى الولايات الجنوبية قبل استفحال الشرر. ويظهر الفيلم الرئيس الأمريكي جاهلا بهذه النظرية ورافضا لها، ويقول إن كل ما نعرفه أن الذي يحصل هو ارتفاع في درجة حرارة الأرض وليس انخفاضا فيها وموجة جليد تزحف علينا، ويرفض تهجير السكان بصورة سريعة كما طلب منه. وخلال أيام تجتاح الموجة الجليدية الولايات الشمالية وتدفن البيت الأبيض وتمثال الحرية، ولعل في ذلك نوعا من الرمزية باندثار العالم الحر. ومن المناسب في هذا المقام استعراض الفرضيات التي تستند إليها نظرية التبريد العالمي (Global Cooling).

لقد مر على الأرض آلاف السنين والمناخ فيها مستقر نسبيا مما أدى إلى تطور الحضارة البشرية الحديثة. لذلك فإن التغيرات المفاجئة التي قد تحدث في المناخ ستشكل تحديا كبيرا للبشرية وللنظم الطبيعية أيضا التي سيصعب عليها التكيف مع التغيرات السريعة.

يزيد الاحترار العالمي زيادة مرصودة أو متوقعة في المتوسط لدرجات الحرارة من معدلات تهطال الأمطار على خطوط العرض القريبة من المناطق القطبية، وبذلك يزيد الجريان السطحي للأنهار. ومع انصهار الجليد، يدخل المزيد من المياه العذبة إلى المحيطات فتقل ملوحتها. وبما أن الملوحة هي أحد الأسباب الرئيسة في دوران المحيطات لمسافات طويلة مما يعمل على توزيع حرارة الكوكب، لذا فإن انخفاض الملوحة ينذر بعواقب وخيمة تجب دراستها والتنبه إليها.

هناك ما يسمى: «ناقل المحيطات العالمي أو الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي»[55] ويشمل ذلك تيار الخليج المعروف بنقل المياه السطحية الدافئة إلى شمال أوروبا، حيث يقوم بتدفئتها وهناك التيارات العميقة الباردة والمالحة (انظر الشكل32).

وقد ساهم هذا الدوران، الذي يسند إليه توزيع الحرارة من خط الاستواء باتجاه القطبين، في إحداث التغيرات المناخية المفاجئة في الماضي، ويشمل هذا الدوران تيارات بحرية صاعدة وأخرى هابطة، وذلك وفق كثافتها وملوحتها وبرودتها. ولذلك فإن أي عامل قد يؤدي إلى خفض برودة أو ملوحة الماء، يهدد عملية الدوران وبالتالي يؤدي إلى عواقب شديدة الخطورة، ومن خلال المشاهدات خلال العقود الأخيرة يتبين أن العوامل التي تحكم هذا الدوران قد تغيرت نتيجة النشاط البشري، مما يزيد من القلق بشأن حدوث تغيرات مناخية مفاجئة في المستقبل[56] [57].



الشكل (32) : رسم تخطيطي لناقل المحيطات العالمي
(الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي)

ست خطوات نحو التغير المناخي المفاجئ

ظهرت منذ الثمانينيات نظريات تقول إن دفء المناخ قد يزيد من تدفق المياه العذبة إلى المحيطات بشكل يكفي لإبطاء أو حتى إيقاف (الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي)، أو ما يسمى بالحزام الناقل المحيطي العظيم[57]، مما يؤدي إلى إعادة تنظيم أنماط الدوران المحيطي والجوي، وتم التنبؤ ببرودة كبيرة في نصف الكرة الشمالي، خصوصا في إقليم شمال الأطلسي في حالة توقف الدوران.

ورجحت السجلات الحديثة، التي تشير إلى قياسات التبخر والأمطار والجريان السطحي وملوحة المحيطات ودورانها، أن ما تنبأت به النظريات في الماضي قد يكون واقعا بالفعل في الوقت الحاضر.

وتتسلسل الأحداث على النحو التالي: (انظر الشكل 33)

1 – انبعاث ثاني أكسيد الكربون يزيد من تركيزه في الغلاف الجوي.

2 – ارتفاع درجة حرارة الأرض نتيجة لذلك.

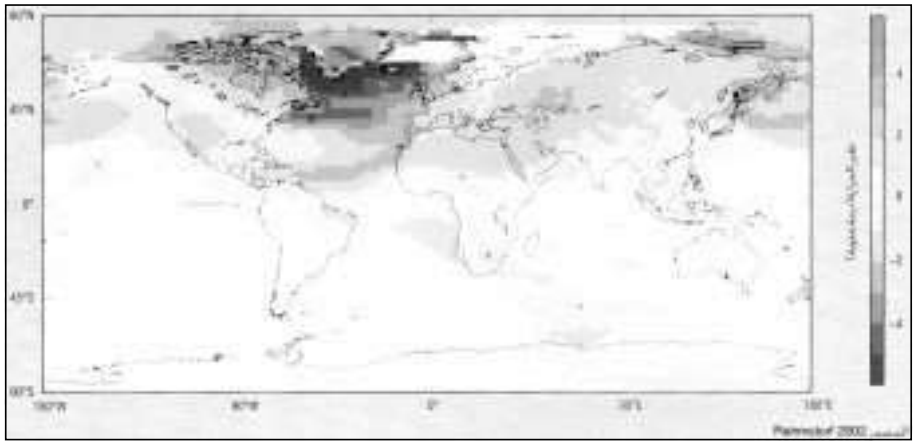
3 – ازدياد تبخر المحيطات وملوحة السطح عند خطوط العرض شبه الاستوائية .

4 – ازدياد التهطال والجريان السطحي والانصهار الجليدي عند خطوط العرض القريبة من المنطقة القطبية مضيفة مياها عذبة زائدة إلى طبقات سطح المحيطات في هذه الأقاليم.

5 – انخفاض ملوحة سطح المحيطات في مواقع أساسية للحمل الحراري العميق في شمال الأطلسي.

6 – إبطاء أو توقف دوران المحيطات الذي يوزع حرارة الكوكب ما يؤدي إلى تغيرات مفاجئة في المناخ[58].

الشكل (33): الخطوات الست نحو إبطاء أو توقف دوران المحيطات



الشكل (34): تغييرات نموذجية لتغيرات في درجة الهواء من جراء توقف «ناقل» شمالي الأطلسي

احتمالات النتائج

– إن التغيرات في التبخر شبه الاستوائي والأمطار والجريان السطحي وملوحة المحيطات التي تنبأت بها نماذج الدوران العام لسيناريو الاحترار الدفيئي قد تكون جارية على أرض الواقع.

– إن التغيرات التي تمت ملاحظتها حتى الآن ليست كبيرة بما يكفي للتأثير في التيارات البحرية الصاعدة، غير أن الاحترار الإضافي المتوقع في أثناء الفترة المتبقية من هذا القرن، الذي يقدر بنحو 1.4 و5.8 درجة مئوية سيكون له تأثير كبير. وإن الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي في شمال الأطلسي قد يكون في طريقه للإصابة بالضعف الخطير أو الانهيار النهائي.

– ترجح عدة دراسات لنموذج الاحترار الدفيئي أن الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي في شمال الأطلسي قد ينهار عند وصول مستوى ثاني أكسيد الكربون 800 – 1000 جزء في المليون تقريبا وارتفاع درجة الحرارة من 4 – 6 درجات مئوية.

– ترى الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أن الفقرة السابقة تقع ضمن الحدود العليا لتوقعات الهيئة لنهاية هذا القرن، وأن النماذج التي اعتمدت عليها تشير إلى هبوط كبير في الدوران بحلول عام 2100 وليس توقفا تاما للتيارات البحرية الصاعدة.

– ترجح المشاهدات أن خمسا من الخطوات الست التي أشرنا إليها سابقا جارية بالفعل، إلا أن هناك عمليات غير مفهومة في جميع النماذج يمكن أن تغير مسار المرحلة السادسة بطرق غير متوقعة تقلل أو تزيد من التغيرات.

– إذا قارب الانهيار على الحدوث فإنه يسبقه دوران للتيارات البحرية الصاعدة على نحو غريب، مؤديا إلى ظروف مناخية لا يمكن التنبؤ بها بزيادة ضعف الدوران، ومن ذلك قد يحدث التوقف فجأة وبتحذير بسيط، وقد يؤدي التوقف إلى برودة إقليمية تتراوح بين 2 و5 درجات

مئوية لمناطق شمال الأطلسي على الأخص، بما في ذلك جرينلاند وأيسلندا والجزر البريطانية وشمال أوروبا، وسيكون لها تأثيرات كبيرة في الظروف البيئية في المحيطات واليابسة على حد سواء (وتجدر الإشارة هنا إلى أن الفارق في درجات الحرارة بين عصرنا الحاضر والعصر الجليدي كانت 5 درجات مئوية).

– وفي الحالة الأخيرة يمكن أن تنخفض ذروة ثاني أكسيد الكربون بمرور الوقت بسبب استنزاف الوقود الأحفوري أو التحول نحو استخدامات الطاقة الجديدة والمتجددة.

– إن مجموعة الاحتمالات المتوافرة حاليا لا تزال غير مؤكدة، ولذلك فمن الأسلم التفكير في أن التوقعات النموذجية عبارة عن مؤشرات على ما يمكن أن يحدث.

– ترجح الأدلة العلمية أن تقليل تراكم ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي سيخفض الزيادة المتوقعة في درجة الحرارة، وستكون النتيجة احتمالا أضعف لغرض إعادة تنظيم الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي في شمال الأطلسي، وفرصة أفضل للحفاظ على مناخ مستقر في شمال الأطلسي والأماكن الأخرى.

– التدابير المطلوبة للحد من احتمالات تغير المناخ المفاجئ هي نفسها التي تقوم على منع ظاهرة الاحترار العالمي، أي تخفيض معدل زيادة الاحتباس الحراري عن طريق خفض مخرجات غازات الاحتباس الحراري [59].

المناخ العالمي والمستقبل في القرن الواحد والعشرين

من الصعب أن نقرر أو نتنبأ بما سيكون عليه مستقبل المناخ ما لم نعرف طبيعية التغيرات التي يمكن أن يحدثها البشر وتؤثر في هذا المناخ، لذلك تعتمد سيناريوهات مختلفة تأخذ عددا من الاحتمالات المتوقعة، وعلى ضوء كل سيناريو يستطيع النموذج وعن طريق المحاكاة أن يتبنى تنبؤا معينا أو توقعا بما يمكن أن يكون عليه المناخ.

بعد أن تم وضع نماذج مناخية معقدة تستند إلى قواعد مادية لتوفير تقديرات مفصلة للمعلومات حول الانعكاسات المرتقبة والجوانب الإقليمية، تزايدت الثقة في قدرة النماذج على إسقاط المناخات المستقبلية، ونجد أن هذه النماذج لا تستطيع أن تحاكي جميع جوانب المناخ، إلا أن فهم العمليات المناخية وتمثيلها في النماذج المناخية قد تحسن، بما في ذلك بخار الماء وديناميات الجليد البحري وانتقال حرارة المحيطات، وكان أداء بعض النماذج الحديثة في محاكاة المناخ الحالي يبعث على الرضا.

واستنادا إلى عمليات المحاكاة النموذجية العالمية الأخيرة فهناك ترجيح بارتفاع درجات حرارة جميع المناطق الأرضية بسرعة أكبر من المتوسط العالمي، وخاصة تلك الواقعة ضمن الخطوط القطبية الشمالية في الموسم البارد. ومن الجدير بالملاحظة أن الاحترار في المناطق

الشمالية من أمريكا الشمالية وشمالي ووسط آسيا يتجاوز المتوسط العالمي للاحترار بأكثر من 40% في كل نموذج، إلا أن الاحترار في جنوب وجنوب شرق آسيا في الصيف وجنوبي أمريكا الجنوبية في الشتاء كان أقل من تغير المتوسط العالمي.

توقعات المستقبل والقرارات السياسية

سيكون المستقبل صعبا ومعقدا وقد يكون أصعب من أي وقت مضى إذا بقي خاضعا لأمزجة الساسة وقراراتهم التي ستحدد شكل المستقبل لا في المجال البيئي فقط وإنما ستنعكس على معظم جوانب الحياة، ولعل السيناريوهات الأربعة التي تحدثت عنها توقعات البيئة العالمية 3 بالتفصيل تعطينا تصورا مختلفا عن الكيفية التي سيكون عليها العالم لو اعتمد أحدها: والسيناريوهات الأربعة توضح ماهي الأولويات التى يمكن ان يقررها الساسة وصناع القرار: السوق أولا أم السياسة أولا أم الأمن أولا أم الاستدامة أولا؟ (60).

مستقبل المنطقة العربية

كل ما بذلته الدول العربية للتنبؤ بمستقبل المناخ في منطقتنا يمكن أن نقول إنه كان متواضعا. ففي الشكل (19)، الذي يبين محطات الرصد في العالم لم نلحظ شيئا يذكر من هذه المحطات في الجزيرة العربية أو الشمال الأفريقي. أما في الشكل (34) فمن الضروري أن يعرف رئيس كل دولة عربية ما هي درجة الحرارة التي ستسود بلاده إذا حدث تغير المناخ المفاجئ وأنهار الدوران في ناقل المحيطات العالمي. فشمال الاطلسي مثلا سيجتاحه الجليد، ولكن كيف ستكون الحال في الكويت أو الجزيرة العربية مثلا إذا هبطت درجة الحرارة إلى ما دون الصفر كما تشير الخارطة التي تنبأ بها العلماء؟

إن شواطئ العالم العربي الممتدة ثمانية عشر ألف كيلومتر (18000) من المحيط الأطلسي مرورا بالبحر المتوسط والبحر الأحمر بساحليه الشرقي والغربي وبحر العرب وصولا إلى الخليج العربي، تحتاج فعلا وبسرعة لتجنيد العلماء العرب للدخول في هذا الميدان، لوضع السيناريوهات الضرورية للتنبؤ بما ستكون عليه حالة سواحلنا وسكانها مع تغيرات المناخ المفاجئة وغير المفاجئة. إن هذه مجرد أمثلة ومن المفروض على العرب اليوم إلا يتعاملوا مع المستقبل كما تعامل معه قوم نوح عليه السلام. إن الأمثلة المشاهدة في مختلف أرجاء العالم من الفيضانات والأعاصير والكوارث وملايين المشردين والضحايا وفقدان الأراضي الزراعية والمياه العذبة لدليل كاف على ضرورة بدء العمل بسرعة. وعلينا أن نتذكر أيضا أن هناك روابط من بعد لا يجوز التغاضي عنها، فقوة الرياح الموسمية في بحر العرب ترتبط بالتغيرات في مناخ شمال الأطلسي، ومن الأسلم لنا أن ندرس ما إذا كان إعصار جونو، الذي ضرب عمان، ناتجا عن تلك الروابط، خصوصا أن تيار الماء الدافئ (اللون الأزرق) يلتقي مع تيار الماء العميق البارد (اللون الأحمر) قبالة بحر العرب (انظر الشكل 32).

إن رصد الأموال التي سمعنا عنها أخيرا للبحث العلمي ولدراسات تغير المناخ ظاهرة إيجابية وإن جاءت متأخرة بعض الشيء، قياسا على ما فعلته الدول الغنية الأخرى. وهذا ما يدعونا إلى ضرورة الإسراع إلى تشكيل مجلس من العلماء العرب لتحديد الإطار وبرنامج العمل لمواجهة المشكلة قبل أن تستفحل.

الهوامش

1 – ظاهرة الدفيئة، تمتص غازات الدفيئة بفعالية الإشعاع الأحمر الذي ينطلق من سطح الأرض ومن الغلاف الجوي نفسه، بسبب الغازات نفسها ومن السحب. وتنطلق إشعاعات الغلاف الجوي في جميع الجهات بما في ذلك إلى أسفل في اتجاه سطح الأرض. وهكذا تختزن غازات الدفيئة الحرارة داخل نظام السطح – التروبوسفير. ويُطلق على ذلك اسم «ظاهرة الدفيئة الطبيعية». ويقترن إشعاع الغلاف الجوي بقوة مع درجة حرارة المستوى الذي تبث عنده. وتقل درجة الحرارة بصفة عامة كلما ارتفعنا في التروبوسفير. ومن الناحية العملية، فإن الإشعاع تحت الأحمر الذي يُبث في الفضاء ينشأ عن ارتفاع يبلغ عنده متوسط درجة الحرارة 19 درجة مئوية، وهو ما يتوازن مع صافي الإشعاع الشمسي الوارد، بينما تظل درجة حرارة سطح الأرض مرتفعة بصورة أكبر كثيرا حيث تبلغ في المتوسط +14 درجة مئوية. وتفضي زيادة في تركيز غازات الدفيئة إلى تزايد عدم الشفافية تحت الحمراء للغلاف الجوي، ومن ثم إلى فعالية الإشعاع في الفضاء من ارتفاع أعلى عند درجة حرارة أقل. ويؤدي ذلك إلى حدوث تأثير إشعاعي، وهو اختلال لا يمكن تعويضه إلا عن طريق زيادة درجة حرارة نظام السطح – التروبوسفير. وهي «ظاهرة الدفيئة المعززة» (معجم المصطلحات، ص 31).

2 – غاز الدفيئة، غازات الدفيئة هي تلك المكونات الغازية الطبيعية والبشرية المنشأ التي يتألف منها الغلاف الجوي والتي تمتص وتبث الإشعاع عند أطوال موجية محددة في نطاق طيف الإشعاع تحت الأحمر، الذي يبتعثه سطح الأرض والغلاف الجوي والسحب. تؤدي هذه الخاصية إلى تكون ظاهرة الدفيئة. وغازات الدفيئة الرئيسية في الغلاف الجوي هي بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروز والميثان والأوزون. وبالإضافة إلى ذلك، يوجد في الغلاف الجوي عدد من غازات الدفيئة البشرية المنشأ تماما، مثل الهالوكربونات وغيرها من المواد المحتوية على الكلور والبروم التي تُعالج بموجب بروتوكول مونتريال. وبالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروز والميثان، يتناول بروتوكول كيوتو سادس فلوريد الكبريت والمركبات الكربونية الفلورية الهيدرولوجية والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (معجم المصطلحات، ص 34).

3 حالة البيئة في العالم، 1989، ص 33.

4 حالة البيئة في العالم، 1987، ص 26.

5 UNEP / GCSS. 111/2، ص 25.

6 المرجع السابق، ص 26.

7 تغير المناخ 2001، معجم المصطلحات، ص 21.

8 حالة البيئة في العالم 1989، مرجع سابق، ص 34 و35.

9 حالة البيئة في العالم 1987، مرجع سابق، ص 26 و27.

10 UNEP / GCSS / 2، مرجع سابق، ص 260.

11 توقعات البيئة العالمية 2، ص 24.

12 توقعات البيئة العالمية 3، ص 83.

13 استخدام الأرض: مجموع الترتيبات والأنشطة والمدخلات التي يجري القيام بها في نوع معين من غطاء التربة (مجموعة من الإجراءات البشرية)، وهو يمثل الأغراض الاجتماعية والاقتصادية لإدارة الأراضي (مثل الرعي والحصول على الأخشاب والحفاظ على البيئة). (معجم المصطلحات ص 30)

14 تغير المناخ 2001، ملخصات تقارير الأفرقة العاملة، ص 1 إلى 6.

15 الميثان: أحد المكونات الكربونية الهيدرولوجية التي تشكل أحد غازات الدفيئة التي تتكون من خلال تحلل المخلفات في الحفر الأرضية بمعزل عن الأكسجين والهضم الحيواني وتحلل المخلفات الحيوانية وإنتاج وتوزيع الغاز الطبيعي والنفط وإنتاج الفحم والاحتراق غير الكامل للوقود الأحفوري. والميثان هو أحد غازات الدفيئة الستة التي من المقرر تخفيفها بموجب بروتوكول كيوتو (معجم المصطلحات، ص 42).

16 حالة البيئة في العالم 1989، مرجع سابق، ص 39.

17 التقرير التجمعي 2001، ملخصات الأفرقة العاملة، مرجع سابق ص 7 – 8.

18 أكسيد النيتروز: أحد غازات الدفيئة العضوية ينطلق من جراء ممارسات زراعة التربة، ولا سيما استخدام المخصبات التجارية والعقدية واحتراق الوقود الأحفوري وإنتاج حامض النيتريك وإحراق الكتلة الأحيائية.وأكسيد النيتروز هو أحد غازات الدفيئة الستة التي من المقرر الحد منها بموجب بروتوكول كيوتو. (معجم المصطلحات، ص 4).

19 حالة البيئة في العالم 1989، مرجع سابق، ص 38.

20 التقدير التجميعي 2001، ملخصات الأفرقة العاملة، مرجع سابق، ص 1 – 10.

21 حالة البيئة في العالم 1989، مرجع سابق، ص 40 و41.

22 المرجع السابق، ص 41 و42.

23 UNEP/ GCSS. 111/2، مرجع سابق، ص 25.

24 تغير المناخ 2001، ملخصات الأفرقة العاملة، مرجع سابق، ص 1 - 13.

25 المرجع السابق، ص 1 - 10.

26 حالة البيئة في العالم 1987، مرجع سابق، ص 30.

27 حالة البيئة في العالم 1986، مرجع سابق، ص 9.

28 تغير المناخ 2001 التقرير التجميعي، مسرد المصطلحات، ص 89 – 111.

29 سيناريو المناخ: تمثيل معقول ومبسط في كثير من الأحيان للمناخ في المستقبل، يستند إلى مجموعة من العلاقات المناخية المتسقة داخليا التي وُضعت لاستخدامها بوضوح في دراسة النتائج المحتملة لتغير المناخ البشري المنشأ، وتعمل في كثير من الأحيان كمدخلات في نماذج التأثيرات. وتعمل التقديرات المناخية في كثير من الأحيان كمادة خام لوضع سيناريوهات المناخ، ولكن سيناريوهات المناخ تتطلب في العادة معلومات إضافية عن أمور مثل المناخ الحالي المرصود. و«سيناريو تغير المناخ» هو الفرق بين سيناريو المناخ والمناخ الحالي.
(معجم المصطلحات، ص 27)

30 UNEP/ GCSS. 111/2، مرجع سابق، ص 28 و29 و30.

31 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1982، ص 46.

32 المرجع السابق، ص 47.

33 المرجع السابق، ص 48 و49.

34 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1983، ص 36 و37.

35 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1983، ص 60.

36 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1989، ص 58.

37 حالة البيئة في العالم 1989، مرجع سابق، ص 48.

38 حالة البيئة في العالم 1987، مرجع سابق، ص 28.
39 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1989، مرجع سابق ص 58 و59.
40 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2003، ص 20.
41 المرجع السابق، ص 12 و13.
42 تغير المناخ 2001، ملخصات الأفرقة العاملة، مرجع سابق ص 1 – 5.
43 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، ص 42.
44 دار الحياة – الحياة 2007/2/2، أحمد مغربي.
45 UNEP/ GCSS. 111/2، مرجع سابق، ص 31 و32.
46 توقعات البيئة العالمية 3، مرجع سابق ص 215.
47 سفيان التل (رئيس التحرير) مجلة رسالة البيئة، عدد 2، مارس 1992، ص 3.
48 سفيان التل، البيئة والشباب – سلسلة التثقيف الشبابي 1995، ص 35 و36.
49 سفيان التل، سكان العالم – لاجئو البيئة، مجلة الدفاع المدني، أكتوبر 1991، ص 14 و15.
50 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2003، مرجع سابق، ص 15.
51 المرجع السابق، ص 19.
52 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، مرجع سابق، ص 28 و29.
53 جريدة الرأي الأردنية، 2004/12/31.
54 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، مرجع سابق، ص 84.
55 الدوران المدفوع بقوة التباين الحراري والملحي، دوران واسع النطاق في المحيطات يرتهن مداه بالكثافة وتسببه الاختلافات في الحرارة والملوحة. وفي شمال الأطلسي، يتألف الدوران المدفوع بقوة التباين الحراري والملحي من المياه السطحية الدافئة المتدفقة شمالا والمياه العميقة الباردة المتدفقة جنوبا، وهو ما يسفر عن نقل صاف للحرارة في اتجاه المنطقة القطبية. ويغيض الماء السطحي في مناطق الغور المقيدة بدرجة كبيرة التي تقع في مناطق خطوط العرض العليا (معجم المصطلحات، ص 25).
56 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، مرجع سابق، ص 80 – 84.
57 تغير المناخ التقرير التجميعي، مساهمة الأفرقة العاملة الثلاث، ص 92.
58 الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، مرجع سابق، ص 81 – 82.
59 المرجع السابق، ص 83 و84.
60 توقعات البيئة العالمية 3، مرجع سابق، ص 329 – 349.

المراجع

1 حالة البيئة في العالم 1986، البيئة والصحة، برنامج الأمم المتحدة البيئة، يونيو.

2 حالة البيئة في العالم 1987، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، أبريل 1987.

3 حالة البيئة في العالم 1989، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، أبريل 1989.

4 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1982، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي، مايو 1983.

5 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1983، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي، مايو 1984.

6 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1985، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي 1986.

7 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1989، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي 1990.

8 التقرير السنوي للمدير التنفيذي 1990، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي 1991.

9 توقعات البيئة العالمية 2، عالم الترجمة UNEP 2000.

10 توقعات البيئة العالمية 3، المنظورات الماضية والحالية والمستقبلية، عالم الترجمة بالتعاون مع مؤسسة التكا للترجمة الفنية، اليونب - المنامة - مملكة البحرين.

11 GEO الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2003، UNEP برنامج الأمم المتحدة للبيئة.

12 GEO الكتاب السنوي لتوقعات البيئة العالمية 2005/2004، UNEPبرنامج الأمم المتحدة للبيئة.

13 UNEP/ GCSS. 111/2، برنامج الأمم المتحدة للبيئة 1992، نيروبي، كينيا.

14 تغير المناخ 2001، ملخصات تقارير الأفرقة العاملة والملخصات الفنية
الفريق العلمي الأول: الأساس العلمي.
الفريق العلمي الثاني: التأثيرات والتكيف وسرعة التأثر.
الفريق العلمي الثالث: التخفيف.

15 تغير المناخ 2001، التقرير التجميعي - مساهمة الأفرقة العاملة الثلاث في تقرير التقييم الثالث للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، UNEP - WMO.

16 تغير المناخ 2001، معجم المصطلحات
_tar / vo 14/ Arabic / 204. htm_www. Grida-no/ climate/ipc

17 موقع الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
Intergovernmental Panel on Climate change
www.ipcc. ch
www. Ipcc.ch / Language portal / Arabic portal. htm.

18 سفيان التل، الحديث عن الصقيع في الصيف، مجلة رسالة البيئة، العدد 2، مارس 1992، صادرة عن جمعية البيئة الأردنية.

19 سفيان التل، سكان العالم ولاجئو البيئة، مجلة الدفاع المدني، العدد 2 نوفمبر، 1991، عمان.

20 سفيان التل، البيئة والشباب، سلسلة تثقيف الشباب 21، تصدرها وزارة الشباب في المملكة الأردنية الهاشمية.

21 صحيفة الرأي، 2004/12/31، عمان.

22 صحيفة الغد، 2007/10/18، عمان.

23 The Global Climate Observing System (GCOS)

An Introduction April 1992.
Joint Scientiffic and Technical Committee (GCOS)
WMO - IOC - UNEP - 1 CSU - WMO No 777.
Global Climate Change. 24
The Department of the Environment in association with the Meteorlogical office
October 1989
French H.F (1990) Clearing the are 25
A globle agenda. World watch Paper 94
World Watich Institute.
Washington D.C.
www. daralhyat. Net / action / print. Php. 26
Rahmstorf,S (2002). Ocean circulation and climate during the past 120,000 years.Nature,419,207-14. 27
Schulz, H.,von Rad, U., Erlenkeuser, H. (1998). Correlation between Arabian Sea and Greenland climate oscillations of the past 110 000 years. Nature, 393 (6680), 54-7. 28
Hughen, K.A., Eglington, T.I., Xu, L. and Makou, M. (2004). Abrupt tropical vegetation response to rapid climate changes. Science, 304, 1955-9. 29
- تغير المناخ 2007، موقع الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC).
ولم تحصل التقارير المنشورة على الموافقة النهائية بعد.